(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 576 424**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **85 00855**

(51) Int Cl⁴ : G 02 B 6/36.

(12) DEMANDE DE CERTIFICAT D'ADDITION À UN BREVET D'INVENTION

A2

(22) Date de dépôt : 22 janvier 1985.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 30 du 25 juillet 1986.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés : 1re addition au brevet 83 03874 pris le 9 mars 1983.

(71) Demandeur(s) : *ETAT FRANÇAIS représenté par le Ministre des PTT (Centre National d'Etudes des Télécommunications).* — FR.

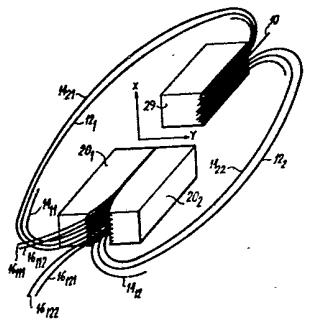
(72) Inventeur(s) : Daniel Boscher, Jean-Michel Landouar et Marie Morin.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet Plasseraud.

(54) Dispositif de couplage à fibres optiques et procédé de réalisation de ce dispositif.

(57) Le dispositif, utilisable dans les réseaux de télédistribution, comporte les deux moitiés 20_1, 20_2 d'une pièce monobloc munie de 2^n-1 rainures convexes, identiques et parallèles dans lesquelles sont disposés des tronçons de fibre optique et une pièce auxiliaire 29 présentant les mêmes rainures que les moitiés 20_1, 20_2. Les moitiés sont arasées sur un plan perpendiculaire à celui des rainures pour laisser subsister la moitié seulement de la section de fibre dans le plan de coupe de la pièce en deux moitiés. Les tronçons libres de fibre 12_1, 12_2, ..., 14_{22} sont rebouclés par engagement dans les rainures de la pièce auxiliaire vers la face frontale des moitiés pour constituer 2^n-1 couplages élémentaires 2 vers 1.



FR 2 576 424 - A2

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

Dispositif de couplage à fibres optiques et procédé de réalisation de ce dispositif

L'invention a pour objet un dispositif de couplage à fibres optiques, notamment pour constituer des systèmes de transmission sur fibres optiques. Elle est en particulier utilisable dans les réseaux de télédistribution à fibres optiques, tels que les réseaux de videocommunication.

On connaît déjà de nombreux procédés permettant de coupler une sortie à plusieurs entrées sur fibre optique (les termes "entrée" et "sortie" n'étant utilisés ici que pour des raisons de commodité et n'impliquant nullement un sens particulier de propagation de la lumière). On a notamment réalisé des coupleurs en torsadant des fibres, puis en les étirant pour provoquer leur fusion. On a également utilisé des optiques intégrées, en verre ou en matériau plastique transparent, des barreaux mélangeurs de couplage et des faisceaux optiques. Mais ces solutions sont difficiles à industrialiser ou sont peu satisfaisantes du point de vue des caractéristiques de transmission, les pertes d'insertion étant excessives ou la régularité de répartition étant difficile à obtenir.

La demande de brevet principal décrit une pièce monobloc de réception permettant de réaliser un dispositif de couplage "2 vers 1", comportant une rainure convexe de réception de fibre ménagée dans une première face de la pièce, dans un premier plan de symétrie, une surface de référence dressée parallèle au premier plan de symétrie et une seconde surface de référence perpendiculaire au premier plan de symétrie et à un second plan de symétrie orthogonal au premier, située à proximité de la rainure. Une telle pièce, lorsqu'elle comporte une seule rainure, permet de réaliser un dispositif de couplage en la séparant en deux moitiés qui sont

ensuite mises en vis-à-vis. L'ensemble des deux moitiés présente une face frontale à laquelle peut être adjoint un dispositif de centrage recevant un embout de connecteur. On réalise ainsi un coupleur à deux branches dans lequel l'équilibrage entre les deux entrées peut être très satisfaisant et dont le coût est cependant faible.

L'invention vise à fournir un dispositif permettant de coupler jusqu'à 2^n entrées à une sortie en mettant en oeuvre une pièce de réception du genre défini dans la demande de brevet FR 83 03874, comportant plusieurs rainures, et cela de façon simple, avec des pertes de couplage acceptables et un équilibrage satisfaisant des entrées.

