

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 24.03.98.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 01.10.99 Bulletin 99/39.

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

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : SAGEM SA Société anonyme — FR.

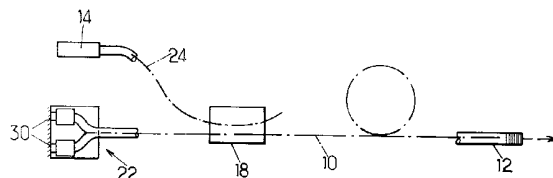
⑦② Inventeur(s) : MIDAVAIN THIERRY, MOUNEU
LAURENT et ROY PHILIPPE.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

⑤④ MODULATEUR REFLECTIF ET LASER EN COMPORTANT APPLICATION.

⑤⑦ Le modulateur optique réflectif a un coupleur bi-direc-
tionnel dont les extrémités non jointives de deux voies (28)
constituent des réflecteurs. Ces voies sont en des éléments
dont l'indice est commandable pour donner aux chemins
optiques dans les deux voies des valeurs qui sont à volonté
soit égales, soit différentes de $\lambda/2$ ou d'un nombre impair de
 $\lambda/2$, λ étant la longueur d'onde de la lumière dans le modu-
lateur.



5 MODULATEUR REFLECTIF ET LASER EN COMPORTANT APPLICATION

La présente invention concerne les modulateurs optiques utilisables notamment dans les lasers déclenchés utilisant
10 comme milieu amplificateur une fibre optique monomode en verre dopé, disposée entre d'une part un élément faiblement transmissif, constituant coupleur de sortie, et d'autre part des moyens destinés à absorber suffisamment la lumière dans un premier état, de façon à autoriser le stockage d'énergie,
15 et à la réfléchir au maximum pour provoquer l'oscillation du laser, dans un second état.

A l'heure actuelle, ces moyens comportent généralement un élément ayant un coefficient de réflexion aussi élevé que possible à une extrémité de la fibre optique, délimitant la
20 cavité laser, et un modulateur ayant un coefficient de transmission commandable entre une valeur aussi proche de 1 que possible pour provoquer l'oscillation laser et une valeur aussi faible que possible, pour permettre un stockage d'énergie important.

25 Un multiplexeur placé entre le modulateur et l'élément faiblement transmissif permet d'amener à la fibre l'énergie de pompage qui est fournie par un laser qui oscille à une longueur d'onde absorbable par le dopant de la fibre et permettant l'inversion de population par pompage optique.
30 Dans cette disposition, le modulateur est traversé deux fois par aller/retour de l'onde optique dans la cavité lors de l'oscillation laser. L'ensemble formé par le modulateur et l'élément réfléchissant ne renvoie, dans le meilleur des cas, que 10% du signal à cause des pertes en excès provoquées par
35 le modulateur.

L'invention vise notamment à fournir un modulateur réfléchitif, combinant les deux fonctions d'élément réfléchissant et de commutation entre deux états, réduisant les pertes en excès en évitant un double passage.

40 Elle vise également à fournir un laser destiné à fournir

des impulsions lumineuses brèves de très forte puissance crête, et notamment des impulsions dites "géantes" par maintien des moyens à l'état permettant la réflexion jusqu'à épuisement de l'énergie utilisable stockée dans la cavité.

5 De tels lasers trouvent de nombreuses applications en tant que source d'impulsion lumineuse, par exemple en réflectométrie, anémométrie, détection de gaz et détection d'obstacles. Pour ces applications, qui exigent souvent une énergie et une puissance crête élevée, les lasers à fibre optique en verre
10 de silice ou verre fluoré dopé par des Terres Rares sont particulièrement importants car ils permettent de générer des impulsions dans le domaine de la sécurité oculaire, c'est à dire, avec une longueur d'onde dépassant 1,5 microns. En particulier les lasers à fibre optique en verre dopé à
15 l'erbium permettent de fournir des impulsions puissantes à une longueur d'onde comprise entre 1,53 et 1,57 microns à une cadence élevée.

