

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 14.02.00.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 17.08.01 Bulletin 01/33.

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) : SCHLUMBERGER INDUSTRIES SA
Société anonyme — FR.

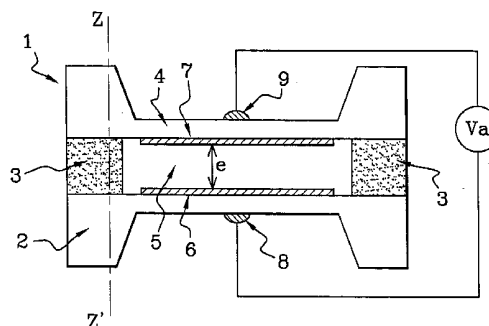
72 Inventeur(s) : GRASDEPOT FRANCOIS et NOUAZE
VERONIQUE.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : SCHLUMBERGER INDUSTRIES.

54 FILTRE FABRY-PEROT COURT A COUCHES METALLIQUES.

57 Filtre optique accordable 1 du type interféromètre de Fabry-Pérot court à couches métalliques, destiné à filtrer une radiation électromagnétique le traversant selon une direction transversale ZZ' et dont le spectre en longueur d'onde est centré sur une longueur d'onde λ_0 comprenant deux plaques parallèles 2, 4; 12, 14 séparées l'une de l'autre par l'intermédiaire d'au moins un espaceur 3; 10 de tel sorte qu'il existe entre lesdites plaques un intervalle d'air (5) d'épaisseur e de l'ordre de λ_0 . Les faces des deux plaques se trouvant en regard reçoivent respectivement une couche métallique inférieure 6 et supérieure 7. Des moyens d'accordabilité (8, 9; 10, 18, 19) destinés à modifier l'intervalle d'air e sont disposés entre les deux plaques pour accorder le filtre. Pour obtenir une transmission maximum T_{max} supérieure à 1% et une largeur à mi-hauteur $\Delta\delta$ inférieure à 80nm dans le domaine de longueur d'onde compris entre 1,55 μ m et 1,85 μ m centré sur la longueur d'onde λ_0 sensiblement égale à 1,7 μ m, les couches métalliques (6, 7) sont constituées d'un métal sélectionné parmi le groupe des matériaux comprenant le Tantale et l'Or.



L'invention se rapporte à un filtre optique accordable du type interféromètre de Fabry-Pérot court à couches métalliques.

Il est connu de réaliser des interféromètres de Fabry-Pérot comprenant deux couches
5 métalliques partiellement transparentes séparées par un intervalle d'air et fabriqués
par les techniques bien connues de la photolithographie, de dopage et de micro-
usinage sur silicium. Lorsque les couches métalliques en regard l'une de l'autre, sont
séparées par un intervalle d'air grand devant la longueur d'onde, il en résulte un
interféromètre de Fabry-Pérot permettant d'obtenir un effet optique de type filtre
10 passe-bande, c'est-à-dire une atténuation différentielle en fonction de la longueur
d'onde de la lumière traversant les couches en regard. Les filtres passe-bandes
possèdent deux grandeurs caractéristiques importantes, la transmission maximum sur
un domaine de longueurs d'onde déterminé, et la largeur à mi-hauteur définie comme
la différence entre les longueurs d'onde pour lesquelles la transmission du filtre est
15 réduite de moitié par rapport au maximum de transmission.

Par ailleurs, l'application d'une tension entre les couches métalliques permet par un
effet capacitif de rapprocher ou d'éloigner les couches métalliques l'une de l'autre et
donc de modifier le domaine de longueurs d'onde sur lequel la transmission est
maximum, permettant ainsi d'obtenir un filtre optique passe-bande accordable.

20 Pour le type de filtre passe-bande comportant un intervalle d'air grand devant la
longueur d'onde, l'absorption et le coefficient de réflexion des couches métalliques en
regard influencent directement la transmission maximum et la largeur à mi-hauteur
du filtre. En particulier, il existe des filtres à haute transmission maximum pour des
couches métalliques faible réflexion, faible épaisseur et faiblement absorbante et des
25 filtres de faible largeur à mi-hauteur pour des couches métalliques haute réflexion,
forte épaisseur et à coefficients d'absorption élevés.

