Système et procédé d'évaluation de déformations inhomogènes dans des plaques multicouches

Arrière-plan de l'invention

La présente invention se rapporte au domaine de la réalisation des plaques ou substrats semi-conducteurs multicouches (également dénommées "multilayer semiconductor wafers") réalisés par transfert d'au moins une couche formée à partir d'un substrat initial sur un substrat final, la couche transférée correspondant à une portion du substrat initial. La couche transférée peut comprendre en outre tout ou partie d'un composant ou d'une pluralité de microcomposants.

La présente invention concerne le problème des déformations inhomogènes qui apparaissent dans une couche collée par adhésion moléculaire sur un substrat, et plus précisément, lors du transfert d'une telle couche depuis un substrat initial dit "substrat donneur" sur un substrat final dit "substrat receveur". De telles déformations ont notamment été observées dans le cas de la technologie d'intégration tridimensionnelle de composants (3D-integration) qui nécessite le transfert d'une ou plusieurs couches de microcomposants sur un substrat support final mais aussi dans le cas de transfert de circuits ou encore dans la fabrication d'imageurs éclairés en face arrière. En raison notamment de la taille très réduite et du nombre important de microcomposants généralement présents sur les couches transférées, chacune d'elles doit être positionnée sur le substrat final avec une grande précision afin de respecter un alignement très strict avec la couche sous-jacente. En outre, il peut être nécessaire de réaliser des traitements sur la couche après son transfert, par exemple pour former d'autres microcomposants, pour découvrir en surface des microcomposants, pour réaliser des interconnections, etc.

Cependant, la Déposante a constaté, qu'après un tel transfert, il existe des cas où il est très difficile, voire impossible, de former des microcomposants supplémentaires en alignement avec les microcomposants formés avant le transfert.

Ce phénomène de désalignement est décrit en relation avec les figures 1A à 1E qui illustrent un exemple de réalisation d'une structure

tridimensionnelle comprenant le transfert, sur un substrat final, d'une couche de microcomposants formée sur un substrat initial, et la formation d'une couche additionnelle de microcomposants sur la face exposée du substrat initial après collage.

Les figures 1A et 1B illustrent un substrat initial 10 sur lequel est formée une première série de microcomposants 11. Les microcomposants 11 sont formés par photolithographie au moyen d'un masque permettant de définir les zones de formation de motifs correspondant aux microcomposants 11 à réaliser.

Comme illustrée sur la figure 1C, la face du substrat initial 10 comprenant les microcomposants 11 est ensuite mise en contact intime avec une face d'un substrat final 20, formant ainsi la structure composite 25. Le collage entre le substrat initial 10 et le substrat final 20 est réalisé par adhésion moléculaire. On obtient ainsi une couche enterrée de microcomposants 11 à l'interface de collage entre les substrats 10 et 20. Après le collage et tel que représenté sur la figure 1D, le substrat initial 10 est aminci afin de retirer une portion de matière présente au-dessus de la couche de microcomposants 11. On obtient alors une structure composite amincie 30 formée du substrat final 20 et d'une couche 10a correspondant à la portion restante du substrat initial 10.

Comme représentée sur la figure 1E, l'étape suivante dans la réalisation de la structure tridimensionnelle consiste à former une deuxième couche de microcomposants 12 au niveau de la surface exposée du substrat initial 10 aminci, ou à réaliser des étapes technologiques complémentaires sur cette surface exposée, en alignement avec les composants compris dans la couche 10a (prise de contact, interconnexions, etc.). Par souci de simplification, on appellera "microcomposants" dans la suite de ce texte, les dispositifs ou tout autres motifs résultant des étapes technologiques réalisées sur ou dans les couches et dont le positionnement doit être contrôlé avec précision. Il peut donc s'agir de composants actifs ou passifs, de simples prises de contact ou d'interconnexions.

Ainsi, afin de former les microcomposants 12 en alignement avec les microcomposants 11 enterrés, on utilise un masque de photolithographie similaire avec celui utilisé pour former les microcomposants 11. On entend ici par masques similaires, des masques

qui ont été conçus pour être utilisés en association lors d'un procédé de fabrication.

Les couches transférées, comme la couche 10a, comprennent typiquement des marques (ou repères) à la fois au niveau des microcomposants et au niveau de la tranche formant la couche qui sont notamment utilisées par des outils de positionnement et d'alignement pendant les étapes de traitement technologiques telles que celles mises en œuvre lors d'une photolithographie.

Cependant, même en utilisant des outils de positionnement, des décalages se produisent entre certains des microcomposants 11 et 12, tels que les décalages Δ11, Δ22, Δ33, Δ44, indiqués sur la figure 1E (correspondant respectivement aux décalages observés entre les couples de microcomposants 111/121, 112/122, 113/123 et 114/124).

Ces décalages ne résultent pas de transformations élémentaires (translation, rotation ou leurs combinaisons) qui pourraient avoir pour origine un assemblage imprécis des substrats. Ces décalages résultent de déformations inhomogènes qui apparaissent dans la couche provenant du substrat initial lors de son assemblage avec le substrat final. En fait, ces déformations entraînent des déplacements locaux et non uniformes au niveau de certains microcomposants 11. Aussi, certains des microcomposants 12 formés sur la surface exposée 14b du substrat après transfert présentent des variations de position avec ces microcomposants 11 qui peuvent être de l'ordre de plusieurs centaines de nanomètres, voire du micron.

