

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 01.07.05.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 05.01.07 Bulletin 07/01.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : *ATMEL GRENOBLE Société par
actions simplifiée* — FR.

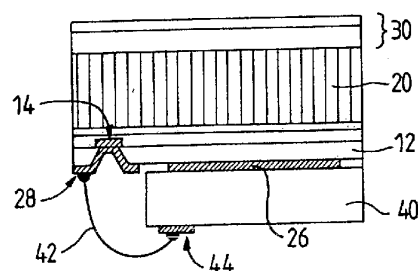
⑦② Inventeur(s) : FRITSCH LIONEL et CAMBOU
PIERRE.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

⑤④ CAPTEUR D'IMAGE A GALETTE DE FIBRES OPTIQUES.

⑤⑦ L'invention concerne les capteurs d'image. Il est décrit un procédé de fabrication d'un capteur d'image comprenant des étapes de réalisation collective d'une structure associant une tranche semiconductrice (12) portant une série de circuits de détection d'image, et une galette de fibres optiques (20) fixée à une face de la tranche, la tranche semiconductrice étant amincie dans une étape postérieure à la formation des circuits de détection d'image sur la tranche et on réalise, sur la face de la tranche non fixée à la galette de fibres, des plots de contact d'accès extérieur (28) pour la commande des circuits et le recueil de signaux d'image issus du capteur, la galette de fibres optiques ayant une épaisseur telle qu'elle assure l'essentiel de la tenue mécanique de la structure une fois que la tranche a été amincie, et ceci jusqu'à la fin de la fabrication collective, la structure assemblée de la tranche et de la galette étant ultérieurement découpée en puces individuelles.



CAPTEUR D'IMAGE A GALETTE DE FIBRES OPTIQUES

L'invention concerne les capteurs d'image de faible encombrement et de haute résolution ; elle s'applique notamment, mais non exclusivement, aux capteurs d'image radiologique.

Les capteurs d'image existants ne sont pas toujours optimisés du point de vue de l'encombrement, du fait qu'il faut trouver des compromis entre le coût de fabrication et les performances optiques désirées, et que ces compromis peuvent se faire au détriment d'autres paramètres comme l'encombrement, que ce soit en longueur, en largeur, ou en épaisseur.

On prendra ci-après comme exemple un capteur d'image radiologique destiné à des applications dentaires, pour lequel l'encombrement est un paramètre essentiel puisque le capteur d'image doit être introduit dans la bouche d'un patient. Chaque millimètre ou fraction de millimètre gagné, dans chacune des trois dimensions, à surface de prise d'image donnée, représente un progrès significatif.

Les capteurs d'image radiologique existants sont habituellement réalisés de la manière suivante : on fabrique collectivement une série de puces détectrices d'image visible, individuelles, sur une tranche de silicium, par des opérations de dépôts et gravures de couches isolantes, conductrices ou semiconductrices, et des opérations de dopages, etc., toutes ces opérations étant effectuées à partir d'une face avant de la tranche. Après fabrication collective sur la tranche, la tranche est découpée en puces individuelles et les puces sont montées chacune sur un support ; des plages conductrices de la puce sont reliées à des plages conductrices du support par des fils soudés (technique dite "wire-bonding"). Puis, dans le cas de la radiologie, un scintillateur est déposé (en général collé) sur la face avant de la puce de silicium. Le scintillateur est destiné à convertir les rayons X incidents en rayonnement visible à une longueur d'onde à laquelle le capteur d'image est sensible.

On a déjà proposé d'interposer entre le scintillateur et la puce de silicium une galette plate de fibres optiques de quelques centaines de micromètres d'épaisseur, dont le but est d'atténuer (par simple absorption) le rayonnement X résiduel qui a traversé le scintillateur sans être converti en

lumière visible ; en effet, les rayons X résiduels tendent à générer dans le silicium des électrons parasites qui représentent plus du bruit que du signal utile et il est souhaitable de les éliminer. La galette de fibres atténue les rayons X mais elle n'atténue pas la lumière visible qui a été émise par le
5 scintillateur ; la résolution de l'image visible générée dans le scintillateur est conservée par la galette de fibres optiques et est répercutée sur la surface sensible du capteur ; c'est là son grand intérêt.

Dans ce cas, on colle sur la puce de silicium non pas une simple feuille de scintillateur mais une galette de fibres optiques revêtue d'une
10 couche scintillatrice. La couche scintillatrice peut être une couche d'iodure de césium déposée sur la galette, ou bien, plus souvent, c'est une feuille de carbone revêtue d'iodure de césium qui est collée sur la galette par une colle transparente interposée entre l'iodure de césium et la galette. D'autres matériaux que l'iodure de césium peuvent être utilisés (feuilles de matière
15 plastique chargée d'oxysulfure de gadolinium, etc.).

Les dispositifs fabriqués jusqu'à maintenant n'optimisent pas les dimensions du capteur d'image.

L'invention propose d'utiliser une galette de fibres optiques d'une manière nouvelle qui permet de faciliter la fabrication et d'améliorer les
20 performances des capteurs, notamment en ce qui concerne l'encombrement, en épaisseur comme en dimensions latérales. Cette galette de fibres optiques est utilisable dans le cas d'un capteur d'image radiologique ou non radiologique, associée à un scintillateur ou non associée à un scintillateur.

Selon l'invention, on propose un procédé de fabrication consistant à
25 réaliser collectivement une structure associant une tranche semiconductrice portant une série de circuits de détection d'image, et une galette de fibres optiques fixée à une face de la tranche, la tranche semi-conductrice étant amincie dans une étape postérieure à la formation des circuits de détection d'image sur la tranche, et on réalise, sur la face de la tranche non fixée à la
30 galette de fibres, des plots de contact d'accès extérieur pour la commande des circuits et le recueil de signaux d'image issus du capteur, la galette de fibres optiques ayant une épaisseur telle qu'elle assure l'essentiel de la tenue mécanique de la structure une fois que la tranche a été amincie, et ceci jusqu'à la fin de la fabrication collective, la structure assemblée de la tranche
35 et de la galette étant ultérieurement découpée en puces individuelles.

Le découpage en puces se fait en principe par sciage et l'opération de sciage coupe simultanément la tranche amincie et la galette de fibres selon une même ligne de découpe.

De préférence, la galette de fibres est fixée à la tranche par
5 adhérence moléculaire, sans apport de matière adhésive, entre deux surfaces très planes. Les surfaces très planes sont obtenues lorsque c'est nécessaire par dépôt d'une couche de planarisation noyant le relief puis polissage chimique et/ou mécanique jusqu'à obtenir une rugosité très faible (égale ou inférieure au nanomètre si possible).

