



CONFÉDÉRATION SUISSE
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

① CH 654 686 A5

⑤ Int. Cl.⁴: G 09 F 9/37
G 02 B 26/02

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑲ Numéro de la demande: 6199/83

⑦ Titulaire(s):
Centre Electronique Horloger S.A., Neuchâtel 7

⑳ Date de dépôt: 18.11.1983

㉔ Brevet délivré le: 28.02.1986

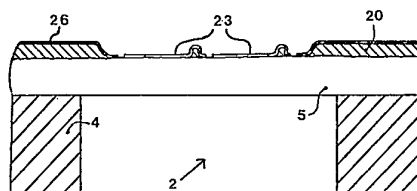
㉕ Fascicule du brevet
publié le: 28.02.1986

⑦ Inventeur(s):
Perret, André, Les Geneveys-sur-Coffrane
Vuilleumier, Raymond, Fontainemelon

⑤ Procédé de fabrication d'un dispositif à volets miniatures et application d'un tel procédé pour l'obtention d'un dispositif de modulation de lumière.

⑦ Le procédé, permettant de fabriquer un dispositif de modulation de lumière à microvolets, comporte les étapes suivantes:

- réalisation d'une première grille (4) présentant des alvéoles (2);
- obtention d'un support plan par dépôt d'une couche de matière organique (5);
- réalisation d'une deuxième grille (20) sur la couche (5);
- dépôt d'une fine couche métallique (26) et gravure dans cette couche des volets (23); et
- élimination de la couche (5) dans les alvéoles (2), en vue de libérer les volets (23).



REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un dispositif comportant un support plan auquel sont fixés, par des attaches élastiques, des volets miniatures susceptibles d'être commandés en rotation, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes:
 - réalisation d'une première grille rigide et mince (4) présentant au moins une alvéole (2);
 - dépôt, sur ladite première grille, d'une couche de matière organique (5, 8) obturant ladite alvéole de manière à réaliser un support plan;
 - réalisation, sur ladite couche de matière organique, d'une deuxième grille de rigidification (20) ayant une épaisseur sensiblement plus faible que celle de ladite première grille;
 - dépôt, sur ladite deuxième grille et sur les parties de ladite couche de matière organique laissées libres par cette deuxième grille, d'une fine couche métallique (26) d'une épaisseur sensiblement plus faible que celle de ladite deuxième grille;
 - gravure des volets (23) et de leurs attaches (24) dans ladite fine couche métallique;
 - attaque de ladite couche de matière organique dans les alvéoles de ladite première grille de manière à libérer lesdits volets métalliques et leurs attaches.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite deuxième grille de rigidification (20) entoure les emplacements (23, 24, 25) qui correspondent aux zones actives desdits volets.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la surface de ladite couche de matière organique (5, 8) est structurée de manière que lesdits volets (23) et leur support (20) présentent une surface diffusante.
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la surface de ladite couche de matière organique (5) est structurée en dehors des emplacements (12) correspondant aux attaches des volets et des zones (11) entourant lesdits volets.
5. Procédé selon l'une des revendications 3 ou 4, caractérisé en ce que la surface de ladite couche de matière organique (5) est structurée à l'aide de procédés photolithographiques.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que, sur ladite couche de matière organique (5) et aux emplacements (10) correspondant aux zones actives des volets, des nervures (21) sont réalisées en vue de rigidifier lesdits volets (23).
7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que lesdites nervures (21) sont réalisées dans la même matière que ladite deuxième grille.
8. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite deuxième grille (20) et ladite fine couche métallique (26) sont de la même matière.
9. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite couche de matière organique est un film plastique (5) qui est collé sur ladite première grille (4).
10. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite couche de matière organique est une matière polymérisable (8) qui est pressée sur ladite première grille (4), puis polymérisée de façon à présenter un support plan.
11. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite couche de matière organique est une matière polymérisable (8) qui est pressée sur ladite première grille (4), puis polymérisée de façon à présenter un support plan et structuré.
12. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite première grille (4) est métallique.
13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que ladite première grille (4) est réalisée à l'aide d'un procédé photolithographique.
14. Procédé selon l'une des revendications 12 ou 13, caractérisé en ce que ladite première grille est en aluminium.
15. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite deuxième grille (20) est réalisée par un procédé photolithographique.
16. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 15, caractérisé en ce que ladite deuxième grille (20) est en aluminium.
17. Procédé selon l'une des revendications 1, 2 ou 15, caractérisé en ce que les arêtes (25) de ladite deuxième grille sont arrondies par un trempage dans un bain d'attaque.
18. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite fine couche métallique (26) est déposée par évaporation d'un matériau métallique.
19. Procédé selon la revendication 18, caractérisé en ce que ladite fine couche métallique (26) est en aluminium.
20. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la gravure des volets et de leurs attaches est faite par un procédé photolithographique.
21. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'attaque de la couche de matière organique est faite dans un plasma en phase gazeuse.
22. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite première grille (4) a une épaisseur comprise entre 100 et 300 µm.
23. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite deuxième grille (20) a une épaisseur comprise entre 0,5 et 2,5 µm.
24. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite fine couche métallique (26) a une épaisseur comprise entre 20 et 200 nm.
25. Application du procédé selon l'une des revendications 1 à 24 pour la réalisation d'un dispositif de modulation de la lumière, caractérisée en ce que ladite première grille (4) est fixée sur un fond transparent.
26. Application du procédé selon l'une des revendications 1 à 24 pour la réalisation d'un dispositif d'affichage, caractérisée en ce que ladite première grille (4) est fixée sur un fond présentant du côté desdits volets une surface absorbant tout ou partie de la lumière reçue.
27. Application selon l'une des revendications 25 ou 26, caractérisée en ce que ledit fond sur lequel est fixée la première grille (4) est porteur d'électrodes disposées en regard desdits volets.