Cependant, lorsque les couches métalliques en regard l'une de l'autre, d'une épaisseur
comprise entre 5 et 200 nm, sont séparées par un intervalle d'air de l'ordre de
grandeur d'une longueur d'onde, il en résulte un interféromètre de Fabry-Pérot court.

30 Les interféromètres de Fabry-Pérot court à couches métalliques ne suivent pas les
lois énoncées précédemment, en particulier il n'existe aucune relation évidente entre
les grandeurs caractéristiques et l'absorption et le coefficient de réflexion des couches

métalliques. Ainsi, il est difficile de concevoir des filtres passe-bande présentant une transmission maximum acceptable, par exemple supérieure à 1%, et une largeur à mi-hauteur faible, par exemple inférieure à 100nm et centrés autour d'une longueur d'onde λ_0 déterminée. En règle général, de tels filtres présentent pour une

5 transmission maximum acceptable, une largeur à mi-hauteur trop grande, et inversement.

Le problème technique à la base de l'invention est donc de concevoir un filtre optique accordable du type interféromètre de Fabry-Pérot court à couches métalliques,

10 fabriqué par une technique de micro-usinage sur silicium présentant une transmission maximum acceptable, par exemple supérieure à 1%, et une largeur à mi-hauteur faible, par exemple inférieure à 80nm, pour une longueur d'onde comprise entre 1,55 μ m et 1,85 μ m.

15 Ce problème est résolu selon l'invention grâce à un filtre optique accordable du type interféromètre de Fabry-Pérot court à couches métalliques, destiné à filtrer une radiation électromagnétique le traversant selon une direction transversale ZZ' et dont le spectre en longueur d'onde est centré sur une longueur d'onde λ_0 comprenant :

- deux plaques parallèles séparées l'une de l'autre par l'intermédiaire d'au moins un

20 espaceur de tel sorte qu'il existe entre lesdites plaques un intervalle d'air d'épaisseur e de l'ordre de λ_0 ,

- les faces des deux plaques, l'une inférieure (2 ; 12) et l'autre supérieure (4 ; 14) se trouvant en regard recevant respectivement une couche métallique inférieure et supérieure,

25 ledit filtre étant caractérisé en que pour obtenir une transmission maximum T_{max} supérieure à 1% et une largeur à mi-hauteur $\Delta\lambda$ inférieure à 80nm dans le domaine de longueur d'onde compris entre 1,55 μ m et 1,85 μ m centré sur la longueur d'onde λ_0 sensiblement égale à 1,7 μ m, les couches métalliques sont constituées d'un métal sélectionné parmi le groupe des matériaux comprenant le Tantale et l'Or.

30

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple et en référence aux dessins annexés pour lesquels:

