

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
27 avril 2006 (27.04.2006)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2006/043000 A2**

- (51) Classification internationale des brevets : **Non classée**
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2005/050863
- (22) Date de dépôt international :  
18 octobre 2005 (18.10.2005)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
0452393 21 octobre 2004 (21.10.2004) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE** [FR/FR];  
31-33 rue de la Fédération, F-75752 PARIS 15ème (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :  
**KOSTRZEWA, Marek** [PL/FR]; 10 rue du Général  
Ferrie, Appartement 14, F-38100 GRENOBLE (FR). **DI  
CIOCCIO, Léa** [FR/FR]; 418 Chemin de Labis, F-38330  
SAINT ISMIER (FR). **ZUSSY, Marc** [FR/FR]; 23 bis  
Domaine St Hugues, F-38120 SAINT EGREVE (FR).
- (74) Mandataire : **LEHU, Jean**; BREVATOME, 3, rue du  
Docteur Lancereaux, F-75008 PARIS (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(54) Title: METHOD FOR TRANSFERRING AT LEAST ONE MICROMETER OR MILLIMETER-SIZED OBJECT BY MEANS OF A POLYMER HANDLE

(54) Titre : PROCÉDE DE TRANSFERT D'AU MOINS UN OBJET DE TAILLE MICROMÉTRIQUE OU MILLIMÉTRIQUE AU MOYEN D'UNE POIGNÉE EN POLYMERÉ

(57) Abstract: The invention relates to a method for transferring at least one micrometer or millimeter sized object to a reception substrate by means of a handle. The inventive method consists in fixing a polymer handle to said object in such a way that a deformable structure consisting of the superimposed handle and object is obtainable, in preparing the surface of the object face which is opposite to the handle for the adhesion thereof to the reception substrate face, in bringing said object face into contact with said reception substrate face, adhering it thereto after the deformation at least of the handle and in removing the polymer handle.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de transfert d'au moins un objet de taille micrométrique ou millimétrique vers un substrat de réception au moyen d'une poignée. Le procédé comprend les étapes suivantes : - fixation d'une poignée en polymère sur ledit objet afin de pouvoir obtenir une structure, constituée de la poignée et de l'objet superposés, déformable, - préparation de surface de la face de l'objet opposée à la poignée en vue de son adhésion sur une face du substrat de réception, - mise en contact et adhésion de ladite face de l'objet sur ladite face du substrat de réception après déformation d'au moins la poignée, - retrait de la poignée en polymère.

WO 2006/043000 A2

**PROCEDE DE TRANSFERT D'AU MOINS UN OBJET DE TAILLE  
MICROMETRIQUE OU MILLIMETRIQUE AU MOYEN D'UNE POIGNEE  
EN POLYMERE**

5

**DESCRIPTION**

**DOMAINE TECHNIQUE**

L'invention concerne l'utilisation d'une poignée en polymère pour fabriquer, nettoyer et maintenir des vignettes, des circuits électroniques ou d'autres objets de taille micrométrique ou millimétrique avant de les reporter sur un substrat de destination et de les intégrer avec ce substrat par adhésion moléculaire ou par une autre technique de collage.

15

L'invention se situe, en particulier, dans le domaine de l'intégration hétérogène de la photonique sur silicium et concerne principalement la fabrication collective de puces et/ou de vignettes de silicium, d'InP et/ou d'un autre matériau afin de les reporter sur un substrat dit hôte. II est aussi possible d'utiliser cette invention pour un transfert et un traitement technologique collectif de tout autre objet, voire un film mince.

20

**ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE**

Les interconnexions électriques *intra-chip* ou *inter-chip* deviennent une limitation très importante dans la poursuite de la miniaturisation et de l'augmentation des performances des circuits intégrés. Les limitations prévisibles ont pour causes

30

l'augmentation des temps de propagation dans les lignes et de la consommation électrique des amplificateurs de ligne et concerneront la distribution de l'horloge et des signaux ou des groupes de signaux les plus longs.

5 Des solutions optiques doivent permettre potentiellement de lever ces verrous. Elles impliquent cependant un effort de recherche important dans le domaine de la technologie.

Il est indispensable de s'intéresser au  
10 remplacement d'un certain nombre de liens électriques (le premier entre eux étant le signal d'horloge) par les liens optiques. Plusieurs études ont démontré que la distribution de signal d'horloge dans un système commandé par un ou plusieurs processeurs consomme  
15 environ 40% d'énergie même si ce système n'exécute aucun programme, ce qui conduit à la dissipation de puissance très importante et en conséquence d'une part ne permet pas une miniaturisation plus importante et d'autre part oblige à désigner les circuit de  
20 refroidissement dont le concept est souvent gênant pour le bon fonctionnement du système. De toute manière, l'intégration de plusieurs niveaux de métallisation et la miniaturisation deviennent technologiquement de plus en plus difficiles ou même impossibles

25 Une des solutions est de remplacer une partie de circuit électronique de distribution d'horloge par la distribution optique (en conséquence on obtiendra une diminution de niveaux de métallisation). Les principes de cette idée sont les  
30 suivantes : des guides d'ondes optiques situés au-dessus des composants CMOS véhiculent des informations

entre des émetteurs et récepteurs photoniques (source micro-laser et détecteur). Les détecteurs étant localisés en structure H-TREE, aucun délai entre les détecteurs n'est généré. Dans les zones voisines de la localisation de détecteur, la distribution de signal se fait par le biais des interconnexions métalliques.

