

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

**2 585 864**

②1 N° d'enregistrement national :

**86 11187**

⑤1 Int Cl<sup>4</sup> : G 09 F 9/35.

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 1<sup>er</sup> août 1986.

③0 Priorité : US, 2 août 1985, n° 761.939.

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 6 du 6 février 1987.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : GENERAL ELECTRIC COMPANY. — US.

⑦2 Inventeur(s) : Harold George Parks, William Weidman  
Piper, George Edward Possin, Donald Earl Castleberry.

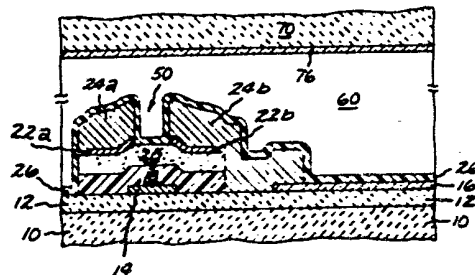
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : A. Catherine, GETSCO.

⑤4 Procédé et structure pour dispositifs de visualisation à cristaux adressés par matrice à transistors à couche mince.

⑤7 Un élément de commutation 50 à transistor à effet de champ à couche mince, plus particulièrement utile dans les dispositifs de visualisation à cristaux liquides, emploie un jeu de matériaux spéciaux pour assurer la compatibilité avec l'oxyde d'étain et d'indium d'une couche d'électrodes d'éléments d'image utilisée comme matériau conducteur transparent dans des dispositifs de visualisation à cristaux liquides. Ces matériaux comprennent du titane comme matériau pour les électrodes de grille 14 et de l'aluminium comme matériau pour améliorer le contact électrique entre les pastilles de source et de drain et une couche sous-jacente de silicium amorphe. Le dispositif et le procédé de la présente invention permettent d'obtenir un meilleur rendement de fabrication et une fiabilité plus grande du dispositif.

Application aux dispositifs de visualisation à cristaux liquides.



FR 2 585 864 - A1

La présente invention concerne généralement une structure et un procédé pour la fabrication de transistors à effet de champ à couche mince qu'on emploie dans des dispositifs de visualisation à cristaux liquides adressés par matrice. Plus particulièrement, la présente invention concerne l'utilisation de matériaux spécifiques dans le procédé de fabrication et la structure du transistor à effet de champ. Plus particulièrement encore, la présente invention concerne la solution des problèmes de compatibilité de matériaux entre des contacts en aluminium sur du silicium amorphe et l'oxyde d'étain et d'indium en tant que matériau transparent d'électrode.

Un dispositif de visualisation à cristaux liquides comprend typiquement une paire de panneaux plats scellés de manière étanche à leurs bords extérieurs et renfermant une certaine quantité de cristaux liquides. On divise typiquement en deux catégories les matériaux pour cristaux liquides: les colorants dichroïques et un système "invité/hôte" ou matériaux nématiques soumis à torsion. Les panneaux plats comprennent généralement un matériau transparent d'électrode qui est disposé sur leurs surfaces intérieures suivant des motifs prédéterminés. Il est fréquent qu'un panneau soit totalement recouvert d'une seule électrode transparente formant le "plan de masse". Le panneau opposé comporte un réseau d'électrodes transparentes qu'on appellera ici élec-

trodes d'éléments d'image. Ainsi, une cellule typique dans un dispositif de visualisation à cristaux liquides comporte un matériau pour cristaux liquides disposé entre une électrode d'élément d'image et une électrode de masse formant, de fait, une structure semblable à un condensateur qui est  
5 disposée entre des panneaux avant et arrière transparents. Cependant, en général, la transparence n'est nécessaire que pour l'un des deux panneaux et pour les électrodes disposées dessus.

10 En marche, l'orientation du matériau des cristaux liquides est affectée par les tensions appliquées aux bornes des électrodes de chaque côté du matériau constituant les cristaux liquides. Typiquement, la tension appliquée à l'électrode d'élément d'image provoque un changement des  
15 propriétés optiques du matériau constituant les cristaux liquides. Ce changement optique a pour effet d'afficher une information sur l'écran du dispositif de visualisation à cristaux liquides. Dans les montres numériques classiques et dans les tous nouveaux écrans de visualisation à cristaux  
20 liquides qu'on utilise dans certains récepteurs miniatures de télévision, l'effet visuel est typiquement produit par des variations de la lumière réfléchie. Cependant, l'utilisation de panneaux avant et arrière transparents et d'électrodes transparentes permet également de produire les effets  
25 visuels par des effets de transmission. Ces effets de transmission peuvent être facilités par des sources lumineuses alimentées séparément destinées au système de visualisation, dont les dispositifs du type à lampe fluorescente. On peut également utiliser des écrans de visualisation à cristaux  
30 liquides pour produire des images en couleur grâce à l'incorporation de mosaïques de filtres en couleur qui sont cadrées avec le réseau d'électrodes d'éléments d'image. Certaines structures peuvent employer des filtres polarisants soit pour améliorer soit pour fournir l'effet visuel  
35 désiré.

On fait appel à des mécanismes électriques divers pour mettre en service et hors service, tour à tour, les éléments individuels d'image dans un dispositif de visualisation à cristaux liquides. Par exemple, on a employé à cet effet des dispositifs à varistor en oxyde métallique. Cependant, l'utilisation d'éléments de commutation en semi-conducteur à couche mince est des plus appropriée dans le cas présent. En particulier, l'élément de commutation de la présente invention comporte un transistor à effet de champ à couche mince employant une couche de silicium amorphe. On préfère de tels dispositifs dans les systèmes de visualisation à cristaux liquides à cause de leurs dimensions potentiellement faibles, de leur faible consommation d'énergie, des vitesses de commutation, de la facilité de fabrication, et de la compatibilité avec les structures classiques de visualisation à cristaux liquides. Cependant, des procédés de fabrication pour certaines structures désirées d'éléments de commutation en semi-conducteur se sont avérés incompatibles avec l'emploi de certains matériaux qu'on utilise dans les électrodes transparentes des systèmes de visualisation à cristaux liquides. Plus particulièrement, on a trouvé qu'il est souhaitable d'employer une couche d'aluminium comme électrodes de source et de drain du transistor à effet de champ fabriqué avec du silicium amorphe car les matériaux classiques des électrodes, tels que le molybdène, ne se lient pas aussi bien au silicium amorphe et peuvent être plus difficiles à mettre sous forme de motif. Les recherches qu'on a entreprises ont montré qu'on obtient d'une manière plus fiable de bons contacts de la source et du drain avec du silicium intrinsèque lorsqu'on procède à la métallisation à l'aluminium. Malheureusement, des tentatives de fabrication d'un réseau de visualisation à cristaux liquides ont révélé un problème de compatibilité entre matériaux, c'est-à-dire entre l'aluminium et l'électrode d'élément d'image en oxyde d'étain et d'indium. Une détérioration