La présente invention se rapporte à un procédé de fabrication d'un dispositif à volets miniatures (ou microvolets) et concerne plus particulièrement un procédé de fabrication d'un dispositif comportant un support plan auquel sont fixés, par des attaches élastiques, des volets miniatures susceptibles d'être commandés en rotation ainsi que l'application d'un tel procédé pour l'obtention d'un dispositif de modulation de la lumière.

On a déjà décrit, dans la demande de brevet français N° 81.04778, publiée le 18 septembre 1981 sous le N° 2478352 et intitulée: «Dispositif d'affichage miniature», un dispositif d'affichage à microvolets de type électrostatique et réalisé sur une plaquette de silicium à l'aide de techniques analogues à celles utilisées pour la fabrication des circuits intégrés. Si l'utilisation d'un support de silicium offre certains avantages parmi lesquels celui de permettre l'application de techniques d'usinages connues et bien maîtrisées, elle implique cependant certaines contraintes ou limitations qui sont dues au matériau lui-même. Ainsi, les orientations cristallographiques du silicium monocristallin imposent des plans d'attaque chimique bien définis, ce qui limite, entre autres, les géométries possibles. On pourra, à ce sujet, se reporter pour plus d'informations à l'article de Kenneth E. Bean, intitulé: «Anisotropic etching of silicon» et paru dans la revue «IEEE Transactions on Electron Devices», vol. ED-25, N° 10, octobre 1978. Par ailleurs, les plaquettes de silicium actuellement disponibles sur le marché ont un diamètre maximal donné, ce qui limite d'autant la taille du dispositif d'affichage réalisable. D'autre part, lorsque l'épaisseur de la plaquette doit être réduite à des valeurs d'environ 200 µm, la fragilité mécani-

que de celle-ci est telle qu'elle requiert de très grandes précautions pour être manipulée.

Aussi un objet de l'invention est-il un procédé de fabrication d'un dispositif à microvolets impliquant des matériaux ne présentant pas les inconvénients mentionnés ci-dessus.

Un autre mode de réalisation de l'invention est un procédé de fabrication d'un dispositif à microvolets fondé sur l'utilisation de matériaux relativement peu coûteux et impliquant des opérations de photolithographie analogues à celles utilisées dans la fabrication des circuits intégrés.