Afin d'assurer ce couplage électro-optique, il faut savoir intégrer des hétérostructures de matériaux III-V par épitaxie sur substrat de silicium par exemple. Cette intégration est indispensable parce que seuls les alliages en matériaux III-V (In, Ga, As, P) permettent de réaliser les composants optoélectroniques performants. En revanche, La technologie sur silicium étant bien connue et développée, elle permet d'enchaîner les procédés technologiques des fabrication des interconnexions optiques.

En effet, la technologie de report de couches minces permet d'obtenir ce type d'hétéro-structure par collage moléculaire « pleine plaque ». On peut se référer à ce sujet au livre « Wafer bonding : Applications and Technology », Springer 2004, chapitre 7, publié par U. Gösele et M. Alexe.

Puisque les composants optoélectroniques sont localisés dans les endroits bien précis sur le composant CMOS et qu'ils ont une taille proche de quelques dizaines de micromètres carrés on s'intéresse donc plus particulièrement au transfert de vignettes de taille d'un composant plutôt qu'au report d'une couche du diamètre d'un substrat. Il est évident que le transfert des vignettes est beaucoup plus avantageux

économiquement que le transfert de substrats entiers. En revanche, le collage moléculaire des vignettes exige une préparation particulière.

Il existe différentes technologies de collage pour le report de puces comme le collage par colle époxy, soudure eutectique ou le collage par technologie « flip-chip ». Le choix de technologie de collage est fonction de l'application voulue.

Chaque type de collage assure des propriétés de l'interface de collage différentes (conductivité thermique et électrique, stabilité thermique, transparence à certaines longueurs d'onde etc.). Dans le cas du collage moléculaire de puces, ce collage consiste à préparer deux surfaces de telle manière qu'une simple mise en contact à la température ambiante soit suffisante pour assurer une très bonne adhésion.

La technique de collage doit être compatible avec la technique de report de puces. Actuellement, seule la technologie « pick and place » permet un report individuel de puces à la fois séquentiel et automatisé. Avant de commencer des séquences « pick and place » le substrat est collé sur un film adhésif et les puces sont préparées par les techniques de séparation.

Dans une procédure standard de préparation de puces la plaquette est d'abord collée sur un ruban élastique. La séparation de puces est obtenue par un sciage mécanique et/ou à laser, gravure chimique, gravure ionique ou autre. Les puces sont prêtes à être

transférées sur un autre substrat après avoir été séparées.

Concernant le sciage mécanique, une machine de découpe permet de découper le substrat en puces carrées. Le substrat à découper est collé sur un film plastique qui lui assure la tenue mécanique. La profondeur de la découpe peut varier de quelques micromètres jusqu'à l'épaisseur totale du substrat. On peut donc contrôler la profondeur de la découpe et découper le substrat entier ou juste le « pré-découper ». La machine permet d'indexer les distances entre les traits de scie ce qui autorise d'effectuer une découpe automatique. Les découpes sont possibles dans deux directions (parallèle et perpendiculaire). On peut consulter à ce propos le brevet des Etats-Unis No. 6 500 047.

Une autre technique de découpe est divulguée par les brevets des Etats-Unis No. 6 676 491 et 6 709 953. Cette technique de préparation de puces fines consiste à découper un substrat semi-conducteur en plusieurs carrés de la taille voulue. La découpe se fait sur une épaisseur inférieure à l'épaisseur du substrat. Lors de l'action de découpe, la profondeur de sciage peut varier de quelques dizaines de micromètres jusqu'à l'épaisseur totale du substrat. Puisque le substrat est scié sur une profondeur inférieure à son épaisseur, il est possible de coller un film plastique sur la face sciée. Les puces peuvent être libérées par meulage, c'est-à-dire par amincissement en face arrière de la plaque ou elles ont été préparées en face avant. L'enlèvement de la matière s'arrête au moment de la

séparation des puces. Le film plastique collé avant assure la tenue mécanique. Afin d'obtenir une faible rugosité de la face arrière il est possible d'utiliser les outils de rectification adaptés.

5                   En fonction du besoin, un autre film plastique peut être collé sur la face rectifiée des puces et le premier film plastique peut être ensuite enlevé. Cela permet d'exposer la face avant des puces, et en fonction du besoin les coller sur un substrat de destination par la face avant ou par la face arrière.  
10 Les puces séparées peuvent être transférées à l'aide d'une machine à aspiration (technique « pick and place »).

15                   Les puces sont ensuite amenées sur la plaquette ou elles doivent être fixées par des outils dits d'hybridation. Actuellement, la machine de type « *pick and place* » est l'outil d'hybridation le plus connu. Afin que la tête de la machine « pick and place » puisse aspirer la puce (l'attraper) et afin de  
20 faciliter le décollement de la puce de son ruban, on peut utiliser un « stylet ». Ce stylet vient soulever la puce à travers le film plastique (par la face arrière).

25                   Le stylet (ou le multi-stylet) peut percer ce film et décoller la puce ou soulever la puce en déformant le film plastique mais sans le détériorer. Le stylet peut être remplacé et/ou renforcé par un jet d'air ou un jet d'eau. En revanche, l'utilisation de ce genre d'outil peut endommager les puces ou les  
30 vignettes quand elles sont fines.

Le décollement des puces peut être aussi obtenu grâce aux propriétés spécifiques de films plastiques. On peut réchauffer localement le film plastique et dans ce cas le film doit être sensible au traitement thermique (voir le brevet US-A- 5 893 746).  
5 On peut aussi utiliser le rayonnement UV pour insoler localement un film sensible aux UV. Ce traitement change localement l'adhésion du film et facilite le décollement de la puce.

