

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 18.10.01.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 25.04.03 Bulletin 03/17.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *ALCATEL OPTRONICS Société ano-
nyme — FR.*

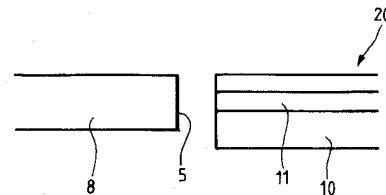
⑦2 Inventeur(s) : PATOZ VINCENT.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : FERAY LENNE CONSEIL.

⑤4 MULTIPLEXEUR/DEMULTIPLEXEUR A RESEAUX DE DISPERSION AVEC UN UNIQUE ORDRE DE
DIFFRACTION.

⑤7 Module optique intégré comprenant au moins une fi-
bre optique d'entrée (8), un composant multiplexeur/ démul-
tiplexeur à réseaux de dispersion angulaire (20) et au moins
une fibre optique de sortie, ledit composant multiplexeur/
démultiplexeur (20) comprenant au moins un guide d'onde
d'entrée (11) présentant une interface de couplage optique
avec la fibre optique d'entrée (8) et au moins un guide d'on-
de de sortie présentant une interface de couplage optique
avec la fibre optique de sortie, caractérisé en ce que le mo-
dule comprend en outre un filtre intégré (5) audit module
apte à sélectionner un unique ordre de dispersion du signal
de sortie dudit composant.



MULTIPLEXEUR / DEMULTIPLEXEUR A RESEAUX DE DISPERSION AVEC UN UNIQUE ORDRE DE DIFFRACTION

La présente invention se rapporte au domaine des composants
5 multiplexeurs/démultiplexeurs en longueur d'onde, et plus spécifiquement aux
multiplexeurs/démultiplexeurs à réseaux de dispersion angulaire désignés par la suite
par AWG pour « Arrayed Waveguide Grating » en anglais. De tels composants sont
classiquement utilisés pour des applications de multiplexage et/ou démultiplexage,
ou pour des applications de sélection en longueur d'onde, connue sous le terme
10 anglais de Add and Drop Multiplexing.

La figure 1 illustre schématiquement un composant AWG 20 classique
intégré sur un substrat 10, par exemple en silicium. Des guides d'onde d'entrée 11
transmettent des signaux optiques à des longueurs d'onde données $\lambda_1, \lambda_2, \dots \lambda_n$ dans
un coupleur d'entrée 12 vers un réseau de guides d'onde 13. Les signaux optiques
15 subissent des déphasages dans le réseau de guides 13 et sont ensuite focalisés par
un coupleur de sortie 14 dans des guides de sortie 15. Chaque signal optique subit
les opérations suivantes :

- une diffraction dans le coupleur d'entrée 12, mathématiquement
représentée par la transformée de Fourier du signal subissant la diffraction, chaque
20 guide du réseau 13 situé au niveau de la surface de sortie du coupleur 12 recevant
une partie de l'onde diffractée,

- des déphasages dans le réseau de guides 13 à chemins optiques
variables, le chemin optique parcouru dans un guide du réseau s'exprimant en
fonction de l'indice de réfraction du guide et de sa longueur ; les déphasages
25 produisant en sortie du réseau de guides 13 des interférences qui sont constructives
dans une direction dépendant de la longueur d'onde,

- une focalisation sur la surface de sortie du coupleur 14 des interférences
constructives des ondes issues des guides du réseau 13.

Une conséquence directe de la diffraction des signaux optiques dans le
30 réseau de guide de l'AWG est que le spectre de chaque signal optique $\lambda_1, \lambda_2, \dots \lambda_n$
dans les guides de sortie 15 se reproduit sur différents ordres de diffraction. En effet,
le déphasage introduit dans le réseau de guide 13 est limité à un modulo 2π .

Ainsi, comme illustré sur la figure 2 dans le cas d'un démultiplexeur à 16 canaux, les signaux d'entrée peuvent être transmis démultiplexés en sortie sur plusieurs ordres de diffraction à un intervalle de longueur d'onde correspondant à un paramètre de l'AWG connu sous l'acronyme anglais de FSR pour Free Spectral Range. Ce paramètre représente l'espacement spectral entre deux ordres de diffraction successifs et dépend des propriétés matérielles de l'AWG, en particulier de la géométrie des coupleurs 12 et 14.

