

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 10.06.94.

30 Priorité : 17.06.93 JP 14649293; 17.06.93 JP 14649093; 17.06.93 JP 14585593.

43 Date de la mise à disposition du public de la demande : 23.12.94 Bulletin 94/51.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : Société dite : OKI ELECTRIC INDUSTRY CO., LTD. — JP et NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION — JP.

72 Inventeur(s) : Kawashima Toshiyuki, Utsunomiya Jiro, Kurosawa Kiyoshi, Okuno Masayuki, Kato Kuniharu, Kawachi Masao, Iida Saburo, Nagase Ryo, Himeno Akira et Yukimatsu Ken-ichi.

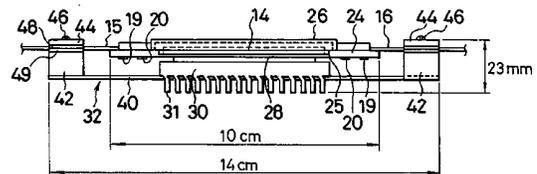
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : Cabinet Jolly.

54 Module de commutation optique compact.

57 L'invention concerne un module de commutation optique.

Ce module comprend un substrat de guides d'ondes optiques (14) monté sur un substrat de circuits électroniques (24). Le substrat de guides d'ondes optiques est muni d'éléments chauffants à couche mince (8, 9) et le substrat de circuits électroniques possède des résistances à couche épaisse ajustables (19) destinées à ajuster le courant fourni aux éléments chauffants à couche mince. Le module de commutation optique possède également une paire d'amorces de fibres (15, 16) couplées en bout au substrat de guides d'ondes optiques. Les amorces de fibres sont fixées aux extrémités d'un élément de support (32) qui est fixé à un puits thermique (30) attaché sous le substrat de circuits électroniques. Le substrat de guides d'ondes optiques (14) est monté dans une dépression (25) ménagée dans le substrat de circuits électroniques.



**Module de commutation optique compact.**

La présente invention concerne un module de commutation optique destiné à commuter les signaux d'ondes lumineuses dans un système de commutation téléphonique ou un système  
5 similaire, plus particulièrement un module de commutation optique configuré de façon à en réduire la taille.

L'utilisation croissante des communications par fibres optiques a suscité la nécessité de commuter les signaux d'ondes lumineuses sans conversion opto-électrique ni  
10 électro-optique. Par exemple, dans un système de commutation comprenant plusieurs modules concentrateurs de lignes d'abonnés qui échangent des signaux d'ondes lumineuses avec plusieurs modules de commutation de circuits via un connecteur intermodules, le connecteur doit être capable de  
15 commuter les connexions parmi les modules de façon à permettre de remplacer par un module de réserve un module de commutation de circuit défaillant. Par conséquent, le connecteur intermodules comprend de préférence un ou plusieurs modules de commutation optiques.

20 Un type de module de commutation optique comprend une matrice d'éléments de commutation thermo-optique interconnectés par des guides d'ondes formés sur un substrat de silice. La commutation est effectuée par l'utilisation d'éléments chauffants à couche mince destinés à faire varier  
25 la température des éléments de commutation. Le module comprend également des circuits électroniques chargés d'alimenter en courant de commutation les éléments chauffants et un puits thermique chargé de dissiper la chaleur créée par les opérations de commutation.

30 L'ajustement du courant de commutation est traditionnellement effectué manuellement, en ajustant mécaniquement des résistances variables telles que des potentiomètres ajustables disposés dans les circuits électroniques. Un inconvénient de cette disposition est que  
35 celle-ci exige beaucoup d'espace et de temps. Les résistances variables à ajustement mécanique sont des

dispositifs relativement gros qui prennent de la place dans le module de commutation et leur ajustement manuel constitue un procédé lent et peu efficace.

La fixation de fibres optiques entraîne un autre problème. Traditionnellement, les amorces de fibres sont raccordées en bout sur les guides d'ondes dans la matrice de commutateurs à l'aide d'un adhésif puis fixées au puits thermique à une certaine distance des joints en bout afin de protéger ces derniers contre les contraintes mécaniques. Un inconvénient de cette disposition est que, pour fournir une plate-forme destinée à fixer les amorces de fibres, le puits thermique doit être physiquement plus grand que la matrice de commutation; cela signifie qu'il doit être plus grand que cela n'est nécessaire pour simplement dissiper la chaleur produite par la commutation.

Le puits thermique comprend des ailettes qui font saillie depuis une base plate. La hauteur des ailettes est proportionnelle à la dimension hors-tout du puits thermique, ce qui fait que l'augmentation de la hauteur du puits thermique afin de fournir des supports aux amorces de fibres présente l'inconvénient supplémentaire d'augmenter la hauteur de l'ensemble de module.

La présente invention a donc pour objet de réduire la taille d'un module de commutation optique.

Un autre objectif de l'invention consiste à simplifier la fabrication d'un module de commutation optique, en particulier en ce qui concerne l'établissement des liaisons de fils et l'ajustement de la résistance.

Le module de commutation optique selon l'invention comprend un substrat de guides d'ondes optiques comportant une pluralité de guides d'ondes configurés pour former des commutateurs. Le substrat de guides d'ondes optiques est monté sur la surface supérieure d'un substrat de circuits électroniques portant des circuits électroniques chargés de commander les commutateurs.

Selon un premier aspect de l'invention, les commutateurs

possèdent des éléments chauffants à couche mince qui chauffent de façon sélective les guides d'ondes dans le substrat de guides d'ondes optiques et le substrat de circuits électroniques possède des résistances à couche épaisse ajustables destinées à ajuster les courants fournis aux éléments chauffants à couche mince. L'ajustement s'effectue, de préférence par ajustement laser, lors de la fabrication du module de commutation optique.

Selon un second aspect de l'invention, le module de commutation optique possède également une paire d'amorces de fibres couplées en bout sur le substrat de guides d'ondes optiques pour l'entrée et la sortie des signaux d'ondes lumineuses, un puits thermique monté sous le substrat de circuits électroniques et un élément de support fixé au puits thermique. Les amorces de fibres sont fixées à des éléments de retenue aux deux extrémités de l'élément de support, qui s'étendent au-delà des bords du substrat de circuits électroniques. La longueur et la largeur du puits thermique sont essentiellement égales à celles du substrat de guides d'ondes optiques.

Selon un troisième aspect de l'invention, le substrat de guides d'ondes optiques est monté dans une dépression du substrat de circuits électroniques, afin de réduire la hauteur de l'ensemble et de faciliter l'établissement des liaisons de fils entre les deux substrats.

