



(11) **EP 2 237 697 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
12.11.2014 Bulletin 2014/46

(51) Int Cl.:
B44C 1/00 (2006.01) **B44C 1/22** (2006.01)
B44C 5/04 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **09704738.5**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2009/050785

(22) Date de dépôt: **23.01.2009**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2009/092799 (30.07.2009 Gazette 2009/31)

(54) **OBJET COMPORTANT UN ÉLÉMENT GRAPHIQUE REPORTÉ SUR UN SUPPORT ET PROCÉDÉ DE RÉALISATION D'UN TEL OBJET**

MIT EINEM GRAPHISCHEN ELEMENT AUF EINEM TRÄGER VERSEHENES OBJEKT UND
VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DES OBJEKTS

OBJECT COMPRISING A GRAPHICS ELEMENT TRANSFERRED ONTO A SUPPORT WAFER AND
METHOD OF PRODUCING SUCH AN OBJECT

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK TR**

- **DEGUET, Chrystel**
F-38330 Saint Ismier (FR)
- **VANDROUX, Laurent**
F-38570 Le Cheylas (FR)

(30) Priorité: **25.01.2008 FR 0850472**

(74) Mandataire: **Ilgart, Jean-Christophe**
BREVALEX
95, rue d'Amsterdam
75378 Paris Cedex 8 (FR)

(43) Date de publication de la demande:
13.10.2010 Bulletin 2010/41

(73) Titulaire: **Commissariat à l'Énergie Atomique
et aux Énergies Alternatives**
75015 Paris (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 450 558 EP-A- 0 627 763
EP-A- 1 544 178 WO-A-99/55188
DE-A1- 3 632 622 FR-A- 2 851 496
FR-A- 2 888 402 US-A- 5 552 628
US-A- 5 972 233

(72) Inventeurs:
• **REY, Alain**
F-26540 Mours St Eusebe (FR)

EP 2 237 697 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] L'invention concerne un objet, tel qu'un objet massif, par exemple de type bijou, pierre, montre (par exemple un verre de montre, un cadran ou un fond de boîtier), équipement électronique nomade (par exemple une fenêtre ou un écran) ou tout autre support solide, comportant un élément graphique, ou graphisme, tel qu'une décoration, des caractères typographiques, un dessin ou encore une photo, par exemple de dimensions micrométriques et/ou nanométriques. L'invention concerne également un procédé de réalisation d'un tel objet.

[0002] L'invention trouve des applications dans divers domaines industriels, culturels ou artistiques. Pour l'industrie horlogère, des verres de montre ou des fonds de boîtiers peuvent être fabriqués selon cette invention afin de réaliser des graphismes ou décorations semi-transparentes de très haute qualité visuelle et très robustes.

[0003] L'invention peut s'appliquer également dans le domaine de la joaillerie, notamment pour la réalisation de pierres comportant des décorations ou textes aux dimensions micrométriques et/ou nanométriques, par exemple utilisées pour faire des pendentifs, des bagues, ou des boucles d'oreille.

[0004] L'invention peut également être utilisée pour réaliser le stockage d'une grande quantité d'informations dans des petits volumes (par exemple quelques cm² de surface pour moins de 2 mm d'épaisseur) avec une très bonne durabilité (plusieurs milliers ou millions d'années).

ART ANTERIEUR

[0005] Il est connu de réaliser des objets comportant des décorations ou graphismes de taille micrométrique obtenus par la mise en oeuvre de techniques issues des microtechnologies, par exemple par photolithographie sur un objet. Toutefois, la durabilité et la robustesse mécanique de ces décorations réalisées en surface des objets sont généralement médiocres.

[0006] Un procédé de protection d'un graphisme réalisé sur un objet est décrit dans le document FR 2 851 496. Dans ce document, le graphisme est tout d'abord réalisé par photolithographie sur un substrat transparent. Le substrat est ensuite retourné puis solidarisé sur l'objet souhaité par collage ou sertissage.

[0007] Un tel procédé présente plusieurs inconvénients. En effet, les colles utilisées pour solidariser le substrat à l'objet comportent des matériaux organiques présentant une durée de vie limitée. Les objets ainsi réalisés présentent donc une durée de vie limitée. D'autre part, les propriétés optiques de ses colles se dégradent au fil du temps, ce qui altère la lisibilité des graphismes réalisés sur le substrat. Le sertissage permet un assemblage mécanique solide du substrat à l'objet, mais n'assure pas une bonne intégrité de l'objet et de son graphisme car le sertissage réalisé peut être démonté sans dé-

truire l'objet, ce qui pose un problème si l'on souhaite réaliser un objet comportant un graphisme inviolable.

[0008] EP-A-0627 763 décrit un objet muni d'un élément graphique et un procédé de sa réalisation.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0009] Un but de la présente invention est de proposer un objet comportant un ou plusieurs éléments graphiques, ainsi qu'un procédé de réalisation d'un tel objet, ne présentant pas les inconvénients de l'art antérieur décrit précédemment.

[0010] Pour cela, la présente invention propose un objet muni d'au moins un élément graphique, comportant au moins une couche gravée selon un motif de l'élément graphique, une première face de ladite couche étant disposée en regard d'une face d'au moins un substrat au moins partiellement transparent, une seconde face, opposée à la première face, de ladite couche étant recouverte par au moins une couche de passivation solidarisée à au moins une face d'au moins un support par adhésion moléculaire et formant, avec le support, une structure monolithique.

[0011] Ladite couche gravée selon le motif de l'élément graphique peut être à base d'au moins un métal. De plus, ladite couche gravée selon le motif de l'élément graphique peut comporter, au moins au niveau de la seconde face, au moins une zone à base dudit métal et d'au moins un semi-conducteur.

[0012] Ainsi, l'élément graphique, qui peut être de dimensions micrométriques et/ou nanométriques, est réalisé sur l'objet de manière robuste, durable et intègre (désolidarisation impossible sans dégrader l'objet) grâce au collage par adhésion moléculaire réalisé entre la couche de passivation et le support de l'objet.

[0013] Le ou les graphismes, ou textes, formés par l'élément graphique, sont donc enfermés hermétiquement entre deux composants solides massifs, d'un côté le substrat et de l'autre le support, grâce au collage par adhésion moléculaire réalisé. Ce scellement hermétique forme notamment une barrière à la diffusion de l'humidité ou de tout produit chimique gazeux ou liquide (sauf des produits éventuellement susceptibles de détruire le substrat ou le support).