- les figures 1.A, 1.B et 1.C représentent différents exemples de réalisation de la structure du filtre optique accordable du type interféromètre de Fabry-Pérot court à couches métalliques selon l'invention,
- la figure 2 représente la courbe de transmission dudit filtre en fonction de la longueur d'onde pour le Tantale,
- la figure 3 représente la courbe de transmission dudit filtre en fonction de la longueur d'onde pour l'Or.
- la figure 4 représente la courbe de transmission dudit filtre en fonction de la longueur d'onde pour le Nickel.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention représenté sur la figure 1.A, le filtre optique accordable 1 est un interféromètre de Fabry-Pérot court à couches métalliques. Cet interféromètre joue le rôle de filtre optique passe-bande centré autour de la longueur d'onde λ_0 . Cet interféromètre est fabriqué par les techniques bien connues de micro-usinage sur silicium. Le filtre comprend deux plaques parallèles 2, 4 séparées l'une de l'autre par l'intermédiaire d'au moins un espaceur 3. Les deux plaques parallèles sont par exemple composées de deux plaquettes de silicium ("wafer" en langue anglaise) dont l'épaisseur a été ou non réduite par une technique de gravure chimique. Il est cependant envisageable d'utiliser un autre matériau pour la réalisation de ces plaques. En règle générale tout matériau pouvant servir de substrat est convenable, on peut citer à titre d'exemple le verre, le nitrure de silicium, ou encore le III-V-InP. A titre d'exemple, les plaques inférieure 2 et supérieure 4 ont été gravées sur une surface centrale et possèdent une épaisseur égale à quelques micromètres. L'espaceur détermine l'épaisseur d'un intervalle d'air 5 existant entre les deux plaques parallèles 2, 4. L'espaceur peut être choisi de telle sorte que l'intervalle d'air 5 a une épaisseur e sensiblement égale à la longueur d'onde λ_0 , par exemple $1,7\mu\text{m} \pm 250\text{nm}$. L'espaceur 3 est par exemple constitué par un anneau en matériau isolant, tel que de l'oxyde de silicium ou du pyrex.

Les faces des deux plaques se trouvant en regard reçoivent respectivement une couche métallique inférieure 6 et supérieure 7. Les couches métalliques possèdent une épaisseur comprise entre 5 et 200 nm.

Une connexion électrique 8, 9 est réalisée respectivement avec la plaque inférieure 2 et supérieure 4. Lorsqu'une tension V_a est appliquée entre les connexions, cette tension s'applique également entre les couches métalliques 6, 7. Lorsqu'on modifie légèrement la valeur de cette tension, cela permet par un effet capacitif de rapprocher ou d'éloigner l'ensemble constitué par les plaques et les couches métalliques l'une de l'autre. La valeur moyenne de la tension appliquée est de l'ordre de 5 Volts. Ceci induit une modification du domaine de longueurs d'onde sur lequel la transmission est maximum, permettant ainsi d'obtenir un filtre optique passe-bande accordable.

Selon une deuxième variante de réalisation, représentée sur la figure 1.B, la plaque inférieure 2 a été gravée sur une surface centrale et possède une épaisseur égale à quelques micromètres. La plaque supérieure qui possède une épaisseur de l'ordre de 300 μm a été gravée et percée sur une petite surface afin de pouvoir établir une connexion électrique 8 directement avec la couche métallique inférieure 6, de telle sorte que les deux connexions soient accessibles par une seule des faces du filtre optique.

20

Selon un troisième mode de réalisation de l'invention représenté sur la figure 1.C, le filtre optique comprend deux plaques parallèles 12, 14 séparées l'une de l'autre par l'intermédiaire d'au moins un espaceur 10. Les deux plaques parallèles sont par exemple composées de deux plaquettes de silicium d'une épaisseur comprise entre quelques micromètres et plusieurs centaines de micromètres, par exemple entre 1 μm et 300 μm . Les surfaces centrales des deux plaques 12, 14 se trouvant en regard reçoivent respectivement une couche métallique inférieure 6 et supérieure 7. Les couches métalliques possèdent une épaisseur comprise entre 5 et 200 nm. L'espaceur 10 détermine l'épaisseur d'un intervalle d'air 5 existant entre les deux plaques parallèles 12, 14. L'espaceur peut être choisi de telle sorte que l'intervalle d'air 5 a une épaisseur e sensiblement égale à la longueur d'onde λ_0 , par exemple 1,7 μm . L'espaceur 10 est par exemple un anneau en matériau piézoélectrique, et comporte

30

deux faces métallisées 18, 19 entre lesquelles est appliquée une tension V_a . Lorsqu'on modifie légèrement la valeur de cette tension, cela permet par un effet piézoélectrique au niveau de l'espaceur 10 de rapprocher ou d'éloigner l'ensemble constitué par les plaques et les couches métalliques l'une de l'autre, et donc de modifier l'épaisseur e de l'intervalle d'air 5. La valeur moyenne de la tension appliquée est de l'ordre de 5 Volts. Ceci induit une modification du domaine de longueurs d'onde sur lequel la transmission est maximum, permettant ainsi d'obtenir un filtre optique passe-bande accordable.