Or, cette répétition du spectre optique peut être un inconvénient dans certaines applications. En particulier, lorsque des signaux différents transmettant des données différentes se propagent respectivement à des longueurs d'onde correspondant à $\lambda_1 + \text{FSR}$ et λ_1 , et que ces signaux se retrouvent démultiplexés et transmis dans le même guide de sortie 15.

Une possibilité pour éviter une telle superposition de signaux optiques serait de réaliser un AWG avec un paramètre FSR élargi, mais l'élargissement du FSR est nécessairement obtenu au détriment d'autres paramètres de l'AWG.

Classiquement, les ordres de diffraction sont éliminés aux moyens de filtres disposés en général à l'entrée de l'AWG afin de multiplexer/démultiplexer ou sélectionner seulement les signaux optiques d'une bande spectrale donnée. Cette solution implique d'ajouter un composant, un filtre en l'occurrence, à l'AWG. Or, un avantage de l'utilisation de l'AWG est son intégration complète dans un substrat monolithique comme décrit en référence à la figure 1.

La présente invention propose à cet effet de réaliser un filtre intégré directement à un module multiplexeur/démultiplexeur incluant un composant AWG afin de supprimer les ordres de diffraction indésirables et d'obtenir ainsi un module compact et intégrable pour une application directe sur une bande spectrale donnée.

L'invention concerne plus particulièrement un module optique intégré comprenant au moins une fibre optique d'entrée, un composant multiplexeur/démultiplexeur à réseaux de dispersion angulaire et au moins une fibre optique de sortie, ledit composant multiplexeur/démultiplexeur comprenant au moins un guide d'onde d'entrée présentant une interface de couplage optique avec la fibre optique d'entrée et au moins un guide d'onde de sortie présentant une interface de couplage optique avec la fibre optique de sortie, caractérisé en ce que le module comprend en

outre un filtre intégré audit module apte à sélectionner un unique ordre de dispersion du signal de sortie dudit composant.

Selon un premier mode de réalisation, le filtre est un filtre couche mince inséré à l'interface de couplage optique entre le(s) guide(s) d'onde d'entrée et/ou de
5 sortie du composant multiplexeur/démultiplexeur et la(les) fibre(s) optique(s) d'entrée et/ou de sortie du module.

Selon les modes de mise en œuvre, le filtre couches minces est disposé sur la facette de couplage de la (des) fibre(s) optique(s) d'entrée et/ou de sortie du module, ou sur la facette de couplage du (des) guide(s) d'onde d'entrée et/ou de
10 sortie du composant.

Selon un second mode de réalisation, le filtre est un réseau de Bragg intégré dans le (les) guide(s) d'onde d'entrée et/ou de sortie du composant.

Selon une particularité, les interfaces de couplage optique entre le(s) guide(s) d'onde d'entrée et/ou de sortie du composant multiplexeur/démultiplexeur et la(les)
15 fibre(s) optique(s) d'entrée et/ou de sortie du module sont des interfaces collées.

Selon un mode de réalisation avantageux, le composant multiplexeur/démultiplexeur à réseaux de dispersion angulaire est intégré sur un substrat monolithique et le module optique est intégré sur un substrat hybride.

Selon les applications, le module optique est un module de multiplexage/
20 démultiplexage en longueur d'onde ou un module optique de sélection en longueur d'onde.

Les particularités et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, donnée à titre d'exemple illustratif et
25 non limitatif, et faite en référence aux figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1, déjà décrite, illustre la structure classique d'un multiplexeur/démultiplexeur à réseaux de dispersion angulaire ;
- la figure 2, déjà décrite, illustre schématiquement le spectre de démultiplexage d'un multiplexeur/démultiplexeur à réseaux de
30 dispersion angulaire ;
- les figures 3a et 3b illustrent schématiquement des mises en œuvre possibles d'un premier mode de réalisation de l'invention ;

- les figures 4a et 4b illustrent schématiquement des mises en œuvre possibles d'un second mode de réalisation de l'invention.