[0014] Le collage par adhésion moléculaire permet de former une structure monolithique et robuste à partir du substrat et du support de l'objet, dans lequel est enfermé l'élément graphique. Les forces d'adhésion entre le substrat et le support sont supérieures aux forces de cohésion des matériaux. Ainsi, toute tentative de décollement du substrat avec le support conduirait à une destruction complète de l'objet.

[0015] De plus, le collage par adhésion moléculaire permet l'utilisation de matériaux minéraux dont les propriétés optiques sont stables dans le temps. La structure réalisée ne subit donc pas de dégradation de ses qualités optiques (notamment la visibilité de l'élément graphique) due au temps.

[0016] L'élément graphique est protégé mécaniquement par toute l'épaisseur du substrat d'un côté et par le support de l'autre. Ces derniers doivent être abrasés ou usés intégralement avant de détruire l'élément graphique. Cette protection peut donc être maximisée en choisissant des matériaux très durs, par exemple du saphir pour le substrat qui ne peut être rayé que par du carbure de silicium ou du diamant.

[0017] Cet objet peut être réalisé indépendamment de la densité des motifs de l'élément graphique.

[0018] Lorsque l'élément graphique est réalisé dans une couche métallique, les graphismes ou textes peuvent donc être réalisés avec un matériau précieux et très stable, c'est-à-dire non sensible à la corrosion ou aux dégradations dans le temps.

[0019] Grâce à la zone à base de métal et de semi-conducteur formée dans la couche comportant l'élément graphique, on obtient une très bonne adhérence de la couche de passivation sur la couche comportant l'élément graphique, cette adhérence permettant d'empêcher une détérioration de l'objet par exemple lors qu'une découpe ultérieure des couches formant l'objet (découpe de wafer).

[0020] Le substrat peut être à base d'au moins un matériau amorphe ou cristallin et/ou la couche de passivation peut être à base d'au moins un matériau minéral.

[0021] L'objet peut comporter en outre une couche d'adhérence disposée entre la première face de la couche, dans laquelle est formé l'élément graphique, et la face du substrat.

[0022] Dans ce cas, l'élément graphique peut être également gravé dans la couche d'adhérence.

[0023] La couche d'adhérence peut être à base d'au moins un métal et/ou d'un nitrure métallique et/ou d'un oxyde métallique.

[0024] L'objet peut comporter en outre au moins une couche d'adhésion disposée entre la face du support et la couche de passivation, l'adhésion moléculaire pouvant être formée entre la couche d'adhésion et la couche de passivation.

[0025] Grâce à la couche d'adhésion déposée sur le support avant le collage moléculaire, le support peut être de n'importe quelle nature ou à base de n'importe quel matériau. Ce matériau peut notamment être compatible avec un éventuel recuit permettant de consolider l'adhésion moléculaire.

[0026] L'objet peut être par exemple un bijou, une montre, ou un dispositif électronique.

[0027] Ladite zone de la couche peut être à base de siliciure.

[0028] L'invention concerne également un procédé de réalisation d'un objet muni d'au moins un élément graphique, comportant au moins les étapes de :

- a) dépôt d'au moins une couche au-dessus, ou en regard, d'une face d'au moins un substrat au moins partiellement transparent,
- b) gravure de ladite couche selon un motif de l'élé-

ment graphique,

c) dépôt d'au moins une couche de passivation au moins sur ladite couche comportant l'élément graphique gravé et sur des portions de la face du substrat non recouvertes par la couche comportant l'élément graphique gravé,

d) solidarisation de la couche de passivation à au moins une face d'au moins un support par adhésion moléculaire, formant une structure monolithique.

[0029] L'invention concerne en outre un procédé de réalisation d'un objet muni d'au moins un élément graphique, comportant au moins les étapes de :

a) dépôt d'au moins une couche au-dessus, ou en regard, d'une face d'au moins un substrat au moins partiellement transparent,

b) gravure de ladite couche selon un motif de l'élément graphique,

c) formation dans ladite couche, au moins au niveau d'une seconde face de ladite couche opposée à une première face de ladite couche se trouvant du côté du substrat, d'au moins une zone à base dudit métal et d'au moins un semi-conducteur,

d) dépôt d'au moins une couche de passivation au moins sur ladite couche comportant l'élément graphique gravé et sur des portions de la face du substrat non recouvertes par la couche comportant l'élément graphique gravé,

e) solidarisation de la couche de passivation à au moins une face d'au moins un support par adhésion moléculaire, formant une structure monolithique.

[0030] Le procédé peut comporter en outre, avant l'étape a) de dépôt de la couche, une étape de dépôt d'une couche d'adhérence sur la face du substrat, ladite couche étant ensuite déposée, au cours de l'étape a), sur la couche d'adhérence.

[0031] L'élément graphique peut être également gravé, au cours de l'étape b), dans la couche d'adhérence.

[0032] Le procédé peut comporter en outre, entre l'étape d) de dépôt de la couche de passivation et l'étape e) de solidarisation, une étape de recuit, à une température comprise entre environ 400°C et 1100°C, du substrat comportant la couche de passivation.

[0033] Le procédé peut comporter en outre, entre l'étape d) de dépôt de la couche de passivation et l'étape e) de solidarisation, une étape de planarisation de la couche de passivation.

[0034] L'étape b) de gravure de l'élément graphique peut être obtenue par la mise en oeuvre d'étapes de masquage, de lithographie et de gravure dans ladite couche et/ou dans une couche d'adhérence disposée entre la face du substrat et ladite couche, ou d'au moins une étape d'ablation laser directement dans ladite couche et/ou dans une couche d'adhérence disposée entre la face du substrat et ladite couche.

[0035] Le procédé peut comporter en outre, avant l'étape

pe e) de solidarisation, une étape de dépôt d'au moins une couche d'adhésion au moins sur la face du support, l'étape e) de solidarisation étant obtenue par la mise en oeuvre d'un collage par adhésion moléculaire entre ladite couche d'adhésion et la couche de passivation.

[0036] Le procédé peut comporter en outre, entre l'étape de dépôt de la couche d'adhésion et l'étape e) de solidarisation, une étape de planarisation de la couche d'adhésion.

[0037] Le procédé peut comporter en outre, entre l'étape de dépôt de la couche d'adhésion et l'étape e) de solidarisation, une étape de recuit, à une température comprise entre environ 400°C et 1100°C, du support comportant la couche d'adhésion.