L'invention propose notamment un modulateur réflectif ayant un coupleur bi-directionnel dont les extrémités non
20 jointives de deux voies constituent des réflecteurs et sont des éléments dont l'indice est commandable pour donner aux chemins optiques dans les deux voies des valeurs qui sont à volonté soit égales, soit différentes de $\lambda/2$ (ou d'un nombre impair de $\lambda/2$), λ étant la longueur d'onde de la lumière dans
25 le modulateur.

L'invention propose également un laser déclenché ayant un milieu amplificateur constitué par une fibre optique en verre dopé, disposé entre un élément faiblement transmissif et un modulateur, et ayant un multiplexeur placé entre l'élé-
30 ment faiblement transmissif et le modulateur et pour amener à la fibre de l'énergie de pompage, caractérisé en ce que ledit modulateur est constitué par un élément, pouvant être du type défini ci-dessus, commandable électriquement entre un état dans lequel il dissipe l'énergie qu'il reçoit et un
35 état dans lequel il réfléchit ladite énergie par interférence.

Les caractéristiques ci-dessus ainsi que d'autres apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit de modes particuliers de réalisation donné à titre d'exemple non limitatif et de la comparaison qui en est faite avec un laser de type connu.

La description se réfère au dessin qui l'accompagne, dans lequel :

- la figure 1 est un schéma d'un laser déclenché à fibre optique de type connu ;

- la figure 2 est un schéma montrant la constitution d'un laser suivant un mode particulier de réalisation de l'invention.

Le laser déclenché dont la constitution générale est montrée en figure 1 est de type classique. Il comporte une fibre optique monomode 10 qui éventuellement conserve la polarisation des ondes qui la parcourent, constituée en verre dopé, le terme "verre", devant être interprété comme pouvant désigner la silice pure ou une des compositions habituelles ou encore un verre d'une autre nature comme les verres fluorés. L'une des extrémités de la fibre, par laquelle sortent les impulsions de lumière, comporte un élément faiblement transmissif 12, transmettant par exemple environ 20% de l'énergie reçue de la fibre à la fréquence d'oscillation du laser et réfléchissant environ 80% de cette énergie. Cet élément 12 peut notamment être constitué par photo-inscription de zones transversales dans la partie terminale de la fibre, par une superposition de couches minces diélectriques constituant un filtre interférentiel, une couche métallique, etc. L'énergie de pompage est fournie à la fibre 10 par un laser 14 à une longueur d'onde d'excitation du dopant. On peut notamment utiliser un laser de pompage à barreau de titane-saphir ou une diode laser de type MOPA ou encore une batterie de diodes lasers, qui permet de constituer une optique intégrée.

La cavité Fabry-Pérot du laser est limitée par un élément 16 ayant un coefficient de réflexion aussi élevé que possible

à la longueur d'onde d'oscillation du laser. Cet élément peut être constitué par un dépôt métallique ou diélectrique. Il peut s'agir d'un miroir dit à contre-réaction distribuée, fermé par une série de couches parallèles photo-inscrites et constituant un filtre interférentiel. La longueur de la cavité est choisie en fonction de différents paramètres que l'on cherche à optimiser, par exemple : la concentration de dopant, la puissance de pompe, le temps de réponse du modulateur, et en fonction de la forme d'impulsion recherchée. La longueur de la cavité sera de 1 à 2 m dans les réalisations avantageuses à ce jour.

Un multiplexeur 18 permet d'introduire dans la cavité laser l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'oscillateur, provenant de la source laser 14.

Un modulateur 20 interposé entre l'élément réfléchissant 16 et le multiplexeur 18 est destiné à faire passer la cavité laser du mode d'accumulation au mode d'oscillation. Les modules actuellement les plus utilisés sont de type acousto-optique ou électro-optique. Ils présentent un coefficient de transmission modifiable entre une valeur maximale aussi élevée que possible pour réduire les pertes en excès et une valeur minimale suffisante pour bloquer l'émission laser, permettant de stocker une énergie élevée dans le milieu amplificateur sans risque d'oscillation spontanée.