L'invention propose de réaliser un module optique intégré, incluant un
5 composant multiplexeur/démultiplexeur à réseaux de dispersion angulaire (AWG),
qui ne transmette en signal de sortie qu'un unique ordre de diffraction.

Un tel module optique comporte au moins une fibre optique d'entrée
(plusieurs dans le cas d'un multiplexeur) et au moins une fibre optique de sortie
(plusieurs dans le cas d'un démultiplexeur), ces fibres optiques étant couplées à un
10 composant multiplexeur/démultiplexeur à réseaux de dispersion angulaire (AWG).

Les figures 3a et 3b illustrent schématiquement les interfaces de couplage
optique d'entrée et de sortie selon un premier mode de réalisation de l'invention.

Comme décrit précédemment, l'AWG 20 comprend au moins un guide
d'onde d'entrée 11 présentant une interface de couplage optique avec une fibre
15 optique d'entrée 8 et au moins un guide d'onde de sortie 15 présentant une interface
de couplage optique avec une fibre optique de sortie 8'.

De telles interfaces de couplage optique sont généralement collées. En effet,
les fibres optiques 8, 8' présentent une section circulaire alors que les guides d'onde
11 et 15 de l'AWG ont une section rectangulaire. De plus, le composant AWG 20
20 étant intégré monolithique sur un substrat 10, une soudure est par conséquent
difficile à réaliser.

Selon un premier mode de réalisation, l'invention propose d'insérer un filtre
5 directement à l'interface de couplage optique entre la fibre optique d'entrée 8 ou
de sortie 8' et le guide d'onde d'entrée 11 ou de sortie 15 de l'AWG. Un tel filtre 5
25 est conçu de manière à pouvoir sélectionner l'ordre de diffraction adéquat du signal
de sortie.

Selon une particularité essentielle, le filtre 5 inséré à l'interface de couplage
est un filtre couches minces. Un tel filtre couches minces est connu en soi et se
compose d'une succession de couches minces, d'indices de réfraction différents,
30 déposées par pulvérisation ou évaporation sous vide selon des techniques
parfaitement maîtrisées de l'homme du métier. En variant le nombre, l'épaisseur et
les indices de réfraction des différentes couches superposées, il est possible
d'élaborer une réponse spectrale donnée du filtre.

Le filtre couches minces 5 est avantageusement disposé sur la facette de couplage de la (des) fibre(s) optique(s) d'entrée 8 ou de sortie 8' du module. En effet, la facette de couplage d'une fibre optique est souvent clivée et comporte généralement un traitement anti-reflet réalisé par une technologie de dépôt de couches minces identique à celle décrite pour la réalisation du filtre couches minces.

Néanmoins, comme illustré sur la figure 3b, le filtre couches minces 5 peut également être déposé sur la facette de couplage du(des) guide(s) d'onde d'entrée 11 ou de sortie 15 du composant 20.

Les figures 4a et 4b illustrent schématiquement les interfaces de couplage optique d'entrée et de sortie selon un second mode de réalisation de l'invention.

Selon ce second mode de réalisation, l'invention propose de réaliser un filtre 6 directement dans le composant AWG par une inscription d'un réseau de Bragg dans le ou les guides d'onde d'entrée 11 ou de sortie 15 du composant 20. L'inscription de réseaux de Bragg dans des guides d'onde est parfaitement connue et les techniques d'inscription sont bien maîtrisées. Les caractéristiques du réseau, telles que le pas et l'inclinaison, permettent d'élaborer une réponse spectrale donnée du filtre 6 afin de sélectionner l'ordre de diffraction adéquat du signal de sortie.