- 10 La Demanderesse a constaté un avantage important et inattendu lorsque le choix du matériaux constituant la couche métallique utilisé pour l'ensemble des modes de réalisation décrits précédemment se porte sur le Tantale ou l'Or. A titre de comparaison, le choix d'un métal tel que le Nickel, le Platine ou tout autre métal, ne donne pas lieu à de tels résultats.
- 15 Le tableau suivant donne les grandeurs caractéristiques du filtre optique, la transmission maximum $T_{\max}$ et la largeur à mi-hauteur $\Delta\lambda$, pour un intervalle d'air de $1,7 \mu\text{m}$ et des couches métalliques d'une épaisseur de 25 nm :

Couche métallique	$T_{\max}$ à $1,7 \mu\text{m}$ (%)	$\Delta\lambda$ (nm)
Ta (Tantale)	29	70
Au (Or)	59	17

- Les courbes de transmission en fonction de la longueur d'onde sont représentées sur la figure 2 pour le Tantale et la figure 3 pour l'Or.

Par comparaison, l'utilisation de matériaux différents du Tantale ou de l'Or donne des résultats médiocre (intervalle d'air de $1,7 \mu\text{m}$ et épaisseur des couches métalliques de 25 nm) :

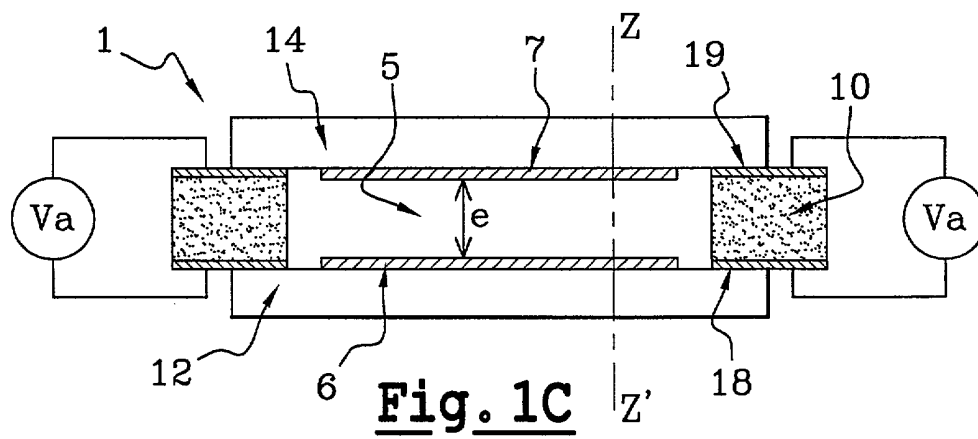
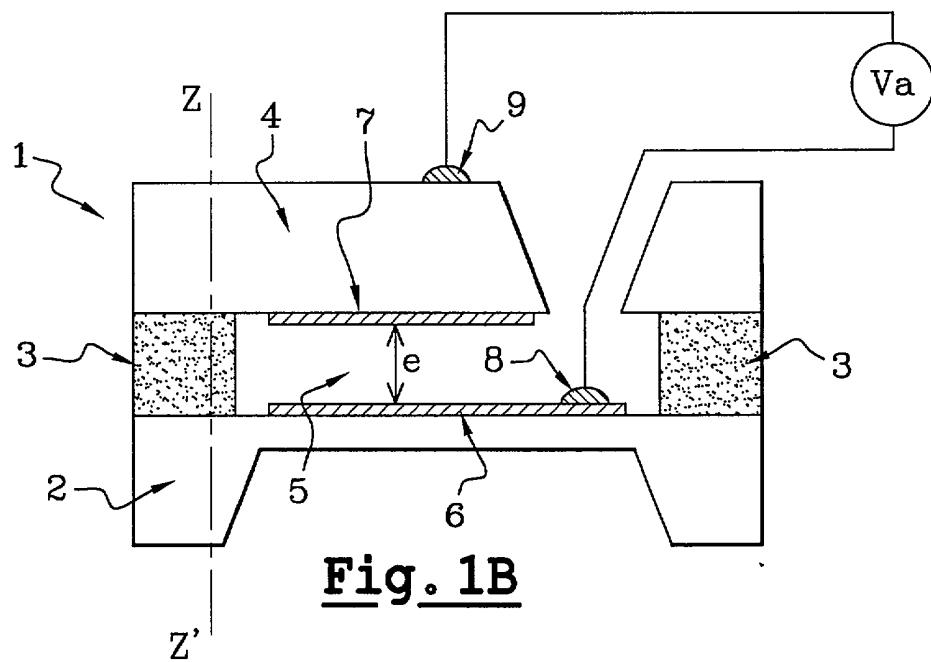
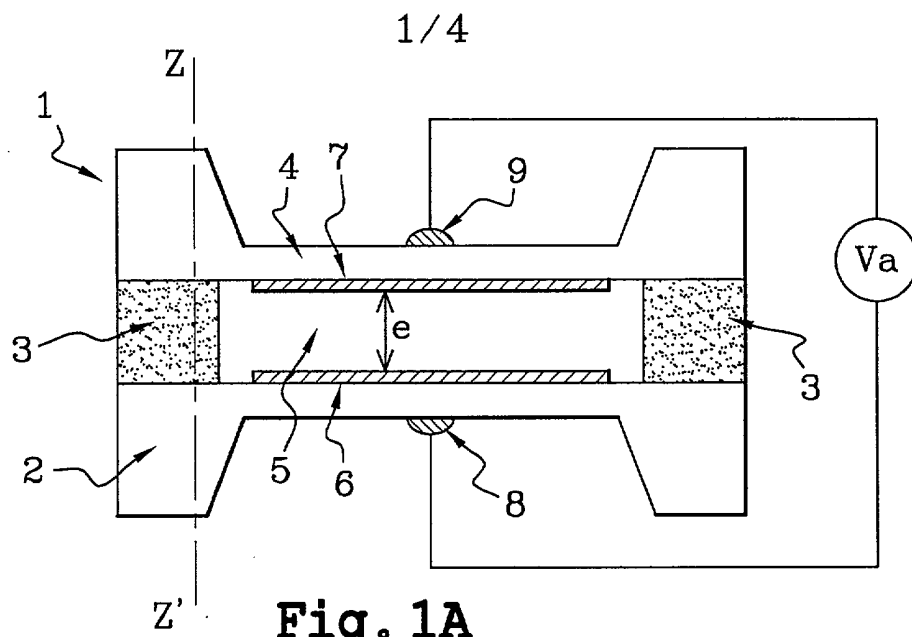
Couche métallique	$T_{\max}$ à $1,7 \mu\text{m}$ (%)	$\Delta\lambda$ (nm)
Ni (Nickel)	12	150
Pt (Platine)	0,6	100

La courbe de transmission en fonction de la longueur d'onde pour le Nickel est représentée sur la figure 4.