Les modulateurs actuels (modulateurs Kerr, Pockel, WDM, etc...) sont loin de présenter des caractéristiques idéales. Les modulateurs acousto-optiques ont des pertes en excès de l'ordre de 6 dB et une durée de transition de 15 nano secondes, s'ils ont l'avantage d'un taux d'extinction pouvant atteindre des valeurs élevées, de l'ordre de 40 dB. Un temps de transition aussi long gêne la constitution d'impulsions géantes. Les modulateurs électro-optiques ont l'avantage d'être plus rapides, ayant un temps de transition de 50 ps, mais ils ont des pertes en excès de l'ordre de 5 dB et un taux d'extinction moyen d'environ 20 dB.

Les pertes en excès sont d'autant plus gênantes que le

modulateur 20 est traversé deux fois lors d'un aller- retour dans la cavité. Ces pertes en excès font que l'ensemble constitué par le modulateur 20 et l'élément réfléchissant ne renvoie qu'au plus 10 % du signal.

5 Le laser dont la constitution est montrée en figure 2 et 3 où les éléments correspondant à ceux de la fig.1, sont désignés par le même numéro de référence, comporte un modulateur réflectif 22 intégrant les fonctions du modulateur 20 et de l'élément réflectif 16 de la figure 1. Le principe
10 de fonctionnement de ce modulateur réflectif 22, qui termine le tronçon de fibre 24, est le suivant : l'onde lumineuse qui est admise par l'accès unique 26, unimodale et polarisée transversalement est divisée en deux ondes d'égale énergie qui se propagent dans les deux voies ou bras 28 du modula-
15 teur. Les ondes se réfléchissent sur des miroirs terminaux 30, parcourent les bras en sens inverse et se recombinent avant l'accès 26. Le modulateur réflectif est muni de moyens permettant de modifier l'indice du matériau constitutif des bras du modulateur pour commuter celui-ci entre un état où
20 les ondes réfléchies se recombinent en phase (auquel cas une onde d'amplitude maximum revient vers la fibre 24) ou en opposition de phase (auquel cas l'onde revenant vers la fibre est approximativement nulle). Le modulateur peut en conséquence être regardé comme un interféromètre de type Mach-
25 Zehnder réglable. Les voies peuvent être constituées par dopage du substrat dans des canaux débouchant en surface. Ce dopage peut être notamment réalisé par diffusion protonique ou implantation ionique.

En pratique le modulateur 22 pourra être constitué d'un
30 substrat plat en un matériau présentant un effet électro-optique, tel que le niobate de lithium ou le phosphore de gallium, dont l'indice varie en fonction du champ électrique appliqué. Les deux bras 28 sont matérialisés par des canaux à propagation monomode, conservant la polarisation rectiligne
35 transversale au substrat. Ils peuvent être par exemple constitués par échange d'ions potassium à partir de nitrate

de potassium. Chaque bras est placé entre deux électrodes 32 et 33. L'une est formée, par exemple par dépôt ou par implantation, en dessous du bras, sur la face inférieure du substrat. L'autre est placée au dessus du bras. Les électrodes peuvent par exemple être formées par dépôt d'aluminium vaporisé à travers un masque. Une couche de passivation, par exemple en SiO_2 , peut être prévue sous les électrodes. L'accès est relié au tronçon de fibre optique 24 (par exemple tronçon de fibre à saut d'indice ayant un coeur de 5 à 10 μm de diamètre) par un connecteur qui peut être de type connu ou par soudage maintenant la continuité optique. La fibre a une section de coeur dont la forme maintient la polarisation transversale suivant une direction donnée ou le coeur présente des contraintes internes assurant la même fonction.

En général, on donnera au modulateur une constitution symétrique. Dans ce cas, une source de tension est prévue pour soumettre les deux voies soit à un même champ électrique (par exemple nul) pour provoquer l'oscillation, soit à des champs électriques provoquant une différence de trajet de $\lambda_s/2$ (λ_s étant la longueur d'onde d'oscillation du laser).