10 Ainsi, selon l'invention, on se sert d'une galette de fibres optiques comme support d'une tranche semiconductrice amincie qui ne pourrait pas s'auto-soutenir après amincissement. Pour un capteur d'image radiologique, le scintillateur est de préférence collé sur la galette alors que le processus de fabrication collective se déroule encore, c'est-à-dire avant
15 division en puces individuelles. La galette joue son rôle de protection contre les rayons X mais elle a été mise en place lors des étapes collectives. La tranche de silicium peut être amincie fortement, d'une part pour diminuer l'épaisseur globale de la puce, afin de rendre possible la réalisation des plots de contacts sur la face accessible lorsque des vias doivent être réalisés entre
20 les deux faces de la tranche, et d'autre part éventuellement pour améliorer les performances optiques du capteur. Les plots de contact de la puce sont situés sur une face de la tranche semiconductrice qui est la face opposée à la face collée contre la galette de fibres, ce qui évite des opérations de découpage complexe pour laisser libre l'accès aux plots ; un découpage
25 complexe serait en effet nécessaire si les plots d'accès étaient situés du côté de la face collée, à la périphérie de la galette. On verra plus loin comment l'invention réduit l'encombrement latéral final du capteur. Enfin, le collage par adhérence moléculaire, possible entre des surfaces très planes en regard, permet d'éviter d'interposer entre la galette et la puce une colle transparente,
30 dont l'épaisseur, les bulles et les défauts engendreraient une perte de qualité du capteur.

Bien que l'invention soit principalement intéressante pour les capteurs d'image radiologiques, elle est applicable aussi à des capteurs d'image visible ou proche du visible (infrarouge) pour lesquels
35 l'encombrement du capteur serait un paramètre important. Pour les capteurs

d'image radiologique, elle est utilisable même sans scintillateur déposé ou collé, si les fibres de la galette sont des fibres scintillatrices.

L'invention porte aussi sur un capteur d'image nouveau, de faible encombrement, comportant une puce formée d'une superposition d'une
5 galette de fibres optiques et d'une feuille semiconductrice, d'épaisseur plus faible que l'épaisseur de la galette et inférieure à 30 micromètres, feuille dans laquelle sont formés une matrice de zones photosensibles et des circuits électroniques associés, la feuille comportant, sur sa face non collée à la galette de fibres, des plots de contact d'accès extérieur permettant la
10 commande du capteur et le recueil de signaux d'image issus de la matrice.

De préférence, il n'y a pas de matière adhésive entre la feuille semiconductrice et la galette mais seulement des couches de planarisation.

On a utilisé dans le paragraphe précédent le mot "feuille semiconductrice" par opposition au mot "puce semiconductrice"
15 généralement utilisé, pour évoquer le fait qu'on n'a plus une puce rigide comme dans l'art antérieur mais plutôt une feuille extrêmement mince et non rigide, l'essentiel de la tenue mécanique étant assuré par la galette de fibres optiques. L'épaisseur de la feuille est de 30 micromètres au plus et elle peut même faire beaucoup moins (quelques micromètres seulement) ; l'épaisseur
20 de la galette de fibres est en principe de quelques centaines de micromètres, le critère étant qu'elle puisse assurer la tenue mécanique pendant la fabrication collective. Exceptionnellement l'épaisseur de la galette peut descendre à environ 100 micromètres.

Comme on le verra, une particularité du capteur selon l'invention
25 est que le bord périphérique de la galette surplombe exactement le bord périphérique de la feuille semiconductrice dans laquelle est formé le capteur d'image. De plus, lorsque la structure de la feuille et de la galette est montée sur un support (embase de boîtier, ou circuit hybride sur céramique, ou circuit imprimé) le support n'a pas besoin d'être en débord latéral par rapport
30 à la structure.

Le procédé selon l'invention comporte deux modes principaux de mise en œuvre selon qu'on fixe la galette sur la face avant ou sur la face arrière de la tranche semiconductrice. La face avant de la tranche est la face à partir de laquelle ont été formés les circuits électroniques des puces
35 (matrices photosensibles et circuits associés).

Dans le premier mode de mise en oeuvre, c'est la face avant qui est collée contre la galette, et les plots de contact sont donc sur la face arrière de la tranche amincie ; des vias conducteurs traversent l'épaisseur de la tranche amincie pour relier les plots aux circuits électroniques. Le procédé de fabrication d'un capteur d'image de faible encombrement comporte alors les étapes suivantes : on part d'une tranche semiconductrice destinée à la réalisation simultanée de plusieurs capteurs individuels, on réalise à partir d'une face avant de la tranche, par des étapes de dépôt et gravures de couches successives, un ensemble de matrices de zones photosensibles et de circuits électroniques associés, on planarise la face avant, on planarise également une face avant d'une galette de fibres optiques d'épaisseur suffisante pour assurer la tenue mécanique de la tranche pendant le reste de la fabrication de celle-ci avant découpage en puces individuelles, on colle la galette par sa face avant planarisée contre la face avant planarisée de la tranche, le collage étant effectué par adhérence moléculaire sans interposition de matière adhésive, on élimine la majeure partie de l'épaisseur de la tranche semiconductrice par usinage de la face arrière de celle-ci, on établit sur la face arrière de la tranche amincie des plots de contact extérieur permettant la commande du capteur et le recueil de signaux d'image, ces plots étant reliés électriquement, à travers l'épaisseur de la tranche amincie, aux circuits réalisés sur la face avant de la tranche, et, ultérieurement, on découpe la tranche en puces individuelles.

Dans le deuxième mode de mise en oeuvre, c'est la face arrière qui est collée sur la galette. Pour cela, on utilise un substrat de report provisoire, de préférence en silicium, on colle la face avant de la tranche semiconductrice sur le substrat provisoire, on amincit la tranche par sa face arrière, le substrat provisoire assurant sa tenue mécanique pendant cette opération, on colle l'ensemble ainsi formé, par la face arrière de la tranche, contre une galette de fibres optiques, et on élimine le substrat provisoire, la galette devenant un substrat définitif qui assure la tenue mécanique de la tranche amincie. Les plots de contact sont alors situés sur la face avant de la tranche, maintenant accessible après enlèvement du substrat provisoire. Dans ce deuxième mode, le procédé de fabrication d'un capteur d'image de faible encombrement comporte alors les étapes suivantes : on part d'une tranche semiconductrice destinée à la réalisation simultanée de plusieurs