des électrodes en oxyde d'étain et d'indium s'est produite lorsque l'aluminium, l'oxyde d'étain et d'indium et les agents de gravure, le révélateur à base de réserve, ou d'autres solutions aqueuses se sont trouvés simultanément en contact. Le résultat obtenu est que la couche d'oxyde d'étain et d'indium a l'aspect d'un "fromage suisse". Par conséquent, le problème traité par la présente demande est d'obtenir un procédé offrant les avantages que présente l'aluminium pour le contact avec la source et le drain, tout en évitant les problèmes de compatibilité de matériaux, cela d'une manière simple, en employant le nombre le plus petit possible d'étapes de masquage. On souhaite que ce nombre d'étapes soit aussi faible que possible car, en général, plus le procédé est complexe, plus la fiabilité du dispositif obtenu est faible et moins le rendement est élevé.

Il existe beaucoup de documents qui traitent des transistors à effet de champ en silicium amorphe. Certains d'entre eux qui décrivent des transistors à effet de champ avec drain et source en aluminium traitent également des propriétés des dispositifs avec de simples suggestions quant à leur application à l'affichage. D'autres documents qui décrivent des applications typiques à l'affichage ne spécifient pas le matériau de la source et du drain, mais révèlent des sections en coupe qui montrent qu'on a rencontré des problèmes similaires de compatibilité entre l'oxyde d'étain et d'indium et les matériaux du drain et de la source. Le problème soulevé par les procédés impliqués dans ces dispositifs ainsi que dans d'autres, et qui est traité ici, est que ceux-ci nécessitent un nombre d'étapes de masquage aussi élevé que huit et donc imposent un environnement de traitement extrêmement propre pour obtenir des rendements de production élevés dans la fabrication des dispositifs de visualisation à cristaux liquides. Les dimensions du dispositif de visualisation et sa complexité augmentant, les problèmes de rendement deviennent plus importants.

Parmi les articles parus dans ce domaine, on peut citer : "Application of Amorphous Silicon Field Effect Transistors and Integrated Circuits" (Application des transistors à effet de champ en silicium amorphe et des circuits intégrés) de AJ Snell et al., Applied Physics, Volume 26, pages 83-86 (1981) ; "Amorphous Silicon - Silicon Nitride Thin Film Transistors" (Transistors à couche mince en nitrure de silicium-silicium amorphe) de MJ Powell, Applied Physics Letters, Volume 38, N° 10 (Mai 1981) ; "Silicon TFT's for Flat Panel Displays" (Transistor à couche mince en silicium pour dispositif de visualisation à panneau plat) de F. Morin et M. LeContellec, Hewlett Packard Journal; "Application of Amorphous Silicon Field Effect Transistors in Addressable Liquid Crystal Display Panels", (Application des transistors à effet de champ en silicium amorphe dans des panneaux de visualisation à cristaux liquides adressables) de GJ Snell et al., Applied Physics, Volume 24, pages 357-362 (1981) ; "A TFT-Adressed Liquid Color Display" (Dispositif de visualisation en couleur à cristaux liquides adressé par transistor à effet de champ) de M. Sugatr et al., Proceedings of the Third International Display Research Conference, SID and ITE, Paper, n° 5.3 (Octobre 1983) et "Amorphous-Silicon Thin-Film Metal-Oxide-Semiconductor Transistors" (Transistors en semiconducteur-métal-oxyde à couche mince en silicium amorphe) de H. Hagama et M. Matsumura, Applied Physics Letters, Volume 36, n° 9, (Mai 1980).

Selon un mode de réalisation préféré de la présente invention, un procédé de fabrication de transistors à effet de champ à couche mince comprend un processus multi-étapes employant du titane comme matériau pour l'électrode de grille, de l'oxyde d'étain et d'indium comme matériau pour l'électrode d'éléments d'image, et de l'aluminium comme moyen permettant de lier les électrodes de source et de drain à une surface en silicium amorphe. Dans le procédé de la présente invention, une couche du motif de métallisation

de la grille est disposée sur un substrat isolant. Pour des raisons de compatibilité de matériaux, la couche de la grille comprend du titane. Un motif d'électrodes d'éléments d'image en oxyde d'étain et d'indium est alors disposé sur le substrat, opération qu'on fait suivre du dépôt d'une couche de nitrure de silicium, d'une couche de silicium amorphe et d'une couche d'aluminium. La couche d'aluminium est configurée de manière à former une structure à île qui comprend finalement les parties de source et de drain du transistor à effet de champ. Il est important de noter à ce stade que la couche d'aluminium est configurée avec une couche de nitrure de silicium en place au-dessus de la couche d'étain et d'indium, ce qui a pour effet de protéger l'électrode d'éléments d'image contre l'effet de "fromage suisse" mentionné ci-dessus. Les couches de nitrure de silicium et de silicium amorphe sont alors configurées également de manière à créer des îles qui comprennent le motif de source et de drain de l'aluminium, fournissant ainsi une structure dans laquelle chaque île formée comprend une couche de nitrure de silicium, de silicium amorphe, et d'aluminium. La métallisation de la source et du drain est alors effectuée sur le substrat et cette couche est configurée de manière à fournir les contacts de source et de drain dans la connexion électrique avec l'aluminium et, simultanément, la formation du motif des électrodes de source et de drain se traduit par la création des lignes de source (données) et de drain. Les lignes de source ou de drain sont reliées de manière à être en contact électrique avec les électrodes individuelles d'éléments d'image, l'autre électrode de ces deux électrodes de transistor à effet de champ étant connectée aux lignes de données. Les électrodes de grille sont connectées aux lignes d'attaque de grille.

Par conséquent, la présente invention a pour objet un procédé de fabrication de transistors à effet de champ à

couche mince.

La présente invention a pour autre objet une structure et un procédé pour la fabrication de transistors à effet de champ à couche mince en conjonction avec la fabrication de dispositifs de visualisation à cristaux liquides.