10 La technologie DBG (pour « Dicing Before Grinding ») exige l'utilisation de films plastiques ayant des propriétés différentes parce que la plupart du temps les puces sont manipulées à chacune de ces étapes en les collant sur des rubans.

15 En fonction des applications et/ou des étapes, les films en plastique assurent une adhésion plus ou moins importante. Ils peuvent changer leur adhérence en fonction de la température, de l'insolation (UV) etc.. Les inconvénients des rubans  
20 sont le plus souvent de ne supporter qu'une seule des opérations et, particulièrement, les films en plastique ne résistent pas au traitement chimique et thermique en même temps.

Le report individuel des puces se fait donc  
25 par la technique « pick and place ».

Afin de coller une puce sur un substrat, la tête de la machine « pick and place » entre en contact avec la puce à transférer. Grâce au système d'aspiration, la puce se décolle de son ruban et est  
30 posée sur le substrat de destination sur lequel une couche de colle (habituellement une colle époxy) est

déposée. Le décollement des puces est possible grâce aux propriétés physiques des rubans (leur adhérence en fonction de la température, de l'insolation, etc...).

Dans l'assemblage des puces, on utilise le plus souvent des colles époxydes. Les techniques de collage via ce type de colles ne permettent pas de contrôler parfaitement l'épaisseur de la colle, ce qui peut changer localement la transmission de la lumière. De plus, la température maximale d'un traitement thermique des structures ainsi collées est limitée. Cependant, pour des applications d'assemblage, cette technique est quand même très efficace. La machine de report des puces est dotée d'un système permettant d'effectuer un dépôt de la colle époxy ou d'une résine.

Les autres techniques de collage (métallique, alliage, polymère, etc...) n'assurent pas l'interface de collage voulue (interface transparente pour la lumière, fine, etc...) en termes d'interconnexions optiques.

Pour des applications dans le domaine des interconnexions optiques, ces limitations doivent être résolues. L'utilisation du procédé d'adhésion moléculaire est un moyen prometteur pour atteindre les objectifs de l'intégration 3D parce qu'il permet d'obtenir des interfaces de collage très fines, transparentes pour la lumière et parce qu'il est compatible avec les traitements thermiques, même aux températures élevées. Enfin, c'est une technique généralement bien maîtrisée.

Le collage moléculaire exige une préparation particulière des faces à assembler. Les

moyens utilisés pour la préparation collective de puces doivent supporter la préparation chimique et le polissage mécano-chimique, ou d'autres types de traitement comme le greffage de surface, etc..

5                   Concernant l'intégration 3D (collage direct) par report de type « pleine plaque », il existe des techniques permettant de reporter des composants (réalisés sur un substrat) sur un substrat de destination (voir en particulier le brevet des Etats-  
10                   Unis No. 6 627 531). Le substrat donneur, contenant des composants ou des circuits, peut être planarisé et collé sur un autre substrat par adhésion moléculaire (technique dite du « wafer bonding » en anglais).  
15                   Ensuite, il est possible d'amincir mécaniquement le substrat donneur par sa face arrière. Même pour un report localisé des composants, cette technique impose le report d'une plaque entière.

                  Une autre technique, divulguée dans le document WO-A-03/081664, est basée sur l'utilisation  
20                   d'une poignée. Ici, la zone fragilisée est formée dans le substrat donneur contenant les composants. Ensuite, l'assemblage de ce substrat donneur sur un autre substrat dit substrat-poignée a lieu par collage avec une colle qui permet un décollement facile. Le substrat  
25                   donneur est ensuite séparé par clivage selon une zone fragilisée. On obtient un substrat-poignée avec une couche mince contenant des composants à transférer. L'utilisation d'un substrat-poignée (ou raidisseur) permet la préparation de surface mince pour le collage  
30                   définitif sur un substrat de destination. Après ce collage, le substrat-poignée peut être facilement

enlevé. La poignée étant rigide, le transfert se fait d'une manière collective, c'est-à-dire que tous les composants sont transférés simultanément.

Le document WO-A-02/082 502 divulgue un  
5 procédé de transfert sélectif d'au moins un élément d'un support initial sur un support final. Ce procédé comprend les étapes consistant à fabriquer des puces sur un substrat initial, planariser le substrat initial avec les puces, transférer ce substrat sur un autre  
10 substrat-poignée raidisseur, éliminer le substrat initial, séparer les puces et fragiliser le substrat-poignée autour des puces à transférer (par gravure chimique par exemple). Cette fragilisation permet la préhension sélective des puces, car les zones  
15 fragilisées se rompent sous pression, ou sous aspiration et la puce prélevée peut être posée et fixée sur un substrat final. Les inconvénients de cette technique sont les suivantes : après chaque prélèvement de la puce, le substrat-poignée (raidisseur) devient  
20 plus fragile, le substrat-poignée en se rompant (se clivant) produit des particules qui peuvent être gênantes pour la suite de la technologie de collage moléculaire.

## 25 **EXPOSÉ DE L'INVENTION**

Pour remédier aux inconvénients de l'art antérieur, il est proposé, par la présente invention, un procédé de transfert utilisant une poignée en polymère en tant que substrat auto-portant, permettant  
30 d'assurer la tenue mécanique de vignettes, de puces, de

plaques, de couches minces ou d'autres objets de taille micrométrique ou millimétrique.