capteurs individuels, on réalise à partir d'une face avant de la tranche, par des étapes de dépôt et gravures de couches successives, un ensemble de matrices de zones photosensibles et de circuits électroniques associés, et des plots de contact d'accès extérieur permettant la commande du capteur et
5 le recueil de signaux d'image, on colle la face avant de la tranche contre la face avant d'un substrat de report provisoire, on élimine la majeure partie de l'épaisseur de la tranche par usinage de la face arrière de celle-ci, on planarise la face arrière de la tranche amincie, on planarise une face avant d'une galette de fibres optiques d'épaisseur suffisante pour assurer la tenue
10 mécanique de la tranche pendant le reste de la fabrication de celle-ci avant découpage en capteurs d'image individuels, on colle la galette par sa face avant planarisée contre la face arrière planarisée de la tranche, le collage étant effectué par adhérence moléculaire sans apport de matière adhésive, on élimine le substrat de report provisoire, on dénude les plots de contact
15 d'accès extérieur, et, ultérieurement, on découpe la tranche en puces individuelles.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit et qui est faite en référence aux
20 dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente une tranche semiconductrice sur la face avant de laquelle on a formé des circuits de détection d'image ;
- la figure 2 représente la tranche après une opération de planarisation ;
- 25 - la figure 3 représente une galette de fibres optiques ayant sa face avant planarisée ;
- la figure 4 représente une structure associant la tranche et la galette de fibres, collées face contre face ;
- la figure 5 représente une étape d'amincissement de la tranche ;
- 30 - la figure 6 représente la formation de vias conducteurs ;
- la figure 7 représente le dépôt et la gravure d'une couche conductrice sur la face arrière de la tranche amincie ;
- la figure 8 représente le dépôt d'un scintillateur sur la face accessible de la galette de fibres optiques ;

- la figure 9 représente un capteur d'image radiologique terminé, comprenant la structure tranche+galette découpée en une puce individuelle montée sur un support auquel elle est reliée par des fils soudés ;
- la figure 10 représente les marges d'encombrement latérales supplémentaires qu'il fallait prendre dans l'art antérieur pour monter une puce sur un support ;
- les figures 11 à 16 représentent les étapes de fabrication dans un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 17 représente un capteur d'image terminé dans ce deuxième mode.

Sur la figure 1, on a représenté schématiquement une tranche semiconductrice 10 ; la tranche est classiquement un substrat semiconducteur dont la face avant porte une couche épitaxiale 12 peu dopée dans laquelle sont formés des circuits de détection d'image visible non représentés, destinés à être ultérieurement découpés en puces individuelles correspondant chacune à un capteur d'image individuel. Chaque circuit de détection d'image comprend une matrice photosensible, des circuits électroniques associés, des interconnexions, et des plages ou zones conductrices 14 destinées à être reliées à des connexions extérieures du capteur. Les connexions extérieures sont prévues pour l'alimentation et la commande des circuits électroniques du capteur ainsi que pour le recueil des signaux électroniques représentant les images détectées par le capteur.

La face avant de la tranche (en haut sur la figure 1) est la face à partir de laquelle sont faites les opérations classiques de dépôts de couches conductrices ou semiconductrices ou isolantes, gravures de ces couches, implantations, etc. permettant de réaliser collectivement les matrices, les circuits associés, et les plages conductrices (ces dernières en général en aluminium).

On va décrire d'abord, en référence aux figures 2 à 9, une première variante de réalisation de l'invention, dans laquelle la tranche semiconductrice est d'abord reportée sur une galette de fibres optiques avant de procéder à un amincissement de la tranche.

Pour cela, on commence (figure 2) par planariser la face avant de la tranche 10. En pratique, comme la surface avant de la tranche est

modélisée par le relief laissé par les dépôts et gravures successifs de couches, la planarisation consiste à recouvrir la face avant d'une couche de planarisation 16 (oxyde de silicium) de quelques micromètres d'épaisseur. Cette couche masque le relief présent sur la tranche, après quoi la surface
5 de la tranche est polie (polissage mécanique et/ou chimique) pour acquérir une planéité aussi parfaite que possible en vue d'un collage par adhérence moléculaire (collage sans apport de matière adhésive entre deux surfaces très planes). La rugosité subsistante ne doit pas excéder, si possible, 1 nanomètre.

10 Une galette de fibres optiques 20 est préparée (figure 3) ; si sa surface n'est pas parfaitement plane, elle peut être aussi planarisée comme celle de la tranche, par dépôt d'une couche de planarisation 22 et polissage.

La galette de fibres est alors reportée (figure 4) sur la face avant de la tranche, par adhérence moléculaire. La ou les couches de
15 planarisation, si elles sont prévues pour atteindre la planéité désirée, servent aussi de barrière contre les alcalins présents dans le verre de la galette de fibres.

La tranche semiconductrice est ensuite très fortement amincie (figure 5) ; l'amincissement ne laisse subsister que quelques dizaines de
20 micromètres d'épaisseur (30 micromètres au maximum), et en pratique on peut même ne laisser que quelques micromètres d'épaisseur. L'amincissement se fait par usinage mécanique complété par un polissage mécanique et/ou chimique. La tranche semiconductrice amincie sera à partir de là désignée par la référence 12 puisqu'elle ne comprend plus, en pratique,
25 que la couche épitaxiale 12, et même une fraction seulement de la couche épitaxiale originale. Toutefois, on peut aussi préférer garder une petite épaisseur du substrat d'origine 10.

Pour toute la suite des étapes collectives de fabrication, c'est-à-dire jusqu'à division de la tranche en capteurs individuels, c'est la galette de
30 fibres optiques qui assure la tenue mécanique de la structure, la tranche semiconductrice ne pouvant plus assurer cette tenue compte-tenu de sa très faible épaisseur. La galette a une épaisseur de 200 à 1000 micromètres ou plus ; dans certains cas, l'épaisseur peut cependant être réduite à 100 micromètres, mais l'épaisseur de la tranche semiconductrice amincie est de
35 toutes façons beaucoup plus faible que celle de la galette.

On réalise ensuite (figure 6), à partir de la face arrière de la tranche, des vias d'accès 24 à travers toute l'épaisseur de la tranche amincie 12 ; ces vias ouvrent un accès vers les plages conductrices 14 ou vers certaines d'entre elles.

5 Pour l'essentiel, ces vias sont formés par gravure chimique ou gravure ionique du silicium de la tranche 12, jusqu'à mise à nu des plages 14. Les vias servent à établir des passages pour relier électriquement les plages métalliques de la face avant à des conducteurs qui vont maintenant être formés sur la face arrière. Les vias ont été représentés comme des
10 tranchées à flancs inclinés avec de l'aluminium déposé sur ces flancs ; cependant, si la tranche amincie ne fait que quelques micromètres d'épaisseur, les vias peuvent être constitués par des tranchées étroites à flancs verticaux, gravées par attaque plasma, qui se combrent d'aluminium lors du dépôt de la couche d'aluminium.

15 On dépose alors une couche isolante (non représentée) sur la face arrière de la tranche, puis on réouvre la couche isolante dans le fond des vias (mais pas sur les flancs), par gravure chimique ou ionique. Cette étape de dépôt et gravure d'isolant évite des court-circuits ultérieurs entre vias par la couche semiconductrice 12. Elle n'est pas obligatoire si le mode
20 d'ouverture des vias fait qu'il n'y a pas de risques de ce point de vue. On dépose alors une couche conductrice 26 (en pratique de l'aluminium) sur la face arrière de la tranche ; elle vient en contact avec les plots 14 à l'intérieur des vias 24.