La présente invention a encore pour objet un dispositif de visualisation à cristaux liquides à matrice active qui présente un meilleur contact de la métallisation de la source et du drain avec du silicium amorphe sous-jacent.

La présente invention a pour autre objet des matériaux, structures et procédés présentant une compatibilité chimique, en particulier vis-à-vis des agents de gravure, afin de réduire la dégradation des électrodes d'éléments d'image dans des dispositifs de visualisation à cristaux liquides.

Enfin, mais sans que cela soit limitatif, la présente invention a pour objet un procédé et une structure pour la fabrication de transistors à effet de champ à couche mince et de dispositifs de visualisation associés à cristaux liquides, se traduisant par un meilleur rendement de fabrication et des composants et dispositifs de visualisation plus fiables.

La suite de la description de réfère aux figures annexées qui représentent respectivement :

Figure 1, un diagramme électrique illustrant le contexte dans lequel on emploie les transistors à effet de champ à couche mince de la présente invention ;

figure 2, une vue en élévation de côté, en coupe, d'une partie d'une cellule d'éléments d'image pour un dispositif de visualisation à cristaux liquides, comprenant la structure de transistor à effet de champ de la présente invention ;

figure 3A, une vue en plan d'un transistor à effet de champ et d'une partie d'une électrode d'éléments d'image, selon la présente invention ;

figure 3B, une vue en élévation de côté, en coupe, illustrant plus particulièrement l'alignement de la structure du transistor à effet de champ avec des parties représentées dans la vue en plan de la figure 3A ; et

5 figures 4A-4J, des vues en élévation de côté, en coupe, illustrant la suite des étapes de la fabrication de la structure du transistor à effet de champ et de la structure de visualisation à cristaux liquides de la présente invention.

10 La figure 1 illustre, sous forme schématique, un circuit de visualisation à cristaux liquides adressé par matrice. Plus particulièrement, on a représenté un réseau  $N \times M$  d'électrodes 16 d'éléments d'image, ainsi que les éléments associés de commutation 50 à transistor à effet de  
15 champ. Les électrodes de grille des éléments de commutation de la rangée  $i$  sont reliées à une ligne  $G_i$  d'attaque de grilles. D'une manière identique, l'électrode de source dans chaque colonne  $j$  est connectée à une ligne de données ou de sources  $S_j$ . Dans la figure représentée,  $j$  va de 1 à  $M$  et  $i$   
20 de 1 à  $N$ . Cependant, on remarquera que de nombreuses structures de transistor à effet de champ sont symétriques en ce qui concerne les propriétés de la source et du drain et que dans de nombreux cas les connexions de la source et du drain peuvent être inversées. Néanmoins, la figure 1 indique plus  
25 particulièrement que chaque électrode 16 d'éléments d'image est reliée au drain de son transistor à effet de champ de commutation associé. En fonctionnement, l'élément d'image de la  $i^{\text{ème}}$  rangée et de la  $j^{\text{ème}}$  colonne est mis en service en appliquant simultanément des signaux appropriés à la  
30 ligne de grilles  $G_i$  et à la ligne de données  $S_j$ . Cela a pour effet d'appliquer une tension aux électrodes 16 d'éléments d'image qui agit pour modifier les propriétés optiques des matériaux constituant les cristaux liquides disposés entre l'électrode 16 et le plan de masse ou contre-électrode  
35 (non visible en figure 1). Les électrodes 16 d'éléments

d'image comprennent un matériau conducteur transparent tel que l'oxyde d'étain et d'indium. Cependant, le traitement des transistors à effet de champ en silicium amorphe, tel qu'il est pratiqué couramment, n'est pas compatible avec l'utilisation de certains agents de gravure pour l'aluminium, dont l'emploi est particulièrement recommandé pour améliorer le contact électrique avec le silicium amorphe. Par conséquent, on peut voir que certains composants de matériaux qui sont souhaitables dans des structures de transistor à effet de champ en silicium amorphe provoquent des difficultés de traitement et de fabrication toutes les fois qu'on emploie ces structures de transistor à effet de champ dans des dispositifs de visualisation à cristaux liquides faisant appel à de l'oxyde d'étain et d'indium pour constituer l'électrode d'éléments d'image.

La figure 2 illustre une partie d'un dispositif de visualisation à cristaux liquides selon la présente invention. Plus particulièrement, la figure 2 représente le panneau supérieur et le panneau inférieur d'un dispositif de visualisation à cristaux liquides. Plus particulièrement, on a également illustré dans la figure la relation physique entre la structure de transistor à effet de champ et une électrode d'éléments d'image. En figure 2, on a représenté le panneau supérieur 70 du dispositif de visualisation, qui est typiquement constitué d'un matériau tel que le verre. Disposée sur la surface inférieure du panneau 70, une fine couche d'un matériau tel que l'oxyde d'étain et d'indium 76 agit en contre-électrode transparente, ou électrode plane de masse. Les différences de potentiel électrique apparaissant entre l'électrode 76 et l'électrode 16 produisent des variations optiques dans le matériau 60 des cristaux liquides qui est disposé entre ces électrodes. Ce sont les effets optiques produits par cette différence de potentiel qui provoquent l'affichage de l'information sur le dispositif à cristaux liquides. Le transistor à effet de champ 50 et l'élec-

trode 16 d'élément d'image sont disposés sur une couche isolante 12, elle-même placée sur le panneau inférieur du dispositif de visualisation. Le revêtement 12 est typiquement constitué d'un matériau tel que le bioxyde de silicium.

5 Le panneau 10 est typiquement constitué d'un matériau tel que le verre. En général, le panneau 70, les électrodes de panneau 76, l'électrode 16 d'élément d'image, le revêtement 12 et le panneau 10 peuvent tous être constitués d'un matériau transparent. Cela est particulièrement utile dans le

10 cas des dispositifs de visualisation à cristaux liquides dans lesquels la lumière renvoyée est employée pour former l'image souhaitée. Cependant, il est seulement nécessaire que soit le panneau supérieur 70 soit le substrat inférieur 10, en même temps que le revêtement de l'électrode associée,

15 soit transparent.