[0038] Le procédé peut comporter en outre, après l'étape e) de solidarisation, une étape de traitement thermique par recuit de l'objet consolidant l'adhésion moléculaire.

[0039] L'étape c) de formation de la zone à base dudit métal et d'un semi-conducteur est obtenue par la mise en oeuvre d'une étape de siliciuration de ladite couche.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0040] La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés à titre purement indicatif et nullement limitatif en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1A à 1H représentent les étapes d'un procédé de réalisation d'un objet, objet de la présente invention, selon un mode de réalisation particulier.

[0041] Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

[0042] Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

[0043] Les différentes possibilités (variantes) doivent être comprises comme n'étant pas exclusives les unes des autres et peuvent se combiner entre elles.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION de L'INVENTION

[0044] Un exemple de procédé de réalisation d'un objet 100 comportant un élément graphique reporté sur un support 20, par exemple un objet massif tel qu'un bijou, une montre, ou encore un équipement électronique, va être décrit en liaison avec les figures 1A à 1H.

[0045] Comme représenté sur la figure 1A, on réalise tout d'abord un dépôt sur une face plane d'un substrat 2, par exemple transparent ou au moins partiellement transparent, et à base d'un matériau amorphe, tel que du verre, ou cristallin, tel que du saphir ou du diamant, d'une couche d'adhérence 4 sur laquelle est déposée

une couche 6. L'épaisseur du substrat 2 est par exemple égale à quelques centaines de micromètres, ou comprise entre environ 100 µm et 1 mm. L'épaisseur du support 20 (représenté sur les figures 1F à 1H) peut notamment être supérieure ou égale à l'épaisseur du substrat 2.

[0046] Les couches 4 et 6 sont par exemple obtenues par des dépôts de type PVD (évaporation ou pulvérisation cathodique). Dans le mode de réalisation décrit ici, la couche 6 est à base de métal, par exemple de l'or, du platine, du tungstène, du titane, de l'oxyde métallique, etc. Le matériau de la couche 6 peut notamment être opaque à la lumière. L'épaisseur de cette couche 6 est par exemple comprise entre environ 50 nm et 100 nm. L'épaisseur de la couche 6 peut notamment être choisie en fonction de la nature du matériau formant la couche 6, l'épaisseur choisie étant suffisante pour obtenir une certaine opacité de la couche 6. Ainsi, étant donné que l'élément graphique que l'on souhaite réaliser sera gravé dans la couche 6 et que cet élément graphique sera visible à travers le substrat 2 sur l'objet 100, l'opacité du matériau de la couche 6 permettra de faire ressortir visuellement l'élément graphique réalisé dans la couche 6. La couche d'adhérence 4 est par exemple à base de titane, de nitrure de titane, d'oxyde de titane ou tout autre matériau permettant d'obtenir une bonne adhérence entre la couche 6 et le substrat 2. La nature de la couche d'adhérence 4 peut notamment être choisie en fonction de la nature du substrat 2 et de la couche 6. L'épaisseur de cette couche d'adhérence 4 peut par exemple être comprise entre environ 1 nm et 10 nm.

[0047] Dans une variante, la couche 6 peut être déposée directement sur le substrat 2 sans utiliser de couche d'adhérence intermédiaire 4 entre le substrat 2 et la couche 6.

[0048] Un masque 8, dont le motif correspond à celui de l'élément graphique à réaliser, est ensuite formé sur la couche 6 (figure 1B). Pour cela, une couche de résine photosensible est par exemple déposée sur la couche 6. Une ou plusieurs étapes de lithographie et de gravure sont ensuite mises en oeuvre pour former le masque 8. Dans l'exemple de réalisation décrit ici, le masque 8 est donc formé par des portions restantes de la couche de résine photosensible déposée sur la couche 6. La couche de résine photosensible est donc directement utilisée pour former le masque de gravure 8. Dans l'exemple décrit ici, la résine photosensible est positive, le motif de l'élément graphique étant formé par les portions du masque 8. Toutefois, il est également possible d'utiliser une résine photosensible négative.

[0049] Comme représenté sur la figure 1C, la couche 6, ainsi que la couche d'adhérence 4, sont ensuite gravées par voie chimique isotrope ou anisotrope ou sèche (mode plasma, gravure ionique réactive ou usinage ionique). Le masque de gravure 8 est ensuite éliminé. Le motif de l'élément graphique se trouve donc reporté dans la couche 6 et formé par des portions restantes 6' et 6'' de la couche 6, ainsi que des portions restantes 4' et 4'' de la couche d'adhérence 4.

[0050] Dans une variante de réalisation, il est possible que le masque 8 soit formé dans une couche, par exemple de type minéral (par exemple à base de dioxyde de silicium), déposée sur la couche 6, et sur laquelle est ensuite déposée la couche à base de résine photosensible. Le motif de l'élément graphique est ensuite formé par lithographie et gravure dans la couche de résine. Ce motif est alors transféré dans la couche minérale par gravure. Enfin, les portions restantes de la couche de résine sont ensuite éliminées par gravure. Le masque 8 est dans ce cas formé par les portions restantes de la couche minérale. Cette variante peut notamment être utilisée pour réaliser un masque de gravure résistant à certains agents de gravure, utilisés pour graver la couche 6 et/ou la couche d'adhérence 4, pouvant endommager un masque à base de résine (par exemple de l'eau régale). Le choix de l'une ou l'autre variante de réalisation du masque peut être réalisé en fonction du matériau à graver (matériau des couches 6 et 4).

[0051] Dans une variante du procédé décrit, il est possible de ne pas utiliser de masque de gravure. Dans ce cas, le motif de l'élément graphique est réalisé directement dans la couche 6, et éventuellement dans la couche d'adhérence 4 si celle-ci est présente entre la couche 6 et le substrat 2, par exemple par ablation laser pouvant notamment être réalisée par un laser femtoseconde.