Pour cela, l'invention propose notamment un dispositif de couplage à 2^n entrées et 1 sortie, comprenant les deux moitiés d'une pièce monobloc munie de 2^n-1 rainures convexes, identiques et parallèles dans lesquelles sont disposés des tronçons de fibre optique, les deux moitiés étant arasées suivant un plan perpendiculaire à celui de chaque rainure pour laisser subsister la moitié seulement de la section de fibre dans le plan de coupe de la pièce en deux moitiés et comprenant une pièce auxiliaire à 2^n-1 rainures placée contre la face frontale des deux moitiés, lesdits tronçons étant rebouclés par engagement dans les rainures de la pièce auxiliaire, vers la face frontale des moitiés, de façon à constituer 2^n-1 couplages élémentaires 2 vers 1.

L'invention propose également un procédé de réalisation d'un dispositif de couplage optique suivant lequel on part d'une pièce monobloc du type décrit dans le brevet principal et ayant, en plus de la rainure ménagée dans le premier plan de symétrie, 2^n-2 rainures parallèles réparties symétriquement par rapport à la première ; un tronçon de fibre est immobilisé dans chaque rainure de la pièce ; on scie la pièce et les fibres dans un plan perpendiculaire aux plans des

rainures, pour laisser subsister la moitié seulement de la section droite des tronçons de fibre dans le plan médian de la pièce ; on coupe la pièce par sciage en deux moitiés que l'on met en vis-à-vis, en réalisant ainsi une restitution par apairage ; l'ensemble ainsi constitué présente une face frontale à laquelle peut être adjointe une pièce auxiliaire de renvoi comportant également 2^n-1 rainures au même pas que les premières, destinées à recevoir chacune la partie terminale d'un tronçon de fibre provenant de l'extrémité libre d'une des moitiés de pièce, de façon à constituer des coupleurs élémentaires 2 vers 1 en cascade.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit d'un mode particulier d'exécution, donné à titre d'exemple non limitatif, mettant en oeuvre une pièce de base du genre décrit dans la demande de brevet FR 83 03874. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

- la Figure 1 est un schéma de principe montrant la constitution d'un coupleur à 2^n entrées vers une sortie par mise en cascade de 2^n-1 coupleurs élémentaires ;
- la Figure 2 est une vue en perspective de la pièce de base servant à réaliser le dispositif de couplage, l'échelle n'étant pas respectée pour plus de clarté ;
- les Figures 3A-3D sont des schémas montrant des étapes successives de réalisation du dispositif de couplage ;
- la Figure 4 est un schéma en perspective montrant la mise en place des tronçons de fibre dans la pièce auxiliaire, les tronçons n'étant pas tous représentés ;
- la Figure 5 est une vue en coupe transversale de la pièce auxiliaire, montrant une disposition possible des tronçons de fibre dans les rainures de cette pièce ;

- la Figure 6 est un schéma en élévation montrant le dispositif de couplage dans un boîtier dont le couvercle est enlevé ;

- la Figure 7 est une vue en coupe suivant la ligne VII-VII de la Figure 6.

Avant de décrire la constitution matérielle et le procédé de réalisation d'un dispositif de couplage suivant l'invention, il peut être utile de faire apparaître le mode d'association en cascade de plusieurs couplages 2 vers 1. La Figure 1 montre cette disposition en cascade dans le cas d'un coupleur "8 vers 1", c'est-à-dire pour lequel n = 3. Le dispositif de couplage comporte un tronçon de fibre amorce 10 placé dans son plan médian et constituant la sortie unique du dispositif. Cette fibre amorce 10 est couplée à deux tronçons 12_1 et 12_2 rebouclés chacun sur une face frontale où, à leur tour, ils sont couplés, respectivement à des tronçons 14_{11} et 14_{12} d'une part, 14_{21} et 14_{22} d'autre part. Enfin, chacun des tronçons 14 est rebouclé et couplé à deux tronçons qui constituent deux entrées, 16_{121} et 16_{122} dans le cas du tronçon 14_{12}.

Le dispositif de couplage dont le schéma a été montré en Figure 1 est réalisable à partir d'une pièce de base 20 pouvant être du même genre que celles décrites dans les demandes de brevet 83 03874 et 84 09085 mais avec 2^n-1 rainures parallèles équidistantes 21 (n étant égal à 3 si l'on souhaite réaliser un coupleur du genre schématisé en Figure 1).

