

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 82 06666

(54) Dispositif de stabilisation de longueur d'onde d'une source laser à semi-conducteur.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). H 01 S 3/00; G 01 J 3/18.

(22) Date de dépôt..... 19 avril 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 42 du 21-10-1983.

(71) Déposant : INSTRUMENTS SA. — FR.

(72) Invention de : Jean-Pierre Laude et Francis Bos.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Lucien Bouget, Creusot-Loire,
15, rue Pasquier, 75008 Paris.

La présente invention concerne un dispositif de stabilisation de longueur d'onde d'une source laser à semi-conducteur ; elle s'applique de façon particulièrement intéressante au multiplexage de signaux optiques pour transmission à longue distance par fibres optiques.

5 Pour pouvoir transmettre le maximum de signaux lumineux dans une même fibre optique, et pouvoir ensuite les séparer à l'autre extrémité de la fibre, il est indispensable que les longueurs d'onde de chaque signal ne se chevauchent pas entre elles. On cherchera donc pour chaque signal indépendant à disposer de sources lumineuses émettant sur des bandes étroites
10 et de longueurs d'onde différentes ; on utilise pour cela notamment des lasers à semi-conducteur. Mais il est difficile et coûteux d'obtenir des lasers semi-conducteurs de longueurs d'onde prédéterminées et précises. En outre cette longueur d'onde peut dériver par exemple en fonction de la température. En pratique les lasers semi-conducteurs usuels émettent en fait
15 sur une bande de longueurs d'onde d'une certaine largeur, et la longueur d'onde prépondérante peut évoluer à l'intérieur de cette bande.

On connaît la possibilité de stabiliser la longueur d'onde d'émission d'un laser semi-conducteur par réinjection en contre-réaction de la longueur d'onde choisie, celle-ci étant isolée dans la bande d'émission normale du laser au moyen d'un système dispersif à réseau de diffraction. Cette technique est décrite par exemple dans un article publié dans la revue
20 IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, Vol. QE-18, N° 2 de Février 1982 page 155 sous la signature conjointe de Hideaki Sato, Hiroyuki Asakura, Masakazu Fukai et Norihito Suzuki.

25 On connaît par ailleurs un dispositif désigné sous le nom de "Monochromateur" dans le brevet français 80-07849 publié sous le numéro 2.479.981, et ses deux additions 80-20710 et 80-26465, et dans lesquels on a souligné la possibilité de son utilisation pour des problèmes de multiplexage. Les exemples décrits dans ces brevets le sont tous dans le sens de la séparation
30 d'une lumière complexe issue d'une fibre optique d'entrée pour recueillir plusieurs longueurs d'ondes composantes sur autant de fibres optiques de sortie. Mais bien entendu le même dispositif est utilisable en sens inverse et, dans le cas des transmissions de signaux lumineux, pour regrouper dans une fibre unique (alors de sortie) les longueurs d'onde différentes amenées
35 par autant de fibres (alors d'entrée).

La présente invention constitue une application nouvelle du dispositif décrit par les brevets cités ci-dessus, pour la stabilisation de la longueur d'onde d'un laser semi-conducteur, et cette nouvelle application permet en particulier à la fois une plus large utilisation de ces lasers
5 dans la transmission d'informations à longue distance par fibres optiques, et une plus grande capacité de tels systèmes de transmission.

L'invention s'applique donc à un dispositif de stabilisation de longueur d'onde d'un laser semi-conducteur, dans lequel on réintroduit en contre-réaction dans le laser la longueur d'onde choisie après sa sépara-
10 tion dans la bande d'émission au moyen d'un système dispersif à réseau de diffraction. Selon l'invention, et de façon connue en soi, la face de sortie du laser est disposée, directement ou indirectement par l'intermédiaire d'une fibre optique, au voisinage immédiat du foyer d'un miroir concave sphérique ou parabolique et en avant ou au niveau d'un réseau de diffrac-
15 tion plan, lui-même disposé au-delà du foyer principal du miroir de telle sorte que le faisceau lumineux émis par le laser est transformé par le miroir en un faisceau parallèle dirigé vers le réseau, le miroir recevant en retour les différents faisceaux diffractés et les focalisant en un spectre, les caractéristiques et l'orientation du réseau étant déterminées pour que
20 le spectre soit formé au voisinage immédiat de l'axe du miroir formé par la normale à son sommet ; en outre on dispose, à l'emplacement de la longueur d'onde choisie dans le spectre l'extrémité d'une fibre optique réceptrice ayant subi un traitement semi-réfléchissant, la partie de lumière de longueur d'onde choisie réfléchie par l'extrémité de la fibre étant alors,
25 par le chemin inverse, réintroduite en contre-réaction dans le laser, tandis que la partie non réfléchie est utilisable à l'autre extrémité de la fibre réceptrice.