Comme on l'a indiqué ci-dessus, les électrodes 16 sont disposées sur l'un des panneaux du dispositif de visualisation. Il est également nécessaire de relier chaque électrode 16 à son élément associé de commutation en semi-conducteur. Dans la présente application, l'élément de commutation 50 en semi-conducteur comprend un transistor à effet de champ à base de silicium amorphe qui comporte une électrode de grille 14 de préférence en titane. Au-dessus de l'électrode 14, se trouve disposée une couche isolante 18 constituée typiquement d'un matériau tel que le nitrure de silicium. Au-dessus de la couche isolante 18, se trouve une

20 couche active de silicium amorphe 20. En général, il est souhaitable de disposer les électrodes de source et de drain en contact direct avec du silicium actif. Néanmoins, des

25 matériaux tels que le molybdène qu'on emploie dans la couche de métallisation de la source et du drain peuvent ne pas former un bon contact électrique avec du silicium amorphe intrinsèque. Par conséquent, il est souhaitable d'employer un métal de contact intermédiaire afin de faciliter et améliorer la liaison électrique avec le silicium amorphe. Dans

30

35

la présente invention, cela se traduit par l'utilisation de revêtements 22a et 22B en aluminium pour les électrodes de source et de drain 24a et 24b, respectivement. En même temps, on fabrique et dispose l'électrode de drain 24b et  
5 l'électrode de source 24a de manière à fournir un contact électrique avec l'électrode 16 d'éléments d'image, comme cela est représenté. Enfin, on place une couche de matériau de passivation 26, par exemple en nitrure de silicium, sur le substrat inférieur du dispositif de visualisation.

10 On remarquera également en figure 2 que l'électrode de grille 14, ainsi que les lignes associées d'attaque de la grille, sont en contact avec la couche 12, comme cela est aussi le cas de la couche 16 d'oxyde d'étain et d'indium. Si l'on doit déposer ces couches approximativement lors de  
15 la même étape du processus de fabrication, les matériaux choisis pour constituer ces couches doivent présenter un certain degré de compatibilité. Cela est particulièrement vrai lorsqu'il s'agit des agents de gravure qu'on emploie pour réaliser les motifs formés par les couches. Par consé-  
20 quent, la structure et le procédé de la présente invention font appel à du titane pour constituer le matériau de l'électrode de grille et à de l'oxyde d'étain et d'indium pour le matériau formant l'électrode transparente d'éléments d'image. Cependant, ces problèmes de compatibilité ne con-  
25 cernent pas l'électrode de masse disposée sur le substrat supérieur 70.

La figure 3A est une vue en plan de la structure physique d'un élément de commutation 50 et de son électrode associée 16 d'éléments d'image au voisinage de l'inter-  
30 section de la ligne  $G_1$  d'attaque de grilles et de la ligne  $S_j$  d'attaque de données. Pour être complet, en figure 3B on a illustré en coupe les structures correspondantes. En particulier, la figure 3A représente la présence d'une île isolante constituée principalement de la couche isolante 18  
35 et de la couche 20 de silicium amorphe. Cette île assure

l'isolement entre la ligne de données  $S_j$  et la ligne de grilles  $G_i$ . On peut voir aussi que la ligne de données  $S_j$  peut également servir directement d'électrode de source (ou d'électrode de drain dans une situation inverse) pour un transistor à effet de champ à couche mince. On peut voir également que l'électrode de grille 14 est de préférence prévue comme une extension de la ligne  $G_i$  d'attaque de grilles. Les lignes d'attaque de grilles et les électrodes de grille sont de préférence fabriquées au cours de la même étape du procédé et comprennent le même matériau et, dans la présente invention, on emploie du titane pour assurer la compatibilité avec l'électrode 16 en oxyde d'étain et d'indium.

Comme l'électrode de grille est fabriquée au début du procédé, et est disposée sur le substrat isolant sous-jacent, et étant donné que la couche isolante de la grille isole également des électrodes de grille et de source, on décrit les structures de transistor à effet de champ représentées en figures 2 et 3B comme des transistors à effet de champ inversés. Cependant, cette expression ne s'applique qu'à leurs propriétés physiques et non à leurs propriétés électriques.

Bien qu'il puisse sembler que la structure représentée en figures 1, 2 et 3 soit facilement réalisable, on remarquera également qu'il y a des problèmes importants de compatibilité entre matériaux et agents de gravure des matériaux qui sont soulevés par la fabrication de la structure représentée. Le procédé de la présente invention fait appel à des matériaux et à des étapes qui permettent de surmonter ces problèmes de compatibilité, tout en se traduisant par un processus de fabrication dans lequel les opérations de masquage sont réduites au minimum. En général, il y a lieu d'éviter d'avoir à employer un grand nombre d'opérations de masquage à cause des problèmes de fiabilité des dispositifs et des rendements de production. Par conséquent, les figures

4A-4J illustrent les diverses étapes de la fabrication du dispositif représenté en figures 1 à 3. Plus particulièrement, le procédé de fabrication illustré dans ces figures concerne la production de dispositifs à éléments de commutation à transistor à effet de champ à base de silicium amorphe à couche mince qui sont compatibles avec l'emploi d'oxyde d'étain et d'indium comme matériau constituant les électrodes transparentes.

Dans le procédé selon la présente invention, on nettoie un substrat isolant tel que le verre de manière à obtenir une surface ayant la qualité convenable pour effectuer le traitement. On forme alors la couche isolante 12, par exemple en oxyde de silicium, sur un côté du substrat de manière à obtenir une surface stable pour les opérations ultérieures. Néanmoins, la couche 12 est facultative et peut être omise.

La couche isolante 12 est typiquement constituée d'une couche d'oxyde de silicium qu'on dépose par pulvérisation suivant une épaisseur d'environ 120 nm.

On dépose alors du titane, le forme suivant le motif désiré et l'attaque par plasma de manière à obtenir les grilles des transistors et les lignes d'attaque des grilles. Le dépôt des lignes d'attaque des grilles sur le revêtement isolant 12 s'effectue généralement en faisant appel aux techniques classiques de masquage et de formation de motif. Par exemple, on peut déposer une couche de titane par évaporation par faisceau électronique suivant une épaisseur d'environ 80nm. On revêt cette couche d'une réserve et l'expose au motif de masquage désiré. On attaque alors le substrat par plasma de manière à former les motifs des grilles. Dans un mode de réalisation préféré de la présente invention, l'attaque de la réserve par l'oxygène s'effectue à ce stade et a un double but, à savoir, le nettoyage de la réserve ainsi que l'exposition du métal de la grille à un environnement d'oxygène qui le durcit avant l'attaque au

plasma lors de la définition des îles.