L'invention a donc pour objet un procédé de transfert d'au moins un objet de taille micrométrique ou millimétrique vers un substrat de réception au moyen  
5 d'une poignée, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- fixation d'une poignée en polymère sur ledit objet afin de pouvoir obtenir une structure,  
10 constituée de la poignée et de l'objet superposés, déformable, comprenant le dépôt du polymère à l'état liquide sur ledit objet et la polymérisation du polymère,

- préparation de surface de la face de l'objet opposée à la poignée en vue de son adhésion sur  
15 une face du substrat de réception,

- mise en contact et adhésion de ladite face de l'objet sur ladite face du substrat de réception après déformation d'au moins la poignée,

20 - retrait de la poignée en polymère.

Selon un premier mode de mise en œuvre, si le transfert concerne une pluralité de vignettes réalisés dans une couche mince solidaire d'un substrat initial, il est prévu une étape de prédécoupe des  
25 vignettes avant la fixation de la poignée en polymère et une étape d'élimination du substrat initial jusqu'à obtenir des vignettes séparées les unes des autres, l'étape de mise en contact et d'adhésion d'une vignette étant obtenue après déformation de la poignée dans la  
30 direction de la superposition. Avantageusement, l'étape de mise en contact et d'adhésion d'une vignette

comprend l'utilisation d'un stylet pour plaquer ladite vignette sur la face du substrat de réception. Selon un autre aspect particulier, si l'objet est une couche mince relaxée par ondulation sur un substrat initial, 5 il est prévu une étape d'élimination du substrat initial après l'étape de fixation de la poignée sur la couche mince, l'étape de mise en contact et d'adhésion de la couche mince étant obtenue après déformation de la structure dans le plan de la superposition.

10 Selon un deuxième mode de mise en œuvre, le transfert concerne une pluralité de vignettes découpées et déjà séparées d'un substrat initial de fabrication, la fixation de la poignée en polymère se fait par collage d'une première face des vignettes sur la 15 poignée, l'étape de mise en contact et d'adhésion d'une vignette étant obtenue après déformation de la poignée dans la direction de la superposition. Avantageusement, l'étape de mise en contact et d'adhésion d'une vignette comprend l'utilisation d'un stylet pour plaquer ladite 20 vignette sur la face du substrat de réception.

Le polymère de la poignée est avantageusement du PDMS.

L'adhésion de ladite face de l'objet sur ladite face du substrat de réception peut être une 25 adhésion par collage moléculaire.

Le retrait de la poignée en polymère peut comprendre la déformation de la poignée.

#### **BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS**

30 L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages et particularités apparaîtront à la lecture

de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif, accompagnée des dessins annexés parmi lesquels :

5 - les figures 1A à 1D illustrent des étapes d'un procédé de transfert de puces, selon la présente invention,

- les figures 2A à 2F illustrent des étapes d'un procédé de transfert d'une couche mince ayant une morphologie compliquée, selon la présente invention,

10 - les figures 3A à 3C illustrent des étapes d'un procédé de transfert de puces déjà découpées, selon la présente invention.

#### **EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS**

15 L'invention permet en particulier la fabrication de puces électroniques de façon collective en prenant en compte le caractère spécifique des objets à coller et notamment la préparation de surface (vignettes de petite taille, fragilité du matériau,  
20 interface de collage de faible épaisseur, préparation chimique, traitement mécanique de surface, etc...)

Selon un mode préféré de mise en œuvre de l'invention, avant de préparer une poignée, les puces réalisées à la surface d'un substrat sont pré-découpées  
25 mécaniquement ou par gravure chimique et/ou plasma. La profondeur de la gravure ou du trait de la lame de scie détermine grossièrement l'épaisseur finale de vignettes transférées, ces vignettes pouvant être par la suite amincies.

30 Sur les vignettes ou puces pré-découpées, on dépose un polymère à l'état liquide. Ce polymère est

avantageusement du polydiméthylsiloxane (PMDS) ou tout autre polymère possédant des propriétés similaires ou proches. Le polymère étant un matériau visqueux, l'étalement se fait spontanément ou à l'aide d'une  
5 tournette. Dans les deux cas, le polymère pénètre les espacements entre les vignettes. L'utilisation d'une tournette conduit à une homogénéité de dépôt plus importante, mais ne permet pas d'obtenir des épaisseurs supérieures à environ 30 µm. Afin d'obtenir un dépôt  
10 homogène et épais en même temps, une solution consiste à faire le dépôt en plusieurs fois.

La société Dow Corning, qui fournit du PDMS, donne les propriétés suivantes pour son produit SYLGARD<sup>®</sup>184 :

- 15                   • A la livraison :
- viscosité à 23°C : 5500 mPa.s
  - rapport de mélange en poids (base/argent de polymérisation) : 10/1
  - viscosité à 23°C immédiatement après  
20 mélange avec l'argent de polymérisation : 4000 mPa.s
  - durée de vie en pot à 23°C : 2 heures.
- Propriétés physiques après polymérisation pendant 4 heures à 65°C :
- 25                   - couleur : transparent
- dureté (duromètre) Shore A : 50
  - résistance à la traction : 7,1 MPa
  - allongement à la rupture : 140%
  - résistance au déchirement - poinçon  
30 B : 2,6 kN/m
  - densité à 23°C : 1,05

- coefficient volumique de dilatation thermique :  $9.6 \cdot 10^{-4}/K$

- coefficient de conductivité thermique : 0,17 W/m.K.