On grave (figure 7) par photolithographie dans la couche
25 d'aluminium 26 un motif d'interconnexion laissant subsister l'aluminium dans les vias 24 et laissant subsister des plots de contact d'accès ou plots de soudure 28, destinés à la soudure ultérieure de fils de connexion. Les plots 28 à l'extérieur des vias ne sont pas nécessaires dans le cas où les fils peuvent être soudés directement au fond des vias : le fond des vias sert
30 alors de plot de contact. La couche d'aluminium peut être protégée, aux endroits qui n'ont pas besoin d'être accessibles pour une soudure, par une couche de passivation non représentée. Au lieu de fils soudés, des bossages conducteurs peuvent être prévus sur les plots 28 pour un montage de type "flip-chip", comme on le verra plus loin.

Pour un capteur d'image radiologique, on dépose alors (si les fibres ne sont pas scintillatrices) une structure scintillatrice sur la face supérieure de la galette de fibres optiques. De préférence, la structure est constituée par une couche scintillatrice d'iodure de césium 32 déposée sur
5 une feuille mince de carbone 34, l'ensemble constituant une feuille souple scintillatrice 30 qu'on colle, du côté de l'iodure de césium, sur la face accessible de la galette de fibres optiques 20 comme représenté à la figure 8.

A ce stade, la fabrication collective est terminée et la structure de
10 galette portant les circuits intégrés formés dans la tranche semiconductrice 12 peut être divisée en puces individuelles correspondant chacune à un capteur d'image individuel. Ces puces sont montées sur un support auquel elles sont reliées électriquement. Ce support peut-être l'embase d'un boîtier où un circuit imprimé sur substrat de résine ou substrat céramique portant
15 d'autres composants. La division en puces individuelles se fait en sciant la structure collective à partir d'une seule face de cette structure (de préférence du côté de la tranche). Il n'est pas nécessaire de scier à la fois par le haut et par le bas selon des traits de scie différents.

On notera que, bien que ce soit moins avantageux, on pourrait
20 coller le scintillateur non pas à l'échelle collective de la tranche mais à l'échelle de la puce individuelle déjà découpée.

La figure 9 représente une puce de capteur individuelle, fixée sur un support 40. La puce comprend une structure superposée d'un élément de galette de fibres 20 et d'un élément de feuille semiconductrice 12 (la galette portant un scintillateur 30 dans le cas d'un capteur d'image radiologique). Les
25 bords périphériques de la galette découpée sont superposés en coïncidence exacte avec les bords périphériques de la feuille semiconductrice, du fait de la découpe de chaque côté de la puce par un trait de scie unique qui découpe à la fois la galette et la tranche amincie.

30 La puce est collée par sa face arrière (la face qui porte la feuille semiconductrice et sa couche conductrice 26) sur une première face du support 40. Elle déborde latéralement un peu du support et des fils de connexion 42 sont soudés entre les plots conducteurs tels que 28 et des plages conductrices 44 formées sur l'autre face du support 40.

Un montage de type "flip-chip" est également possible, c'est-à-dire que les plages 44 sont cette fois sur la première face du support et les plots 28, revêtus de bossages conducteurs, sont en regard des plages 44 et peuvent être soudés directement, plot à plot, sur ces plages. C'est
5 particulièrement intéressant en termes d'encombrement et d'autoalignement ; on peut notamment réaliser des ensembles de prise d'image à plusieurs puces juxtaposées, de positions précisément indexées, dits "plans focaux", utilisés notamment en radiographie à balayage.

Dans les deux cas, l'encombrement latéral du capteur terminé est
10 réduit par rapport à l'art antérieur (à surface d'image égale) ; dans l'art antérieur tel que représenté sur la figure 10, si on avait une galette de fibres montée sur une puce semiconductrice classique, il fallait prévoir un débordement latéral D1 de la puce par rapport à la galette (pour les plots de soudure sur la puce) et un débordement latéral D2 du support par rapport à
15 la puce (pour les plages de soudure sur le support). Dans l'invention, non seulement il n'y a pas de débord de la feuille semiconductrice par rapport à la galette ou réciproquement, mais il n'y a pas de nécessité de débordement de la puce (feuille+galette) par rapport au support sur lequel la structure est montée et soudée. De plus, les marges liées aux tolérances de fabrication
20 peuvent être plus faibles que dans les assemblages sur puces individuelles. Enfin, la diminution d'encombrement peut se faire aussi sur les bords de puces où il n'y a pas de plots , alors que dans l'art antérieur on faisait dépasser la galette de fibres sur ces bords, pour tenir compte de dépositionnements possibles de la galette.

25 Ainsi, dans le capteur selon l'invention la galette de fibres optiques 20 a un bord périphérique en coïncidence exacte avec le bord périphérique de la feuille semiconductrice 12 qui subsiste. La structure scintillatrice 30 a également un bord périphérique en coïncidence exacte avec le bord de la galette si elle a été mise en place au cours de la fabrication collective avant
30 découpage.

Le capteur terminé, visible à la figure 9, est destiné à être illuminé par les rayons X en provenance du haut ; la matrice photosensible sur substrat semiconducteur aminci est éclairée par la lumière du scintillateur par le côté de sa face avant, contrairement à ce qui se passe normalement pour
35 des capteurs d'image à substrat aminci.

Les figures 11 à 16 représentent un deuxième mode de réalisation du capteur selon l'invention. Dans ce deuxième mode, l'illumination de la matrice photosensible se fait par l'arrière de la tranche.

On part d'une tranche semiconductrice sur laquelle on exécute collectivement, comme cela a été expliqué en référence à la figure 1 toutes les opérations nécessaires à la réalisation des matrices photosensibles et de leurs circuits associés, y compris les interconnexions conductrices.

On notera cependant que, contrairement à la réalisation des figures 1 à 9, on prévoit des plages métalliques 14 qui serviront directement de plots de contact extérieur pour la connexion avec l'extérieur ; dans le premier mode de réalisation, comme on le voit à la figure 9, les plages 14 servent indirectement à la connexion extérieure puisque les plots de soudure sont les plages 28, reliées aux plages 14 par les vias 24.

Avec cette petite différence, on part de la tranche de la figure 2, planarisée par une couche d'oxyde de silicium 16 et polie, et on la reporte sur un substrat de report provisoire 50. Sur la figure 11, on a représenté la tranche semiconductrice retournée, avec sa face avant vers le bas, collée contre le substrat de report 50.

Le collage se fait là encore de préférence par adhérence moléculaire entre des surfaces très planes de la tranche planarisée et du substrat de report.

L'étape suivante (figure 12) consiste à amincir la tranche jusqu'à ne plus laisser subsister qu'une très faible épaisseur correspondant à une partie seulement de l'épaisseur de la couche épitaxiale 12, ou éventuellement à toute la couche épitaxiale et une très faible épaisseur du substrat semiconducteur d'origine 10. L'épaisseur finale de la tranche amincie est au plus de 30 micromètres et peut descendre même à quelques micromètres.