On décrira à présent plusieurs modes de réalisation de l'invention en regard des dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 est un dessin schématique d'une matrice de commutation optique 8 x 8 ;

la figure 2 est vue en plan d'un commutateur crossbar 2 x 2 ;

la figure 3 est une vue en coupe d'un commutateur crossbar 2 x 2 ;

la figure 4 est une vue en plan montrant la disposition d'un commutateur optique 8 x 8 ;

la figure 5 est un schéma de principe d'un circuit de

commande d'un commutateur crossbar 2 x 2 ;

La figure 6 est une vue en coupe d'un nouveau module de commutation optique.

la figure 7 est une vue d'en bas du nouveau module de commutation optique ;

la figure 8 est un schéma de principe d'un autre circuit de commande d'un commutateur crossbar 2 x 2 ;

la figure 9 est une vue en bout du puits thermique et de l'élément d'écartement du nouveau module de commutation optique ;

la figure 10 est une vue d'en haut du nouveau module de commutation optique ;

la figure 11 est une vue agrandie d'une interconnexion par liaison de fils ; et

la figure 12 est une vue en oblique d'un substrat de circuits électroniques multicouche avec une dépression centrale.

Un module de commutation optique 8 x 8, illustrant la présente invention, sera décrit avec référence aux dessins annexés. L'invention n'est pas limitée aux configurations et aux dimensions montrées dans les dessins.

La figure 1 présente, sous forme schématique, une matrice de commutateurs optiques 8 x 8. La matrice comprend soixante-quatre commutateurs crossbar 2 x 2 1 raccordés par des guides d'ondes 2 pour former une matrice possédant un port d'entrée et un port de sortie. Chaque port loge huit fibres optiques. Il y a en fait seize guides d'ondes sur les deux côtés entrée et sortie mais huit guides d'ondes se terminent de chaque côté par un port libre non utilisé. Les commutateurs crossbar 2 x 2 sont groupés pour former quinze étages, comme cela est indiqué par les chiffres en bas de la figure 1.

En se référant à la figure 2, chaque commutateur crossbar 2 x 2 est un interféromètre Mach-Zehnder symétrique. Les deux guides d'ondes d'entrée 3 et 4 (deux des guides d'ondes 2 de la figure 1) sont raccordés, par le

biais d'un premier coupleur 3-dB 5, à deux guides d'ondes à bras 6 et 7. Les guides d'ondes à bras 6 et 7 passent sous des éléments chauffants à couche mince 8 et 9 avant de se rejoindre et d'être raccordés, par un second coupleur 3-dB 10, à deux guides d'ondes de sortie 11 et 12.

Quand le commutateur crossbar 2 x 2 est dans l'état cross, la lumière qui entre depuis le guide d'ondes 3 sort au niveau du guide d'ondes 12 et la lumière qui entre depuis le guide d'ondes 4 sort au niveau du guide d'ondes 11. Quand le commutateur crossbar 2 x 2 est dans l'état bar, la lumière qui entre depuis le guide d'ondes 3 sort au niveau du guide d'ondes 11 et la lumière qui entre depuis le guide d'ondes 4 sort au niveau du guide d'ondes 12. La commutation entre ces états s'effectue en commandant les températures des guides d'ondes à bras 6 et 7 au moyen des éléments chauffants à couche mince 8 et 9, en exploitant un effet thermo-optique bien connu qui conduit l'indice de réfraction à varier en fonction de la température.

La figure 3 est une vue en coupe d'un commutateur crossbar 2 x 2 1, qui montre les positions relatives des guides d'ondes à bras 6 et 7 et des éléments chauffants à couche mince 8 et 9. Les guides d'ondes à bras 6 et 7 sont des coeurs de guides d'ondes noyés dans une gaine 13 sur un substrat de guides d'ondes optiques 14. Les éléments chauffants à couche mince 8 et 9 sont formés sur la gaine 13 au-dessus des guides d'ondes à bras 6 et 7.

Les éléments chauffants à couche mince 8 et 9 sont redondants en ce sens que la commutation peut être effectuée à l'aide d'un seul d'entre eux seulement. Si on obtient un fonctionnement satisfaisant avec un seul élément chauffant 8, on peut omettre l'autre élément chauffant 9.

La figure 4 présente la disposition de la matrice de commutateurs optiques 8 x 8, vue en plan. Pour économiser de l'espace, les guides d'ondes 2 suivent un chemin sinueux, le long duquel on trouve les quinze étages indiqués dans la figure 1. (La figure 4 ne présente que huit des seize guides

d'ondes parallèles 2). Une amorce de fibres d'entrée 15, comprenant un câble-ruban optique avec huit coeurs de fibres, est raccordée en bout au port d'entrée de la matrice. Une amorce de fibres de sortie 16 similaire est  
5 raccordée en bout au port de sortie. Si cela est nécessaire, l'amorce de fibres de sortie 16 peut avoir huit fibres supplémentaires couplées au port libre sur le côté sortie, destinées à être utilisées pour les opérations d'ajustement pendant le processus de fabrication par exemple.

10 La figure 5 est un schéma de principe d'un circuit de commande d'un élément chauffant à couche mince tel que l'élément chauffant à couche mince 8 montré dans les figures 2 et 3. Le substrat de guides d'ondes optiques 14 et les amorces de fibres 15 et 16 correspondent à ce qui est montré  
15 dans la figure 4. L'énergie électrique est fournie à l'élément chauffant à couche mince 8 à partir d'une source électrique 17 à tension constante. Le courant traverse l'élément chauffant à couche mince 8 pour relier la terre, le flux étant commandé par un circuit comprenant un  
20 transistor 18, une résistance ajustable 19 et des résistances fixes 20, 21 et 22 qui sont interconnectées comme cela est indiqué. La résistance ajustable 19 et la résistance fixe 20 contrôlent le flux du courant à travers l'élément chauffant à couche mince 8. Les résistances fixes  
25 21 et 22 contrôlent la tension base-émetteur du transistor 18 dans l'état passant. Ces résistances 21 et 22 sont de préférence intégrées avec le transistor 18 pour former une seule unité.

Le transistor 18 est mis en circuit ou hors circuit par  
30 un signal provenant d'un dispositif extérieur (non représenté) qui est reçu au niveau d'une borne d'entrée 23 telle qu'une broche de connecteur. Lorsqu'il est mis en circuit, le transistor 18 permet à un courant électrique substantiel de traverser l'élément chauffant à couche mince  
35 8. Une chaleur correspondante est produite, plaçant par exemple dans l'état bar le commutateur crossbar 2 x 2

associé. Quand le transistor 18 est mis hors circuit, le flux de courant traversant l'élément chauffant à couche mince 8 est limité par les résistances 19 et 20, une quantité moindre de chaleur est produite et le commutateur crossbar passe à l'autre état, par exemple à l'état cross.

La quantité de courant fournie à travers l'élément chauffant à couche mince 8 dans l'état cross est ajustée par la résistance ajustable 19. L'ajustement est effectué lors de la fabrication du module de commutation optique.