Selon une forme particulière de réalisation, appliquée au multiplexage sur une seule fibre optique réceptrice de transmission de plusieurs signaux à partir de plusieurs lasers à stabiliser à des longueurs d'onde différentes et reliés chacun au dispositif par une fibre optique d'entrée, chaque fibre d'entrée est disposée, dans le plan focal du miroir, à l'emplacement conjugué de la fibre de transmission pour chaque longueur d'onde correspondante, de telle sorte que la partie de lumière mélangée réfléchie sur
30 le revêtement semi-réfléchissant de la fibre réceptrice sera, par le chemin inverse, à nouveau séparée par le réseau et chaque longueur d'onde renvoyée en contre-réaction de stabilisation vers le laser concerné.

Selon une autre forme de réalisation de l'invention, destinée à la

stabilisation d'un laser semi-conducteur sélectivement sur plusieurs longueurs d'onde dans sa bande d'émission, on dispose, à chaque emplacement des longueurs d'onde choisies dans le spectre, l'extrémité d'une fibre optique réceptrice comportant un revêtement semi-réfléchissant commutable, le dispositif comportant des moyens pour rendre sélectivement semi-réfléchissant le revêtement de l'extrémité de l'une seulement des fibres réceptrices, seule la partie de lumière réfléchie par l'extrémité de cette fibre, et de longueur d'onde correspondante, étant alors par un chemin inverse réintroduite en contre-réaction dans le laser pour le forcer à n'émettre que sur cette longueur d'onde, tandis que la partie non réfléchie, et de la même longueur d'onde, est utilisable à l'autre extrémité de la fibre réceptrice sélectionnée.

L'invention sera mieux comprise en se référant au mode de réalisation décrit à titre d'exemple par les dessins annexés.

La figure 1 est un schéma optique dans le cas d'une simple stabilisation d'un seul laser.

La figure 2 représente, en structure monobloc, l'application du dispositif à la stabilisation de plusieurs lasers dont les lumières sont ensuite multiplexées dans une fibre unique de transmission.

La figure 3 montre la possibilité de fixer sélectivement, dans la bande d'émission normale du laser, l'une ou l'autre de plusieurs longueurs d'onde pour stabiliser l'émission sur cette longueur d'onde particulière.

On se référera tout d'abord à la figure 1, tout à fait comparable à la figure 1 du brevet publié sous le numéro 2.479.981. Ici la face de sortie du laser semi-conducteur 1 est reliée au dispositif de stabilisation par la fibre optique 2. Le dispositif est constitué par un réseau plan de diffraction 4 disposé devant un miroir concave 5. Dans l'axe 6 de la normale au sommet du miroir le réseau est percé d'un orifice 7 conique, allant en s'évasant vers l'arrière du support du réseau. La fibre 2 passe à travers l'orifice 7 de façon que son extrémité 3 soit au foyer du miroir 5. La lumière émise par le laser et issue de la fibre 2 est réfléchie par le miroir 5 en un faisceau parallèle qui arrive sur le réseau. Celui-ci le disperse et le miroir 5 focalise le spectre formé par l'ensemble des longueurs d'onde de la bande d'émission du laser.

Les caractéristiques et l'orientation du réseau sont déterminées de telle façon que la focalisation du spectre soit au voisinage immédiat de l'axe 6 du miroir ; les aberrations du système sont alors très faibles et ne sont que les aberrations d'un miroir concave au voisinage de son centre,

aberrations qui peuvent même être nulles s'il s'agit d'un miroir parabolique.