Dans le second état, il y a interférence destructive au niveau de l'accès et dissipation de l'énergie dans le substrat. Le déphasage introduit par les éléments réflecteurs 30 est en effet le même sur les deux bras.

Un tel modulateur présente des pertes internes qui ne dépassent pas 5 dB, de faibles réflexions parasites et une rapidité élevées de transition. Il a de nombreuses applications mais présente un intérêt particulier dans le cas des lasers déclenchés, dit "Q-switched" où de plus il réduit la longueur totale de la cavité.

REVENDEICATIONS

1. Modulateur optique réflectif ayant un coupleur bi-
5 directionnel dont les extrémités non jointives de deux voies
(28) constituent des réflecteurs, les voies étant en des
éléments dont l'indice est commandable pour donner aux
chemins optiques dans les deux voies des valeurs qui sont à
volonté soit égales, soit différentes de $\lambda/2$ ou d'un nombre
10 impair de $\lambda/2$, λ étant la longueur d'onde de la lumière dans
le modulateur.

2. Modulateur selon la revendication 1, caractérisé en
ce que les voies sont ménagées dans un substrat dont l'indice
varie en fonction d'un champ électrique appliqué.

15 3. Modulateur selon la revendication 2 caractérisé en ce
que le substrat est en niobate de lithium LiNbO_3 ou en
phosphure de gallium.

4. Modulateur selon la revendication 2 ou 3, caractérisé
en ce que les voies sont constituées par des canaux de
20 propagation monomode à maintien de polarisation.

5. Laser déclenché ayant un milieu amplificateur consti-
tué par une fibre optique (24) en verre dopé, disposé entre
un élément faiblement transmissif (12) et un modulateur (22),
et ayant un multiplexeur (18) placé entre l'élément faible-
25 ment transmissif et le modulateur pour amener à la fibre de
l'énergie de pompage, caractérisé en ce que ledit modulateur
est suivant la revendication 1, 2 ou 3, dont l'extrémité
commune aux deux voies est couplée à la fibre (12).

6. Laser suivant la revendication 5, caractérisé en ce
30 que les voies (28) sont constituées par dopage dans des
canaux d'un substrat muni d'électrodes (32,33).

7. Laser déclenché ayant un milieu amplificateur consti-
tué par une fibre optique en verre dopé, disposé entre un
élément faiblement transmissif et un modulateur (22), et
35 ayant un multiplexeur placé entre l'élément faiblement
transmissif et le modulateur pour amener à la fibre de

l'énergie de pompage, caractérisé en ce que ledit modulateur est constitué par un élément commandable électriquement entre un état dans lequel il dissipe l'énergie qu'il reçoit et un état dans lequel il réfléchit ladite énergie par interférence.

5

8. Laser selon la revendication 5, 6 ou 7, caractérisé en ce que la fibre est en verre dopé à l'erbium, ayant une section droite dont la forme ou les contraintes internes maintiennent la polarisation.

FIG. 1.

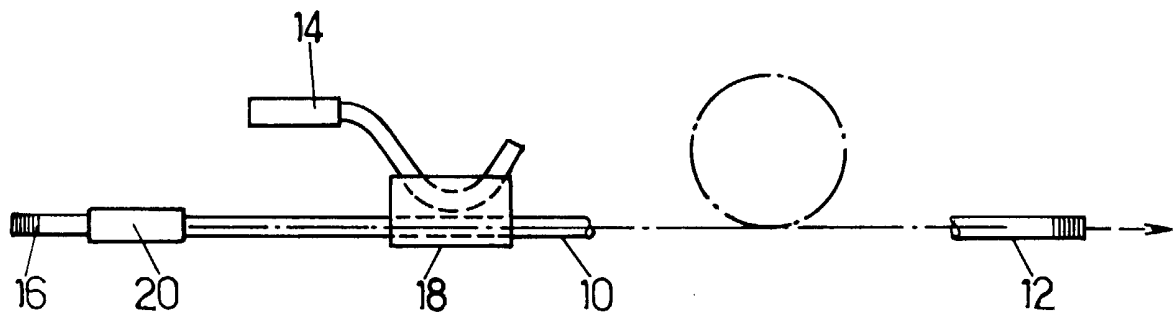


FIG. 2.