On va ensuite (figure 13) coller la structure ainsi amincie, par le côté de la face arrière amincie de la tranche, sur une galette de fibres optiques 20. Pour cela on peut éventuellement déposer une couche de planarisation (non représentée) sur cette face arrière pour faciliter le collage ultérieur par adhérence moléculaire.

La galette de fibres optiques est la même que celle de la figure 3, revêtue si nécessaire d'une couche de planarisation 22 permettant, après

polissage jusqu'à une rugosité très faible, un collage par adhérence moléculaire.

La structure collective à ce stade est représentée à la figure 14, avec l'empilement suivant : un substrat de report provisoire 50, une tranche
5 semiconductrice très amincie 12, et une galette de fibres optiques 20.

L'étape suivante consiste à éliminer le substrat de report provisoire 50. L'élimination peut se faire par usinage, mais si le substrat 50 a été collé par adhérence moléculaire, il existe aussi des techniques spécifiques de décollage utilisant par exemple une implantation préalable
10 superficielle d'hydrogène avant collage pour faciliter le décollage ultérieur.

Une fois que le décollage est effectué, on effectue une opération de mise à nu des plages conductrices 14 qui doivent servir de plots de soudure pour l'accès extérieur. Cette mise à nu se fait par photolithographie en ouvrant des ouvertures, en regard de ces plages, dans les couches qui la
15 recouvrent, notamment la couche 16 (figure 15).

La fabrication collective comprend encore une mise en place d'une feuille scintillatrice sur la face accessible de la galette de fibres optiques (figure 16) dans le cas d'un capteur radiologique dans lequel les fibres de la galette ne seraient pas elles-mêmes scintillatrices. La feuille
20 scintillatrice 30 est la même qu'à la figure 8. Elle est collée sur la structure collective comprenant la galette et la tranche, avant division en puces individuelles. Elle pourrait être collée avant la mise à nu des contacts, ou encore après la découpe en puces individuelles.

Les opérations de fabrication collectives sont maintenant
25 terminées pour l'essentiel de ce qui concerne l'invention. Il reste à découper la structure superposée galette de fibres+tranche semiconductrice en puces constituant chacune un capteur d'image individuel. La découpe se fait à partir d'une seule face de l'ensemble galette+tranche. Les bords périphériques de la puce, de la galette, et du scintillateur, sont en coïncidence exacte.

30 Les puces individuelles sont montées chacune sur un support 40 (embase de boîtier ou circuit imprimé comportant d'autres composants) comme cela est représenté à la figure 17. Là encore on pourrait envisager, mais moins avantageusement, que le scintillateur ne soit collé qu'après la fin des étapes de fabrication collective sur tranche.

La puce est collée sur la première face du substrat. Des fils de connexion 42 sont soudés d'un côté sur les plots 14 dénudés et de l'autre sur la face opposée du support 40. La puce débord légèrement, comme à la figure 9, par rapport au bord du support 40. Là encore, on gagne beaucoup en encombrement latéral par rapport à la disposition classique de la figure 10, car le bord de la tranche semiconductrice et le bord de la galette sont superposés et le support 40 n'est pas nécessairement en débord par rapport aux bords de tranche et de galette.

Le capteur là encore être monté sur le support 40 selon la technique flip-chip (soudure plot à plot).

Le capteur d'image est éclairé par le côté de la face arrière de la tranche semiconductrice amincie, ce qui est très avantageux (pour la sensibilité dans toute la gamme visible et notamment dans le bleu), et d'autre part l'accès aux plots de soudure est particulièrement simple puisqu'il n'implique pas de vias à travers l'épaisseur de la tranche amincie (sauf si des vias sont utiles pour d'autres raisons). Mais cette réalisation nécessite un double report de la tranche, d'abord sur un substrat provisoire puis sur la galette de fibres optiques.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un capteur d'image comprenant des étapes de réalisation collective d'une structure associant une tranche semiconductrice (10, 12) portant une série de circuits de détection d'image, et une galette de fibres optiques (20) fixée à une face de la tranche, la
5 tranche semiconductrice étant amincie dans une étape postérieure à la formation des circuits de détection d'image sur la tranche et on réalise, sur la face de la tranche non fixée à la galette de fibres, des plots de contact d'accès extérieur (28 figure 9 ; 14 figure 17) pour la commande des circuits et le recueil de signaux d'image issus du capteur, la galette de fibres
10 optiques ayant une épaisseur telle qu'elle assure l'essentiel de la tenue mécanique de la structure une fois que la tranche a été amincie, et ceci jusqu'à la fin de la fabrication collective, la structure assemblée de la tranche et de la galette étant ultérieurement découpée en puces individuelles.

15 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on découpe la galette et la tranche semiconductrice selon une même ligne de découpe pour définir les puces individuelles.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce
20 que la galette de fibres est fixée à la tranche par adhérence moléculaire, sans apport de matière adhésive, entre deux surfaces très planes.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- 25 - on réalise à partir d'une face avant de la tranche semiconductrice, par des étapes de dépôt et gravures de couches successives, un ensemble de matrices de zones photosensibles et de circuits électroniques associés,
- on planarise la face avant de la tranche, on planarise également une
face avant d'une galette de fibres optiques (20) d'épaisseur suffisante pour
30 assurer la tenue mécanique de la tranche pendant le reste de la fabrication de celle-ci avant découpage en puces individuelles,

- on colle la galette par sa face avant planarisée contre la face avant planarisée de la tranche, le collage étant effectué par adhérence moléculaire sans interposition de matière adhésive,
- on élimine la majeure partie de l'épaisseur de la tranche
5 semiconductrice (10, 12) par usinage de la face arrière de celle-ci,
- on ouvre localement des vias (24) dans la face arrière de la tranche amincie (12), sur toute l'épaisseur de celle-ci, pour mettre à nu des plages conductrices (14, figure 9) préalablement formées sur la face avant,
- on forme, sur la face arrière, des plots de contact extérieur (28) reliés
10 à ces zones conductrices à travers les vias,
- et, ultérieurement, on découpe la tranche en puces individuelles.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'on fixe la face arrière de la tranche semiconductrice de la puce découpée sur une face
15 avant d'un support (40) comportant des plages conductrices (44) sur sa face arrière, les plots (28) étant reliés aux plages conductrices (44) par des fils soudés.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'on fixe la
20 face arrière de la puce découpée sur une face avant d'un support (40) comportant des plages conductrices, les plots de la tranche étant en regard des plages du support et étant pourvus de bossages conducteurs soudés directement aux plages du support.