Un autre objet encore de l'invention est l'application du procédé mentionné ci-dessus pour l'obtention d'un dispositif de modulation de lumière.

Un autre objet encore de l'invention est l'application du procédé mentionné ci-dessus pour l'obtention d'un dispositif d'affichage.

Pour éliminer les problèmes mentionnés dans l'introduction et liés à l'utilisation d'un substrat en silicium, on a prévu d'utiliser un substrat rigide, aisément usinable et préparé pour l'application envisagée, c'est-à-dire avec des cavités convenablement disposées. De plus, la titulaire a trouvé que l'utilisation de matériaux organiques ou polymères se prêtait avantageusement à l'application de techniques photolithographiques permettant ainsi de réaliser des géométries très petites avec une grande précision.

Les caractéristiques essentielles de l'invention sont définies dans la revendication 1.

D'autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante des différentes étapes du procédé, ladite description étant faite à titre d'exemple et en relation avec les dessins joints dans lesquels:

la fig. 1 montre une vue partielle d'un exemple de réalisation d'une grille devant servir de support à un dispositif d'affichage à volets;

la fig. 2 montre, en coupe, la grille de la fig. 1 recouverte d'un film plastique;

les fig. 3.a à 3.c montrent différentes étapes de la réalisation d'une surface diffusante;

la fig. 3.d montre la répartition des trous de la surface diffusante par rapport au volet à réaliser;

la fig. 4 montre une variante du procédé permettant d'obtenir un support plan à partir de la grille de la fig. 1;

la fig. 5 montre la réalisation d'une deuxième grille servant à la rigidification;

les fig. 6.a et 6.c montrent différentes étapes pour l'obtention des volets;

la fig. 6.b montre, vue de dessus, la grille de rigidification et un groupe de deux volets, et

la fig. 7 montre une vue partielle, en coupe, d'un dispositif à microvolets après l'attaque du film plastique.

L'un des éléments essentiels du procédé de l'invention est la grille de support ou de maintien dont un exemple de réalisation est représenté à la fig. 1. Le dessin de la fig. 1 montre des parties relativement larges 1, destinées à assurer une rigidité suffisante de la grille et à permettre une manipulation aisée, un cadre 3 qui délimite la zone utile proprement dite à l'intérieur de laquelle est réalisé un fin treillis 4 qui définit des alvéoles 2. Il est clair que plusieurs zones utiles peuvent être réalisées sur une seule grille, de même que la configuration de cette ou de ces zones utiles peut être adaptée à l'application envisagée. A titre d'exemple, le procédé de l'invention sera décrit dans le cadre de son application à la réalisation d'un dispositif d'affichage à microvolets, tel que décrit dans la demande de brevet précitée. La grille peut être réalisée en aluminium à l'aide de procédés photolithographiques connus ou en utilisant d'autres matériaux plus rigides, tels des composés métalliques comme ceux connus sous les marques Dilver, Kovar, Invar, ou encore des matières céramiques. Les qualités essentielles de cette grille sont sa rigidité mécanique aux faibles épaisseurs et sa compatibilité avec les étapes technologiques ultérieures. Les dimensions typiques utilisées dans le cadre de l'application considérée sont:

— épaisseur de la grille: 200 μm
 — côtés des alvéoles: 500 μm
 — espace entre les alvéoles: 200 à 300 μm

Ces dimensions ne sont données qu'à titre illustratif. Ainsi, si des matériaux plus rigides que l'aluminium sont utilisés, l'épaisseur de la grille peut être abaissée jusqu'à environ 100 μm sans compromettre sa fonction de support. Par ailleurs, les dimensions des alvéoles peuvent être notablement augmentées, comme on le verra plus loin en relation avec la description de la grille de rigidification.