La Figure 2 montre une pièce de base 20 qui présente un plan de symétrie longitudinal (suivant la grande dimension de la pièce) et un plan de symétrie transversal, orthogonal au précédent. Une première face 22 de la pièce 20, symétrique par rapport aux deux plans, est de forme convexe. Dans cette face de travail 22 sont ménagées 2^n-1 rainures en V 21. La rainure médiane 21 est placée dans le plan de symétrie

longitudinal. Les autres rainures sont placées symétriquement par rapport à la rainure médiane. Toutes les rainures ont la même courbure. Dans la zone proche du plan de symétrie transversal, le rayon de courbure est choisi en fonction des caractéristiques de la fibre à coupler et des conditions d'injection. L'emplacement des rainures 21 doit être défini avec précision par rapport à plusieurs surfaces de référence prévues sur la pièce.

Une première surface de référence 3, dont le rôle est essentiel, est perpendiculaire aux deux plans de symétrie et elle est située à proximité de la zone centrale des rainures. Elle est avantageusement ménagée sur un tenon venant de moulage avec la pièce. Une seconde surface plane de référence 4, à l'opposé de la face de travail 22, constitue le fond de la pièce. Une surface plane latérale 5 est parallèle au plan longitudinal de symétrie et elle se trouve à distance connue de ce dernier. Enfin, les surfaces terminales 9 de la pièce permettent de définir le plan de symétrie transversal.

La séquence des opérations à réaliser pour constituer un dispositif de couplage en utilisant une pièce de base du genre montré en Figure 2 apparaît sur les schémas des Figures 3A à 3D.

La première opération à réaliser consiste à encoller un tronçon de fibre dans chaque rainure. Les fibres sont avantageusement encollées à l'aide de la même résine que celle qui a servi à la fabrication de la pièce 20.

La pièce munie de ses fibres (Figure 3A) est ensuite arasée jusqu'à un plan longitudinal situé à une cote prédéterminée par rapport à la surface de référence 3 (Figure 3B). La profondeur d'arasement doit être telle que la section droite des fibres soit réduite, dans le plan transversal de symétrie T, à la moitié de sa valeur d'origine. Les écarts de profondeur entre les rainures introduisent une dispersion dans la profondeur d'attaque

des fibres. La dispersion ne devant pas dépasser quelques microns, le moule de fabrication de la pièce 20 devra être conçu pour que la tolérance sur les profondeurs de rainure ne dépasse pas cette valeur. On verra en effet que la dispersion dans la profondeur d'attaque introduit un écart du second ordre sur les caractéristiques optiques du dispositif de couplage.

L'abrasion peut être effectuée sans difficulté à l'aide d'un disque 27 tournant à grande vitesse, une touche 26 en appui sur la surface 3 permettant d'assurer la précision requise.

La pièce 20 est ensuite sciée suivant son plan transversal de symétrie T pour constituer deux moitiés 20_1 et 20_2 (Figure 3C). Cette opération peut être effectuée par tronçonnage à l'aide d'une meule scie 28. Les deux moitiés 20_1 et 20_2 sont ensuite mises en contact par leur partie arasée et ajustées longitudinalement l'une par rapport à l'autre par mise en butée des deux faces provenant du sciage contre un même gabarit de référence. Le rebouclage sera ensuite réalisé en utilisant une pièce auxiliaire 29 présentant également 2^n-1 rainures, au même pas que les rainures de la pièce 20, et comportant également deux surfaces de référence, l'une perpendiculaire au plan des rainures et l'autre parallèle au plan des rainures. Les rainures peuvent être droite, comme cela est représenté sur les Figures 3D et 4. Mais, pour éviter de devoir réaliser deux moules et/ou pour garantir la coïncidence entre les rainures de la pièce 20 et de la pièce 29, on peut utiliser une pièce 29 qui, avant coupe, est identique à la pièce 20.

On commence par disposer, dans la rainure centrale de la pièce 29, une fibre amorce 10. Puis on place la fibre 29 à proximité des moitiés accolées 20_1 et 20_2 et on replie les tronçons de fibre sortant des moitiés 20_1 et 20_2 vers la pièce 29 (Fig. 4). Plusieurs

dispositions sont possibles. Dans le cas schématisé sur la Figure 5, on reboucle les tronçons de fibre qui sont couplés à la fibre amorce 10 sur les rainures adjacentes à la fibre amorce 10. Ces tronçons de fibre constituent la contrepartie de celles identifiées par 12_1 et 12_2 sur la Figure 1. Le rebouclage peut se poursuivre comme indiqué sur la Figure 5 et, dans ce cas, les entrées 16_{11}, 16_{121}, 16_{211} et 16_{221} auront la disposition montrée sur la Figure 4.