La fibre de sortie 8 passe également dans l'orifice 7 pour que son extrémité 9 soit, dans le spectre formé, à l'emplacement de la longueur d'onde précise sur laquelle on veut stabiliser le laser. L'extrémité/de la fibre 8 est traitée pour constituer un revêtement semi-réfléchissant, si bien qu'une partie seulement de la lumière de longueur d'onde choisie pourra être utilisée à l'autre extrémité de la fibre 8. Une autre partie de la lumière sera réfléchie sur l'extrémité 9. Compte tenu du fait que les extrémités 3 et 9 des fibres 2 et 8 sont très rapprochées dans le plan focal du miroir, la lumière réfléchie 9 reviendra sur elle-même par réflexion sur le miroir, puis sur le réseau, puis à nouveau sur le miroir pour être renvoyée dans la fibre 2 et dans le laser 1. Ce retour d'une lumière de longueur d'onde bien définie dans la bande d'émission du laser va constituer une contre-réaction du laser qui ne pourra alors émettre que sur cette longueur d'onde, qui correspond à celle recueillie sur la fibre 8.

Comme sur le dispositif décrit dans le brevet précédent un cache 10 au centre du miroir 5 a pour effet d'arrêter les rayons incidents issus de la fibre 2 et qui seraient réfléchis directement par le miroir 5 vers la fibre 8 sans passer par le réseau 4.

On notera qu'en faisant légèrement tourner le réseau 4 autour de l'axe du miroir passant par l'extrémité 3 de la fibre 2 on pourra faire varier la longueur d'onde recueillie en 9, c'est à dire la longueur d'onde sur laquelle le laser sera automatiquement accordé.

On se référera maintenant à la figure 2 où l'on retrouvera la même structure associant un réseau plan et un miroir concave, mais cette fois dans une structure monobloc comme déjà décrit dans la deuxième addition au brevet déjà cité. Le réseau 14 est formé sur un premier bloc de verre 16 collé sur un autre bloc 17 présentant une surface concave recouverte d'un revêtement réfléchissant pour constituer, vers l'intérieur du bloc, le miroir concave 15. Le revêtement est interrompu au voisinage 20 du sommet du miroir pour constituer l'équivalent du cache 10 de la figure 1 précédente.

Ici le dispositif est utilisé pour le multiplexage dans une fibre unique de transmission 21 des signaux émis par les lasers 22 et 23 respectivement reliés au dispositif par les fibres 24 et 25. On supposera, dans la représentation simplifiée du dessin, que les ensembles 22 et 23 comportent chacun à la fois la source laser et le dispositif de modulation pour composer les signaux à transmettre. Si l'on veut stabiliser les lasers 22

et 23, respectivement sur les longueurs d'onde l_1 et l_2 , les extrémités des fibres 24 et 25 seront situées, par rapport à l'extrémité 26 de la fibre de transmission 21, aux emplacements conjugués objet-image pour les longueurs d'onde l_1 et l_2 . L'extrémité 26 de la fibre 21 comporte un revêtement semi-réfléchissant de telle sorte qu'une partie de la lumière transmettant les signaux portés par les deux longueurs d'onde l_1 et l_2 sera introduite dans la fibre 21, tandis qu'une petite partie sera réfléchie. Dans leur trajet inverse après réflexion, les deux longueurs d'onde l_1 et l_2 vont à nouveau être séparées par le réseau 14 pour revenir respectivement dans les fibres 24 et 25 vers les lasers 22 et 23, en les forçant par contre-réaction à n'émettre chacun que sur la longueur d'onde spécifique l_1 ou l_2 .

On voit que cette possibilité de stabiliser les deux lasers à des longueurs d'onde bien définies par la position immuable relative des extrémités des fibres 21, 24 et 25 dans le dispositif monobloc permettra de choisir des longueurs d'onde l_1 et l_2 beaucoup plus rapprochées que dans les dispositifs usuels actuels de multiplexage, puisqu'on s'affranchit ainsi des risques de dérive des longueurs d'onde et par conséquent des risques de mélange intempestif des longueurs d'onde et des signaux.