Ce phénomène de désalignement (encore appelé "overlay") entre les deux couches de microcomposants 11 et 12 peut être source de courts-circuits, de distorsions dans l'empilement ou de défauts de connexion entre les microcomposants des deux couches. Ainsi, dans le cas où les microcomposants transférés sont des imageurs formés de pixels et que les étapes de traitement post transfert visent à former sur chacun de ces pixels des filtres de couleur, on a observé une perte de la fonction de colorisation pour certains de ces pixels.

Ce phénomène de désalignement conduit ainsi à une réduction de la qualité et de la valeur des plaques de semi-conducteurs multicouches fabriquées. L'impact de ce phénomène devient de plus en plus critique en raison des exigences sans cesse croissantes vis-à-vis de la

miniaturisation des microcomposants et de leur densité d'intégration par couche.

La méthode couramment utilisée aujourd'hui pour déterminer si des déformations inhomogènes significatives sont présentes dans une plaque multicouche consiste à déterminer le positionnement d'un certain nombre de microcomposants en réalisant optiquement des mesures de positionnement au niveau de repères formés sur ou à proximité de ces microcomposants (verniers,...).

Cependant, il n'est possible de procéder à ces tests de positionnement qu'après l'amincissement du substrat initial et la réalisation d'étapes technologiques complémentaires sur la surface exposée 14b du substrat initial 10.

En outre, si des défauts d'alignement sont détectés dans le substrat initial après son amincissement, ceux-ci ne peuvent être corrigés. Dans ce cas, le substrat initial aminci n'est pas recyclable. En définitive, lorsque des tests de positionnement révèlent des désalignements inacceptables en termes de fiabilité et/ou de performance dans une structure composite amincie, le substrat final est perdu ce qui augmente de façon significative le coût de production des plaques multicouches.

Une technique de détermination de désalignements dans une plaque (wafer) à semi-conducteur a par ailleurs été décrite dans le document de brevet WO 2007/103566 A2. Plus précisément, Cette technique vise à évaluer des désalignements susceptibles de survenir dans une plaque lors d'une étape de photolithographie, ces désalignements résultant des contraintes mécaniques générées dans la plaque.

En pratique, cette technique consiste à réaliser des mesures de courbure sur une face d'une couche réalisée par dépôt sur un substrat. A partir des données de courbure obtenues en différents points de la couche, on détermine les contraintes mécaniques internes de cette couche par rapport au substrat. De la connaissance de ces contraintes, il est possible d'évaluer les « déplacements » de cette couche par rapport au substrat. L'évaluation de ces déplacements avant ou pendant une étape de photolithographie permet notamment de déterminer comment compenser ou corriger les paramètres de la photolithographie de façon à minimiser les désalignements.

Cependant, cette technique concerne uniquement l'évaluation des déformations générées sur l'ensemble d'une couche réalisée par dépôt sur un substrat (ou éventuellement par implantation ionique, recuit ou gravure). Ces déformations, dites homogènes, sont en fait le résultat d'un équilibre mécanique obtenu sur l'ensemble de la couche déposée sur le substrat. Ce type de déformation a un comportement qui est aujourd'hui relativement prévisible grâce à l'utilisation de modèles prenant en compte notamment les lois de la mécanique et les épaisseurs mises en jeu (cf. l'équation 5 présentée en page 5 du document WO 2007/103566 A2).

La technique décrite dans le document WO 2007/103566 A2 n'est cependant pas conçue pour évaluer des déformations inhomogènes résultant d'un collage de deux plaques, et en particulier d'un collage de type adhésion moléculaire dont les mécanismes sont encore très mal connus aujourd'hui.

La Déposante a en effet constaté que le comportement des déformations inhomogènes résultant d'un collage par adhésion moléculaire est aléatoire, et en tout état de cause très différent de celui des déformations homogènes classiques. A ce jour, aucun modèle ne permet d'évaluer de manière fiable le niveau des déformations inhomogènes générées dans une couche collée par adhésion moléculaire sur un substrat. Il existe donc un besoin pour évaluer de manière simple et efficace le niveau de déformations inhomogènes dans des structures multicouches fabriquées par collage par adhésion moléculaire, et ce à un stade plus précoce de leur fabrication, c'est-à-dire après collage.

Objet et résumé de l'invention

Un des buts de l'invention est de proposer une solution qui permet de répondre au besoin formulé ci-dessus. A cet effet, la présente invention propose un procédé d'évaluation de déformations inhomogènes dans une première plaque, la première plaque étant collée par adhésion moléculaire sur une deuxième plaque, le procédé d'évaluation comprenant :

une étape de relevé d'une pluralité de points de mesure, chacun des points de mesure étant représentatif localement du niveau de la surface exposée de la première plaque ;

une étape de détermination d'au moins un profil de surface de la première plaque passant par une pluralité des points de mesures;

une étape de traitement du profil de surface de la première plaque pour en déterminer une grandeur caractéristique du profil de surface traité; et

une étape d'évaluation d'un niveau de déformations inhomogènes dans la première plaque en fonction de la grandeur caractéristique.