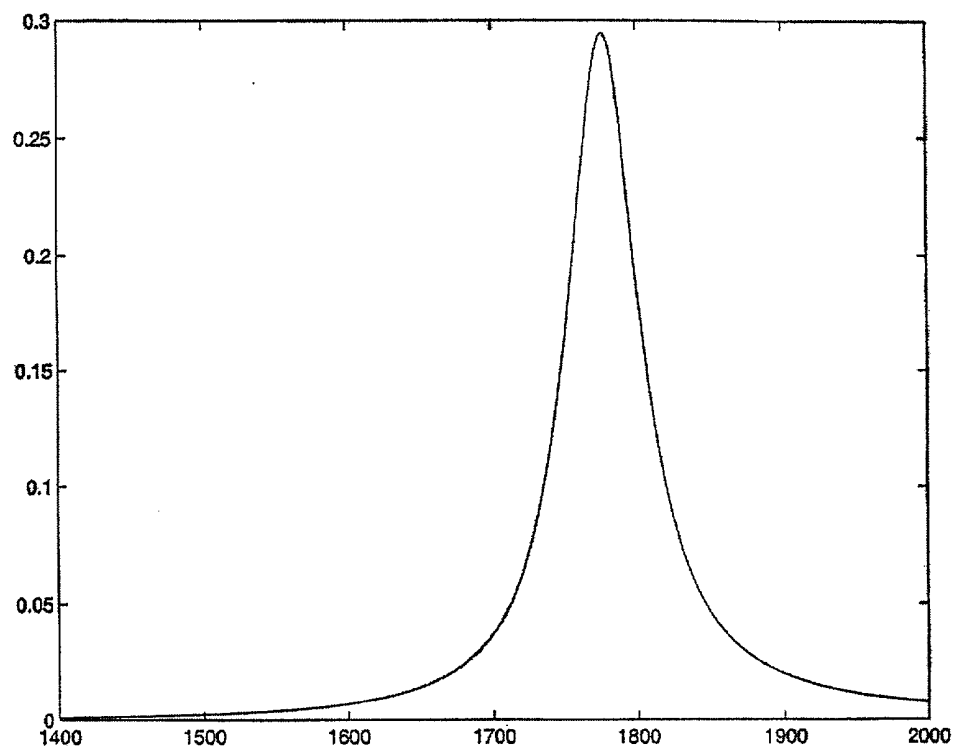
REVENDECATIONS

1. Filtre optique accordable (1) du type interféromètre de Fabry-Pérot court à couches métalliques, destiné à filtrer une radiation électromagnétique le traversant selon une direction transversale ZZ' et dont le spectre en longueur d'onde est centré sur une longueur d'onde λ_0 comprenant :
- deux plaques parallèles (2, 4 ; 12, 14) séparées l'une de l'autre par l'intermédiaire d'au moins un espaceur (3 ; 10) de tel sorte qu'il existe entre lesdites plaques un intervalle d'air (5) d'épaisseur e de l'ordre de λ_0 ,
 - les faces des deux plaques, l'une inférieure (2 ; 12) et l'autre supérieure (4 ; 14) se trouvant en regard recevant respectivement une couche métallique inférieure (6) et supérieure (7),
- ledit filtre étant caractérisé en ce que pour obtenir une transmission maximum T_{max} supérieure à 1% et une largeur à mi-hauteur $\Delta\lambda$ inférieure à 80nm dans le domaine de longueur d'onde compris entre 1,55 μ m et 1,85 μ m centré sur la longueur d'onde λ_0 sensiblement égale à 1,7 μ m, les couches métalliques (6, 7) sont constituées d'un métal sélectionné parmi le groupe des matériaux comprenant le Tantale et l'Or.
2. Filtre optique accordable selon la revendication 1, caractérisé en ce que chacune des couches métalliques (6, 7) a une épaisseur comprise entre 5 et 200 nm.
3. Filtre optique accordable selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les plaques (2, 4 ; 12, 14) ont une épaisseur comprise entre 1 μ m et 300 μ m.
4. Filtre optique accordable selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'espaceur (3) est constitué par un matériau isolant.
5. Filtre optique accordable selon la revendication 1 ou 4, caractérisé en ce que pour modifier l'épaisseur de l'intervalle d'air e existant entre les deux plaques, chaque plaque (2, 4) comporte une connexion électrique (8, 9) entre lesquelles est appliquée une tension V_a .