La deuxième étape du procédé consiste à réaliser une surface plane sur la grille de maintien. La fig. 2 montre la grille 4 revêtue d'un film de polyamide, tel celui connu sous le nom commercial Kapton. Ce film 5, d'une épaisseur typique de 25 μm , est collé sur la grille 4 à l'aide d'une colle dont la propriété est de ne provoquer aucune distorsion du film 5. La colle commercialisée par la firme Ciba-Geigy sous le nom d'AZ 15 Araldite a cette propriété. D'autres matériaux que le Kapton peuvent également être utilisés. De préférence, on choisira des matières organiques (par exemple des résines époxy) qui sont compatibles avec le matériau de la grille et les étapes de fabrication et qui ont une bonne tenue en température et à l'humidité. La grille de maintien ainsi revêtue constitue un support plan pour les opérations ultérieures.

Les fig. 3.a à 3.d montrent en détail la phase de réalisation d'une surface diffusante. Cette phase est nécessaire si l'on désire réaliser un dispositif d'affichage pour lequel une réflexion spéculaire nuit à l'esthétique. La fig. 3.a montre comment le film de Kapton 5 est recouvert d'une couche photosensible 6, laquelle est exposée à travers un masque 7. Ce masque comporte une répartition aléatoire de trous qui, après les opérations classiques d'exposition et de développement, se retrouve reproduite sur la couche photosensible 6, comme cela apparaît à la fig. 3.b. La couche photosensible ainsi préparée est ensuite attaquée dans un plasma, ce qui a pour effet de reproduire sur le film de Kapton 5 l'état de surface initialement créé sur la couche photosensible. La fig. 3.c montre comment la surface externe du film de Kapton a été modifiée. On a représenté, à la fig. 3.d, une vue de dessus partielle du film de Kapton sur lequel sera réalisé un volet 10. A la fin du procédé, le volet 10 sera maintenu au support grâce à des attaches élastiques 12 qui devront permettre la rotation du volet. On conçoit donc l'importance des qualités mécaniques de ces attaches. C'est pourquoi le masque 7 devra sauvegarder les zones des attaches 12; il devra de même sauvegarder une zone 11 qui entoure chaque volet et le sépare du support.

La fig. 4 montre une variante selon laquelle des alvéoles de la grille 4 sont obturées par une matière polymérisable, de préférence organique, et pouvant être éliminée au moyen d'une attaque par plasma. A titre d'exemple, cette matière peut être une colle époxy 8, qui est déposée sur un élément plan 9 à l'aide d'un appareil à sérigraphier. La grille 4 est ensuite pressée contre la surface encollée de l'élément 9 de sorte que la colle 8 est poussée dans les alvéoles de la grille. L'élément plan 9 peut être en Kapton. Si l'on désire réaliser une surface diffusante, la face de l'élément 9, en contact avec la colle époxy 8, peut avoir été préalablement traitée comme décrit précédemment de manière à présenter des irrégularités de surface qui seront reproduites sur la face externe de la colle 8. On effectue ensuite une polymérisation de la colle, puis le Kapton est attaqué sélectivement et l'on obtient une grille présentant d'un côté une surface plane, éventuellement structurée, dont les alvéoles sont partiellement remplies de colle polymérisée.

Les étapes du procédé précédemment décrites avaient pour objet d'obtenir un support plan, et présentant une surface éventuellement diffusante, à partir d'un élément structuré ou grille. Les étapes suivantes du procédé ont pour objet la réalisation des microvolets sur ledit support plan et enfin leur libération. Ces étapes vont maintenant être décrites en se référant aux fig. 5 à 7 qui montrent la réalisation d'un élément d'affichage à deux volets.

Dans une première étape, on réalise une grille de rigidification. On procède alors au dépôt d'une couche d'aluminium d'une épaisseur de l'ordre de 1 μm sur toute la surface du film 5. Cette couche

est ensuite sélectivement attaquée aux emplacements des volets. Ainsi, dans l'exemple d'application envisagé, la couche d'aluminium sera éliminée dans les zones qui seront occupées par des volets, à l'exception de nervures 21 disposées sur les volets, comme indiqué sur la fig. 6.b. La fig. 5 montre, en coupe, la couche d'aluminium 20 et les nervures 21. Cette couche d'aluminium 20 présente des flancs d'arrêt 25 assez raides et qui peuvent être adoucis en plongeant l'ensemble dans un bain d'attaque de l'aluminium pendant un temps relativement court. Cette dernière opération est connue sous le nom anglo-saxon de *dip*. Les opérations de dépôt d'aluminium et d'attaque sélective sont des opérations classiques de la technologie des circuits intégrés et leur description peut être trouvée dans le livre «Handbook of thin film technology» par Maissel et Glang, paru aux Editions McGraw-Hill Inc.