Une fois les tronçons de fibre collés en place, on scie la pièce auxiliaire 29 et les tronçons de fibre perpendiculairement aux rainures. Ce sciage peut être effectué de la même façon que celui de la pièce 20, en utilisant les faces de référence pour garantir une orthogonalité du plan de sciage par rapport aux rainures. La pièce 29 est appliquée contre l'ensemble des pièces 20_1 et 20_2. Les moitiés 20_1 et 20_2 étant immobilisées, un micromanipulateur (non représenté) permettant de déplacer la pièce 29 suivant les directions X et Y est utilisé pour effectuer l'alignement. Pour cela, on recherche, à l'aide d'un appareil optique, la position qui fournit le maximum de puissance sur l'une quelconque des entrées 16 du dispositif de couplage, lorsqu'une puissance lumineuse constante est appliquée sur la sortie 10.

Les rainures ayant le même espacement sur toutes les pièces et les surfaces de référence étant parallèles si l'une des entrées 16 est en coïncidence avec l'un quelconque des tronçons portés par la pièce 29, il n'est pas nécessaire de rechercher la coïncidence sur toutes les fibres successivement.

Une fois la coïncidence obtenue, on fige le composant à l'aide d'une colle ayant un indice de réfraction adapté.

Le dispositif de couplage peut alors être encapsulé. On peut notamment utiliser pour ce faire un

boîtier du genre montré en Figures 6 et 7. Le boîtier comporte un corps 30, pouvant être réalisé par assemblage et collage de plusieurs pièces, où est prévu un couloir 31 de réception des tronçons de fibre servant au rebouclage et un couloir 32 de passage des entrées et de la sortie. Un couvercle 33 est prévu pour obturer le couloir après mise en place.

A titre d'exemple, on peut maintenant donner quelques indications sur un coupleur "8 vers 1" pour fibres optiques multimodes ayant un diamètre de coeur de 50µm. La pièce de base 20 présentait la constitution décrite dans la demande de brevet FR 84 09085. Les dimensions du dispositif de couplage ne dépassaient pas 150 x 100 x 30 mm. Le boîtier était prévu pour que le rayon de courbure minimum imposé aux fibres ne soit pas inférieur à 3 cm. Le couloir 32 comportait des rainures de réception des fibres et était prévu pour être rempli avec un matériau de remplissage immobilisant les fibres après montage.

Les mesures effectuées sur de tels coupleurs ont fait apparaître que la perte d'insertion est inférieure à 11 dB sur toutes les entrées, avec une dispersion inférieure à $\pm$ 1 dB.

Dans la pratique, il apparaît que l'invention trouve en général un optimum d'intérêt lorsque le nombre d'entrées est de huit. En dessous de ce nombre, on peut sans difficulté utiliser d'autres techniques. Au-delà, la difficulté d'obtenir des rainures de profondeur sensiblement constante s'accroît.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de couplage à 2^n entrées et une sortie, caractérisé en ce qu'il comprend les deux moitiés (20_1, 20_2) d'une pièce monobloc suivant la revendication 1 du brevet FR 83 03874, munie de 2^n-1 rainures convexes, identiques et parallèles dans lesquelles sont disposés des tronçons de fibre optique, les deux moitiés étant arasées suivant un plan perpendiculaire à celui de chaque rainure pour laisser subsister la moitié seulement de la section de fibre dans le plan de coupe de la pièce en deux moitiés et en ce qu'il comprend de plus une pièce auxiliaire (29) à 2^n-1 rainures placée contre la face frontale des deux moitiés, lesdits tronçons étant rebouclés par engagement dans les rainures de la pièce auxiliaire vers la face frontale des moitiés de façon à constituer 2^n-1 couplages élémentaires 2 vers 1.

2. Dispositif de couplage selon la revendication 1, caractérisé en ce que la pièce auxiliaire (29) a la même forme que la pièce de base (20).