[0052] On forme ensuite dans les portions restantes de la couche 6 gravée (portions 6' et 6" sur la figure 1C), une zone 10 à base du métal de la couche 6 et d'un semi-conducteur. Pour cela, on réalise par exemple une siliciuration des portions gravées 6', 6". Cette siliciuration est par exemple obtenue par une décomposition de silane (SiH_4 , ou plus généralement tout gaz de type $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$) sous atmosphère contrôlée, à une température par exemple comprise entre environ 200°C et 450°C et de préférence égale à environ 300°C. Le gaz ainsi décomposé réagit avec le métal de la couche 6 pour former la zone 10. Par exemple, lorsque la couche 6 est à base de Pt, la zone 10 obtenue après la siliciuration est alors à base de PtSi. Il est également possible que la zone 10 soit à base d'un semi-conducteur autre que du silicium. Cette zone 10 est par exemple réalisée sur une épaisseur comprise entre environ 1 nm et 50 nm, ou, si la couche métallique 6 a une épaisseur supérieure à 50 nm, sur une épaisseur comprise entre environ 1 nm et toute l'épaisseur de la couche 6.

[0053] Sur la figure 1D, une couche de passivation 12 est ensuite déposée, par exemple par CVD (dépôt chimique en phase vapeur) ou PVD. Cette couche de passivation 12 est par exemple à base d'un matériau minéral, tel que du dioxyde de silicium ou du nitrure de silicium. Le matériau de cette couche de passivation 12 est notamment choisi pour pouvoir réaliser par la suite un collage moléculaire avec le support 20. Cette couche de passivation 12 est également destinée à assurer une protection du motif formé par les portions restantes 6', 6" de la couche 6.

[0054] Dans une variante, il est également possible de

réaliser tout d'abord un dépôt d'une couche anti-réflexive et/ou d'autres couches sur les portions restantes 6', 6" de la couche 6 et sur la face du substrat 2 comportant ces portions restantes 6', 6", puis de déposer la couche de passivation 12 sur cette couche anti-réflexive et/ou sur les autres couches.

[0055] Grâce à la présence de la zone 10 en surface des portions restantes 6' et 6" de la couche métallique 6, on améliore l'adhérence de la couche de passivation 12 sur ces portions 6' et 6". De préférence, la formation de la zone 10, par exemple obtenue par une étape de siliciuration, peut être mise en oeuvre in situ, c'est-à-dire réalisée dans l'équipement utilisé pour réaliser le dépôt de la couche de passivation 12, sans mettre en oeuvre d'autres étapes entre l'étape de réalisation de la zone 10 et le dépôt de la couche de passivation 12, ce qui permet de ne pas exposer la zone 10 à l'environnement extérieur et de conserver ainsi de meilleures propriétés d'adhérence de la zone 10 vis-à-vis de la couche de passivation 12.

[0056] La couche de passivation 12 est ensuite planarisée, par exemple par une étape de polissage mécanochimique, permettant ainsi d'éliminer le relief formé par les portions restantes 6', 6" de la couche 6 et les portions restantes de la couche d'adhérence 4', 4" par rapport à la surface du substrat 2 sur laquelle sont réalisées les portions restantes 6', 6" de la couche 6 et les portions restantes 4', 4" de la couche d'adhérence 4. On forme ainsi un film mince de passivation 12', présentant une surface plane, au-dessus des portions restantes 6', 6" (figure 1E). Le film mince de passivation 12' peut par exemple avoir une épaisseur comprise entre environ 100 nm et 1 μm .

[0057] On obtient ainsi un ensemble 14, formé ici par le substrat 2, les portions restantes 6', 6" de la couche 6, les portions restantes 4', 4" de la couche d'adhérence 4 et le film mince de passivation 12', comportant le motif de l'élément graphique que l'on souhaite reporter sur le support 20 de l'objet 100.

[0058] Il est possible de faire subir à l'ensemble 14 un recuit de stabilisation, par exemple à une température comprise entre environ 400°C et 1100°C, afin d'éviter un éventuel dégazage par les oxydes présents dans l'ensemble 14 durant le collage moléculaire réalisé ultérieurement au cours du procédé de réalisation décrit ici, et donc de consolider l'adhésion moléculaire.

[0059] Parallèlement à la réalisation de l'ensemble 14, le support 20 peut être préparé pour recevoir le report de l'ensemble 14.

[0060] Pour cela, comme représenté sur la figure 1F, une couche d'adhésion 22 est déposée, par exemple par un dépôt de type CVD ou PVD, sur une face du support 20 destinée à recevoir l'ensemble 14. Cette couche d'adhésion 22 peut être à base d'un matériau minéral tel que du dioxyde de silicium ou du nitrure de silicium, et/ou de nature similaire à celle de la couche de passivation 12. Le matériau de la couche d'adhésion 22 est notamment choisi pour pouvoir réaliser par la suite un collage molé-

culaire avec l'ensemble 14 et plus particulièrement avec la couche de passivation 12'. Il est également possible de recouvrir les autres faces du support 20 par le matériau de la couche d'adhésion 22 afin de réaliser une protection mécanique du support 20 au cours des étapes ultérieures du procédé.

[0061] Il est possible de faire subir au support 20 et à la couche d'adhésion 22 un recuit de stabilisation, par exemple à une température comprise entre environ 400°C et 1100°C, afin d'éviter un éventuel dégazage, par exemple lorsque la couche d'adhésion 22 est à base de dioxyde de silicium, durant le collage moléculaire réalisé ultérieurement au cours du procédé de réalisation décrit ici, et donc de consolider l'adhésion moléculaire.

[0062] On réalise ensuite un traitement de surface de la couche d'adhésion 22, par exemple un polissage mécanico-chimique de la surface 22' de la couche d'adhésion 22, permettant d'éliminer l'éventuelle rugosité du support 20 qui peut se retrouver au niveau de la face 22' de la couche d'adhésion 22 (figure 1G). On obtient ainsi une face 22' plane.

[0063] Enfin, comme représenté sur la figure 1H, l'ensemble 14, ou une partie de l'ensemble 14 comportant l'élément graphique, est reporté sur le support 20 par collage moléculaire, sans apport de matière. Dans le mode de réalisation décrit ici, le collage moléculaire est réalisé entre la couche d'adhésion 22 et le film mince de passivation 12' qui sont ici à base du même matériau. Lorsque le support 20 est à base d'un matériau pouvant réaliser une adhésion par collage moléculaire avec la couche de passivation 12', la couche d'adhésion 22 peut être omise. Les rugosités des surfaces collées par adhésion moléculaire peuvent être inférieures à environ 1 nm ou 0,5 nm.

[0064] On peut ensuite réaliser une étape de traitement thermique de l'objet (support + ensemble reporté) permettant de consolider l'adhésion moléculaire réalisée. Ce traitement thermique peut notamment être un recuit réalisé à une température comprise entre environ 250°C et 1200°C. De manière avantageuse, ce recuit peut être réalisé à une température supérieure à environ 850°C afin d'obtenir la meilleure robustesse possible entre les couches 12 et 22 (au moins équivalente à celle d'un matériau massif).