Dans l'exemple d'application envisagé, les nervures 21 ont la même épaisseur que la couche d'aluminium 20 entourant les volets. On peut cependant envisager que les épaisseurs des nervures 21 et de la couche 20 soient différentes, auquel cas la couche 20, par exemple, peut être réalisée par deux dépôts successifs, le dernier dépôt ayant l'épaisseur voulue pour les nervures. Par ailleurs, on comprend que cette grille de rigidification 20 assure une rigidité telle qu'elle permet d'envisager l'utilisation d'une grille de maintien 4 présentant des alvéoles 2 de grandes dimensions. À l'extrême, et pour de petits dispositifs d'affichage, la grille de maintien 4 peut ne présenter qu'une seule alvéole 2, la rigidité de l'ensemble étant alors assurée par la grille de rigidification 20.

La fig. 6.a montre comment la grille de rigidification 20 est ensuite recouverte, par évaporation, d'une fine couche d'aluminium 26 d'une épaisseur d'environ 50 nm. Les volets 23 (fig. 6.b et 6.c) et leurs attaches 24 (fig. 6.b) sont ensuite gravés dans la couche 26 à l'aide de procédés standards. La fig. 6.c montre les volets 23 résultant de l'opération de gravure et la fig. 6.b montre, vues de dessus, les dispositions respectives de la première grille 4, de la deuxième grille 20, de la couche mince 26, des volets 23 et de leurs attaches 24.

La fig. 6.b montre encore la disposition des nervures 21 sur les volets 23. Ces nervures ont pour effet de rigidifier la surface des volets sans pour autant augmenter sensiblement leur masse ni leur épaisseur. Il est d'ailleurs à noter que la structuration de la surface destinée à rendre diffusante, décrite en relation avec les fig. 3.a à 3.d, a aussi pour effet de rigidifier les volets et peut donc être envisagée à ce titre, même si l'aspect esthétique du dispositif n'est pas de première importance.

La phase ultime du procédé consiste à libérer les volets de leur support, c'est-à-dire à enlever le film 5 sous les volets 23 à l'intérieur des alvéoles de la grille 4. Le film de Kapton 5 est attaqué par un plasma en phase gazeuse (plasma à oxygène) jusqu'à la libération complète des volets qui ne sont dès lors rattachés au support 20 que par leurs attaches 24 (fig. 6.b). La fig. 7 montre les volets 23 libérés et comment le film 5 a été éliminé dans les alvéoles définies par la grille 4.

Une application préférentielle du procédé décrit ci-dessus est pour réaliser des dispositifs de modulation de lumière, comme celui décrit dans la demande de brevet précitée. Dans ce cas, la grille 4 est fixée, par collage, sur un fond porteur d'électrodes de manière que ces électrodes soient disposées en regard de chaque volet, si chaque volet est individuellement adressable, ou de chaque groupe de volets, si plusieurs volets sont simultanément adressables. Le fond peut également comporter un circuit électronique de commande. Si le dispositif de modulation de lumière est prévu pour opérer en transmission, le fond, muni d'électrodes, devra nécessairement être transparent. Par contre, s'il est prévu pour opérer en réflexion, le fond devra présenter une face en matière absorbant la lumière du côté des volets.

Le dispositif de modulation de lumière est ensuite fermé à l'aide d'une plaque transparente maintenue à une distance convenable des volets par des espaceurs. La plaque transparente ainsi que le fond peuvent être en verre ou en toute autre matière analogue.

Selon une variante de réalisation, les électrodes permettant d'adresser les volets sont disposées sur la plaque transparente.