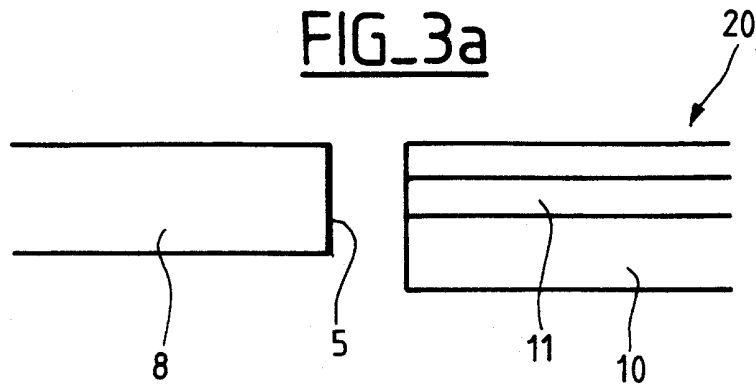
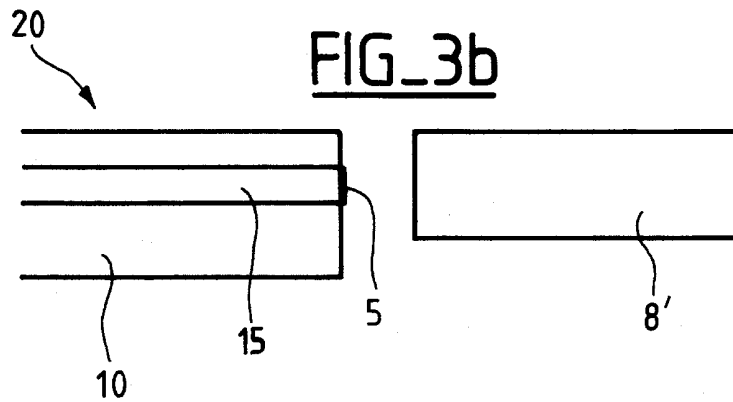
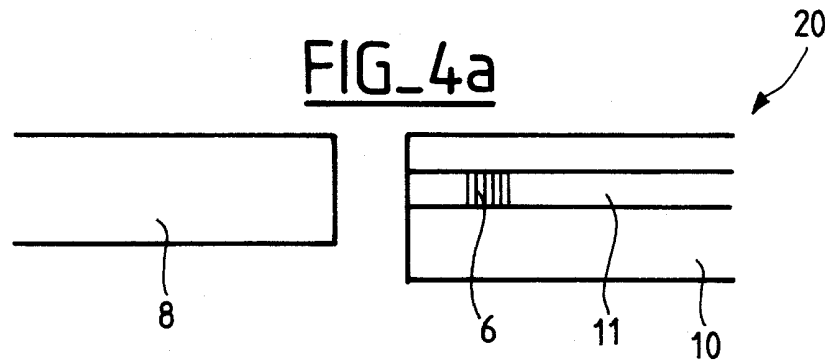
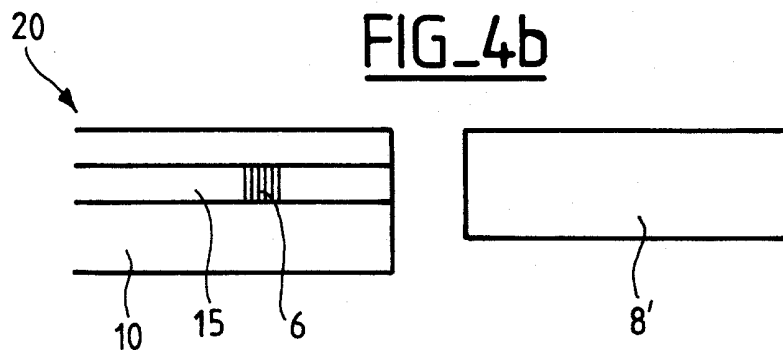
Quel que soit le mode de réalisation de l'invention, le filtre 5 ou 6 ne constitue pas un composant supplémentaire au module selon l'invention car il est, soit directement intégré dans le composant multiplexeur/démultiplexeur, soit intégré dans l'interface de couplage optique d'entrée ou de sortie. Ainsi, le composant AWG étant intégré sur un substrat monolithique, une intégration hybride avec les fibres optiques d'entrée et de sortie permet d'obtenir le module intégré selon l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Module optique intégré comprenant au moins une fibre optique d'entrée (8), un composant multiplexeur/démultiplexeur à réseaux de dispersion angulaire (20) et au moins une fibre optique de sortie (8'), ledit composant multiplexeur/démultiplexeur (20) comprenant au moins un guide d'onde d'entrée (11) présentant une interface de couplage optique avec la fibre optique d'entrée (8) et au moins un guide d'onde de sortie (15) présentant une interface de couplage optique avec la fibre optique de sortie (8'), caractérisé en ce que le module comprend en outre un filtre (5, 6) intégré audit module apte à sélectionner un unique ordre de dispersion du signal de sortie dudit composant.
5
2. Module optique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le filtre est un filtre couches minces (5) inséré à l'interface de couplage optique entre le(s) guide(s) d'onde d'entrée et/ou de sortie du composant multiplexeur/démultiplexeur et la(les) fibre(s) optique(s) d'entrée et/ou de sortie du module.
15
3. Module optique selon la revendication 2, caractérisé en ce que le filtre couches minces (5) est disposé sur la facette de couplage de la (des) fibre(s) optique(s) d'entrée et/ou de sortie (8, 8') du module.
4. Module optique selon la revendication 2, caractérisé en ce que le filtre couches minces (5) est disposé sur la facette de couplage du (des) guide(s) d'onde d'entrée (11) et/ou de sortie (15) du composant.
20
5. Module optique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le filtre est un réseau de Bragg (6) intégré dans le (les) guide(s) d'onde d'entrée (11) et/ou de sortie (15) du composant (20).
- 25 6. Module optique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les interfaces de couplage optique entre le(s) guide(s) d'onde d'entrée et/ou de sortie du composant multiplexeur/démultiplexeur et la(les) fibre(s) optique(s) d'entrée et/ou de sortie du module sont des interfaces collées.
7. Module optique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le composant multiplexeur/démultiplexeur à réseaux de dispersion angulaire (20) est intégré sur un substrat monolithique (10).
30
8. Module optique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est intégré sur un substrat hybride.
9. Module optique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il constitue un module optique de multiplexage/ démultiplexage en longueur d'onde.
35