La figure 4B illustre l'étape suivante du procédé de la présente invention. Dans cette étape, on dépose par pulvérisation le matériau 16 de l'électrode d'éléments d'image en oxyde d'étain et d'indium, et procède à une attaque à l'état humide. L'étape illustrée en figure 4B représente par conséquent la seconde étape de masquage employée dans la présente invention. La formation des électrodes d'éléments d'image s'effectue après la formation du motif de métallisation de la grille de manière à éviter l'exposition aux agents de gravure utilisés pour réaliser le motif du matériau de la grille. Le matériau de l'électrode 16 est de préférence déposé par pulvérisation d'oxyde d'étain et d'indium suivant une épaisseur d'environ 90nm.

La figure 4C illustre l'étape suivante du procédé de la présente invention, laquelle concerne le dépôt de la couche isolante 18. Cette couche comprend de préférence du nitrure de silicium qu'on forme de préférence par dépôt par vapeur chimique amélioré par plasma suivant une épaisseur d'environ 150nm. Ensuite, on dépose d'une manière identique une couche de silicium amorphe suivant une épaisseur d'environ 200nm. On trouvera une description générale du procédé de dépôt par vapeur chimique amélioré par plasma dans l'article intitulé "Plasma-promoted Deposition of Thin Inorganic Films" (Dépôt favorisé par plasma de pellicules minérales d'étain), de M. Rand dans J. Vac. Sci. Tech., Vol. 16, page 420 (1979). Bien que sensiblement moins souhaitable, il est également possible de former la couche de silicium amorphe par pulvérisation, puis hydrogénation. Un aspect important du procédé de la présente invention est qu'il y a lieu de déposer la couche suivante d'aluminium immédiatement après le dépôt du silicium amorphe dans le but d'obtenir un contact fiable. Cela est très souhaitable à cause de l'oxydation et de la contamination de la surface de silicium qui pourraient alors se produire. S'agissant de l'aspect immé-

diat du dépôt de l'aluminium, on remarquera que ce dépôt a lieu avant tout autre traitement de surface. Par exemple, il est fâcheux de retarder le dépôt de l'aluminium de plus de 2 heures environ si la surface du substrat est exposée à l'air. Le maintien du substrat en atmosphère inerte prolongerait, évidemment, ce laps de temps. Néanmoins, étant donné que l'un des objets de la présente invention est d'assurer un bon contact avec le silicium amorphe, il est généralement préférable de déposer la couche d'aluminium dès que cela s'avère pratique sans traitement ultérieur de la surface. En figure 4D on a illustré le dépôt de la couche 20 de silicium amorphe et en figure 4E l'évaporation par faisceau électronique de la couche d'aluminium 22. On dépose typiquement l'aluminium suivant une épaisseur d'environ 50nm. On dépose de préférence par plasma la couche de silicium amorphe suivant une épaisseur d'environ 200nm. En figure 4E, on a illustré la structure ainsi obtenue.

La figure 4F illustre l'étape suivante du procédé qui consiste à réaliser le motif de la couche d'aluminium 22 de manière que cette couche soit découpée dans la structure désirée de l'île (plus complètement formée dans le traitement ultérieur), ce qu'on a plus particulièrement représenté par les références 20 et 18 en figure 3A. La présence de la couche d'aluminium 22 satisfait les impératifs de contact, et comme elle est attaquée avec l'oxyde d'étain et d'indium recouvert par le niture de la grille, on n'observe aucune attaque de la couche 16 de l'électrode d'éléments d'image et donc aucun "fromage suisse".

La figure 4G illustre l'étape suivante du procédé, dans laquelle on réalise les motifs des îles en silicium amorphe et en niture de silicium. Cette opération représente la quatrième étape de masquage. Le masque employé peut être le même que celui utilisé dans la réalisation des îles d'aluminium. De manière à utiliser le même masque, on procède à une double exposition, au cours de laquelle le masque

est animé d'un mouvement de va-et-vient dans la même direction diagonale et cela deux fois de manière à assurer un plus grand enlèvement de l'aluminium. Cependant, en général, il est préférable d'employer un masque séparé pour la réalisation du motif des parties en silicium et en nitrure de la structure de l'île. Le but de cette découpe de la couche d'aluminium est d'éviter une gravure sous-jacente qui pourrait avoir pour origine des taux d'attaque différentiels de l'aluminium et des autres constituants de l'île. L'agent de gravure par plasma qu'on emploie pour enlever les couches de nitrure de silicium et de silicium amorphe n'attaque pas la couche d'oxyde d'étain et d'indium.

La figure 4H illustre l'étape suivante du procédé de la présente invention, au cours de laquelle on dépose sur le substrat une couche de molybdène. Par exemple, on peut déposer une couche de molybdène 24 ayant une épaisseur de 300nm. Comme représenté en figure 4I, on procède à l'obtention du motif de cette couche en utilisant un agent de gravure à l'état humide avec un mélange d'acides phosphorique, acétique et nitrique faible, avec aucune attaque de l'oxyde d'étain et d'indium. L'agent de gravure constitué des acides précédents enlève également la petite quantité d'aluminium du canal entre les pastilles de source et de drain. Le dépôt source-drain en molybdène forme un siliciure autour du bord de l'île qui se traduit par une fuite du drain, de la source et de la grille. Cependant, cela est éliminé en procédant à une attaque par plasma de la surface exposée du silicium (attaque du canal) et on dépose alors sur le dispositif un nitrure à basse température pour assurer la protection et la passivation de la surface exposée du silicium (se reporter à la figure 4J).

D'après ce qui précède, on remarquera que le transistor à effet de champ à couche mince et le dispositif de visualisation à cristaux liquides ainsi que le procédé de la présente invention résolvent le problème du contact des

électrodes avec le silicium amorphe tout en maintenant la compatibilité des compositions des matériaux pour assurer une fabrication simplifiée du dispositif. En particulier, on voit qu'on peut fabriquer les parties essentielles du dispositif dans un procédé ne faisant appel qu'à cinq étapes de masquage. On voit également qu'on effectue les étapes du procédé dans un ordre particulier avec des matériaux spécifiés de manière à avoir l'assurance que la dégradation du matériau constituant les électrodes d'éléments d'image ne se produit pas. On voit également que le dispositif et le procédé de la présente invention sont compatibles avec une grande variété de systèmes de visualisation à cristaux liquides et avec une vaste gamme de cristaux liquides. On remarquera également que la présente invention est facile à fabriquer en utilisant des procédés de traitement relativement classiques employant une intégration à très grande échelle de manière à permettre une production fiable et un rendement élevé des dispositifs sensibles de visualisation à cristaux liquides de haute résolution.