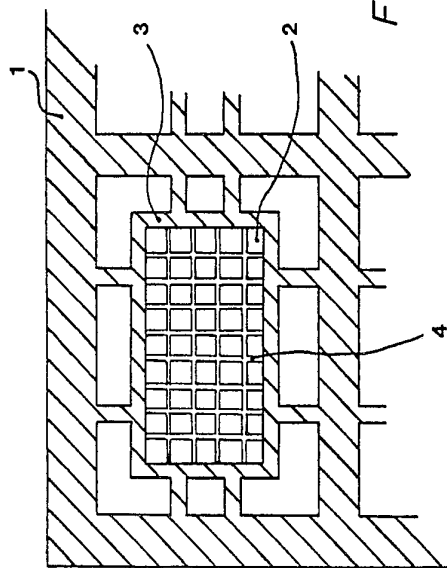


FIG. 1

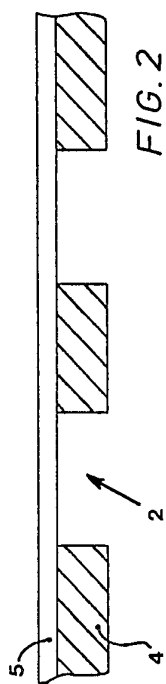


FIG. 2

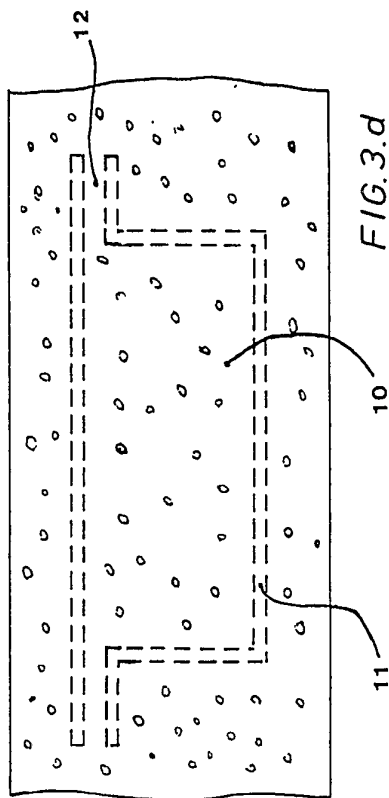


FIG. 3.d

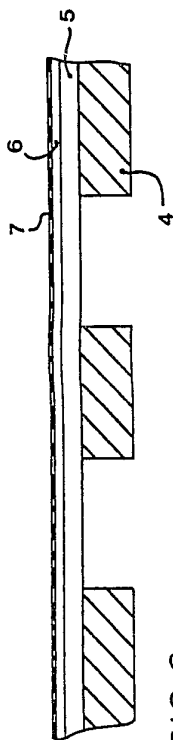


FIG. 3.a

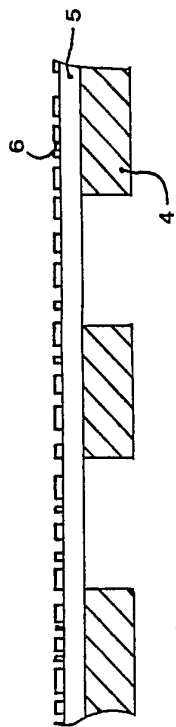


FIG. 3.b

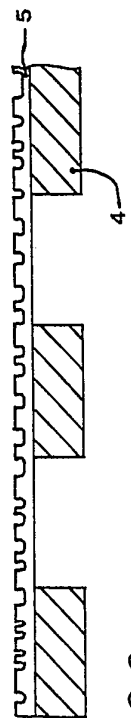


FIG. 3.c