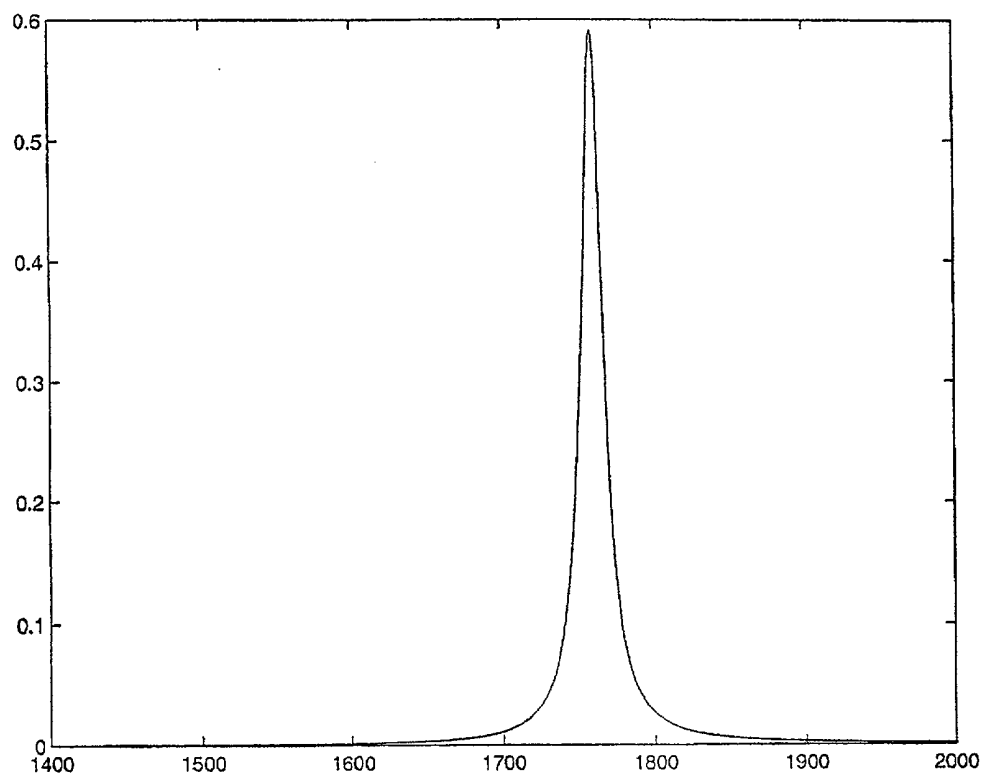
6. Filtre optique accordable selon la revendication 1 ou 4, caractérisé en ce pour modifier l'épaisseur de l'intervalle d'air e existant entre les deux plaques, la plaque supérieure 4 comporte une connexion électrique 9 et a été gravée et percée sur une petite surface afin de pouvoir établir une connexion électrique 8 directement avec la
- 5 couche métallique inférieure 6 disposée sur la plaque inférieure 2.
7. Filtre optique accordable selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'espaceur (10) est constitué par un matériau piézoélectrique.
- 10 8. Filtre optique accordable selon la revendication 1 ou 7, caractérisé en ce pour modifier l'épaisseur de l'intervalle d'air e existant entre les deux plaques (12, 14), l'espaceur (10) comporte deux faces métallisées (18, 19) entre lesquelles est appliquée une tension V_a .
- 15 9. Filtre optique accordable selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les plaques (2, 4 ; 12, 14) sont constituées par un matériau choisi parmi le groupe des matériaux comportant le silicium, le nitrure de silicium, le verre ou le III-V-InP.