[0065] On obtient ainsi l'objet 100 comportant l'élément graphique formé par les portions 4', 4'', 6', 6'' visibles à travers le substrat 2 et/ou le support 20 et enfoui dans la structure monolithique ainsi formée.

Revendications

1. Objet (100) muni d'au moins un élément graphique, comportant au moins une couche (6, 6', 6'') à base d'au moins un métal et gravée selon un motif de l'élément graphique, une première face de ladite couche (6, 6', 6'') étant disposée en regard d'une face d'au moins un substrat (2) au moins partiellement trans-

parent, une seconde face, opposée à la première face, de ladite couche (6, 6', 6'') étant recouverte par au moins une couche de passivation (12, 12') solidarisée à au moins une face d'au moins un support (20) par adhésion moléculaire et formant, avec le support (20), une structure monolithique, et ladite couche (6, 6', 6'') comportant, au moins au niveau de la seconde face, au moins une zone (10) à base dudit métal et d'au moins un semi-conducteur.

2. Objet (100) selon la revendication 1, dans lequel le substrat (2) est à base d'au moins un matériau amorphe ou cristallin, et/ou la couche de passivation (12, 12') étant à base d'au moins un matériau minéral.

3. Objet (100) selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre une couche d'adhérence (4, 4', 4'') disposée entre la première face de la couche (6, 6', 6''), dans laquelle est formé l'élément graphique, et la face du substrat (2).

4. Objet (100) selon la revendication 3, dans lequel l'élément graphique est également gravé dans la couche d'adhérence (4, 4', 4'').

5. Objet (100) selon l'une des revendications 3 ou 4, dans lequel la couche d'adhérence (4, 4', 4'') est à base d'au moins un métal et/ou d'un nitrure métallique et/ou d'un oxyde métallique.

6. Objet (100) selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre au moins une couche d'adhésion (22) disposée entre la face du support (20) et la couche de passivation (12, 12'), l'adhésion moléculaire étant formée entre la couche d'adhésion (22) et la couche de passivation (12, 12').

7. Objet (100) selon l'une des revendications précédentes, ledit objet (100) étant un bijou, une montre ou un dispositif électronique.

8. Objet (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ladite zone (10) de la couche (6, 6', 6'') est à base de silicure.

9. Procédé de réalisation d'un objet (100) muni d'au moins un élément graphique, comportant au moins les étapes de :

a) dépôt d'au moins une couche (6, 6', 6'') à base d'au moins un métal au-dessus d'une face d'au moins un substrat (2) au moins partiellement transparent,

b) gravure de ladite couche (6, 6', 6'') selon un motif de l'élément graphique,

c) formation dans ladite couche (6, 6', 6''), au moins au niveau d'une seconde face de ladite couche (6, 6', 6'') opposée à une première face

- de ladite couche (6, 6', 6'') se trouvant du côté du substrat (2), d'au moins une zone (10) à base dudit métal et d'au moins un semi-conducteur, d) dépôt d'au moins une couche de passivation (12, 12') au moins sur ladite couche (6, 6', 6'') comportant l'élément graphique gravé et sur des portions de la face du substrat (2) non recouvertes par la couche (6, 6', 6'') comportant l'élément graphique gravé, e) solidarisation de la couche de passivation (12, 12') à au moins une face d'au moins un support (20) par adhésion moléculaire, formant une structure monolithique.
10. Procédé selon la revendication 9, comportant en outre, avant l'étape a) de dépôt de la couche (6, 6', 6''), une étape de dépôt d'une couche d'adhérence (4, 4', 4'') sur la face du substrat (2), ladite couche (6, 6', 6'') étant ensuite déposée, au cours de l'étape a), sur la couche d'adhérence (4, 4', 4'').
11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel l'élément graphique est également gravé, au cours de l'étape b), dans la couche d'adhérence (4, 4', 4'').
12. Procédé selon l'une des revendications 9 à 11, comportant en outre, entre l'étape d) de dépôt de la couche de passivation (12, 12') et l'étape e) de solidarisation, une étape de recuit, à une température comprise entre environ 400°C et 1100°C, du substrat (2) comportant la couche de passivation (12, 12').
13. Procédé selon l'une des revendications 9 à 12, comportant en outre, entre l'étape d) de dépôt de la couche de passivation (12, 12') et l'étape e) de solidarisation, une étape de planarisation de la couche de passivation (12, 12').
14. Procédé selon l'une des revendications 9 à 13, dans lequel l'étape b) de gravure de l'élément graphique est obtenue par la mise en oeuvre d'étapes de masquage, de lithographie et de gravure dans ladite couche (6, 6', 6'') et/ou dans une couche d'adhérence (4, 4', 4'') disposée entre la face du substrat (2) et ladite couche (6, 6', 6''), ou d'au moins une étape d'ablation laser directement dans ladite couche (6, 6', 6'') et/ou dans une couche d'adhérence (4, 4', 4'') disposée entre la face du substrat (2) et ladite couche (6, 6', 6'').
15. Procédé selon l'une des revendications 9 à 14, comportant en outre, avant l'étape e) de solidarisation, une étape de dépôt d'au moins une couche d'adhésion (22) au moins sur la face du support (20), l'étape e) de solidarisation étant obtenue par la mise en oeuvre d'un collage par adhésion moléculaire entre ladite couche d'adhésion (22) et la couche de passivation (12, 12').
16. Procédé selon la revendication 15, comportant en outre, entre l'étape de dépôt de la couche d'adhésion (22) et l'étape e) de solidarisation, une étape de planarisation de la couche d'adhésion (22).
17. Procédé selon l'une des revendications 15 ou 16, comportant en outre, entre l'étape de dépôt de la couche d'adhésion (22) et l'étape e) de solidarisation, une étape de recuit, à une température comprise entre environ 400°C et 1100°C, du support (20) comportant la couche d'adhésion (22).
18. Procédé selon l'une des revendications 9 à 17, comportant en outre, après l'étape e) de solidarisation, une étape de traitement thermique par recuit de l'objet (100) consolidant l'adhésion moléculaire.
19. Procédé selon l'une des revendications 9 à 18, dans lequel l'étape c) de formation de la zone (10) à base dudit métal et d'un semi-conducteur est obtenue par la mise en oeuvre d'une étape de siliciuration de ladite couche (6, 6', 6'').