Les figures précédentes ont illustré la configuration générale d'un module de commutation optique et indiqué la façon dont la commutation est accomplie. On ne fournira pas une explication plus complète des opérations de commutation dans la mesure où ces détails sont familiers aux spécialistes de la technique. Les figures suivantes vont illustrer des nouvelles caractéristiques de la présente invention.

La figure 6 est une vue de côté du module de commutation optique selon l'invention. Le substrat de guides d'ondes optiques 14, avec ses guides d'ondes et ses éléments chauffants à couche mince (non représentés de façon explicite), est monté sur un substrat de circuits électroniques 24 tel qu'un substrat céramique multicouche qui porte également les résistances et les autres composants électroniques indiqués dans la figure 5. Plus précisément, le substrat de guides d'ondes optiques 14 est monté dans une dépression 25 ménagée dans le substrat de circuits électroniques 24. Le substrat de guides d'ondes optiques 14 est fixé au substrat de circuits électroniques 24 par un adhésif à base silicone.

Les résistances ajustables 19 et les résistances fixes 20 sont disposées sur le côté inférieur du substrat de circuits électroniques 24 dans les positions indiquées, à proximité des deux bords opposés du substrat 24. Les transistors 18 et les résistances 21 et 22 de la figure 5 sont montés dans d'autres emplacements appropriés (non

indiqués) sur le substrat de circuits électroniques 24. Le substrat de guides d'ondes optiques 14 est recouvert d'un chapeau protecteur 26.

Un élément d'écartement 28 est fixé par un adhésif à la surface inférieure du substrat de circuits électroniques 24, à l'intérieur des résistances fixes 20. Un puits thermique 30 à ailettes et un élément de support 32 sont attachés à l'élément d'écartement 28. Les amorces de fibres 15 et 16 sont supportées par l'élément de support 32, ce qui fait que le puits thermique 30 n'a pas besoin d'être grand; il doit avoir substantiellement la même longueur et la même largeur que le substrat de guides d'ondes optiques 14.

Si le substrat de circuits électroniques 24 présente par exemple la forme d'un carré de dix centimètres de côté, la hauteur du module de commutation optique complet, y compris les ailettes 31 du puits thermique 30, n'a pas besoin d'excéder trois centimètres. Une hauteur de vingt-trois millimètres s'est révélée réalisable, comme le montre le dessin.

La structure détaillée de l'élément de support 32 sera décrite ultérieurement, après une description de la structure, de la disposition et de l'ajustement des résistances 19 et 20.

En se référant à la figure 7, on voit que les résistances ajustables 19 sont disposées le long des bords, mentionnés plus haut, du substrat de circuits électroniques 24. Les résistances fixes 20 sont disposées en deux rangées parallèles à ces rangées, entre les résistances ajustables 19 et le puits thermique 30. Ces résistances 19 et 20 sont des résistances à couche épaisse qui peuvent être imprimées, paire par paire, directement sur le substrat de circuits électroniques 24.

Alternativement, des transistors pastille à couche épaisse peuvent être utilisés à la place des transistors imprimés, les pastilles étant montées sur le substrat de circuits électroniques 24. Dans l'un ou l'autre cas, les

résistances à couche épaisse occupent beaucoup moins de place que les résistances variables traditionnelles du type potentiomètre, ce qui permet d'économiser un espace considérable.

5 L'invention ne se limite pas au montage des résistances à couche épaisse 19 et 20 sur la surface inférieure du substrat de circuits électroniques 24. On économise également de l'espace si une partie ou la totalité de ces résistances à couche épaisse sont montées sur la surface  
10 supérieure du substrat de circuits électroniques 24, à côté du substrat de guides d'ondes optiques 14.

Les valeurs de résistance des résistances ajustables 19 sont ajustées par ajustement laser. L'ajustement peut être effectué commodément après que le substrat de guides d'ondes  
15 optiques 14 a été monté sur le substrat de circuits électroniques 24 et après que les composants électroniques représentés dans la figure 5 ont été imprimés ou montés mais avant la fixation du puits thermique 30 et de l'élément de support 32. L'ajustement est effectué en propageant la  
20 lumière à travers chaque commutateur crossbar  $2 \times 2$  dans l'état cross et en ajustant sa résistance ajustable 19 de façon à minimiser la diaphonie entre la paire commutée de signaux d'ondes lumineuses. Aucun ajustement n'est effectué dans l'état bar parce que la diaphonie dans l'état bar  
25 apparaît au niveau du port de sortie libre et n'affecte pas le fonctionnement normal du module de commutation optique.

De façon encore plus commode, le substrat de guides d'ondes optiques 14 peut être testé comme une unité indépendante et les résistances 19 peuvent être ajustées en  
30 fonction des résultats d'essai avant que le substrat de guides d'ondes optiques 14 soit monté dans le substrat de circuits électroniques 24.

L'ajustement laser est un procédé bien adapté à l'automatisation, aussi la totalité du processus d'essai et  
35 d'ajustement peut être effectué de façon automatique. Un ajustement manuel n'est pas nécessaire.

L'invention ne se limite pas à l'ajustement d'une seule résistance ajustable pour chaque commutateur crossbar. Si cela est nécessaire, le circuit de la figure 5 peut être modifié de telle façon que le flux du courant soit ajusté par deux résistances à couche épaisse ajustables. La seconde résistance ajustable est insérée en série entre le transistor 18 et l'élément chauffant à couche mince 8 de la figure 5.

La figure 8 présente un circuit dans lequel cette modification et d'autres modifications ont été réalisées. Les éléments identiques aux éléments de la figure 7 possèdent les mêmes numéros de référence. Le circuit comprend une seconde résistance ajustable 34 comme cela a été décrit plus haut, un second transistor 35 chargé de surveiller l'état du premier transistor 18 au niveau d'une borne de sortie 36, et un commutateur 37 permettant de diriger le courant à travers l'un ou l'autre des deux éléments à couche mince 8 et 9 dans un commutateur crossbar 2 x 2 1. Les deux résistances ajustables 19 et 34 sont des résistances à couche épaisse et elles sont toutes deux ajustées par ajustement laser comme cela a été décrit plus haut. Une des deux résistances 19 et 34 est ajustée de façon à minimiser la diaphonie dans l'état cross; l'autre est ajustée de façon à minimiser la diaphonie dans l'état bar.

Les résistances présentées sans numéro de référence dans la figure 8 assurent des fonctions similaires à celles des résistances 20, 21 et 22 de la figure 7. Les descriptions seront omises pour ne pas surcharger l'invention par des détails sans intérêt.

Il sera décrit maintenant la structure de l'élément de support 32 qui est un autre nouvel élément caractéristique de la présente invention.