Grâce au procédé d'évaluation de l'invention, il est possible d'évaluer le niveau de déformations inhomogènes dans un substrat initial et ce immédiatement après son collage sur un substrat final.

A partir de l'évaluation d'un niveau de déformations inhomogènes, on peut estimer les décalages qui se sont produits entre la surface enterrée et la surface exposée du substrat initial. Plus particulièrement, le procédé de l'invention permet d'estimer le niveau des désalignements qui seraient susceptibles de survenir si l'on fabriquait des microcomposants sur la surface exposée du substrat initial.

Une évaluation simple et efficace des déformations inhomogènes est ainsi possible avant de procéder à l'amincissement du substrat initial. En effet, le procédé d'évaluation selon l'invention ne nécessite pas la présence de microcomposants sur la surface exposée du substrat initial ni même la présence de microcomposants enterrés dans le substrat initial de manière à être observables optiquement à travers une épaisseur relativement faible du substrat initial restant. L'évaluation d'un niveau de déformations inhomogènes peut donc être réalisée très en amont dans le procédé de fabrication d'une structure tridimensionnelle.

Le procédé d'évaluation selon l'invention est réalisé de préférence juste après collage par adhésion moléculaire du substrat initial sur le substrat final. De cette manière, on évite de réaliser des étapes technologiques supplémentaires (amincissement, réalisation de microcomposants, etc.) qui pourraient s'avérer inutiles et coûteuses dans le cas où des désalignements trop importants seraient détectés par la suite dans le substrat initial.

Lorsque l'on détecte des déformations inhomogènes trop importantes dans un substrat initial après collage, il est alors possible de désolidariser le substrat initial du substrat final et de tenter un nouveau

collage par adhésion moléculaire. Le procédé d'évaluation selon l'invention permet donc la réutilisation (c'est-à-dire le recyclage) d'un substrat initial, lorsque le collage a conduit à des déformations inhomogènes.

Selon un premier mode de réalisation particulier, le profil de surface est déterminé par des points de mesure disposés le long d'un diamètre de la première plaque. Ce cas s'applique bien entendu lorsque la première plaque présente une forme sensiblement cylindrique.

Il est ainsi possible de réaliser des relevés de points de mesure selon différents diamètres de la première plaque afin d'obtenir des données représentatives des déformations inhomogènes sur l'ensemble de la première plaque.

Dans ce premier mode, la grandeur caractéristique est de préférence la dérivée seconde du profil de surface.

De plus, l'étape d'évaluation du procédé d'évaluation peut comprendre au moins un test parmi les tests suivants :

un premier test pour déterminer si la dérivée seconde présente au moins un changement de signe ; et

un deuxième test pour déterminer si la dérivée seconde présente au moins une valeur absolue supérieure à une valeur prédéterminée.

Chacun de ces deux tests permet d'évaluer de manière simple et efficace un niveau de déformations inhomogènes dans un substrat initial après collage par adhésion moléculaire sur un substrat final.

Dans un mode de réalisation de l'invention, seul un des deux tests décrits ci-dessus est réalisé.

Dans une alternative, les deux tests sont réalisés pour évaluer un niveau de déformations inhomogènes dans la première plaque.

Selon un deuxième mode de réalisation, le profil de surface est déterminé par des points de mesure disposés le long d'un cercle dont le centre coïncide avec le centre de ladite première plaque.

Dans une mise en œuvre particulière, le procédé d'évaluation comprend la réalisation des étapes suivantes :

- détermination d'une pluralité de profils de surface de la première plaque,
- pour chaque profil de surface de la pluralité de profils de surface, réalisation d'une étape de traitement pour en déterminer une grandeur caractéristique du profil traité, dans lequel, lors de l'étape

d'évaluation, le niveau de déformations inhomogènes est déterminé en fonction des grandeurs caractéristiques déterminées.

Dans une alternative, on peut réaliser une pluralité de relevés de points de mesure, les relevés étant espacés les uns des autres et réalisés suivant une même direction. De cette manière, tous les relevés de points de mesure réalisés sont parallèles les uns aux autres suivant une première direction. On peut en particulier envisager le cas où les relevés sont uniformément espacés les uns des autres et orientés suivant une même première direction.

Par ailleurs, toujours dans le cadre de cette alternative, il est possible de réaliser une pluralité de relevés supplémentaires, dans lequel les points de mesure de chacun de ces relevés suivent une même deuxième direction, cette deuxième direction étant différente de la première direction mentionnée ci-dessus. On peut par exemple réaliser des relevés de points de mesure suivant un quadrillage formé par des lignes parallèles aux première et deuxième directions. Ce quadrillage pourra être uniforme et les première et deuxième directions pourront être choisies de manière à être perpendiculaires.

D'autre part, les points de mesure de chaque relevé peuvent être mesurés suivant un pas de mesure, le pas de mesure étant déterminé en fonction d'une dimension d'au moins un motif de la première plaque.