5            Afin d'obtenir une bonne homogénéité après l'étalement du polymère, une plaque (par exemple en silicium) peut être posée sur la couche de polymère versée sur les puces. L'homogénéité de la distance entre la plaque et le substrat fournisseur des  
10 vignettes peut être assurée par appui par l'intermédiaire de cales dont l'épaisseur est choisie en fonction des besoins.

Les figures 1A à 1D illustrent des étapes d'un procédé de transfert de puces selon la présente  
15 invention.

La figure 1A montre, en vue de côté et en coupe, un substrat 1 (par exemple en silicium ou en InP) sur une face duquel des puces 2 ont été fabriquées et prédécoupées, par exemple à la scie mécanique. Les  
20 puces ont par exemple une section de 2 mm x 2 mm et une épaisseur de 100  $\mu\text{m}$ . L'épaisseur de la pré-découpe peut varier de l'épaisseur initiale du substrat jusqu'à une dizaine de micromètres.

La figure 1B montre la structure obtenue  
25 après le dépôt, à la tournette ou par versement direct, du polymère PDMS. L'épaisseur du polymère est choisie égale à 520  $\mu\text{m}$ . Cette épaisseur permet d'obtenir une bonne tenue mécanique des vignettes et une élasticité du polymère suffisante pour la suite du procédé. Le  
30 dépôt du polymère peut se faire directement sur la

plaque assurant l'homogénéité de l'épaisseur afin que son enlèvement se fasse directement.

On procède ensuite à un dégazage et à un recuit de polymérisation. Le fournisseur de PDMS  
5 annonce que la polymérisation d'un précurseur et d'un pré-polymère se fait à la température ambiante ou à la température de recuit. Après polymérisation, le substrat fournisseur de puces est enlevé mécaniquement (par exemple par rectification) jusqu'à l'épaisseur  
10 correspondant à la séparation des vignettes ou bien légèrement inférieure à cette valeur. Dans ce dernier cas, la séparation des vignettes aura lieu pendant la suite de la préparation.

La figure 1C montre la structure ainsi  
15 obtenue. La face arrière des puces (celle opposée au polymère) a été polie afin d'obtenir des puces bien séparées. On obtient alors un substrat auto-portant en polymère ou poignée, lisse d'un côté et avec des vignettes en pavage de l'autre côté.

La surface du polymère étant lisse, cette  
20 poignée peut être maintenue comme un substrat en silicium. Le polymère protège bien une face des vignettes ou des puces et permet en même temps une préparation de l'autre face des vignettes d'une manière  
25 collective. Cette préparation peut consister :

- à appliquer une préparation chimique (chimie des acides, des bases, des solvants), le polymère PDMS résistant bien aux traitements chimiques (comme  $H_2SO_4$  :  $H_2O_2$ , l'ammoniaque, le TMAH) ;
- 30 - à traiter la surface avec un plasma ou un rayonnement UV ;

- à réaliser des dépôts de couches d'oxyde ;

- à réaliser toute autre préparation permettant d'effectuer un collage moléculaire ou autre.

5 Cette préparation doit bien sûr être compatible avec la tenue en température du polymère (typiquement intérieure à 200°C).

Dans certains cas, un polissage permettant d'obtenir une rugosité convenable est nécessaire.

10 La poignée en polymère étant élastique, elle peut être montée sur une bague adaptée et peut être légèrement tendue afin d'augmenter la distance de séparation entre les vignettes et de permettre de les décoller d'une manière encore plus facile.

15 La poignée 3 est ensuite placée au-dessus du substrat de réception 4 (voir la figure 1D) sur lequel une ou plusieurs vignettes doivent être collées. Le substrat de réception est avantageusement posé sur une table micrométrique. Le positionnement des  
20 vignettes peut être réalisé avec la précision souhaitée et peut être suivi par une caméra infrarouge. Un stylet 5 vient appuyer et déformer la poignée 3 à l'endroit correspondant au centre de la vignette à transférer. Le polymère se déforme tandis que la vignette, qui est  
25 rigide, ne suit pas cette déformation élastique. Le décollement de la puce a alors lieu. Dès que la vignette entre en contact avec un substrat, le phénomène de collage moléculaire a lieu. La puce se décolle entièrement de la poignée en polymère. Le  
30 stylet remonte, le polymère étant élastique revient à sa forme initiale et le substrat se déplace. L'action

(cycle) de décollement de la puce peut être recommencée. Il est important à souligner que ce stylet peut avoir une forme géométrique différente et peut se composer d'une ou plusieurs pointes. En cas de besoin  
5 il peut être remplacé par un jet d'eau, un jet d'air. Il peut comporter un système chauffant ou refroidissant, un système de déplacement et de rotation.

Une fois tous les collages moléculaires  
10 réalisés, l'affinement du positionnement peut se faire par la gravure chimique des vignettes. Les vignettes transférées étant plus grandes que la surface nécessaire afin que le composant puisse être fabriqué, on peut alors éliminer le matériau s'il y a besoin.

15 L'avantage majeur de la poignée en polymère par rapport à un ruban adhésif est que les rubans sont dédiés à une utilisation unique et bien définie comme le sciage, le report, la rectification. Il n'est pas possible de trouver un ruban qui peut à la fois  
20 résister à l'amincissement, au traitement chimique, au traitement UV et/ou thermique pour la préparation collective des puces, et être ensuite utilisé comme poignée permettant le report des puces.