En se reportant de nouveau à la figure 6, on voit que l'élément de support 32 comprend un élément de bras 40 fixé à la partie inférieure du puits thermique 30 et une paire d'éléments de retenue 42 reliés à chaque extrémité de

l'élément de bras 40 et formés en une seule pièce avec celui-ci. L'élément de bras 40 est monté parallèlement aux amorces de fibres 15 et 16 et possède une longueur suffisante pour faire saillie au-delà des deux bords du substrat de circuits électroniques 24. Par exemple, si le

5 substrat de circuits électroniques 24 mesure dix centimètres d'un côté, le côté de l'élément de bras peut présenter une longueur d'environ quatorze centimètres, comme cela est indiqué sur le dessin.

10 Les amorces de fibres 15 et 16 sont fixées aux éléments de retenue respectifs 42 par des plaques de serrage 44 qui sont maintenues par des vis 46 contre les éléments de retenue 42. Les amorces de fibres 15 et 16 sont protégées par des coussins en caoutchouc silicone 48 et 49 disposés

15 sur les côtés inférieurs des plaques de serrage 44 et les côtés supérieurs des éléments de retenue 42. Fixées de cette façon, les amorces de fibres 15 et 16 sont maintenues suffisamment fermement pour qu'aucune contrainte ne s'exerce sur les joints en bout entre les amorces de fibres et le

20 substrat de guides d'ondes optiques 14. La force de retenue doit cependant être inférieure à la force adhésive au niveau des joints en bout.

Avec référence de nouveau à la figure 7, l'élément de bras 40 de l'élément de support 32 est fixé par des vis 50

25 et des écrous 51 dans une rainure 52 sans ailettes 31, la rainure 52 s'étendant dans le sens de la longueur à travers la partie centrale du puits thermique 30. Les éléments de retenue 42 s'étendent à angle droit à partir des extrémités de l'élément de bras 40. La forme générale de l'élément de support 32 est adaptée de façon à assurer un support à

30 proximité des sites où les amorces de fibres 15 et 16 sont couplées au substrat de guides d'ondes optiques 14 et elle peut être modifiée pour s'adapter aux emplacements de ces sites.

35 La figure 9 est une vue en coupe de l'élément d'écartement 28 et du puits thermique vus depuis l'extrémité

droite ou gauche dans les figures 6 et 7. Les vis 50 pour le montage de l'élément de support 32 sont attachées à l'élément d'écartement 28 et elles s'étendent à travers les trous 54 dans le puits thermique 30. Les trous 54 sont  
5 disposés dans la rainure centrale 52 entre les ailettes 31.

Quand le module est assemblé, on commence à appliquer de la graisse silicone sur la surface du puits thermique 30 (la surface supérieure dans les figures 6 et 7, la surface de gauche dans la figure 9). Ensuite, on place le puits  
10 thermique 30 sur l'élément d'écartement 28, les vis 50 s'étendant à travers les trous 54. On place ensuite l'élément de support 32 dans la rainure centrale 52 du puits central 30, les vis 50 s'étendant également à travers les trous dans l'élément de bras 40. Enfin, les écrous 51 sont  
15 vissés sur les vis 50, serrant ainsi à la fois l'élément de support 32 et le puits thermique 30. L'élément de support 32 et le puits thermique 30 n'ont pas besoin d'être fixés séparément.

La figure 10 est une vue de dessus du module de  
20 commutation optique avec le chapeau de protection 26 retiré pour permettre de voir le substrat de guides d'ondes optiques 14. Comme cela est indiqué, les plaques de serrage 44 sont fixées sur l'élément de support 32 par deux vis 46 chacune. La figure 10 présente également les bornes d'entrée  
25 23 qui sont représentées dans la figure 5. Ces bornes d'entrée 23 sont des broches de connecteur que l'on peut enficher dans un connecteur pour réaliser le raccordement électrique entre les circuits du substrat de circuits électroniques 24 et l'équipement extérieur. Les circuits du  
30 substrat de circuits électroniques 24 sont couplés aux éléments chauffants à couche mince du substrat de guides d'ondes optiques 14 au moyen des fils de connexion 56.

La figure 11 présente une vue agrandie d'un de ces fils de connexion 56. Le fil de connexion 56 est connecté aux  
35 plots de connexion respectifs 58 et 59 sur le substrat de guides d'ondes optiques 14 et le substrat de circuits

électroniques 24. Ainsi qu'il a été mentionné plus haut, le substrat de guides d'ondes optiques 14 est monté dans une dépression 25 ménagée dans la surface supérieure du substrat de circuits électroniques 24. Cette dépression 25, qui est  
5 une autre nouvelle caractéristique de l'invention, réduit le décalage de hauteur entre les plots de connexion 58 et 59, ce qui facilite les problèmes d'établissement des liaisons de fils tels que la rupture de fil. Un autre avantage de la dépression 25 est que celle-ci réduit la hauteur totale du  
10 module de commutation optique.

Sur le plan, la profondeur de la dépression 25 représente essentiellement la moitié de l'épaisseur du substrat de guides d'ondes optiques 14, ce qui signifie que si le substrat de guides d'ondes optiques 14 présente par  
15 exemple une épaisseur d'un millimètre, la dépression 25 présente une profondeur d'un demi-millimètre. Cependant, si l'épaisseur du substrat de circuits électroniques 24 le permet, on peut réaliser une dépression plus profonde afin de réduire davantage le décalage de hauteur entre les plots  
20 de connexion 58 et 59. Dans l'idéal, la profondeur de la dépression 25 est égale à l'épaisseur du substrat de guides d'ondes optiques 14, ce qui supprime le décalage de hauteur.

En se référant à la figure 12, si le substrat de circuits électroniques 24 est un substrat céramique  
25 multicouche, la dépression 25 peut être formée aisément en utilisant une ou plusieurs couches de forme annulaire comme couche(s) supérieure(s) de substrat. Par exemple, le substrat de circuits électroniques 24 peut comprendre quatre couches de substrat 60, 61, 62 et 63, les deux couches  
30 supérieures de substrat 60 et 61 présentant une forme annulaire. Les portions centrales absentes de ces couches supérieures de substrat 60 et 61 constituent la dépression 25.

Le module de commutation optique selon l'invention  
35 présente les avantages suivants. Sa taille est réduite en montant le substrat de guides d'ondes optiques 14 dans une

dépression 25 ménagée dans le substrat de circuits électroniques 24, en utilisant un élément de support 32 chargé de supporter les amorces de fibres 15 et 16 de façon à pouvoir utiliser un puits thermique 30 relativement petit, et en utilisant des résistances à couche épaisse ajustables 19 à la place de résistances variables à ajustement mécanique. L'ajustement des valeurs de résistance de ces résistances peut être automatisé par ajustement laser. L'assemblage du module est simplifié du fait que le puits thermique 30 et l'élément de support 32 sont fixés par les mêmes vis 50. L'établissement des liaisons de fils est facilité par la réduction du décalage de hauteur entre les deux substrats 14 et 24.