3. Procédé de réalisation d'un dispositif de couplage optique comprenant au plus 2^n entrées et une sortie, caractérisé en ce qu'on réalise une pièce monobloc de base comportant 2^n-1 rainures convexes, identiques et parallèles, réparties symétriquement par rapport à la rainure centrale ; on immobilise un tronçon de fibre dans chaque rainure de la pièce (20) ; on scie la pièce et les fibres dans un plan perpendiculaire aux plans des rainures (21), pour laisser subsister la moitié seulement de la section droite des tronçons de fibre dans le plan médian de la pièce ; on coupe la pièce (20) par sciage en deux moitiés (20_1, 20_2) que l'on met en vis-à-vis en réalisant ainsi une restitution par apairage ; on réalise une pièce auxiliaire de renvoi (29) comportant également 2^n-1 rainures au même pas que les

premières ; on place une fibre amorce (10) destinée à constituer la sortie dans la rainure centrale de la pièce auxiliaire (29) ; et on reboucle $2(2^n-1) - 2^n$ tronçons de fibre provenant de l'extrémité libre des moitiés pour constituer des coupleurs élémentaires 2 vers 1 en cascade ; on tronçonne la pièce auxiliaire et les tronçons rebouclés et on immobilise la face de tronçonnage entre lesdites moitiés dans la position de couplage optimum.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'on réalise la pièce auxiliaire (29) par moulage dans un moule identique à celui servant à la réalisation de la pièce de base (20).

5. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'on utilise une pièce auxiliaire à rainures droites et perpendiculaires à une face de référence permettant de tronçonner la pièce auxiliaire perpendiculairement aux tronçons de fibre.

6. Procédé selon la revendication 3, 4 ou 5, caractérisé en ce qu'on part d'une pièce de base munie de 2^n-1 rainures convexes, identiques et parallèles dans lesquelles sont disposés des tronçons de fibre optique et en ce qu'on arase la pièce suivant un plan perpendiculaire à celui de chaque rainure pour laisser subsister la moitié seulement de la section de fibre dans le plan médian de la pièce avant de couper la pièce en deux moitiés dans ce plan médian et d'accoupler les moitiés.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, caractérisé en ce qu'on encapsule le dispositif dans un boîtier comprenant des couloirs de passage des entrées de la sortie et des tronçons de fibre de rebouclage.

FIG.1

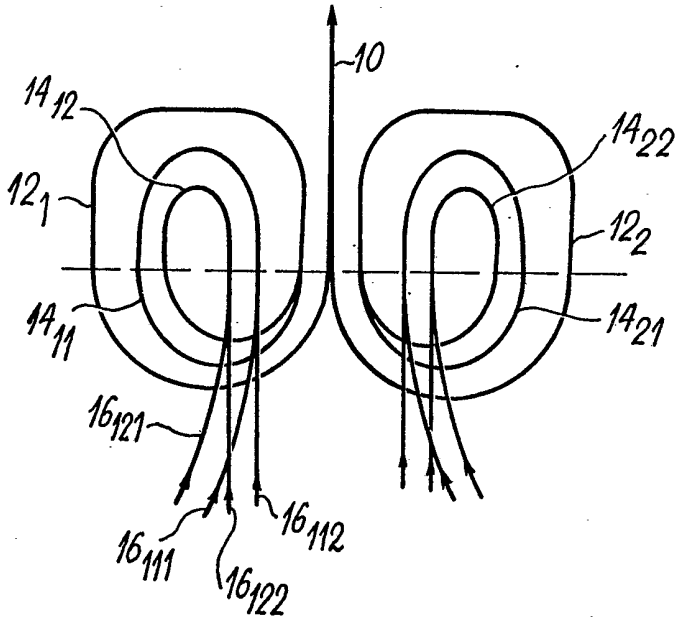
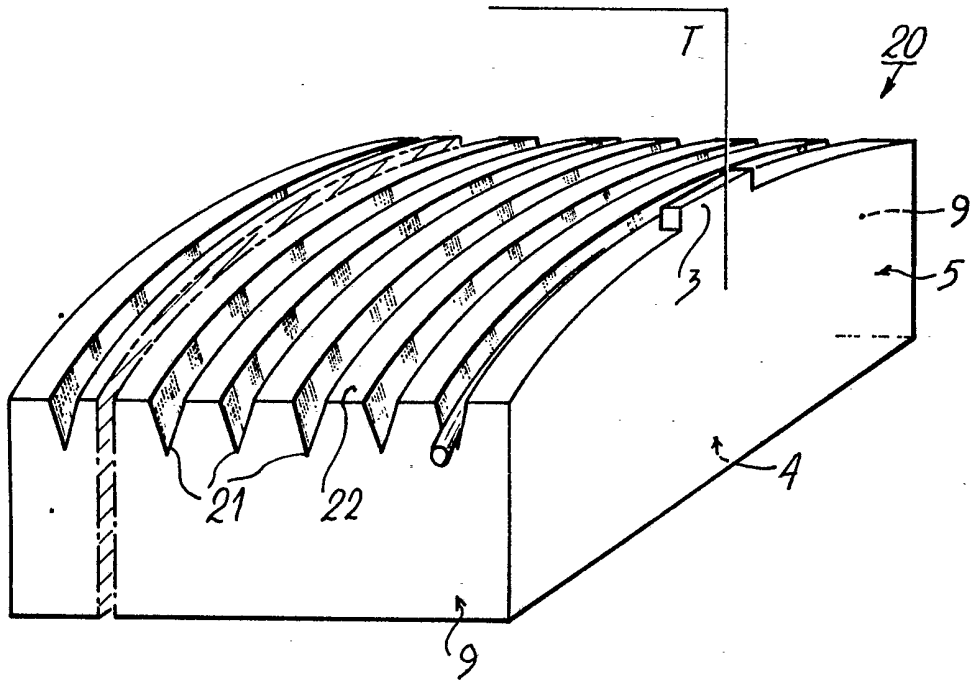