REVENDICATIONS

1. Structure de transistor à effet de champ à couche mince, inversée, plus particulièrement utile dans des dispositifs de visualisation à cristaux liquides à matrice active, caractérisée en ce qu'elle comprend :
- 5 un substrat (10) présentant un revêtement isolant (12) sur son dessus ;  
une électrode de grille (14) en titane déposée sur le revêtement isolant du substrat ;
- 10 une couche (18) d'isolation de grille disposée sur l'électrode de grille ;  
une couche de silicium amorphe (20) disposée sur la couche d'isolation de grille, la couche de silicium amorphe et la couche d'isolation de grille ayant une configuration d'île ;
- 15 une couche d'aluminium (22) placée sur l'île mais découpée à partir de ses bords, la couche d'aluminium comportant un interstice isolant, cet interstice étant situé au-dessus de l'électrode de grille de manière à définir une
- 20 métallisation de la ligne de source du transistor à effet de champ disposée de manière à être en contact avec la couche d'aluminium sur un côté de l'interstice isolant et une métallisation de la ligne de drain en contact avec la couche d'aluminium sur l'autre côté de l'interstice isolant ; et
- 25 une couche d'étain et d'indium (16) disposée sur le revêtement isolant de manière à former une électrode d'éléments d'image, cette électrode étant en contact électrique avec la métallisation de la ligne de source ou de la ligne de drain.
- 30 2. Structure de transistor à effet de champ selon la revendication 1, caractérisée en ce que la métallisation de la ligne de source et de la ligne de drain comprend du molybdène.
3. Structure de transistor à effet de champ selon
- 35 la revendication 1, caractérisée en ce que le revêtement

isolant du substrat comprend du bioxyde de silicium.

4. Procédé de fabrication de transistors à effet de champ à couche mince dans des dispositifs de visualisation à cristaux liquides à matrice active, caractérisé en ce qu'il  
5 comprend les étapes consistant à :

disposer un motif d'une couche de métallisation de grille sur un substrat isolant, le métal de la grille comprenant du titane, le motif comportant des électrodes de grille ;

10 disposer un motif d'électrodes d'éléments d'image sur le substrat, le matériau des électrodes d'éléments d'image comprenant de l'oxyde d'étain et d'indium ;

disposer une couche de nitrure de silicium sur le substrat comprenant le motif du métal de la grille et le  
15 motif des électrodes d'éléments d'image ;

disposer une couche de silicium amorphe sur le nitrure de silicium ;

disposer une couche d'aluminium sur le silicium amorphe ;

20 former un motif de la couche d'aluminium de manière à obtenir des îles d'aluminium en contact avec la couche de silicium amorphe, ces îles étant disposées sur les électrodes de grille ;

former un motif des couches de nitrure de silicium  
25 et de silicium amorphe de manière à obtenir des îles ayant sensiblement la même grandeur que les îles d'aluminium, d'où il résulte que chaque île formée comprend une couche de nitrure de silicium, de silicium amorphe, et d'aluminium ;

disposer une couche de métallisation de la source  
30 et du drain sur le substrat ;

former un motif de la couche de métallisation de la source et du drain et de la couche d'aluminium de manière à obtenir des dispositifs à transistor à effet de champ.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé  
35 en ce que le motif de la couche de métallisation de la

grille est disposé par dépôt par vapeur et attaque par plasma.

5 6. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le motif d'électrodes d'éléments d'image est disposé par dépôt par pulvérisation et attaque à l'état humide.

7. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la couche de nitrure de silicium est disposée par dépôt par vapeur chimique amélioré par plasma.

10 8. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le silicium amorphe est disposé par dépôt par vapeur chimique amélioré par plasma.

9. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la couche d'aluminium est disposée par évaporation par faisceau électronique.

15 10. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la couche de métallisation de la source et du drain est disposée par pulvérisation.

20 11. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la formation du motif de la couche de métallisation de la source et du drain comprend l'attaque dans une solution d'acide phosphorique, d'acide acétique et d'acide nitrique faible.

25 12. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comprend en outre la disposition d'une couche de passivation de nitrure de silicium sur le substrat.

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que la couche de passivation de nitrure de silicium est formée par dépôt par vapeur chimique amélioré par plasma.

30 14. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la formation du motif d'îles en silicium et en nitrure produit des îles sur lesquelles la couche d'aluminium est découpée à partir des bords des îles.

35 15. Dispositif de visualisation à cristaux liquides à matrice active, caractérisé en ce qu'il comprend : une paire de substrats plats (10, 70), l'un au

moins d'entre eux étant transparent ;

une certaine quantité de matériau pour cristaux liquides disposée et renfermée entre les substrats ;

un réseau d'électrodes (16) d'éléments d'image en oxyde d'étain et d'indium disposées sur au moins l'un des substrats ;

au moins une électrode plane de masse (76) disposée sur l'autre substrat, de sorte que le matériau des cristaux liquides est placé entre les électrodes d'éléments d'image et les électrodes planes de masse ;

un jeu de lignes de données ( $S_j$ ) conductrices de l'électricité ;

un jeu de lignes de grilles ( $G_i$ ) conductrices de l'électricité ;

un réseau d'éléments de commutation (50) en semi-conducteur associés aux électrodes d'éléments d'image, chaque élément comportant une électrode de grille constituée de titane et reliée électriquement aux lignes de grilles, les éléments de commutation comportant également une couche de silicium amorphe disposée sur une couche d'isolation de grille et une couche d'aluminium placée sur la couche de silicium amorphe dans chaque élément de commutation, la couche d'aluminium présentant un interstice isolant qui est situé au-dessus de l'électrode de grille de manière à définir un transistor à effet de champ avec source et drain, les grilles des éléments de commutation étant reliées à l'une des lignes de grilles, et la source et le drain étant connectés soit à l'une des lignes de données soit aux électrodes d'éléments d'image par l'intermédiaire de la couche d'aluminium.

16. Dispositif de visualisation selon la revendication 14, caractérisé en ce que les lignes de sources et les lignes de données comprennent du molybdène.