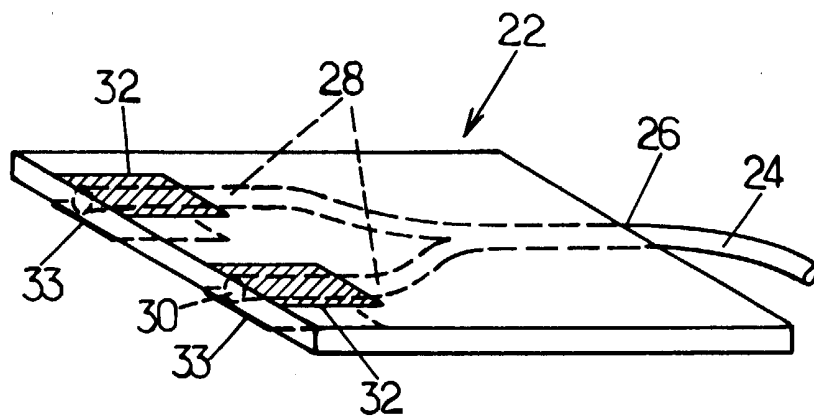
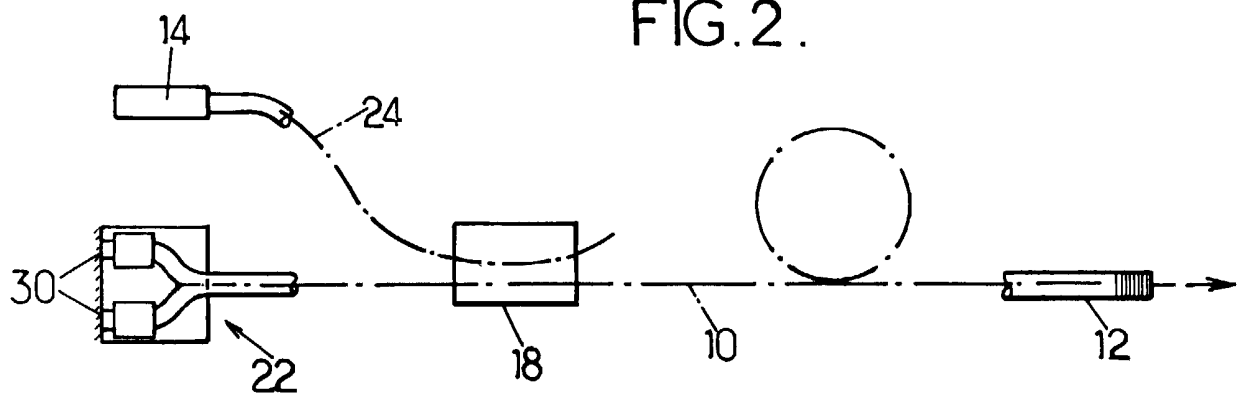


FIG. 3.

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 555671
FR 9803596

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	US 5 361 157 A (ISHIKAWA TADASU ET AL) 1 novembre 1994	1-4
Y	* colonne 8, ligne 54 - colonne 9, ligne 14; figures 2A, 5A *	5-8
Y	EP 0 784 362 A (PIRELLI CAVI SPA) 16 juillet 1997 * abrégé; figure 8 *	5-8
A	SEGUIN F ET AL: "DIODE-PUMPED Q-SWITCHED FIBER LASER" OPTICAL ENGINEERING, vol. 32, no. 9, 1 septembre 1993, pages 2036-2041, XP000396820 * figure 6 *	5
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		G02F H01S
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
12 novembre 1998		Galanti, M
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		