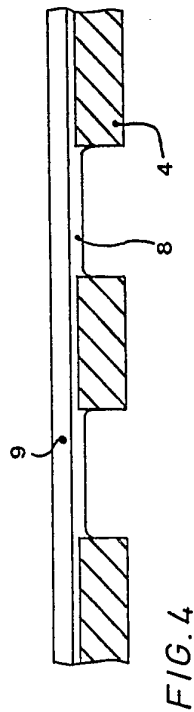


FIG. 4

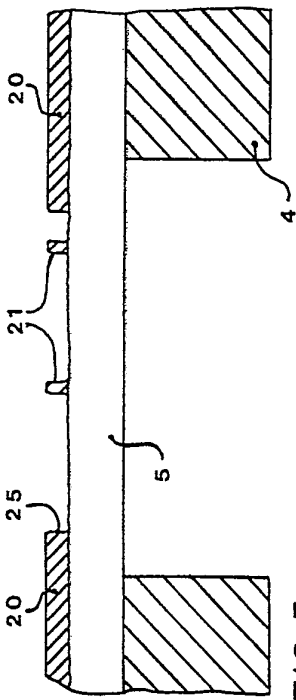


FIG. 5

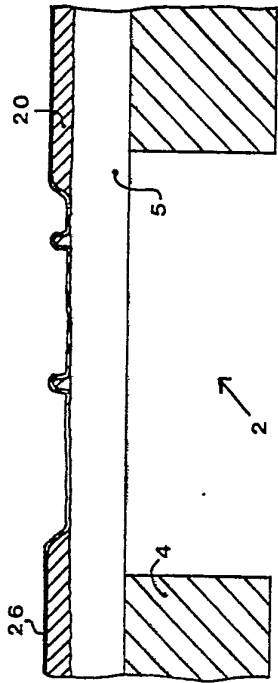


FIG. 6.a

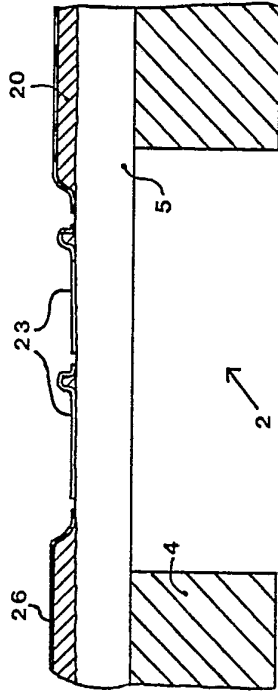


FIG. 6.c

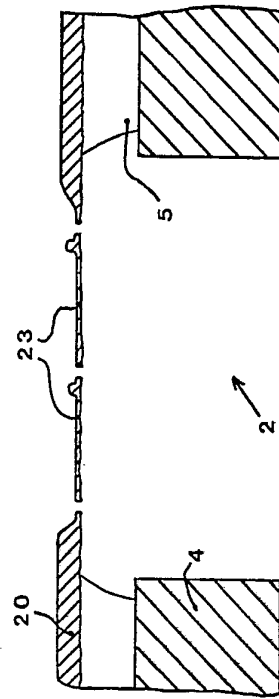


FIG. 7

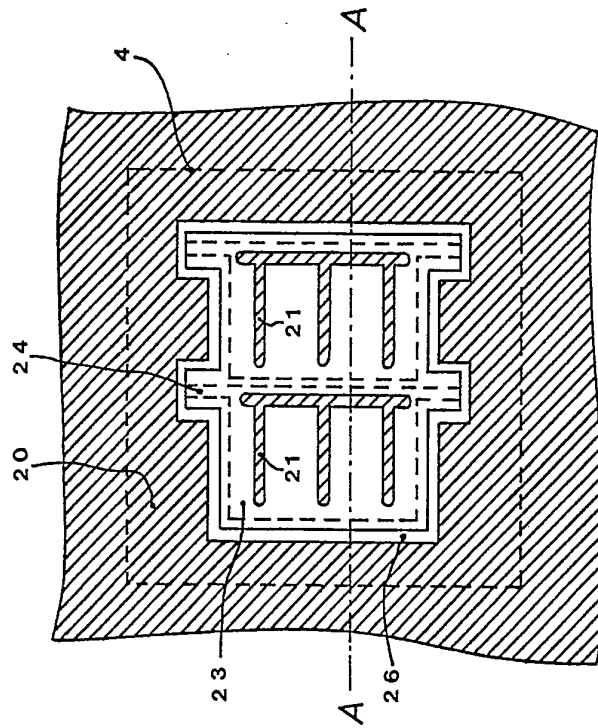


FIG. 6.b