Dans un mode de réalisation particulier, le pas de mesure peut correspondre sensiblement à la moitié d'une dimension d'un motif de ladite première plaque. Dans un cas particulier, un motif présente une forme rectangulaire sur la surface exposée du substrat initial, le pas de mesure correspondant sensiblement à la moitié d'un côté de ce motif.

Le choix d'un pas de mesure approprié, et ce en fonction d'une dimension d'un motif de la première plaque, est avantageux en ce qu'il permet de ne pas prendre en compte d'éventuelles variations infimes de niveau de la surface exposée de la première plaque, ces variations causant des changements de signe très localisés de la dérivée seconde du profil de surface correspondant.

De plus, le relevé d'une pluralité de points de mesure peut être réalisé par microscopie acoustique.

La présente invention concerne également un procédé de sélection d'au moins une structure comprenant une première plaque collée

par adhésion moléculaire sur une deuxième plaque, le procédé de sélection comprenant :

une étape d'évaluation des déformations inhomogènes dans la première plaque de chaque structure conformément à un procédé d'évaluation tel que décrit précédemment ;

une étape de sélection d'une ou plusieurs structures à partir des grandeurs caractéristiques déterminées pour chaque structure évaluée.

Ainsi, lorsque par exemple le premier test et le deuxième test sont réalisés lors de l'étape d'évaluation, une structure n'est sélectionnée que lorsque ces deux tests sont négatifs.

Le procédé de sélection selon invention permet de retenir, parmi un lot d'une pluralité de structures multicouches, les structures satisfaisantes, c'est-à-dire celles qui présentent un niveau de déformations inhomogènes acceptable et d'éliminer les structures présentant un niveau de déformations inhomogènes inacceptable.

La présente invention concerne également un dispositif d'évaluation de déformations inhomogènes dans une première plaque, la première plaque étant collée par adhésion moléculaire sur une deuxième plaque, le dispositif d'évaluation comprenant :

des moyens de mesure pour relever une pluralité de points de mesure, chacun des points de mesure étant représentatifs localement du niveau de la surface exposée de la première plaque ;

des moyens de calcul pour déterminer au moins un profil de surface de la première plaque passant par une pluralité des points de mesures et pour en déterminer une grandeur caractéristique; et

des moyens d'évaluation pour évaluer un niveau de déformations inhomogènes dans la première plaque en fonction de la grandeur caractéristique.

On notera que les avantages et commentaires énoncés en référence aux différents modes de réalisation du procédé d'évaluation et au procédé de sélection selon l'invention s'appliquent de manière analogue aux différents modes de réalisation du dispositif d'évaluation et au dispositif de sélection de l'invention.

Dans un mode de réalisation particulier, la grandeur caractéristique est la dérivée seconde du profil de surface.

Dans ce mode de réalisation, les moyens d'évaluation peuvent être configurés pour exécuter au moins un test parmi les tests suivants :

un premier test pour déterminer si la dérivée seconde présente au moins un changement de signe ; et

un deuxième test pour déterminer si la dérivée seconde présente au moins une valeur absolue supérieure à une valeur prédéterminée.

Les moyens de mesure peuvent être configurés pour que les points de mesure de chaque relevé soient mesurés le long d'un diamètre de la première plaque.

Dans une alternative, les moyens de mesure sont configurés pour réaliser une pluralité de relevés de points de mesure, les relevés étant espacés les uns des autres et réalisés suivant une même direction.

Les moyens de mesure peuvent en outre être configurés pour que les points de mesure de chaque relevé soient mesurés suivant un pas de mesure, le pas de mesure étant déterminé en fonction d'une dimension d'au moins un motif de la première plaque.

Dans un mode de réalisation particulier, le pas de mesure correspond sensiblement à la moitié d'une dimension d'un motif de la première plaque.

Par ailleurs, les moyens de mesure de l'invention peuvent comprendre un microscope acoustique.

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- les figures 1A à 1E, sont des vues schématiques montrant la réalisation d'une structure tridimensionnelle selon l'art antérieur ;
- la figure 2 est une perspective en demi-coupe d'une structure composite comprenant une première plaque collée sur une deuxième plaque ;
- la figure 3 représente, sous forme d'un organigramme, les principales étapes d'un procédé d'évaluation et d'un procédé de sélection conformes à un mode particulier de réalisation de l'invention ;

- les figures 4A, 4B, 4C et 4D représentent respectivement une vue schématique d'un premier exemple de collage d'une première plaque sur une deuxième plaque, la courbe d'un profil de surface correspondant à ce premier exemple, la courbe de la dérivée seconde correspondante suivant un diamètre déterminé et une courbe représentative des désalignements présents dans la première plaque suivant un rayon déterminé ;
- les figures 5A, 5B, 5C et 5D représentent respectivement une vue schématique d'un deuxième exemple de collage d'une première plaque sur une deuxième plaque, la courbe d'un profil de surface correspondant à ce deuxième exemple, la courbe de la dérivée seconde correspondante suivant un diamètre déterminé et une courbe représentative des désalignements présents dans la première plaque suivant un rayon déterminé;
- les figures 6A, 6B, 6C et 6D représentent respectivement une vue schématique d'un troisième exemple de collage d'une première plaque sur une deuxième plaque, la courbe d'un profil de surface correspondant à ce troisième exemple, la courbe de la dérivée seconde correspondante suivant un diamètre déterminé et une courbe représentative des désalignements présents dans la première plaque suivant un rayon déterminé ;
- la figure 7 représente de manière schématique un exemple de technique de microscopie acoustique permettant la mesure d'un profil de surface ;
- la figure 8A représente une perspective en demi-coupe d'une structure composite comprenant une première plaque collée sur une deuxième plaque ; et
- la figure 8B représente en vue de haut la structure de la figure 8A