FIG. 1

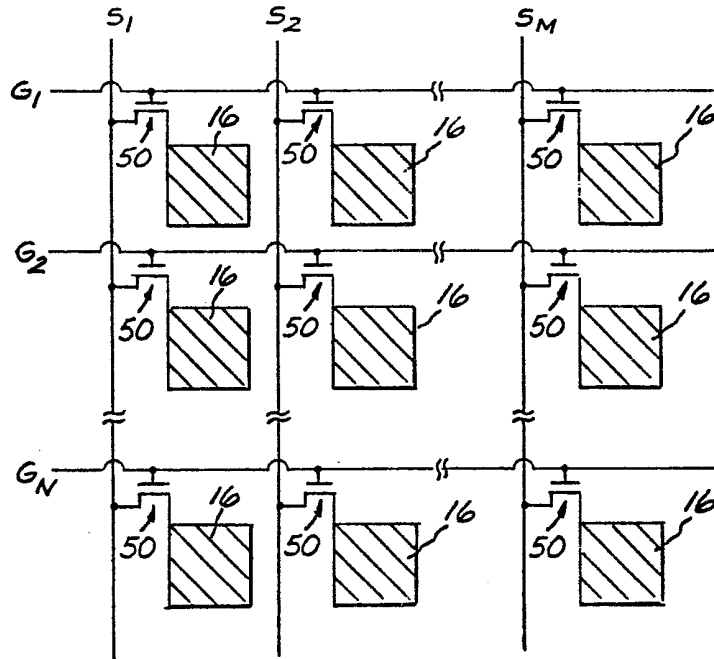


FIG. 2

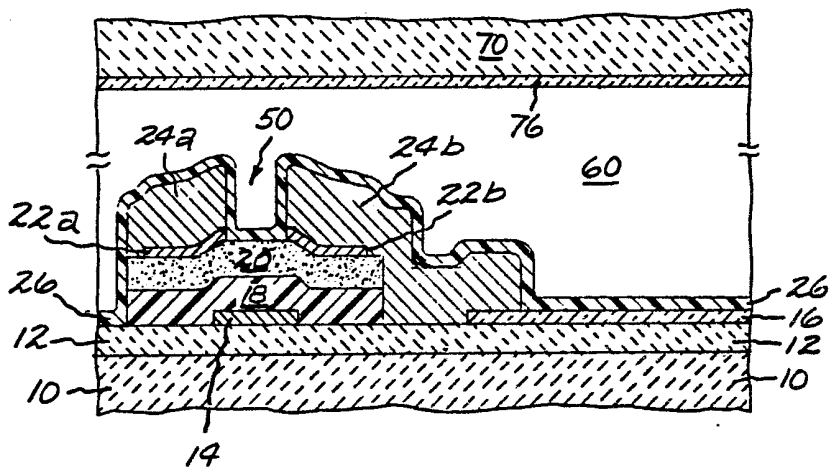


FIG. 3A

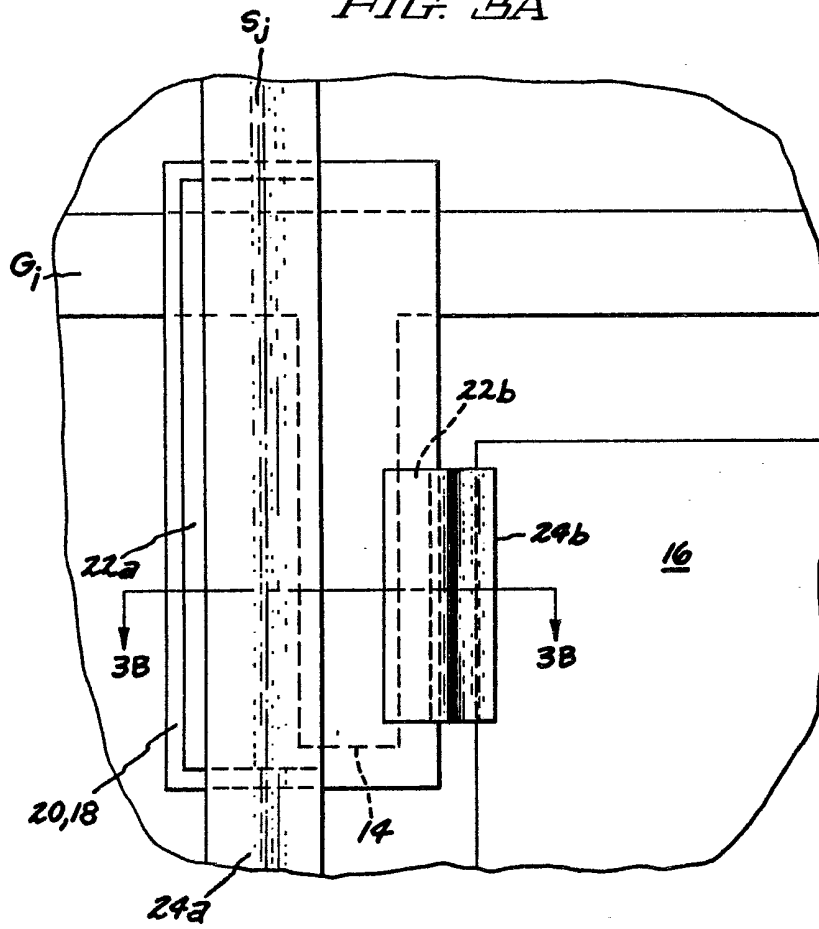


FIG. 3B

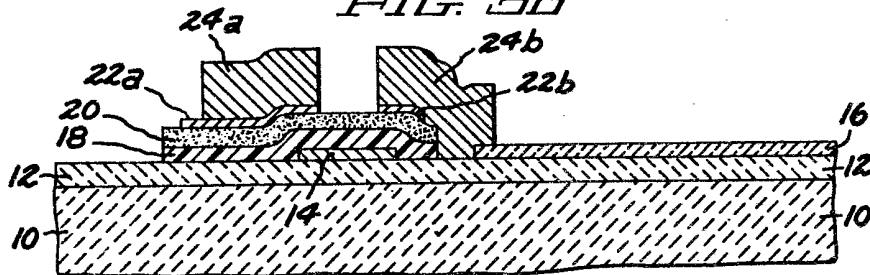


FIG. 4A

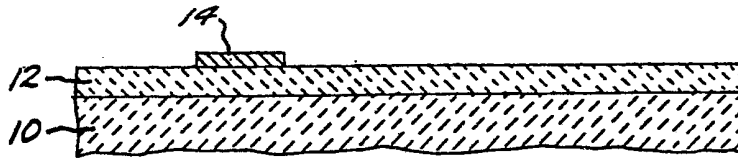


FIG. 4B

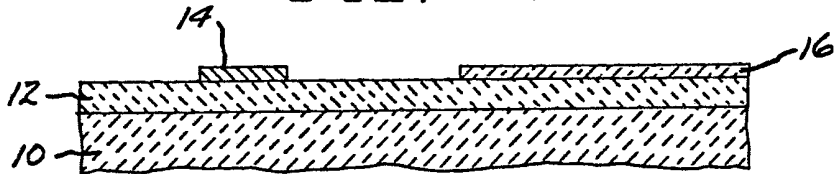


FIG. 4C

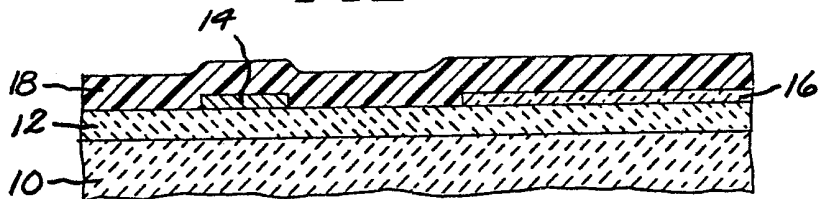