L'invention ne se limite pas à une matrice de commutateurs optiques 8 x 8. Elle peut naturellement être mise en oeuvre avec d'autres configurations de matrices.

Les spécialistes de la technique comprendront que d'autres modifications peuvent être apportées sans que l'on sorte du domaine de l'invention.

### Revendications

1. Module de commutation optique, comprenant :

un substrat de guides d'ondes optiques (14) avec plusieurs guides d'ondes (2, 3, 4, 6, 7, 11, 12) configurés pour former des commutateurs (1) destinés à commuter les signaux d'ondes lumineuses ;

une pluralité d'éléments chauffants à couche mince (8, 9) formés sur le substrat de guides d'ondes optiques (14), pour commander lesdits commutateurs (1) en chauffant de façon sélective les guides d'ondes (6, 7) qui y sont placés ;

un substrat de circuits électroniques (24) destiné à supporter ledit substrat de guides d'ondes optiques (14), avec des circuits destinés à fournir du courant auxdits éléments de chauffage à couche mince (8, 9) ; et

une pluralité de résistances à couche épaisse ajustables (19) disposées sur ledit substrat de circuits électroniques (24) pour ajuster le courant fourni auxdits éléments chauffants à couche mince (8, 9).

2. Module selon la revendication 1 dans lequel, pour ajuster le courant fourni auxdits éléments chauffants à couche mince (8, 9), lesdites résistances à couche épaisse ajustables (19) sont ajustées par ajustement laser.

3. Module selon la revendication 1, dans lequel ledit substrat de guides d'ondes optiques (14) est monté sur un côté dudit substrat de circuits électroniques (24) et dans lequel lesdites résistances à couche épaisse ajustables (19) sont montées sur un autre côté dudit substrat de circuits électroniques (24).

4. Module selon la revendication 1, dans lequel lesdites résistances à couche épaisse ajustables (19) sont imprimées sur ledit substrat de circuits électroniques (24).

5. Module de commutation optique, comprenant :

un substrat de guides d'ondes optiques (14) avec plusieurs guides d'ondes (2, 3, 4, 6, 7, 11, 12) configurés pour former des commutateurs (1) destinés à commuter les

signaux d'ondes lumineuses ;

une paire d'amorces de fibres (15, 16) couplées en bout aux bords dudit substrat de guides d'ondes optiques (14), pour l'entrée et la sortie desdits signaux d'ondes lumineuses ;

un substrat de circuits électroniques (24) avec des circuits chargés de commander lesdits commutateurs (1), ledit substrat de guides d'ondes optiques (14) étant monté sur un côté dudit substrat de circuits électroniques (24) ;

un puits thermique (30), de longueur et de largeur essentiellement égales audit substrat de guides d'ondes optiques (14), monté sur un autre côté dudit substrat de circuits électroniques (24); et

un élément de support (32) possédant un élément de bras (40) et une paire d'éléments de retenue (42) pour supporter lesdites amorces de fibres (15, 16), ledit élément de bras (40) étant fixé audit puits thermique (30), deux extrémités dudit élément de bras (40) s'étendant au-delà de deux bords dudit substrat de circuits électroniques (24), et ladite paire d'éléments de retenue (42) étant reliée audit élément de bras (40) et auxdites deux extrémités.

6. Module selon la revendication 5, comprenant également un élément d'écartement (28) disposé entre ledit substrat de circuits électroniques (24) et ledit puits thermique (30), ledit élément d'écartement (28) possédant des vis (50) s'étendant à travers ledit puits thermique (30) pour fixer celui-ci et l'élément de bras (40) dudit élément de support (32).

7. Module selon la revendication 5, dans lequel ledit élément de support (32) comprend :

une paire de plaques de serrage (44) destinées à fixer lesdites amorces de fibres (15, 16) sur lesdits éléments de retenue (42), lesdites amorces de fibres (15, 16) étant serrées entre les plaques de serrage (44) et les éléments de retenue (42) respectifs ;

des vis (46) pour fixer lesdites plaques de serrage (44)

auxdits éléments de retenue (42) ; et

des coussins (48, 49) disposés entre lesdites plaques de serrage (44) et lesdits éléments de retenue (42), pour protéger lesdites amorces de fibres (15, 16).

5 8. Module de commutation optique, comprenant :

un substrat de circuits électroniques (24) avec des circuits montés dessus, possédant une dépression centrale (25) à l'intérieur ;

10 un substrat de guides d'ondes optiques (14) monté dans ladite dépression (25), possédant plusieurs guides d'ondes (2, 3, 4, 6, 7, 11, 12) configurés pour former des commutateurs (1) destinés à commuter des signaux d'ondes lumineuses ; et

15 une pluralité de fils de connexion (56) pour coupler électriquement les circuits dudit substrat de circuits électroniques (24) audit substrat de guides d'ondes optiques (14), de façon à ce que lesdits circuits puissent commander lesdits commutateurs (1).

20 9. Module selon la revendication 8, où ledit substrat de circuits électroniques (24) comprend plusieurs couches de substrat (60, 61, 62, 63), et au moins une couche de dessus (60, 61) parmi lesdites couches de substrat est de forme annulaire avec une portion centrale absente, formant ainsi ladite dépression (25).

25 10. Module selon la revendication 8, possédant des plots de connexion (58, 59) sur ledit substrat de guides d'ondes optiques (14) et sur ledit substrat de circuits électroniques (24), auxquels lesdits fils de connexion (56) sont connectés par des liaisons de fils.

30 11. Procédé de commutation des signaux d'ondes lumineuses dans un substrat de guides d'ondes optiques (14), comprenant les étapes suivantes :

fabrication de guides d'ondes (2, 3, 4, 6, 7, 11, 12) dans ledit substrat de guides d'ondes optiques (14) ;

35 fabrication d'éléments chauffants à couche mince (8, 9) sur ledit substrat de guides d'ondes optiques (14) pour

commuter lesdits signaux d'ondes lumineuses en chauffant de façon sélective lesdits guides d'ondes (6, 7) ;

montage dudit substrat de guides d'ondes optiques (14) sur un substrat de circuits électroniques (24) possédant des circuits chargés d'alimenter en courant lesdits éléments chauffants à couche mince (8, 9) et des résistances à couche épaisse ajustables (19) pour ajuster ledit courant ; et

l'ajustement desdites résistances à couche épaisse ajustables (19) afin de minimiser la diaphonie parmi lesdits signaux d'ondes lumineuses.