25 Patentansprüche

1. Objekt (100), das mit wenigstens einem Grafikelement ausgestattet ist, umfassend wenigstens eine Schicht (6, 6', 6'') auf Basis wenigstens eines Metalls, die gemäß einem Grafikelementmotiv graviert ist, wobei eine erste Seite der Schicht (6, 6', 6'') gegenüber einer Seite wenigstens eines Substrats (2) angeordnet ist, das wenigstens teilweise transparent ist, wobei eine zweite Seite der Schicht (6, 6', 6''), die der ersten Seite entgegengesetzt ist, mit wenigstens einer Passivierungsschicht (12, 12') bedeckt ist, die mit wenigstens einer Seite wenigstens eines Trägers (20) durch molekulare Adhäsion verbunden ist und mit dem Träger (20) eine monolithische Struktur bildet, und wobei die Schicht (6, 6', 6'') wenigstens im Bereich der zweiten Seite wenigstens eine Zone (10) auf Basis des Metalls und wenigstens eines Halbleiters umfasst.
2. Objekt (100) nach Anspruch 1, bei dem das Substrat (2) auf Basis wenigstens eines amorphen oder kristallinen Materials hergestellt ist, und/oder die Passivierungsschicht (12, 12') auf Basis wenigstens eines mineralischen Materials hergestellt ist.
3. Objekt (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend eine Anhaftschicht (4, 4', 4''), die zwischen der ersten Seite der Schicht (6, 6', 6''), in der das Grafikelement gebildet ist, und der Seite des Substrats (2) angeordnet ist.
4. Objekt (100) nach Anspruch 3, bei dem das Grafikelement ebenfalls in die Anhaftschicht (4, 4', 4'') gra-

viert ist.

5. Objekt (100) nach einem der Ansprüche 3 oder 4, bei dem die Anhaftschicht (4, 4', 4'') auf Basis wenigstens eines Metalls und/oder eines Metallnitrids und/oder Metalloxids hergestellt ist.
6. Objekt (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend wenigstens eine Adhäsionsschicht (22), die zwischen der Seite des Trägers (20) und der Passivierungsschicht (12, 12') angeordnet ist, wobei die molekulare Adhäsion zwischen der Adhäsionsschicht (22) und der Passivierungsschicht (12, 12') ausgebildet ist.
7. Objekt (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Objekt (100) ein Schmuckstück, eine Uhr oder eine elektronische Vorrichtung ist.
8. Objekt (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Zone (10) der Schicht (6, 6', 6'') auf Basis von Silicid hergestellt ist.
9. Verfahren zur Realisierung eines Objekts (100), das mit wenigstens einem Grafikelement ausgestattet ist, umfassend wenigstens die folgenden Schritte:
 - a) Aufbringen wenigstens einer Schicht (6, 6', 6'') auf Basis wenigstens eines Metalls auf eine Seite wenigstens eines Substrats (2), das wenigstens teilweise transparent ist,
 - b) Gravieren der Schicht (6, 6', 6'') gemäß einem Grafikelementmotiv,
 - c) Bilden wenigstens einer Zone (10) in der Schicht (6, 6', 6'') wenigstens im Bereich einer zweiten Seite der Schicht (6, 6', 6'') entgegengesetzt zu einer ersten Seite der Schicht (6, 6', 6''), die sich an der Seite des Substrats (2) befindet, auf Basis des Metalls und wenigstens eines Halbleiters,
 - d) Aufbringen wenigstens einer Passivierungsschicht (12, 12') wenigstens auf die Schicht (6, 6', 6''), die das gravierte Grafikelement umfasst, und auf Bereiche der Seite des Substrats (2), die nicht durch die Schicht (6, 6', 6'') bedeckt sind, die das gravierte Grafikelement umfasst,
 - e) Verbinden der Passivierungsschicht (12, 12') mit wenigstens einer Seite wenigstens eines Trägers (20) durch molekulare Adhäsion, wodurch eine monolithische Struktur gebildet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, ferner umfassend, vor dem Schritt a) des Aufbringens der Schicht (6, 6', 6''), einen Schritt des Aufbringens einer Anhaftschicht (4, 4', 4'') auf die Seite des Substrats (2), wobei die Schicht (6, 6', 6'') anschließend im Verlauf des Schritts a) auf der Anhaftschicht (4, 4', 4'') aufgebracht wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem das Grafikelement im Verlauf des Schritts b) ebenfalls in die Anhaftschicht (4, 4', 4'') graviert wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, ferner umfassend, zwischen dem Schritt d) des Aufbringens der Passivierungsschicht (12, 12') und dem Schritt e) des Verbindens, einen Schritt des Temperns des Substrats (2), das die Passivierungsschicht (12, 12') umfasst, bei einer Temperatur, die zwischen ungefähr 400°C und 1100°C enthalten ist.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, ferner umfassend zwischen dem Schritt d) des Aufbringens der Passivierungsschicht (12, 12') und dem Schritt e) des Verbindens, einen Schritt des Planarisierens der Passivierungsschicht (12, 12').
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, bei dem der Schritt b) des Gravierens des Grafikelements erzielt wird durch Durchführung von Schritten zur Maskierung, zur Lithografie und zur Gravierung in der Schicht (6, 6', 6'') und/oder in einer Anhaftschicht (4, 4', 4''), die zwischen der Seite des Substrats (2) und der Schicht (6, 6', 6'') angeordnet ist, oder wenigstens eines Laserabtragschritts direkt in der Schicht (6, 6', 6'') und/oder in einer Anhaftschicht (4, 4', 4''), die zwischen der Seite des Substrats (2) und der Schicht (6, 6', 6'') angeordnet ist.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, ferner umfassend, vor dem Schritt e) des Verbindens, einen Schritt des Aufbringens wenigstens einer Adhäsionsschicht (22) wenigstens auf der Seite des Trägers (20), wobei der Schritt e) des Verbindens erzielt wird durch die Durchführung einer Verklebung durch molekulare Adhäsion zwischen der Adhäsionsschicht (22) und der Passivierungsschicht (12, 12').
16. Verfahren nach Anspruch 15, ferner umfassend zwischen dem Schritt des Aufbringens der Adhäsionsschicht (22) und dem Schritt e) des Verbindens, einen Schritt des Planarisierens der Adhäsionsschicht (22).
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 oder 16, ferner umfassend zwischen dem Schritt des Aufbringens der Adhäsionsschicht (22) und dem Schritt e) des Verbindens, einen Schritt des Temperns des Trägers (20), der die Adhäsionsschicht (22) umfasst, bei einer Temperatur, die zwischen ungefähr 400°C und 1100°C enthalten ist.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 17, ferner umfassend nach dem Schritt e) des Verbindens einen Schritt der thermischen Behandlung durch Tempern des Objekts (100) zur Verfestigung der molekularen Adhäsion.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 18, bei dem der Schritt c) des Bildens der Zone (10) auf Basis des Metalls und eines Halbleiters erzielt wird durch die Durchführung eines Schritts zur Silicidbildung der Schicht (6, 6', 6").