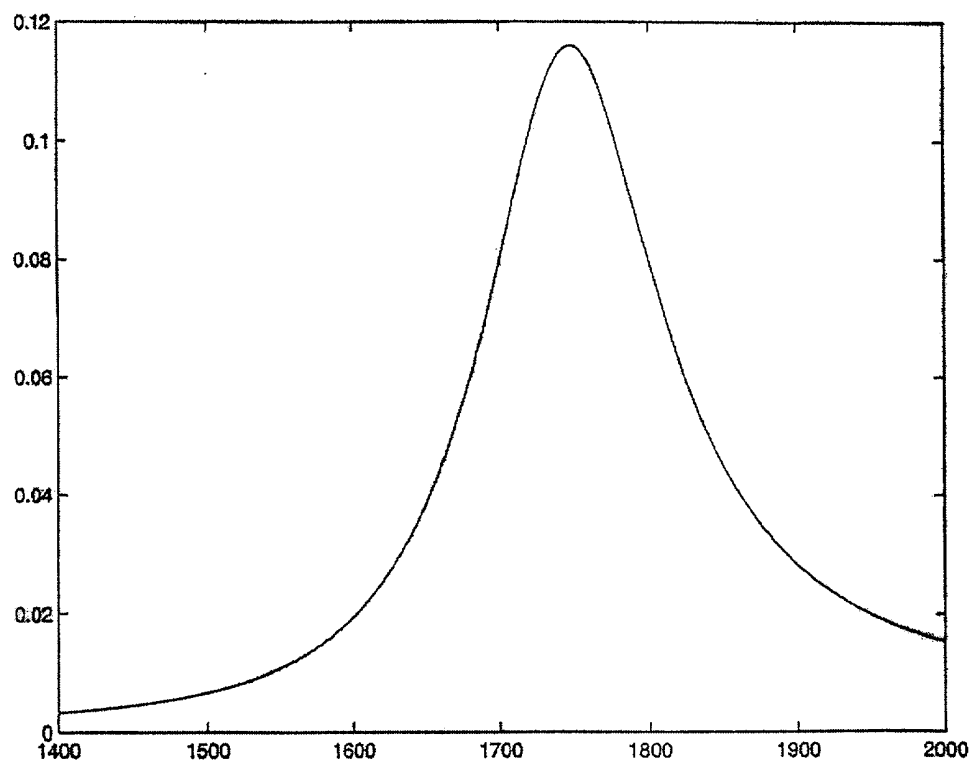
2/4

Fig. 2

3/4

Fig. 3

4/4

Fig. 4

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

2805052

N° d'enregistrement
national

FA 582774
FR 0001871

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 0 693 683 A (VAISALA OY) 24 janvier 1996 (1996-01-24)	1,2,4,5, 9	G02B5/28
Y	* colonne 4, ligne 21 - ligne 36 * * colonne 5, ligne 6 - colonne 6, ligne 32 * * figure 3B *	3,7	
X	US 5 920 391 A (SUSKI JAN ET AL) 6 juillet 1999 (1999-07-06) * colonne 8, ligne 19 - ligne 43 * * colonne 6, ligne 30 - ligne 50 *	1,2,5	
Y	EP 0 930 481 A (NORTHROP GRUMMAN CORP) 21 juillet 1999 (1999-07-21) * colonne 1, ligne 48 - colonne 2, ligne 2 *	7	
Y	US 5 584 117 A (LEE SHIH-PING ET AL) 17 décembre 1996 (1996-12-17) * colonne 2, ligne 63 - colonne 3, ligne 21 *	3	
A	EP 0 903 565 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 24 mars 1999 (1999-03-24) * colonne 4, ligne 1 - ligne 55 * * colonne 5, ligne 36 - ligne 57 * * colonne 7, ligne 4 - ligne 12 * * colonne 7, ligne 54 - ligne 58 * * revendications 15-17 *	1-9	G01J G01B
A	DE 43 34 578 A (ROSSBERG DIRK WINFRIED DIPL IN) 20 avril 1995 (1995-04-20) * revendications 6,7,9 *	1,4-9	
	-/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 décembre 2000		Mollenhauer, R	
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			

2

EPO FORM 1503 12-99 (P04C14)

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

2805052

N° d'enregistrement
national

FA 582774
FR 0001871

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		
A	US 5 381 232 A (VAN WIJK ROBERT J) 10 janvier 1995 (1995-01-10) * colonne 4, ligne 65 - colonne 5, ligne 12 *	1	
A	EP 0 668 490 A (VAISALA OY) 23 août 1995 (1995-08-23) * le document en entier *	1-9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 décembre 2000		Mollenhauer, R	
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			

2

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)