25 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- on réalise à partir d'une face avant de la tranche semiconductrice (10, 12), par des étapes de dépôt et gravures de couches successives, un ensemble de matrices de zones photosensibles et de circuits électroniques
30 associés, et des plages de contact d'accès extérieur (14) permettant la commande du capteur et le recueil de signaux d'image,
- on colle la face avant de la tranche contre la face avant d'un substrat de report provisoire (50), on élimine la majeure partie de l'épaisseur de la tranche par usinage de la face arrière de celle-ci,

- on planarise la face arrière de la tranche amincie (12), on planarise une face avant d'une galette de fibres optiques (20) d'épaisseur suffisante pour assurer la tenue mécanique de la tranche pendant le reste de la fabrication de celle-ci avant découpage en capteurs d'image individuels,
- 5 on colle la galette par sa face avant planarisée contre la face arrière planarisée de la tranche, le collage étant effectué par adhérence moléculaire sans apport de matière adhésive,
- on élimine le substrat de report provisoire (50), on dénude les plages de contact d'accès extérieur (14),
- 10 - et, ultérieurement, on découpe la tranche en puces individuelles.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'on fixe la face avant de la tranche semiconductrice de la puce découpée sur une face avant d'un support (40) comportant des plages conductrices (44) sur sa face

15 arrière, et on soude des fils de connexion entre les plages (14) de la tranche et les plages (44) du support.

9. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'on fixe la face avant de la puce découpée sur une face avant d'un support (40)

20 comportant des plages conductrices, les plages (14) de la tranche étant en regard des plages (44) du support et étant pourvues de bossages conducteurs soudés directement aux plages du support.

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en

25 ce que, au cours des étapes de fabrication collective avant découpe en puces, on recouvre la galette de fibres optiques d'une structure de scintillateur (30).

11. Capteur d'image comportant une puce formée d'une

30 superposition d'une galette de fibres optiques (20) et d'une feuille semiconductrice (12), d'épaisseur plus faible que l'épaisseur de la galette et inférieure à 30 micromètres, feuille dans laquelle sont formés une matrice de zones photosensibles et des circuits électroniques associés, la feuille comportant sur sa face non collée à la galette de fibres des plots de contact

d'accès extérieur (28, fig.9 ; 14, fig.17) permettant la commande du capteur et le recueil de signaux d'image issus de la matrice.

12. Capteur d'image selon la revendication 11, caractérisé en ce
5 que la face de la feuille semiconductrice (12) collée à la galette de fibres (20) est une face avant de la feuille, face sur laquelle sont formés la matrice photosensible et les circuits électroniques, en ce que les plots de contact (28, fig. 9) sont reliés aux circuits électroniques de la face avant à travers des
vias (24) ouverts de la face arrière à la face avant de la feuille.

10

13. Capteur d'image selon la revendication 12, caractérisé en ce
que la face de la feuille semiconductrice collée à la galette est une face
arrière de la feuille, la matrice photosensible, les circuits électroniques, et les
plots de contact étant formés sur la face avant de la feuille.

15

14. Capteur d'image selon l'une des revendications 11 à 13,
caractérisé en ce que le bord périphérique de la galette et le bord
périphérique de la feuille semiconductrice sont superposés en coïncidence
exacte.

20

15. Capteur d'image selon l'une des revendications 11 à 14,
caracatérisé en ce que la puce constituée par la feuille et la galette
superposées est fixée sur une face avant d'un support, des fils de connexion
étant soudés entre les plots de contact et une face arrière du support.

25

16. Capteur d'image selon l'une des revendications 11 à 14,
caractérisé en ce que la puce constituée par la feuille et la galette
superposées est fixée sur une face avant d'un support, les plots de contact
de la feuille étant soudées directement sur des plages conductrices de la
face avant du support, les plages du support étant en regard des plots de
30 contact de la feuille.

17. Capteur d'image selon l'une des revendications 11 à 17,
caractérisé en ce qu'il comporte, sur une face de galette non collée à la
feuille semiconductrice, une structure scintillatrice.
35

18. Capteur d'image selon la revendication 17, caractérisé en ce que le bord périphérique de la structure scintillatrice est superposé en coïncidence exacte avec le bord de la galette.