10
14_{12}
12_1
14_{11}
16_{121}
16_{111}
16_{122}
16_{112}
14_{22}
12_2
14_{21}

FIG. 2


T
20
9
5
3
4
21
22
9

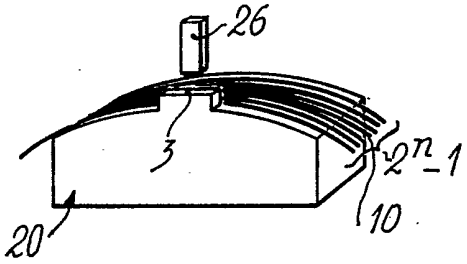


FIG. 3A

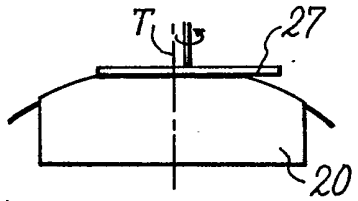


FIG. 3B

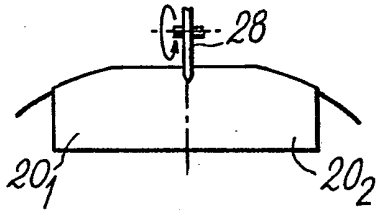


FIG. 3C

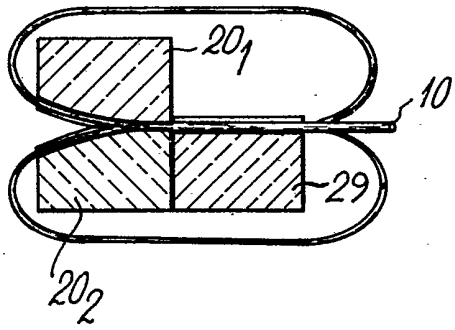


FIG. 3D

FIG. 6