La poignée en polymère peut être utilisée  
25 dans le cas où les vignettes présentent des reliefs ou dans le cas où la morphologie de la surface ou la topologie ne permettent pas d'utiliser un ruban adhésif. Etant donné que le polymère est liquide au moment du dépôt, il s'adapte facilement à la topologie  
30 des objets à transférer. On peut donc utiliser cette technique pour un transfert et/ou un traitement de

surface de toute sorte d'objets de taille micrométrique dont la topologie de la face arrière est compliquée. En fonction de l'application, la poignée peut être utilisée avec ou sans support raidisseur. Un support  
5 raidisseur peut être utile pour une opération de meulage ou de polissage et inutile pour un traitement chimique ou une insolation.

La poignée selon l'invention peut également être utilisée pour effectuer un transfert de plaque ou  
10 de couches ayant des dimensions (dans le sens longitudinal) plus importantes que des vignettes ou des puces, en particulier pour le transfert de couches minces déformées et ayant une morphologie particulièrement compliquée. Il a été démontré que les  
15 couches minces contraintes en compression, déposés sur un matériau visqueux, se relaxent par ondulation. L'utilisation d'un polymère comme le PDMS peut être mise en œuvre afin de planariser et transférer une telle couche mince sur un substrat de réception.

20 Les figures 2A à 2F illustrent des étapes d'un procédé de transfert d'une couche mince ayant une morphologie compliquée, selon la présente invention.

La figure 2A montre, en vue de côté et en coupe, un substrat 11 (par exemple en silicium)  
25 supportant successivement une couche visqueuse 12 (par exemple en verre, en cire, en résine ou en un autre polymère) et une couche mince 13 de 30 nm d'épaisseur par exemple (par exemple en SiGe ou en matériau III-V). La couche mince 13 présente une morphologie compliquée  
30 due au fait que cette couche mince était une couche initialement contrainte en compression et qui s'est

relaxée par ondulation en présence de la couche visqueuse 12 sous-jacente.

La figure 2B montre la structure de la figure 2A sur laquelle une couche de PDMS 14 formant  
5 poignée a été déposée sur la couche mince 13.

Le substrat 11 et la couche visqueuse 12 sont ensuite enlevés pour ne laisser subsister que la couche mince 13 adhérent à la poignée 14 (voir la figure 2C). Le substrat peut par exemple être enlevé  
10 par élimination de la couche visqueuse, cette élimination se faisant par exemple dans un solvant adapté ou par chauffage ou encore par attaques chimiques selon le matériau de la couche visqueuse.

A ce stade, la couche mince 13, qui s'était  
15 relaxée par ondulation, peut se détendre puisque la poignée en polymère 14 peut se déformer, sa faible épaisseur et la faible épaisseur de la couche mince le permettant (voir la figure 2D). Il est possible également, en variante, de détendre la couche mince 13  
20 par une action mécanique extérieure par exemple au moyen d'une bague adaptée, comme décrit plus haut.

La couche mince 13 détendue est ensuite collée sur un substrat de réception 15 (voir la figure 2E) et la poignée en polymère est ensuite enlevée (voir  
25 la figure 2F), par exemple par décollement mécanique à partir d'un bord ou encore par gravure plasma.

La poignée en polymère selon l'invention peut également être utilisée pour préparer et coller des vignettes déjà découpées. C'est ce qu'illustrent  
30 les figures 3A à 3C.

La figure 3A montre, en vue de côté, des vignettes 21 (par exemple des puces en InP) déjà découpées et séparées.

La figure 3B montre les vignettes 21  
5 collées sur une couche 22 de PDMS par leur face arrière. Pour cela, on peut prévoir un support en PDMS solide (déjà polymérisé) de typiquement un à quelques centaines de micromètres et déposer sur ce support une couche plus fine (typiquement de quelques micromètres)  
10 de PDMS visqueux. Les vignettes sont ensuite disposées sur cette couche où elles s'enfoncent légèrement. On procède ensuite à la polymérisation de la couche visqueuse de PDMS, assurant ainsi la cohésion de l'ensemble. Les vignettes subissent alors une  
15 préparation par exemple chimique pour les rendre compatibles avec le collage ultérieur. La structure superposée obtenue est une structure déformable dans la direction de la superposition.

La figure 3C montre le dépôt d'une vignette  
20 21 sur un substrat de réception 23 par exemple un substrat de silicium recouvert d'une couche d'oxyde de silicium. Le dépôt peut se faire en utilisant des guides verticaux 24 jouant le même rôle que la bague mentionnée plus haut et un stylet ou pointeur 25. La  
25 poignée en polymère 22 est déformée au-dessus de l'emplacement choisi pour la vignette à déposer. La mise en contact de la vignette avec le substrat de réception a lieu. Le collage moléculaire est réalisé et la vignette se décolle de la poignée lors du retrait de  
30 celle-ci, le collage moléculaire ayant une force

d'adhésion plus importante que le collage avec la poignée.

**REVENDICATIONS**

1. Procédé de transfert d'au moins un objet  
(2, 13, 21) de taille micrométrique ou millimétrique  
5 vers un substrat de réception (4, 15, 23) au moyen  
d'une poignée, caractérisé en ce qu'il comprend les  
étapes suivantes :

- fixation d'une poignée en polymère (3,  
14, 22) sur ledit objet (2, 13, 21) afin de pouvoir  
10 obtenir une structure, constituée de la poignée et de  
l'objet superposés, déformable, comprenant le dépôt du  
polymère à l'état liquide sur ledit objet (2, 13) et la  
polymérisation du polymère,

- préparation de surface de la face de  
15 l'objet (2, 13, 21) opposée à la poignée (3, 14, 22) en  
vue de son adhésion sur une face du substrat de  
réception (4, 15, 23),

- mise en contact et adhésion de ladite  
face de l'objet sur ladite face du substrat de  
20 réception après déformation d'au moins la poignée,

- retrait de la poignée en polymère.