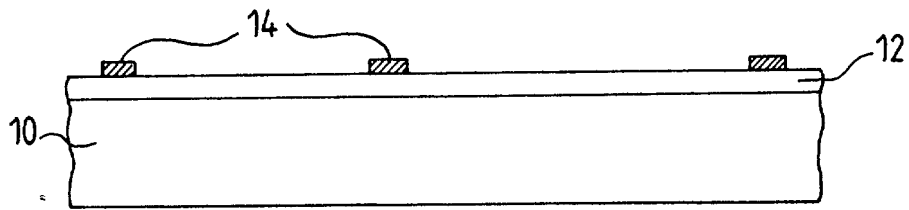


FIG. 1

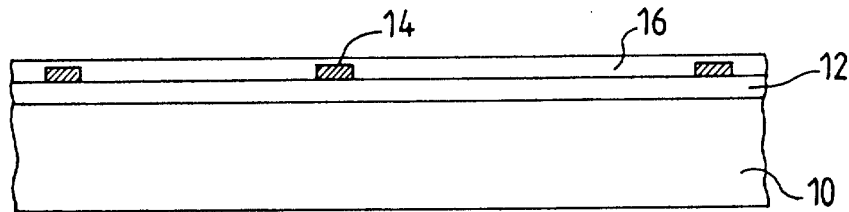


FIG. 2

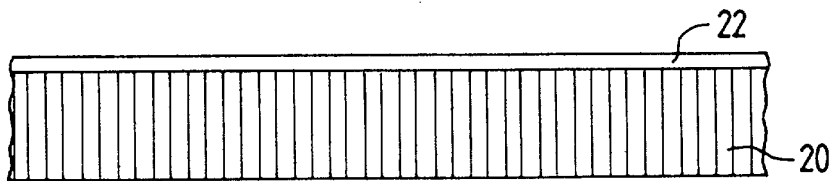


FIG. 3

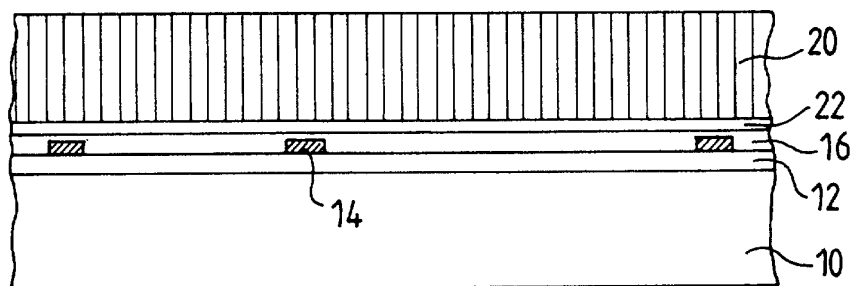


FIG. 4

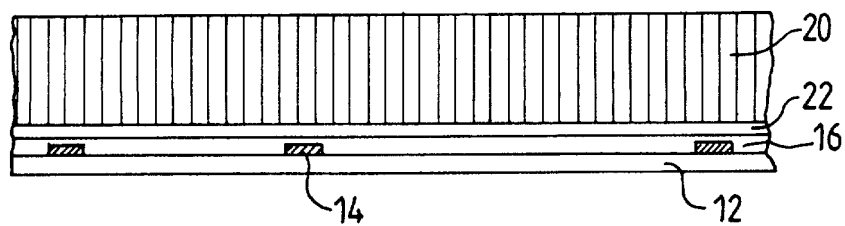


FIG. 5

2/5

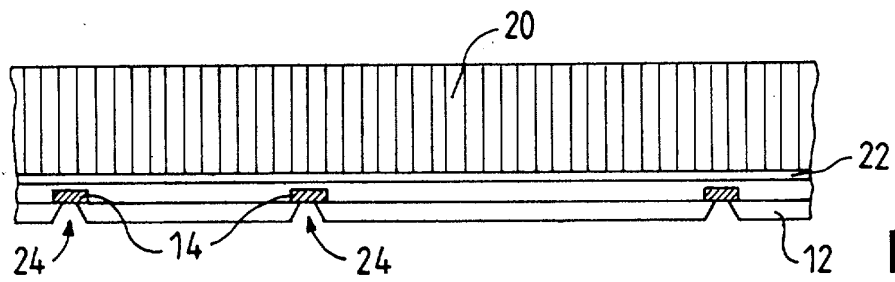


FIG. 6

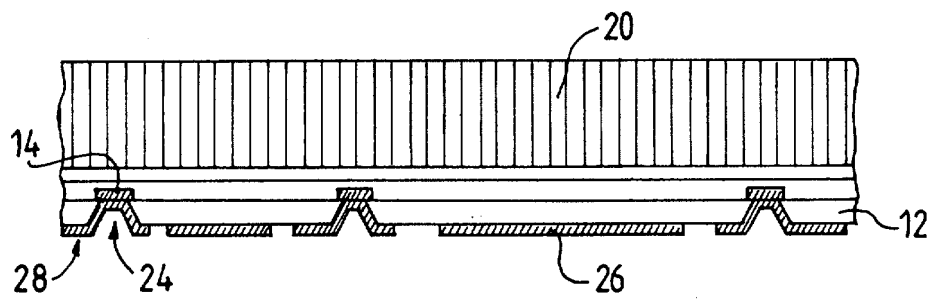


FIG. 7

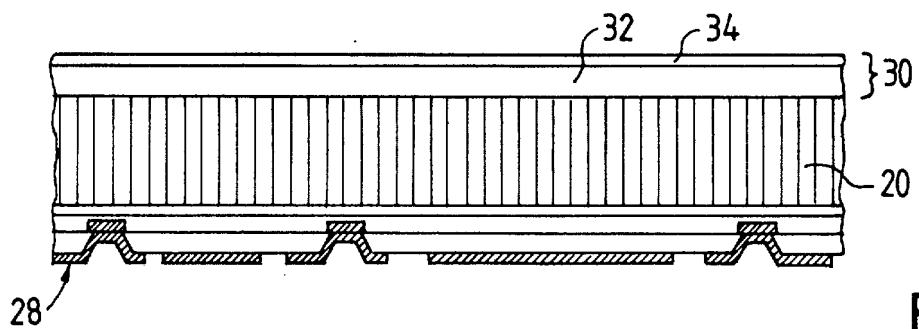


FIG. 8

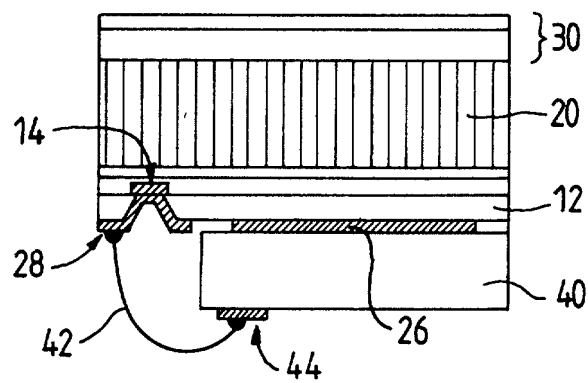


FIG. 9

3/5

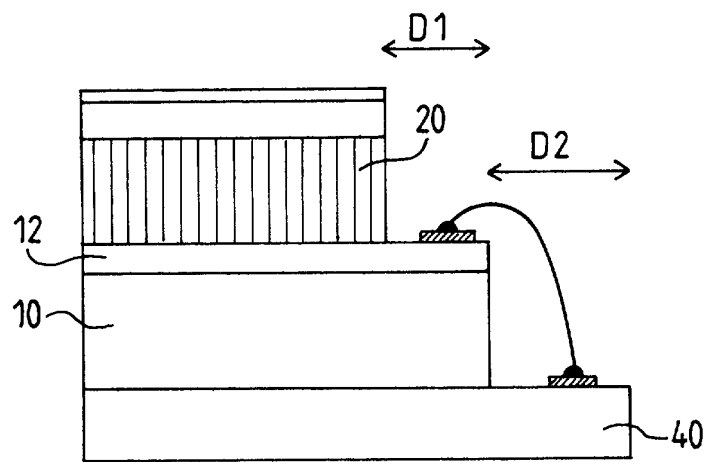


FIG. 10

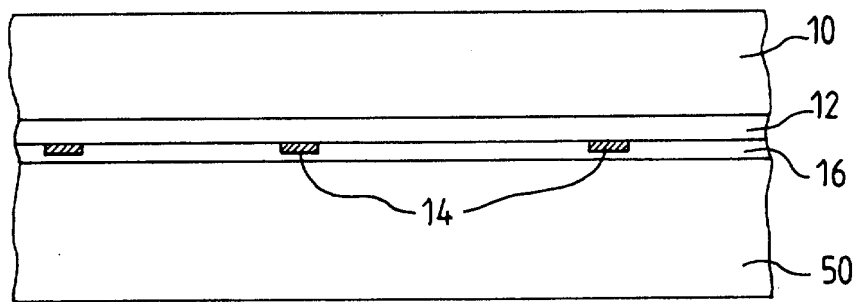


FIG. 11

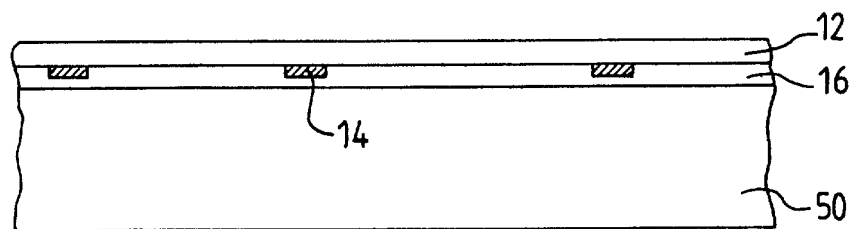


FIG. 12

4/5

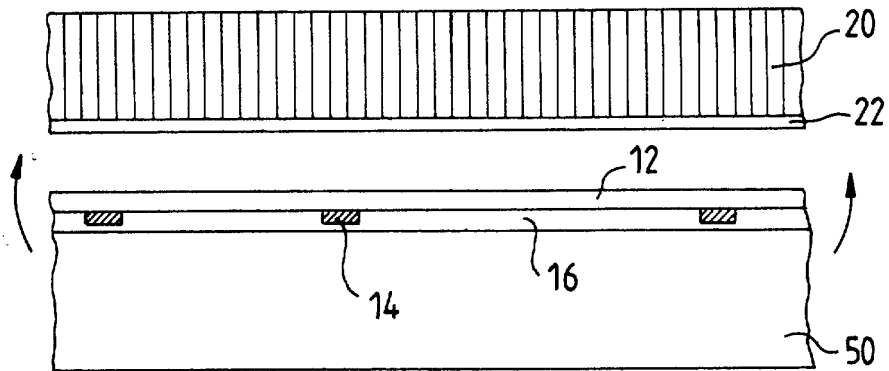


FIG.13

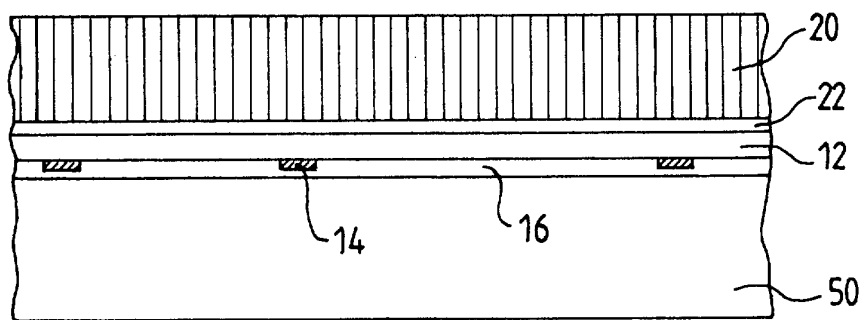


FIG.14

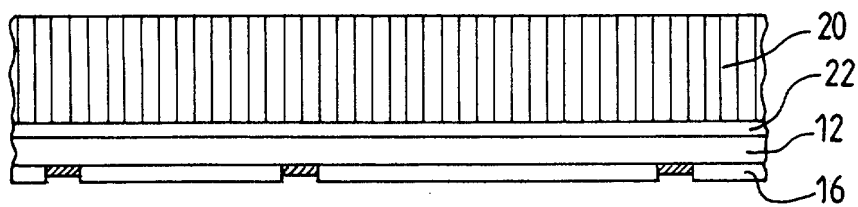


FIG.15

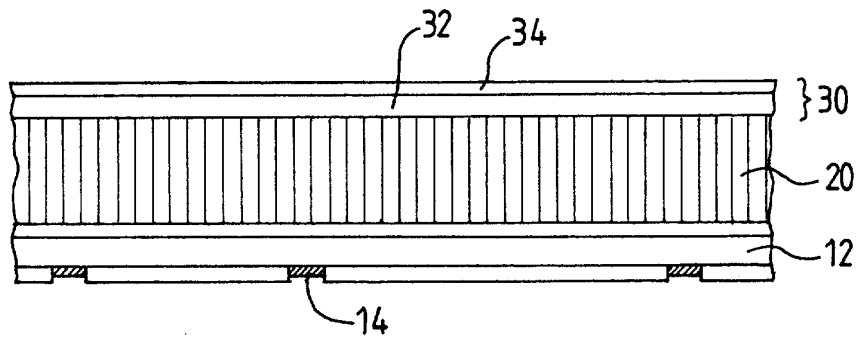


FIG. 16

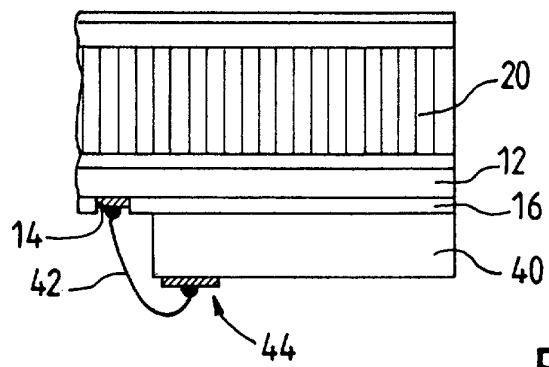


FIG. 17



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 669941
FR 0507034

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2003/031435 A1 (YEH JANG-HUN ET AL) 13 février 2003 (2003-02-13) * alinéa [0030] * * alinéa [0055] * * figure 3 *	1,11	H01L27/146
A	EP 1 427 020 A (HAMAMATSU PHOTONICS K. K) 9 juin 2004 (2004-06-09)		
A	US 2003/164453 A1 (NAKATA KOHEI ET AL) 4 septembre 2003 (2003-09-04)		
A	FR 2 815 140 A (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) 12 avril 2002 (2002-04-12)		