Bien plus on pourra même envisager d'utiliser deux lasers identiques pour les émetteurs 22 et 23, c'est à dire des lasers de mêmes caractéristiques et émettant sur la même bande plus ou moins fluctuante, et de stabiliser chacun d'eux sur une longueur d'onde différente, choisie bien entendu chacune dans la bande d'émission normale. Bien entendu également l'exemple décrit avec deux lasers reste valable pour un nombre accru de sources et de signaux à multiplexer dans la fibre de transmission 21.

On se référera enfin à la figure 3 pour une autre application visant à la stabilisation d'un laser sélectivement sur l'une ou l'autre des longueurs d'onde de sa bande d'émission. Le dispositif représenté a la même structure monobloc que pour la figure 2, et la fibre unique d'entrée 31 introduit dans les mêmes conditions que pour la figure 1 la lumière émise par le laser 32. Après double réflexion sur le miroir et diffraction sur le réseau la bande d'émission donne lieu à la formation d'un spectre étalé au voisinage de l'axe du miroir. On dispose alors aux emplacements choisis dans le spectre, suivant les longueurs d'onde retenues, les extrémités d'autant de fibres 35, 36, 37. Chaque extrémité de fibre a reçu un revêtement semi-réfléchissant commutable, constitué par exemple de cristaux liquides, et dont la commutation sélective est schématisée ici par les commandes 39, 40

et 41 reliées à un commutateur 42. On voit que selon que l'on active l'un ou l'autre des revêtements de l'une ou l'autre des fibres 35, 36 ou 37, c'est l'une ou l'autre des longueurs d'onde correspondantes qui sera réinjectée dans le laser 32 pour le forcer en contre-réaction à n'émettre que
5 sur cette longueur d'onde précise. On a donc ainsi réalisé une stabilisation sélective dans la bande d'émission normale du laser.

Bien entendu l'invention n'est pas strictement limitée aux modes de réalisation qui ont été décrits à titre d'exemples, mais elle couvre également les réalisations qui n'en diffèreraient que par des détails, par
10 des variantes d'exécution ou par l'utilisation de moyens équivalents.

REVENDEICATIONS

1.- Dispositif de stabilisation de longueur d'onde d'un laser semi-conducteur, dans lequel on réintroduit en contre-réaction dans le laser la longueur d'onde choisie après sa séparation dans la bande d'émission au moyen d'un système dispersif à réseau de diffraction, caractérisé par le fait que de façon connue en soi, la face de sortie du laser est disposée, directement ou indirectement par l'intermédiaire d'une fibre optique, au voisinage immédiat du foyer d'un miroir concave sphérique ou parabolique et en avant ou au niveau d'un réseau de diffraction plan, lui-même disposé au-delà du foyer principal du miroir de telle sorte que le faisceau lumineux émis par le laser est transformé par le miroir en un faisceau parallèle dirigé vers le réseau, le miroir recevant en retour les différents faisceaux diffractés et les focalisant en un spectre, les caractéristiques et l'orientation du réseau étant déterminées pour que le spectre soit formé au voisinage immédiat de l'axe du miroir formé par la normale à son sommet, et par le fait que l'on dispose, à l'emplacement de la longueur d'onde choisie dans le spectre, l'extrémité d'une fibre optique réceptrice, celle-ci ayant subi un traitement semi-réfléchissant sur l'une ou l'autre de ses extrémités ; la partie de lumière de longueur d'onde choisie réfléchie par l'extrémité traitée de la fibre étant alors, par le chemin inverse, réintroduite en contre-réaction dans le laser, tandis que la partie non réfléchie est utilisable à l'autre extrémité de la fibre réceptrice.

2.- Dispositif selon revendication 1, caractérisé par le fait que le réseau est rendu mobile en rotation autour de l'axe du miroir passant par la fibre d'entrée pour faire varier la longueur d'onde recueillie et réintroduite en contre-réaction de stabilisation du laser.