Claims

1. Object (100) provided with at least one graphic element, including at least one layer (6, 6', 6") composed of at least one metal and etched according to a pattern of the graphic element, a first face of said layer (6, 6', 6") being positioned opposite a face of at least one at least partly transparent substrate (2), a second face, opposite to the first face, of said layer (6, 6', 6") being covered with at least one passivation layer (12, 12') fixed to at least one face of at least one support (20) by wafer bonding and forming with the support (20), a monolithic structure, and said layer (6, 6', 6") including, at least at the second face, at least one area (10) composed of said metal and of at least one semiconductor.
2. Object (100) according to claim 1, wherein the substrate (2) is composed of at least one amorphous or crystalline material and/or the passivation layer (12, 12') being composed of at least one mineral material.
3. Object (100) according to any of the preceding claims, further including an adherence layer (4, 4', 4") positioned between the first face of the layer (6, 6', 6"), in which the graphic element is formed, and the face of the substrate (2).
4. Object (100) according to claim 3, wherein the graphic element is also etched in the adherence layer (4, 4', 4").
5. Object (100) according to any of claims 3 or 4, wherein the adherence layer (4, 4', 4") is composed of at least one metal and/or of a metal nitride and/or a metal oxide.
6. Object (100) according to any of the preceding claims, further including at least one adhesion layer (22) positioned between the face of the support (20) and the passivation layer (12, 12'), the wafer bonding being formed between the adhesion layer (22) and the passivation layer (12, 12').
7. Object (100) according to any of the preceding claims, said object (100) being a jewel, a watch or an electronic device.
8. Object (100) according to any of the preceding claims, wherein said area (10) of the layer (6, 6', 6") is composed of silicide.

9. Method for making an object (100) provided with at least one graphic element, including at least the steps of:

- a) depositing at least one layer (6, 6', 6") composed of at least one metal above a face of at least one at least partly transparent substrate (2),
- b) etching said layer (6, 6', 6") according to a pattern of the graphic element,
- c) forming in said layer (6, 6', 6"), at least at a second face of said layer (6, 6', 6") opposite to a first face of said layer (6, 6', 6") located on the side of the substrate (2), at least one area (10) composed of said metal and of at least one semiconductor,
- d) depositing at least one passivation layer (12, 12') at least onto said layer (6, 6', 6") including the etched graphic element and onto portions of the face of the substrate (2) not covered by the layer (6, 6', 6") including the etched graphic element,
- e) fixing the passivation layer (12, 12') to at least one face of at least one support (20) by wafer bonding, forming a monolithic structure.

10. Method according to claim 9, further including, before the step a) for depositing the layer (6, 6', 6"), a step for depositing an adherence layer (4, 4', 4") onto the face of the substrate (2), said layer (6, 6', 6") being then deposited, during step a), onto the adherence layer (4, 4', 4").

11. Method according to claim 10, wherein the graphic element is also etched during step b), in the adherence layer (4, 4', 4").

12. Method according to any of claims 9 to 11, further including between the step d) for depositing the passivation layer (12, 12') and the fixing step e), a step for annealing at a temperature comprised between about 400°C and 1,100°C, the substrate (2) including the passivation layer (12, 12').

13. Method according to any of claims 9 to 12, further including between the step d) for depositing the passivation layer (12, 12') and the fixing step e), a step for planarization of the passivation layer (12, 12').

14. Method according to any of claims 9 to 13, wherein the step b) for etching the graphic element is obtained by applying masking, lithographic and etching steps in said layer (6, 6', 6") and/or in an adherence layer (4, 4', 4") positioned between the face of the substrate (2) and said layer (6, 6', 6"), or at least one laser ablation step directly in said layer (6, 6', 6") and/or in an adherence layer (4, 4', 4") positioned between the face of the substrate (2) and said layer

(6, 6', 6'').

15. Method according to any of claims 9 to 14, further including, before the fixing step e), a step for depositing at least one adhesion layer (22) at least onto the face of the support (20), the fixing step e) being obtained by applying bonding by wafer bonding between said adhesion layer (22) and the passivation layer (12, 12').
16. Method according to claim 15, further including, between the step for depositing the adhesion layer (22) and the fixing step e), a step for planarization of the adhesion layer (22).
17. Method according to any of claims 15 or 16, further including, between the step for depositing the adhesion layer (22) and the fixing step e), a step for annealing, at a temperature comprised between about 400°C and 1,100°C, the support (20) including the adhesion layer (22).
18. Method according to any of claims 9 to 17, further including, after the fixing step e), a step for heat treatment by annealing the object (100) consolidating wafer bonding.
19. Method according to any of claims 9 to 18, wherein the step c) for forming the area (10) composed of said metal and of a semiconductor is obtained by applying a step for siliconizing said layer (6,6',6'').