Description détaillée d'un mode de réalisation

La présente invention propose une solution permettant d'évaluer un niveau de déformations inhomogènes dans une première plaque correspondant à un substrat initial collée par adhésion moléculaire sur une deuxième plaque correspondant à un substrat final.

On considère ici le cas de la structure composite 125 telle que décrite en figure 2. Dans cet exemple, la structure composite 125 est formée en collant par adhésion moléculaire une première plaque 110, comportant des microcomposants 111 sur sa surface de collage 114a, sur une deuxième plaque 120, de manière à enterrer les microcomposants 111 au niveau de l'interface de collage.

Dans les exemples décrits ici, les plaques utilisées pour former la structure composite 125 présentent un diamètre de 300 mm. On comprendra cependant que l'invention s'applique à d'autres dimensions et/ou formes des plaques.

On décrit, en référence à la figure 3, les principales étapes du procédé d'évaluation (étapes E1 à E3) selon un mode de réalisation de l'invention, ce procédé permettant d'évaluer un niveau de déformations inhomogènes dans la structure composite 125 illustrée en figure 2.

La Déposante a constaté, de manière surprenante, qu'il est possible d'obtenir des informations sur les déformations inhomogènes dans la première plaque 110 en étudiant les reliefs de la surface exposée 114b de la première plaque 110.

On procède donc tout d'abord à une étape E1 de relevé d'une pluralité de points de mesure, chaque point de mesure étant représentatif localement du niveau de la surface exposée de la plaque 110. Chaque relevé effectué correspond ainsi à un profil de surface de la première plaque 110 suivant une direction ou une courbe déterminée et sur une longueur déterminée.

On entend donc ici par profil de surface un profil représentatif du relief (ou niveau) d'une surface suivant une direction ou une courbe déterminée et sur une longueur déterminée.

Dans le cas présent, chaque relevé de point de mesure est représentatif localement du niveau ou relief de la surface exposée 114b de la première plaque 110 vis-à-vis d'un axe Z perpendiculaire à ladite surface exposée 114b.

La réalisation du ou des relevés de points de mesure se fait typiquement au moyen d'un équipement de profilométrie mécanique ou optique (par interférométrie, par exemple). On réalisera de préférence les relevés à l'aide d'une technique de microscopie acoustique, cette

technique permettant de réduire de manière avantageuse le temps de mesure de chaque relevé.

La figure 7 représente de manière schématique un exemple de technique de microscopie acoustique permettant de mesurer un profil de la surface exposée 114b de la première plaque 110.

Une sonde 147 comprend une source 148 configurée pour émettre une onde acoustique incidente 140 en direction de la structure composite 125. Cette onde acoustique se propage dans la première plaque 110 puis dans la deuxième plaque 120, rencontrant ainsi trois interfaces successives, à savoir la surface exposée 114b de la première plaque 110 puis la surface enterrée 114a de la première plaque 110 et enfin la face arrière de la deuxième plaque 120. L'onde acoustique 140 est réfléchie partiellement au niveau de chaque interface, donnant à chaque fois naissance à un écho qui est renvoyé vers le capteur acoustique 150 de la sonde 147. On détecte ainsi au moyen du capteur acoustique 150 la réception des échos 142, 144 et 146 provenant respectivement de la réflexion de l'onde acoustique 142 sur la face arrière de la deuxième plaque 120, sur la surface enterrée 114a et sur la surface exposée 114b.

On peut alors déterminer la distance entre la sonde 147 et la surface exposée 114b de la première plaque 110 à partir de la durée nécessaire à l'écho 146 pour atteindre la sonde 147. Alternativement, on peut mesurer l'épaisseur de la première plaque à une position donnée à partir du décalage temporel entre la réception de l'écho 146 et la réception de l'écho 144.

En déplaçant la sonde vis-à-vis de la structure composite 125, on peut ainsi réaliser un relevé de points de mesure correspondant à un profil de la surface exposée 114b de la première plaque 110.

Dans l'exemple décrit ici, les points de mesure sont relevés le long d'un diamètre D de la première plaque 110. Dans un second exemple, les points de mesures sont relevés le long d'un cercle (ou d'un arc de cercle) dont le centre coïncide avec le centre de la plaque 110 et dont le rayon est inférieur au rayon de la plaque.