12. Procédé selon la revendication 11, où l'étape de l'ajustement desdites résistances à couche épaisse ajustables (19) est effectué par ajustement laser.

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel l'étape de l'ajustement desdites résistances à couche épaisse ajustables (19) est automatisée.

14. Procédé de fixation des amorces de fibres optiques (15, 16) sur un substrat de guides d'ondes optiques (14) monté sur côté d'un substrat de circuits électroniques (24) dans un module de commutation optique, comprenant les étapes suivantes :

la fixation, sur un autre côté dudit substrat de circuits électroniques (24), d'un puits thermique (30) dont la longueur et la largeur sont essentiellement égales audit substrat de guides d'ondes optiques (14) ;

la fixation, sur ledit puits thermique (30), d'un élément de support (32) possédant deux extrémités s'étendant au-delà de deux bords dudit substrat de circuits électroniques (24) ;

le couplage en bout desdites amorces de fibres (15, 16) sur ledit substrat de guides d'ondes optiques (14) ; et

la fixation desdites amorces de fibres (15, 16) sur les deux dites extrémités dudit élément de support (32).

15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel l'étape de fixation d'un puits thermique (30) comprend la fixation d'un élément d'écartement (28) audit substrat de

circuits électroniques (24) et la fixation dudit puits thermique (30) audit élément d'écartement (28).

16. Procédé selon la revendication 15 dans lequel ledit puits thermique (30) possède une rainure centrale avec des  
5 trous (54), ledit élément d'écartement (28) possède des vis (50) s'étendant à travers lesdits trous (54) et l'étape de fixation d'un élément de support (32) comprend la fixation dudit élément de support (32) audit puits thermique (30) par le serrage des écrous (51) sur lesdites vis (50).

10 17. Procédé de couplage électrique d'un substrat de guides d'ondes optiques (14) à un substrat de circuits électroniques (24) dans un module de commutation optique, comprenant les étapes suivantes :

15 la création d'une dépression (25) dans ledit substrat de circuits électroniques (24) ;

le montage dudit substrat de guides d'ondes optiques (14) dans ladite dépression (25) ; et

20 l'établissement de liaisons de fils de connexion (56) sur ledit substrat de guides d'ondes optiques (14) et ledit substrat de circuits électroniques (24).

18. Procédé selon la revendication 17, dans lequel ledit substrat de circuits électroniques (24) comprend plusieurs couches (60, 61, 62, 63) et l'étape de création d'une dépression (25) comprend l'utilisation, sous la forme d'au  
25 moins une couche de dessus parmi lesdites multiples couches, d'une couche annulaire (60, 61) avec une portion centrale absente.