FIG. 4D

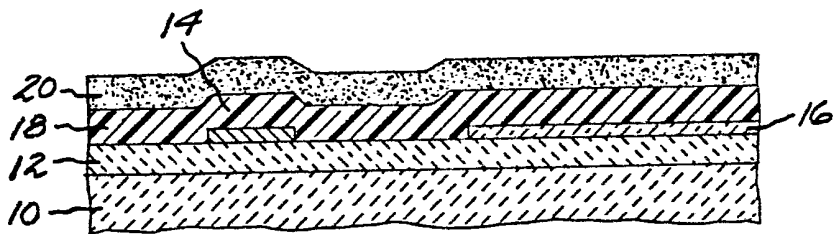


FIG. 4E

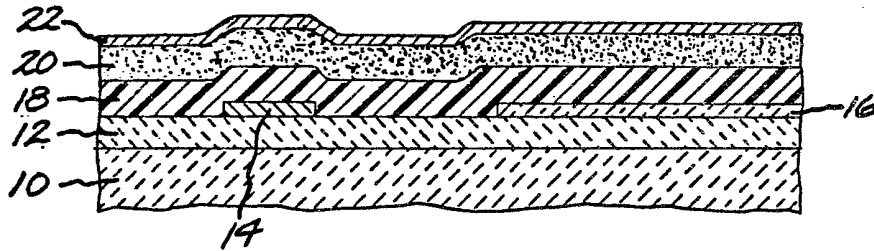


FIG. 4F

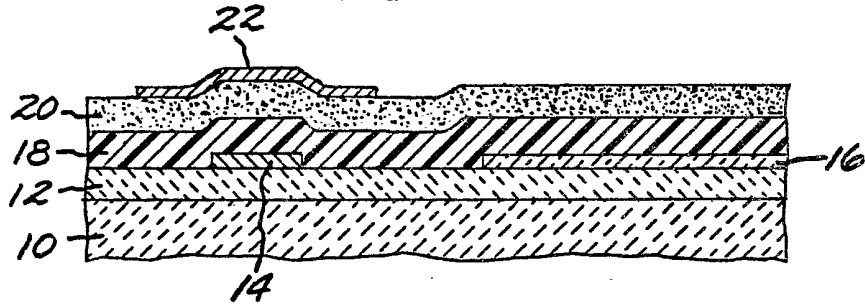


FIG. 4G

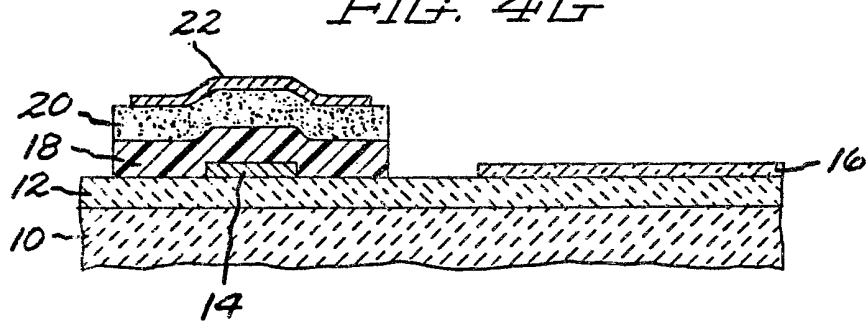


FIG. 4H

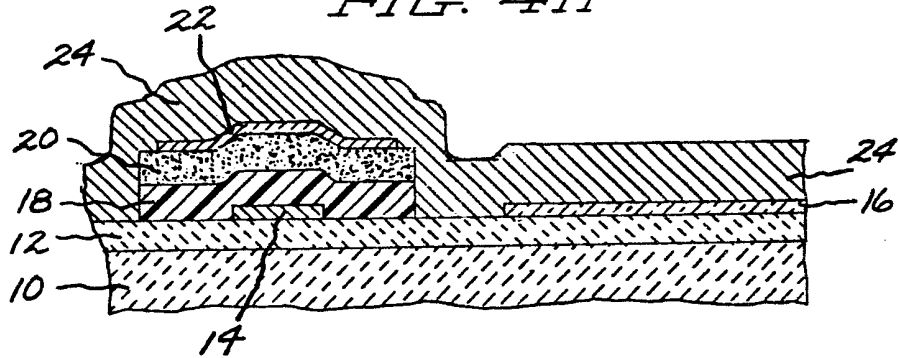


FIG. 4I

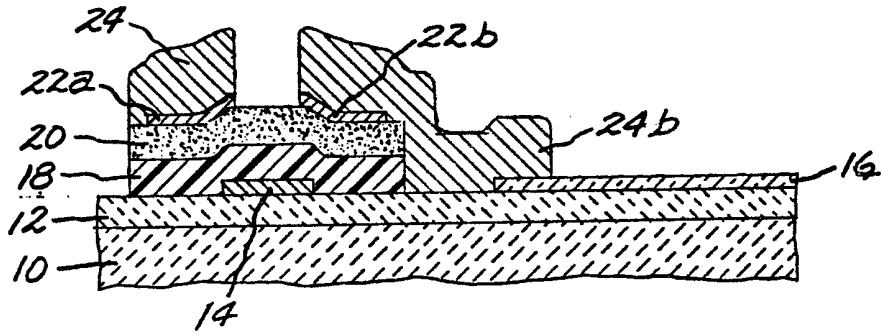


FIG. 4J