Cependant, il est possible de réaliser plus d'un relevé de points de mesure, suivant des directions et/ou des distances quelconques. En outre, la direction et la longueur de chaque relevé peuvent être choisies en fonction notamment des contraintes et besoins d'une situation donnée

(de la technologie considérée, du niveau de fiabilité requis, des équipements utilisés, etc.). Pour poursuivre le second exemple précédent, les relevés peuvent consister en une série de cercles concentriques dont les centres coïncident avec le centre de la plaque 110 et dont les rayons sont choisis de manière à répartir les points de mesures à la surface de la plaque.

On effectue ensuite une étape E2 de détermination d'au moins un profil de surface de la plaque 110, chaque profil passant par une pluralité des points de mesures d'un relevé réalisé à l'étape E1. Un profil de surface peut ainsi correspondre à tous ou partie des points de mesure d'un relevé réalisé à l'étape E1. Lorsque plusieurs relevés de mesure ont été effectués à l'étape E1, un profil de mesure est déterminé pour chacun d'eux à l'étape E2.

Une fois l'étape E2 effectuée, on réalise un traitement (étape E3) pour chaque profil de surface obtenu à l'étape E2 afin d'en déduire une grandeur caractéristique correspondante. Comme expliqué plus en détail ci-dessous, cette grandeur caractéristique peut être de différente nature.

Plus précisément, la Déposante a déterminé que différents traitements permettent, à partir du profil de surface déterminé à l'étape E2, d'obtenir des informations représentatives du niveau de déformations inhomogènes présentes dans la plaque 110.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, au cours de l'étape E3, une dérivée seconde est calculée à partir des points de mesure obtenus le long du diamètre D de la plaque 110. La dérivée seconde ainsi calculée renseigne sur les variations de la pente du profil de surface le long de ce diamètre.

La Déposante a observé que, de manière surprenante, la dérivée seconde d'un profil de surface fournit des informations représentatives du niveau de déformations inhomogènes existant dans la première plaque 110 collée par adhésion moléculaire sur la deuxième plaque 120. Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, on détermine lors de l'étape de traitement E3 la dispersion d'un profil de surface déterminé à l'étape E2, ce profil de surface correspondant à un relevé en forme de cercle. La Déposante a en effet observé que, de manière surprenante, la dispersion (telle que mesurée par un écart type ou la différence entre la valeur maximale et minimale) d'un profil de surface correspondant à un relevé en

forme de cercle fournit également des informations représentatives du niveau de déformations inhomogènes existant dans la première plaque 110 collée par adhésion moléculaire sur la deuxième plaque 120.

On réalise ensuite une évaluation (étape E4) des niveaux de déformations inhomogènes de la première plaque 110 en fonction de la grandeur caractéristique obtenue à l'étape E3. Cette évaluation permet d'estimer les désalignements qui sont susceptibles de se produire dans la suite de la fabrication d'une hétérostructure telle que celle décrite en référence à la figure 1E.

En référence au cas de la figure 1, par exemple, l'invention permet d'estimer le niveau des défauts d'alignement Δ11, Δ22, Δ33 et Δ44 que l'on obtiendrait en fabriquant les microcomposants 12 avec un masque de photolithographie similaire à celui utilisé pour la fabrication des microcomposants 11.

A cet effet, la Déposante a constaté qu'il existe différentes manières d'exploiter la grandeur caractéristique (i.e. la dérivée seconde ou la dispersion) d'un profil de surface pour évaluer un niveau de déformations inhomogènes dans une plaque.

Des exemples d'exploitation d'une dérivée seconde d'un profil de surface permettant l'évaluation d'un niveau de déformations inhomogènes (premier mode de réalisation) sont tout d'abord décrits en relation avec les exemples des figures 4A, 5A et 6A.

Dans tous les exemples considérés ici, les premières plaques 210, 310 et 410 présentent une forme légèrement concave avant leur collage respectif sur les deuxièmes plaques 220, 320 et 420. Par soucis de clarté, la courbure des premières plaques 210, 310 et 410 a été volontairement exagérée dans les figures 4A, 5A et 6A, respectivement. En outre, dans chacun de ces exemples, des microcomposants (211, 311 et 411) sont présents sur la surface (214a, 314a et 414a) de la première plaque (210, 310 et 410).

Dans les premier et deuxième cas illustrés respectivement en figures 4A et 5A, les premières plaques 210 et 310 sont placées sur un support S (appelé couramment « chuck ») et présentent sur ce support une forme concave. La courbure des premières plaques 210 et 310 est dirigée à l'opposé du support S de manière à ce que les surfaces 214a et 314a comprenant les microcomposants 211 et 311 soient exposées.

Les deuxièmes plaques 220 et 320 sont ensuite placées sur les surfaces 214a et 314a des premières plaques 210 et 310 respectivement, ce afin de procéder au collage.

Une force de contact est appliquée sur une région (ou un point) des deuxièmes plaques 220 et 320 à l'aide d'un outil d'application (noté 231 et 331, respectivement). La force de contact générée par les outils d'application 231 et 331 permet dans chaque cas d'initier une onde de collage entre les première et deuxième plaques. Les premières plaques 210 et 310 sont ainsi collées par adhésion moléculaire sur les deuxièmes plaques 220 et 320, respectivement. Dans chaque cas, les microcomposants sont alors enterrés à l'interface de collage entre la première et la deuxième plaque.