3.- Dispositif selon revendication 1, appliqué au multiplexage sur une seule fibre optique réceptrice de transmission de plusieurs signaux à partir de plusieurs lasers à stabiliser à des longueurs d'onde différentes et reliés chacun au dispositif par une fibre optique d'entrée, caractérisé par le fait que chaque fibre d'entrée est disposée, dans le plan focal du miroir, à l'emplacement conjugué de la fibre de transmission pour chaque longueur d'onde correspondante, de telle sorte que la partie de lumière mélangée réfléchie sur le revêtement semi-réfléchissant de la fibre réceptrice sera, par le chemin inverse, à nouveau séparée par le réseau et chaque longueur d'onde renvoyée en contre-réaction de stabilisation

vers le laser concerné.

- 4.- Dispositif selon revendication 1, destiné à la stabilisation d'un laser semi-conducteur sélectivement sur plusieurs longueurs d'onde dans sa bande d'émission, caractérisé par le fait qu'on dispose, à chaque
- 5 emplacement des longueurs d'onde choisie dans le spectre, l'extrémité d'une fibre optique réceptrice comportant un revêtement semi-réfléchissant commutable, le dispositif comportant des moyens pour rendre sélectivement semi-réfléchissant le revêtement de l'extrémité de l'une seulement des fibres
- 10 réceptrices, seule la partie de lumière réfléchie par l'extrémité de cette fibre, et de longueur d'onde correspondante, étant alors par le chemin inverse réintroduite en contre-réaction dans le laser pour le forcer à n'émettre que sur cette longueur d'onde, tandis que la partie non réfléchie, et de la même longueur d'onde, est utilisable à l'autre extrémité de la fibre réceptrice sélectionnée.

1/1

Fig 1

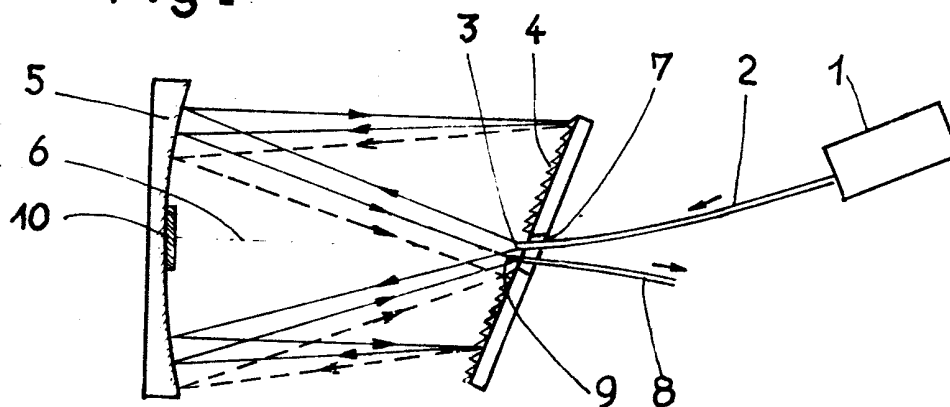


Fig 2

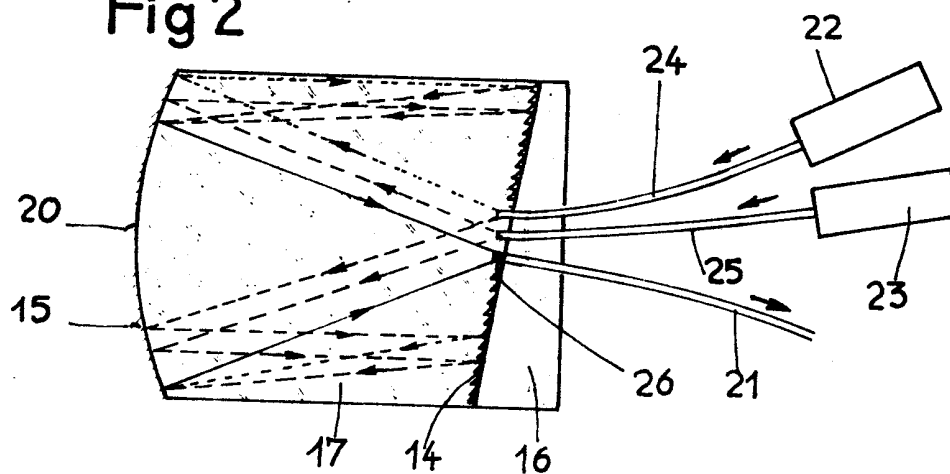


Fig 3