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

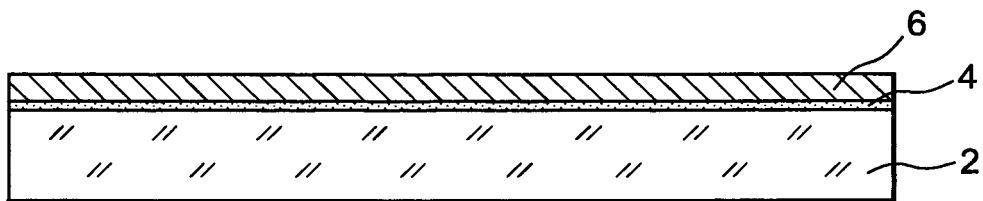


FIG. 1A

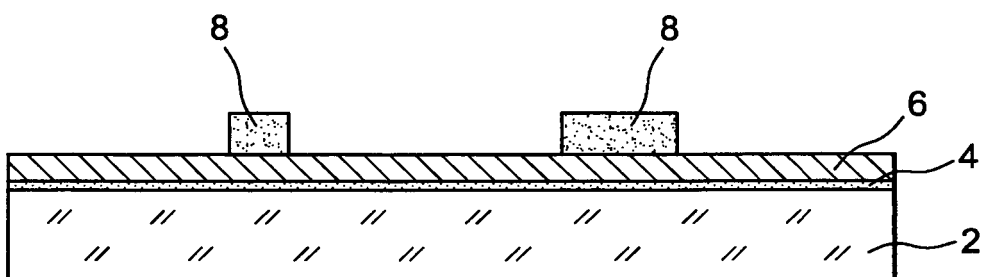


FIG. 1B

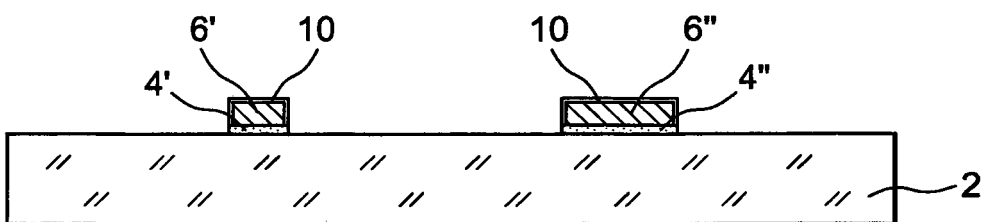


FIG. 1C

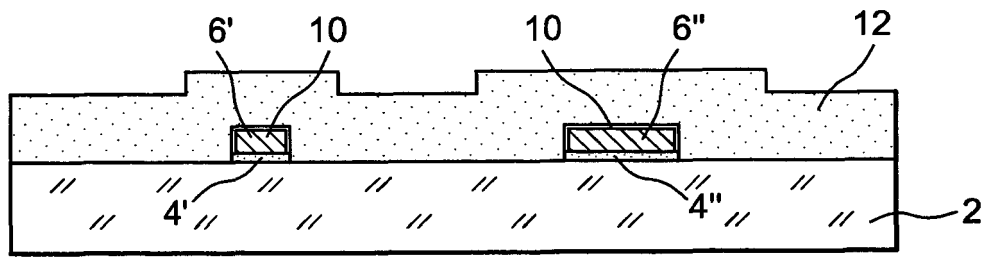


FIG. 1D

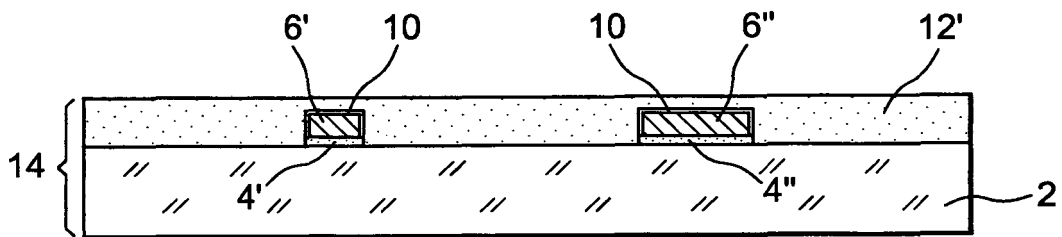


FIG. 1E

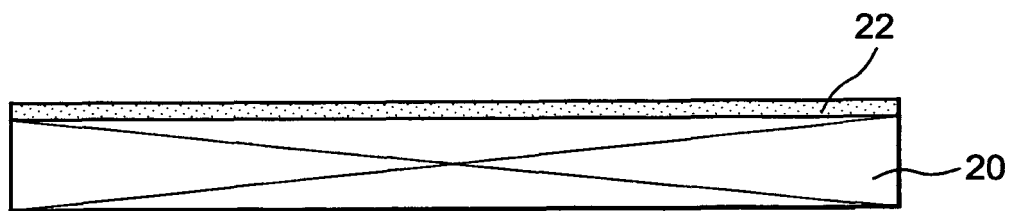


FIG. 1F

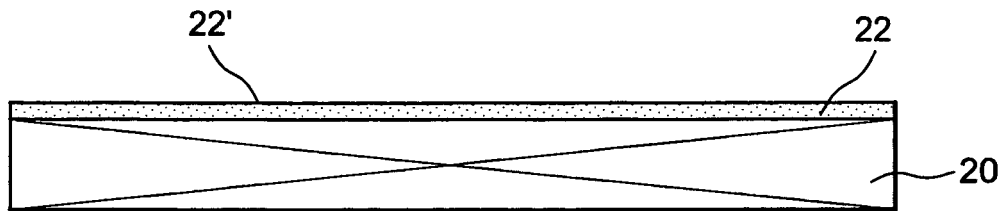


FIG. 1G

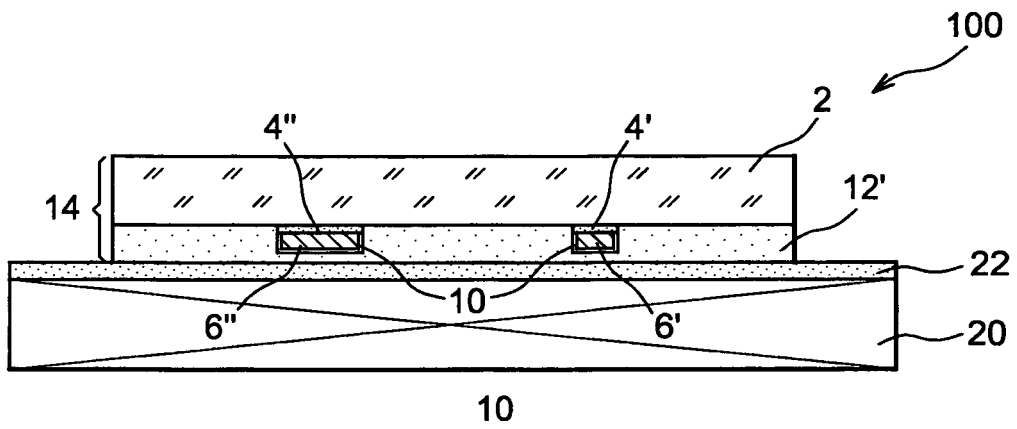


FIG. 1H

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2851496 [0006]
- EP 0627763 A [0008]