Dans le premier cas (figure 4A), la force de contact est appliquée en bord périphérique de la deuxième plaque 220. En revanche, dans le deuxième cas (figure 5A), la force de contact est appliquée au centre de la deuxième plaque 320.

Le troisième cas illustré en figure 6A diffère du premier et du deuxième cas en ce que la deuxième plaque 420 est positionnée directement sur le support S. La première plaque 410 est ensuite placée sur la deuxième plaque 420, la face 414a de la première plaque 410 comprenant les microcomposants 411 étant dirigée vers la deuxième plaque 420.

Une force de contact est ensuite appliquée au centre de la première plaque 410 à l'aide d'un outil d'application 431 afin d'initier la propagation d'une onde de collage entre la première plaque 410 et la deuxième plaque 420.

Dans les trois cas considérés ici, on obtient donc une structure composite comprenant une première plaque collée par adhésion moléculaire sur une deuxième plaque (comme illustré en figure 2). A noter que, dans les exemples décrits ici, on applique une force de contact de 3,7N pendant 6 secondes pour initier l'onde de collage.

Des déformations inhomogènes sont alors susceptibles d'apparaître dans les premières plaques 210, 310 et 410 à la suite de leur assemblage respectif avec les deuxièmes plaques 220, 320 et 420.

On notera en outre que, dans les trois cas représentés en figures 4A, 5A et 6A, les deuxièmes plaques 220, 320 et 420 sont de forme plane.

Cependant, la deuxième plaque peut présenter dans chaque cas une forme non plane, comme par exemple, une forme concave similaire ou différente de la première plaque avec laquelle elle est assemblée.

Une fois le collage par adhésion moléculaire effectué dans chacun des trois cas considérés ci-dessus, on procède à l'évaluation des niveaux de déformations inhomogènes dans la première plaque de chacune des structures composites obtenues.

Dans un premier temps, on réalise un relevé d'une pluralité de points de mesure sur la surface exposée de la première plaque de chacune des structures composites (étape E1).

Dans les cas décrits ici, les points de mesure sont relevés le long d'un diamètre D déterminé des premières plaques 210, 310 et 410 par microscopie acoustique.

Chaque point de mesure correspond à une hauteur Z de la surface exposée de la première plaque par rapport à une hauteur de référence prédéterminée, chaque hauteur étant associée à une position donnée sur la surface de la première plaque. Dans les exemples décrits ici, la position de chaque point de mesure est définie par une position X le long du diamètre D considéré.

De manière alternative, chaque point de mesure peut également être associé à un couple de coordonnées (X,Y) correspondant à une position en deux dimensions sur la surface exposée de la première plaque.

Par ailleurs, dans chacun des exemples décrits ici, l'étape E1 de réalisation des relevés de points de mesure comprend en outre l'élaboration d'une courbe représentative du profil de surface ainsi obtenu.

En revanche, les étapes suivantes du procédé de l'invention peuvent être réalisées sans que l'élaboration de telles courbes soit nécessaire.

Les figures 4B, 5B et 6B représentent les profils de surface 232, 332 et 432 que l'on a observés respectivement pour les trois cas considérés.

L'étude des profils de surface 232, 332 et 432 a montré des variations de hauteur de l'ordre de 25 µm dans l'exemple de la figure 4A, de 12 µm dans l'exemple de la figure 4B et de 30 µm dans l'exemple de la figure 4C.

On procède ensuite à l'étape E2 de calcul des dérivées secondes à partir des profils de surface obtenus à l'étape E1.

Comme indiqué ci-dessus, l'élaboration des courbes 232, 332 et 432 n'est pas nécessaire, chaque dérivée seconde pouvant être calculée directement à partir des points de mesure du relevé correspondant.

Dans chacun des exemples considérés ici, l'étape de calcul E2 comprend en outre l'élaboration d'une courbe représentative de la dérivée seconde ainsi obtenue. Les courbes 234, 334 et 434 correspondent respectivement aux dérivées secondes des trois profils de surface 232, 332 et 432.

Il est cependant possible d'évaluer un niveau de déformations inhomogènes sans réaliser de représentation graphique des dérivées secondes. Il est possible de se limiter au calcul et à l'exploitation des valeurs de chaque dérivée seconde.

Les dérivées secondes calculées à l'étape E2 permettent d'évaluer un niveau de déformations inhomogènes dans la première plaque pour les trois cas considérés (étape d'évaluation E3).

La Déposante a en effet constaté que la dérivée seconde d'un profil de surface est représentative des déformations en surface de la première plaque et qu'en étudiant ces déformations en surface, il était possible d'évaluer un niveau de déformations inhomogènes dans la première plaque.

Il a par exemple été constaté que la présence d'au moins un changement de sens de courbure dans un même profil de surface démontre l'existence de déformations inhomogènes importantes dans la première plaque.

Dans une mise en œuvre particulière de l'invention, on effectue donc un premier test consistant à déterminer si une dérivée seconde d'un profil de surface présente au moins un changement de signe. Si ce premier test est positif, on en déduit que de déformations inhomogènes importantes existent dans la première plaque considérée.