10. Module optique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il constitue un module optique de sélection en longueur d'onde.

2/2

FIG_3aFIG_3bFIG_4aFIG_4b

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 609087
FR 0113441

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 1 111 418 A (NIPPON ELECTRIC CO) 27 juin 2001 (2001-06-27) * alinéas '0007!'-'0010!', '0044!' * * figure 7 *	1, 5, 7, 9, 10	G02B6/28 H04J14/02
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 04, 30 avril 1999 (1999-04-30) & JP 11 006928 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP & NTT), 12 janvier 1999 (1999-01-12) * abrégé *	1, 2, 4	
A	WO 99 36817 A (CORNING INC) 22 juillet 1999 (1999-07-22) * page 7, ligne 18-27 * * page 13, ligne 24 - page 14, ligne 23 *	1, 2, 4, 5, 9	
A	US 2001/028762 A1 (NARA KAZUTAKA ET AL) 11 octobre 2001 (2001-10-11) * alinéas '0020!', '0051!' * * figure 1 *	1, 5, 7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			G02B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 juillet 2002		Verdrager, V	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

1

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0113441 FA 609087**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 05-07-2002

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1111418	A	27-06-2001	JP 2001174653 A	29-06-2001
			EP 1111418 A2	27-06-2001
			US 2001012426 A1	09-08-2001
JP 11006928	A	12-01-1999	AUCUN	
WO 9936817	A	22-07-1999	AU 2215199 A	02-08-1999
			CA 2313146 A1	22-07-1999
			CN 1288524 T	21-03-2001
			EP 1060421 A1	20-12-2000
			JP 2002509285 T	26-03-2002
			TW 419915 B	21-01-2001
			WO 9936817 A1	22-07-1999
			US 6137927 A	24-10-2000
US 2001028762	A1	11-10-2001	JP 2001281474 A	10-10-2001