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 353 (E-1393), 5 juillet 1993 (1993-07-05) & JP 05 054840 A (HAMAMATSU PHOTONICS KK), 5 mars 1993 (1993-03-05) * abrégé *		
A	US 4 900 930 A (TAKIGUCHI ET AL) 13 février 1990 (1990-02-13)		
A	EP 1 300 692 A (HAMAMATSU PHOTONICS K. K) 9 avril 2003 (2003-04-09)		G02B H01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
31 mars 2006		Verbandt, Y	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0507034 FA 669941**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **31-03-2006**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2003031435 A1	13-02-2003	AUCUN	
EP 1427020 A	09-06-2004	CN 1543677 A	03-11-2004
		WO 03019666 A1	06-03-2003
		JP 2003068999 A	07-03-2003
		US 2004218085 A1	04-11-2004
US 2003164453 A1	04-09-2003	JP 2003302538 A	24-10-2003
FR 2815140 A	12-04-2002	DE 60108266 D1	10-02-2005
		DE 60108266 T2	16-03-2006
		EP 1332393 A1	06-08-2003
		WO 0231565 A1	18-04-2002
		JP 2004519705 T	02-07-2004
		US 2004037507 A1	26-02-2004
JP 05054840 A	05-03-1993	JP 2524021 B2	14-08-1996
US 4900930 A	13-02-1990	GB 2178592 A	11-02-1987
		GB 2217908 A	01-11-1989
		JP 61296289 A	27-12-1986
EP 1300692 A	09-04-2003	AU 5677801 A	26-11-2001
		WO 0188569 A1	22-11-2001
		JP 2001330675 A	30-11-2001
		US 2003116714 A1	26-06-2003