FIG. 1

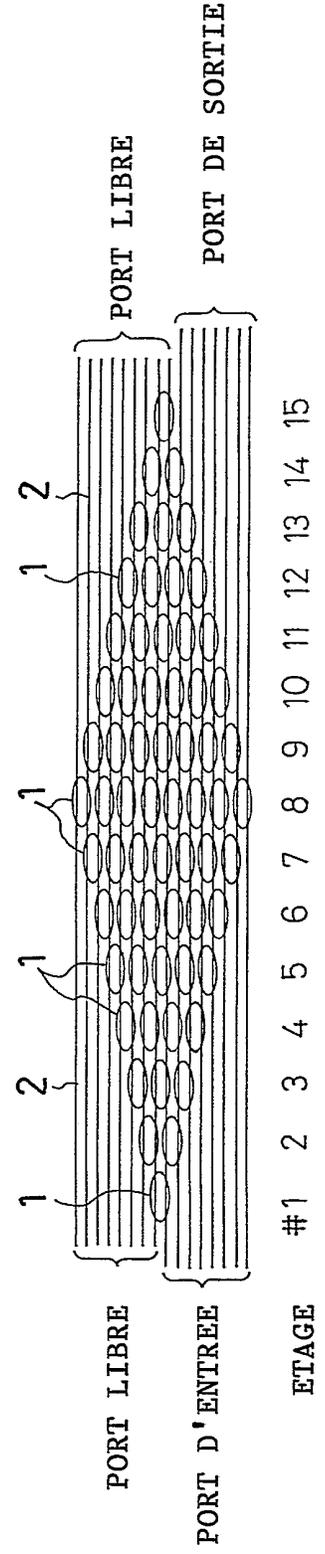


FIG. 2

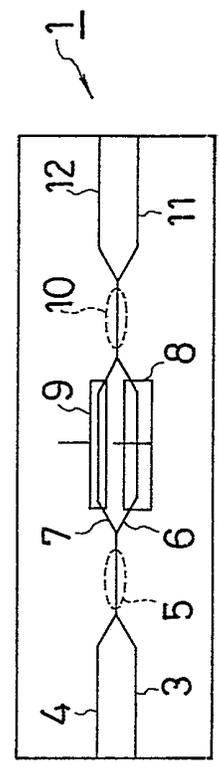


FIG. 3

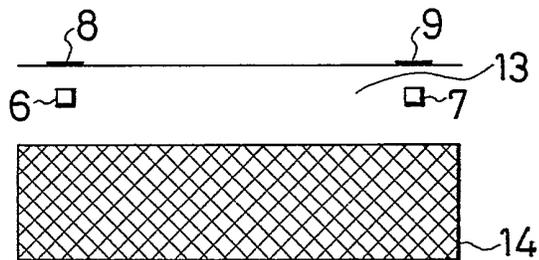


FIG. 4

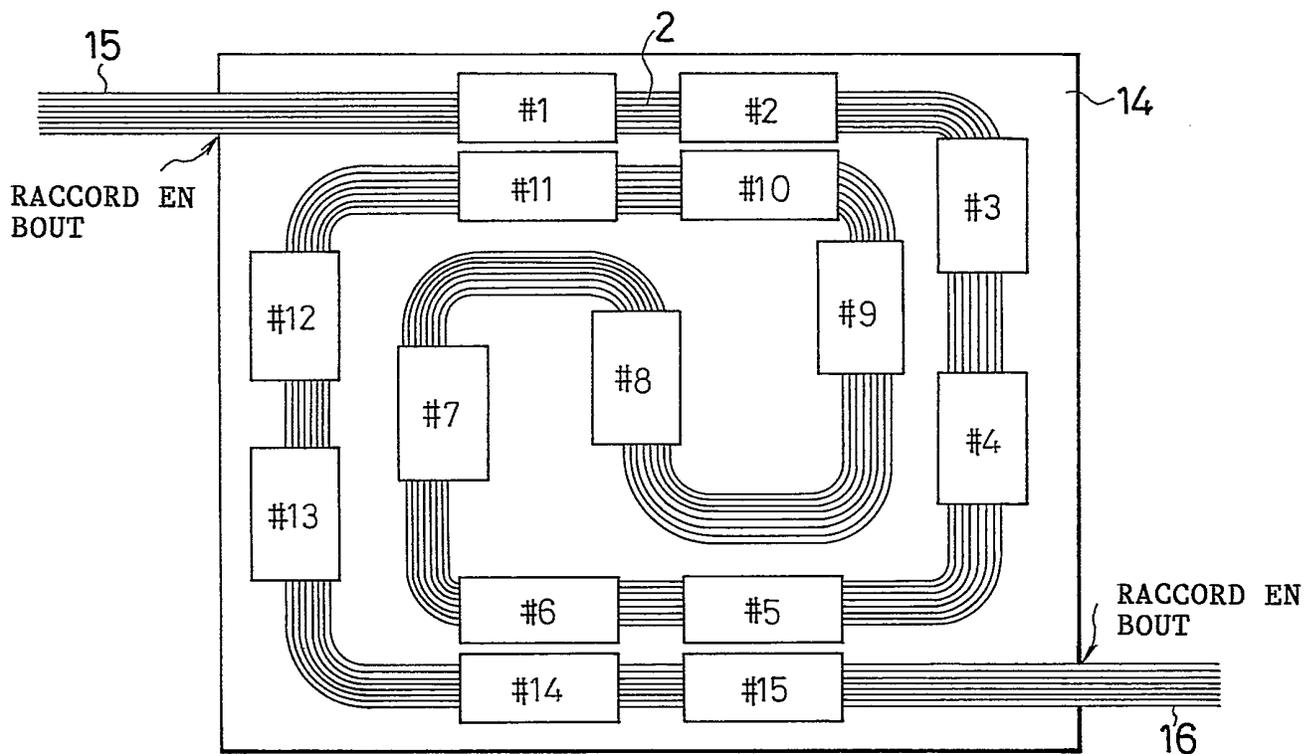


FIG. 5

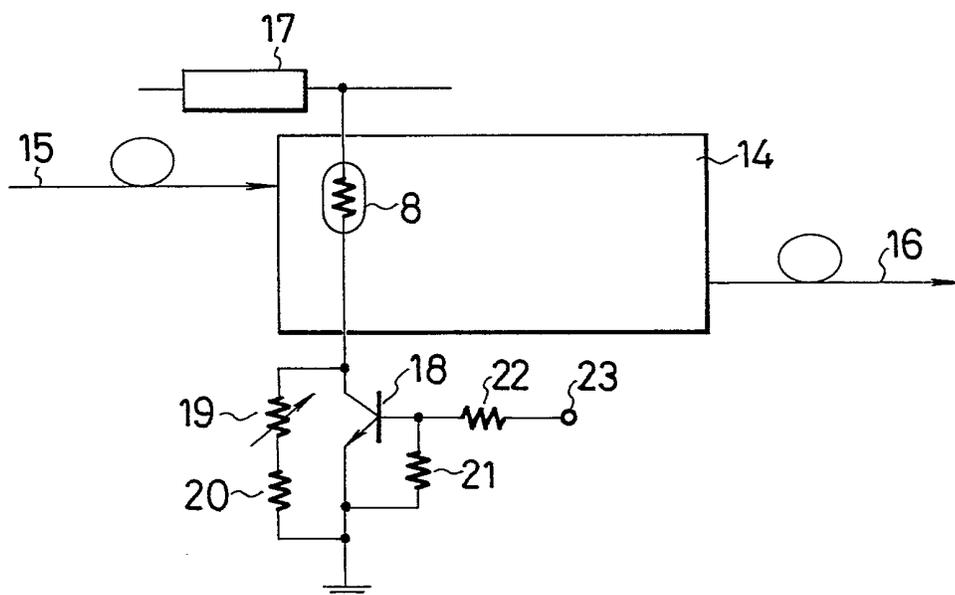


FIG. 6

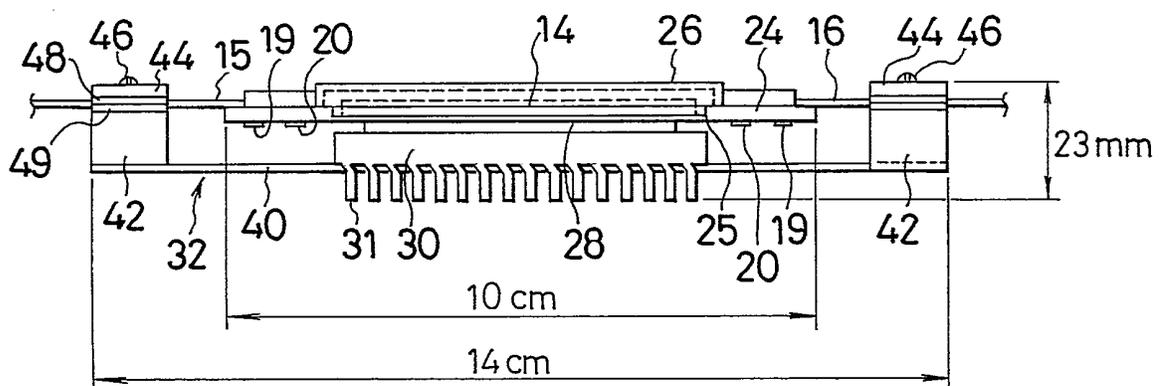