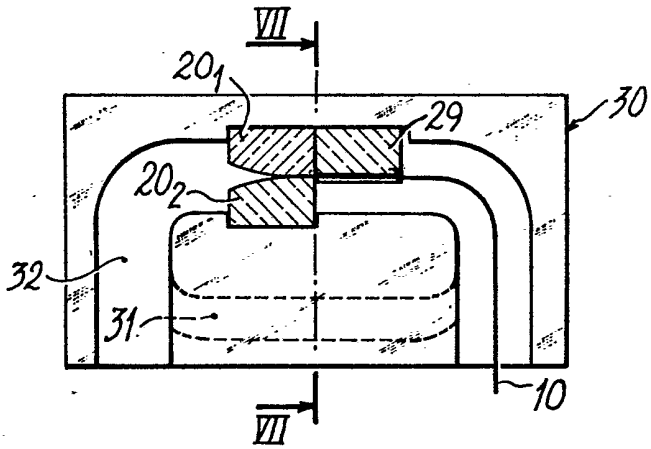


FIG. 7

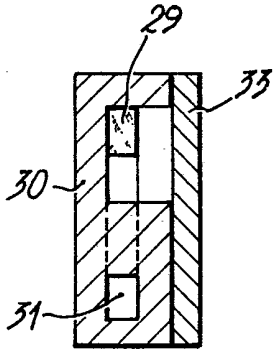


FIG. 4

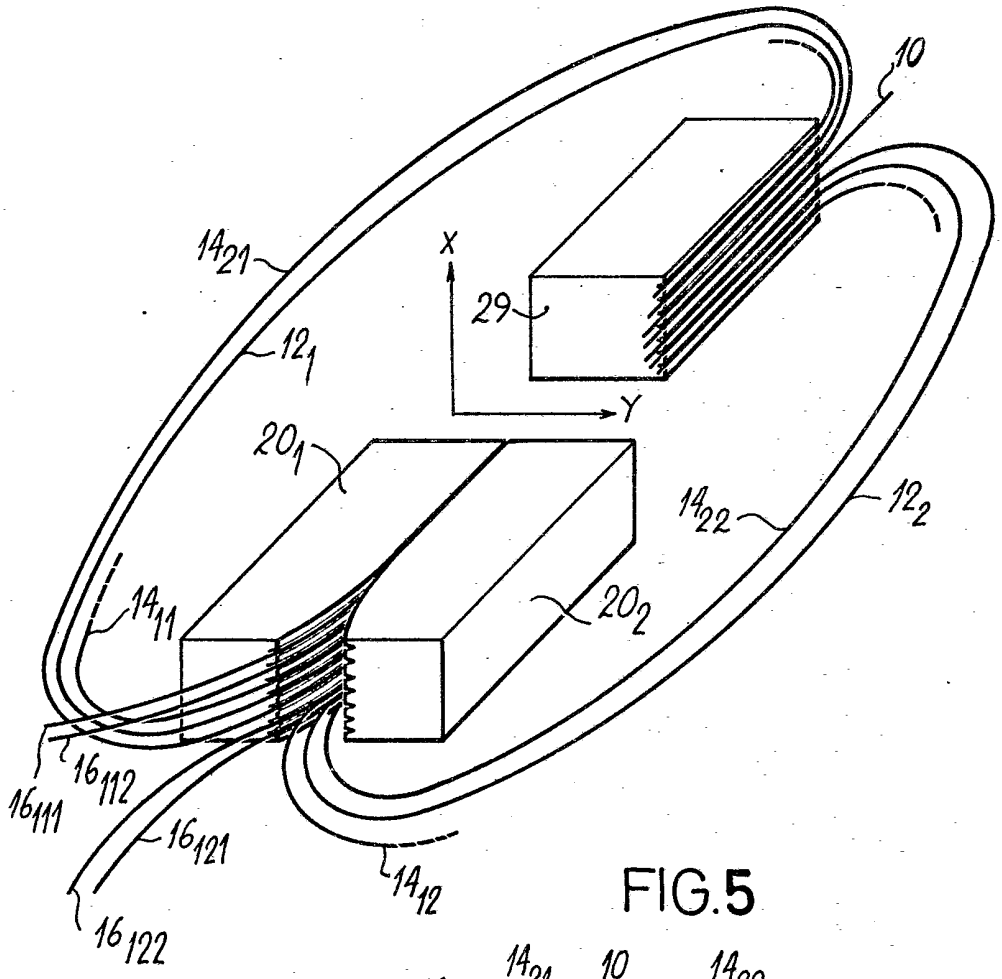
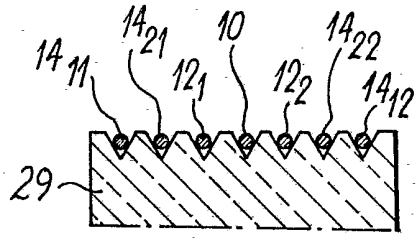

10
14_{21}
12_1
X
29
Y
20_1
14_{22}
12_2
14_{11}
20_2
16_{111}
16_{112}
16_{121}
16_{122}
14_{12}

FIG. 5


14_{11}
14_{21}
12_1
10
12_2
14_{22}
14_{12}
29