2. Procédé de transfert selon la  
revendication 1, caractérisé en ce que, le transfert  
25 concernant une pluralité de vignettes (2) réalisés dans  
une couche mince solidaire d'un substrat initial (1),  
il est prévu une étape de prédécoupe des vignettes  
avant la fixation de la poignée en polymère (3) et une  
étape d'élimination du substrat initial (1) jusqu'à  
30 obtenir des vignettes (2) séparées les unes des autres,  
l'étape de mise en contact et d'adhésion d'une vignette

étant obtenue après déformation de la poignée dans la direction de la superposition.

3. Procédé de transfert selon la  
5 revendication 2, caractérisé en ce que l'étape de mise en contact et d'adhésion d'une vignette comprend l'utilisation d'un stylet (5) pour plaquer ladite vignette sur la face du substrat de réception (4).

10 4. Procédé de transfert selon la revendication 1, caractérisé en ce que, ledit objet étant une couche mince (13) relaxée par ondulation sur un substrat initial, il est prévu une étape d'élimination du substrat initial après l'étape de  
15 fixation de la poignée (14) sur la couche mince (13), l'étape de mise en contact et d'adhésion de la couche mince étant obtenue après déformation de la structure dans le plan de la superposition.

20 5. Procédé de transfert selon la revendication 1, caractérisé en ce que, le transfert concernant une pluralité de vignettes (21) découpées et déjà séparées d'un substrat initial de fabrication, la fixation de la poignée en polymère (22) se fait par  
25 collage d'une première face des vignettes (21) sur la poignée, l'étape de mise en contact et d'adhésion d'une vignette étant obtenue après déformation de la poignée dans la direction de la superposition.

30 6. Procédé de transfert selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'étape de mise

en contact et d'adhésion d'une vignette comprend l'utilisation d'un stylet (25) pour plaquer ladite vignette sur la face du substrat de réception (23).

5                   7. Procédé de transfert selon lune quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le polymère de la poignée est du PDMS.

10                   8. Procédé de transfert selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'adhésion de ladite face de l'objet sur ladite face du substrat de réception est une adhésion par collage moléculaire.

15                   9. Procédé de transfert selon la revendication 1, caractérisé en ce que le retrait de la poignée en polymère comprend la déformation de la poignée.

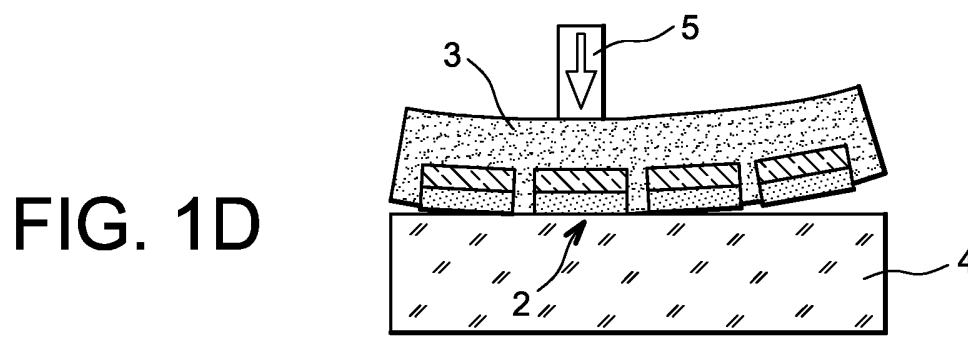
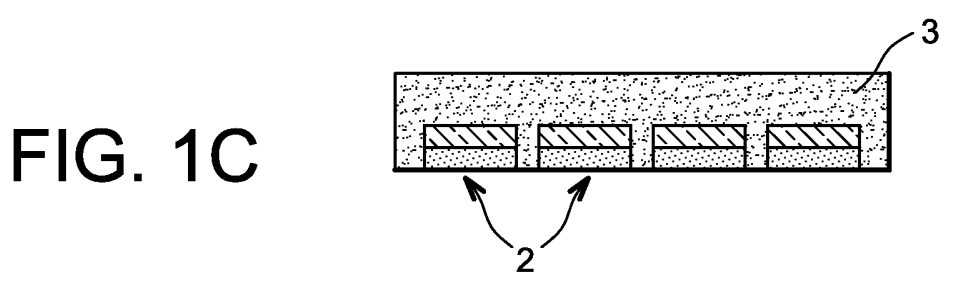
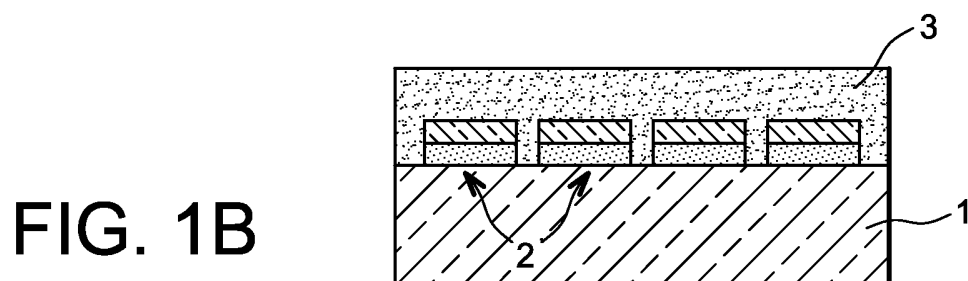
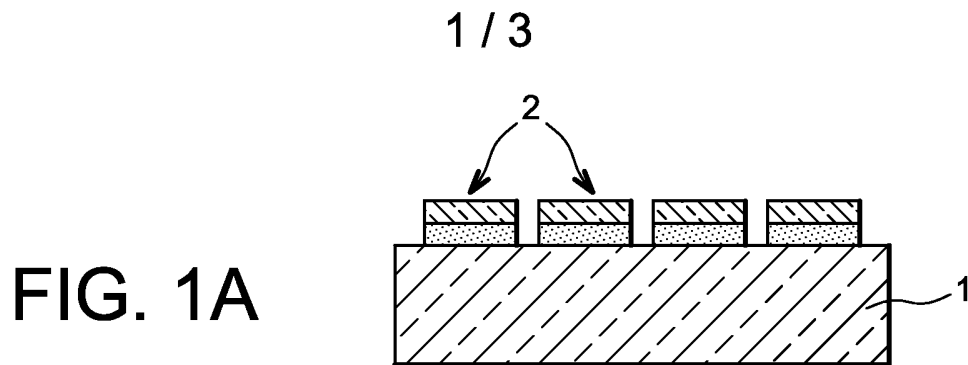