FIG. 7

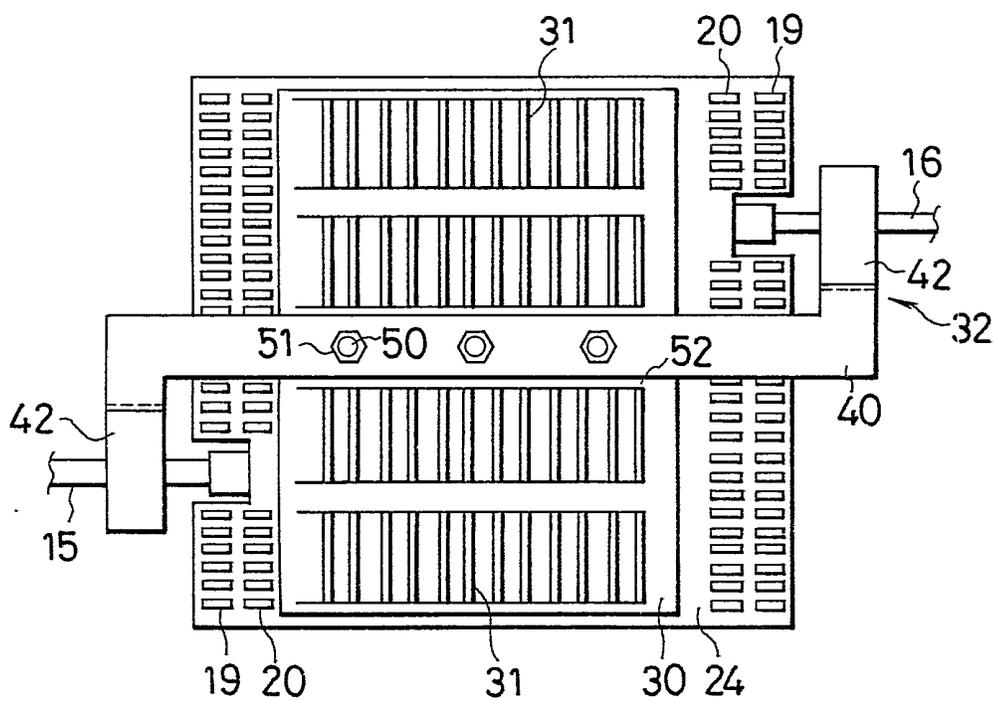


FIG. 8

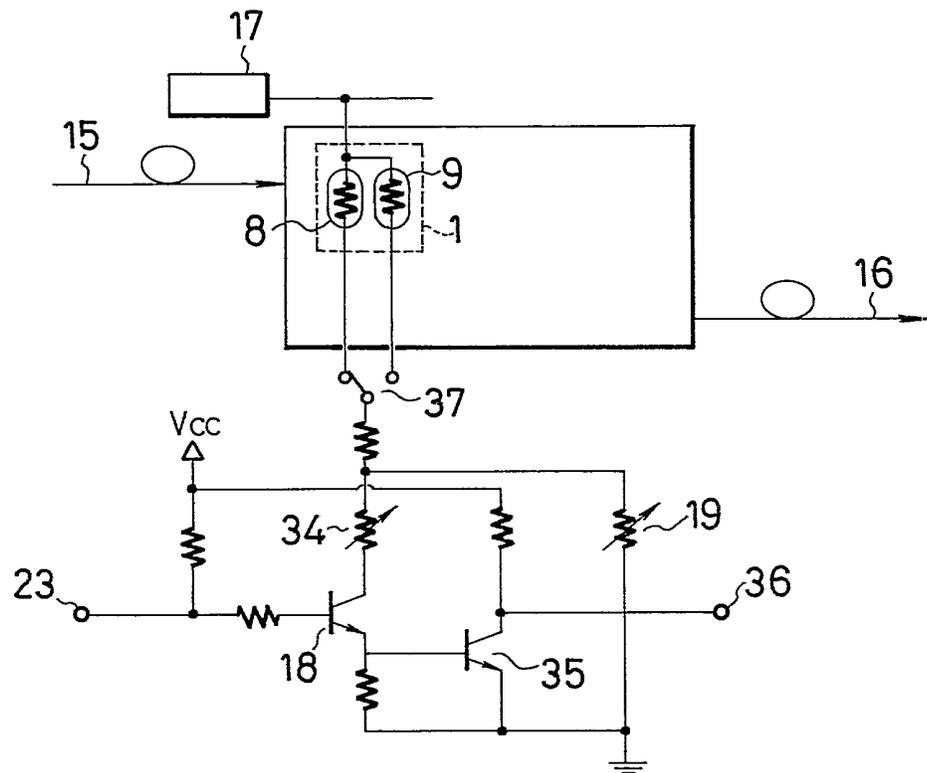


FIG. 9

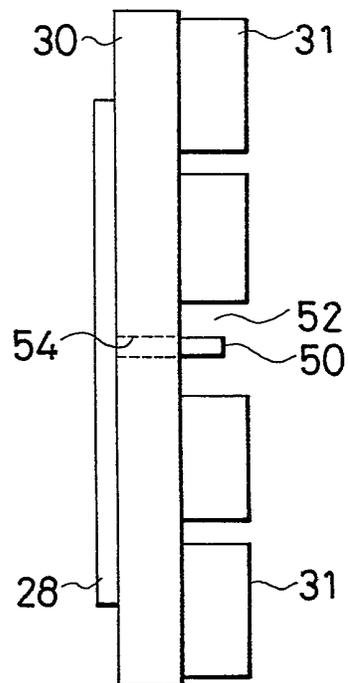


FIG. 10

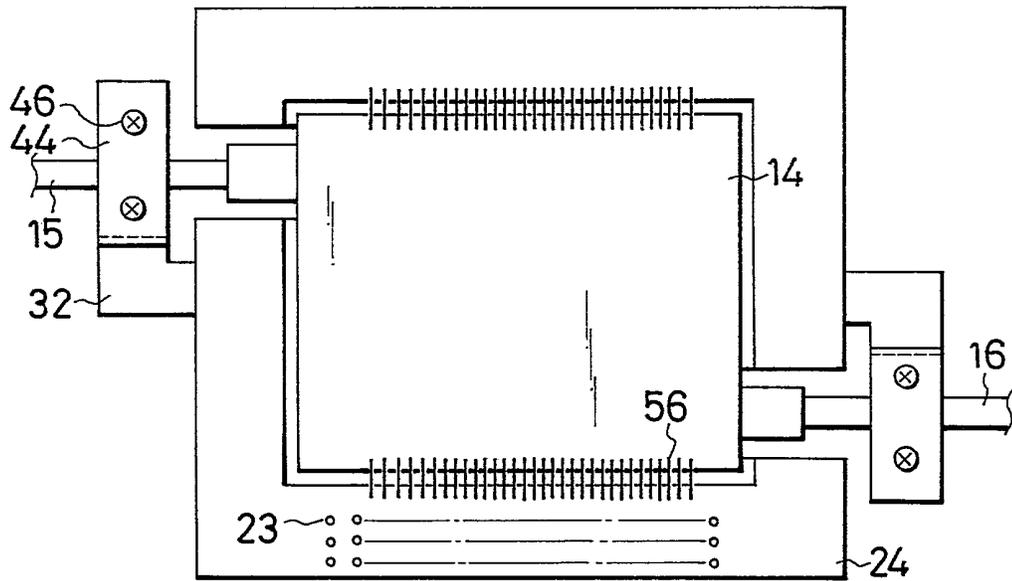


FIG. 11

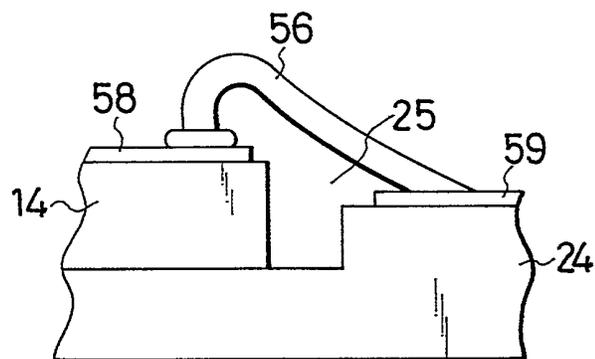


FIG.12