FIG. 2A

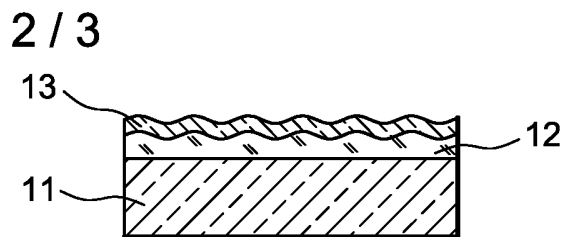


FIG. 2B

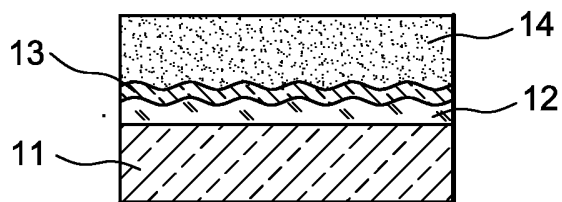


FIG. 2C

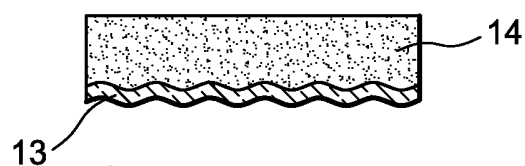


FIG. 2D

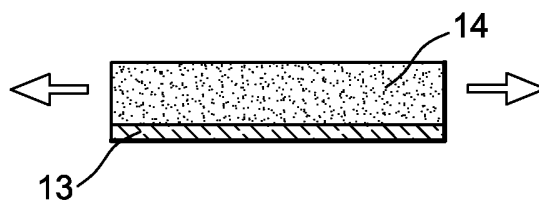


FIG. 2E

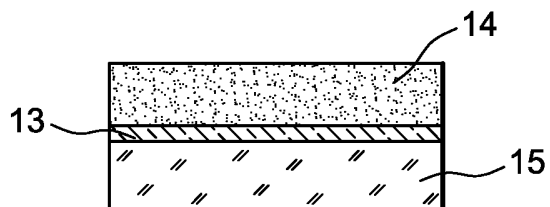
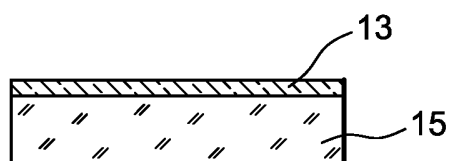


FIG. 2F



3 / 3

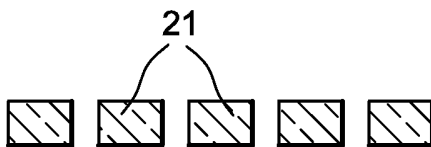


FIG. 3A

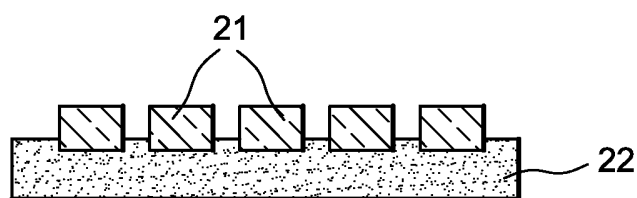


FIG. 3B

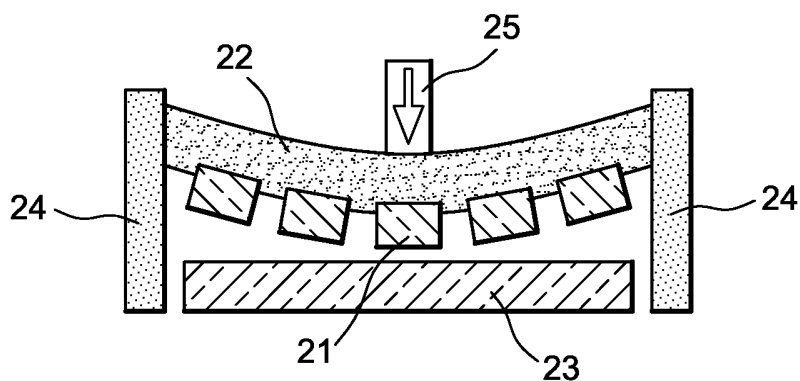


FIG. 3C