L'efficacité de ce premier test a été vérifiée expérimentalement en évaluant le niveau de déformations inhomogènes dans les trois structures composites testées, et ce conformément à la technique de microscopie acoustique décrite précédemment en relation avec la figure 7.

Plus précisément, dans le premier cas (figure 4A), on a observé sur la surface 214b de la première plaque 210 des désalignements en majorité inférieurs à 100 nm, voire inférieurs à 50 nm au centre de plaque. Seuls 15% environ de la surface 214b présentent des désalignements supérieurs à 150 nm. Ces désalignements importants sont répartis en bord périphérique de plaque, en particulier dans la région proche du point de contact de l'outil d'application 231.

Dans le deuxième cas (figure 5A), on a observé des désalignements supérieurs à 150 nm sur environ 50% de la surface exposée 314b de la première plaque 310. Ces désalignements importants sont répartis en grande majorité au centre et aux bords périphériques de la surface 314b. Les 50% restants de la surface 314b présentent majoritairement des désalignements compris entre 50 et 150 nm.

Dans le troisième cas (figure 6A), on a observé que 75% environ de la surface 14b de la première plaque 10 présentent des désalignements inférieurs à 100 nm. Des désalignements plus importants, compris généralement entre 100 et 150 nm, sont présents au centre de la première plaque 410.

Les figures 4D, 5D et 6D représentent, sous forme de courbes, les désalignements respectifs mesurés suivant un rayon déterminé de chacune des premières plaques 210, 310 et 410.

Dans ces trois cas, les désalignements présents sur la première plaque ont été mesurés à partir d'un procédé de mesure classique, comme décrit en relation avec les figures 1A à 1E : la première plaque est amincie après collage, puis on mesure les désalignements présents entre des microcomposants enterrés à l'interface de collage entre les deux plaques et des microcomposants fabriqués sur la surface exposée de la première plaque amincie.

L'axe des abscisses en figures 4D, 5D et 6D représente la distance (en mm) vis-à-vis du centre de la première plaque.

En définitive, les échantillons testés conformément au deuxième cas (figure 5A) sont ceux qui présentent les niveaux de déformations inhomogènes les plus importants. Ceci est confirmé par le fait que seule la dérivée seconde 334 du profil de surface 332 présente au moins un changement de signe. Plus spécifiquement, on a constaté que la dérivée

seconde 334 présente deux changements de signe, ce qui révèle de fortes variations de pente en surface de la première plaque 310.

A l'inverse, pour les échantillons testés conformément au premier et au troisième cas, les dérivées secondes ne présentent pas de changement de signe, ce qui indique que ces cas conduisent à des niveaux de déformations inhomogènes plus faibles que le deuxième cas.

On notera que le nombre de changements de signe détectés dans la dérivée seconde d'un même relevé de surface peut également renseigner sur le niveau des déformations inhomogènes existant au sein de la première plaque.

Par ailleurs, la Déposante a observé qu'un profil de surface présentant de fortes variations de pente, et donc des valeurs de dérivée seconde élevées, pouvait également correspondre à des déformations inhomogènes importantes au sein de la première plaque.

Ainsi, dans une variante de ce premier mode de réalisation de l'invention, l'évaluation d'un niveau de déformations inhomogènes dans la première plaque est réalisée en fonction des valeurs de la dérivée seconde obtenue à l'étape E2.

Par exemple, on effectue lors de l'étape d'évaluation E3 un deuxième test consistant à déterminer si une dérivée seconde d'un profil de surface présente au moins une valeur supérieure à une valeur seuil prédéterminée. Lorsque ce deuxième test est positif, cela signifie que des déformations inhomogènes importantes sont présentes dans la première plaque.

A noter que cette valeur prédéterminée peut être choisie notamment en fonction des contraintes et besoins de la situation considérée (technologie considérée, niveau de fiabilité requis, équipements utilisés, etc.).

Les tests décrits ci-dessus sont cependant fournis à titre d'exemple de sorte que d'autres méthodes d'exploitation de la dérivée seconde d'un profil de surface pourront être utilisées selon la situation. On peut, par exemple, prendre en compte le nombre de dépassements d'une dérivée seconde d'un profil de surface vis-à-vis d'une valeur prédéterminée etc.

On peut également envisager d'évaluer un niveau de déformations inhomogènes en combinant différents tests relatifs à la

dérivée seconde de profils de surface, comme par exemple, en cumulant les premier et deuxième tests décrits ci-dessus.

On décrit à présent un exemple de mise en œuvre dans lequel la grandeur caractéristique obtenue à l'étape de traitement E3 correspond à une dispersion d'un profil de surface (deuxième mode de réalisation), ce profil déterminé à l'étape E2 correspondant à un relevé de points de mesure en forme de cercle.

Plus précisément, on considère ici une structure composite 525 présentant une structure analogue à la structure 125 décrit ci-avant (figure 8A). La structure 525 comprend ainsi une première plaque 510 collée par adhésion moléculaire sur une deuxième plaque 520. La première plaque 510 comprend également dans cet exemple des microcomposants 511 sur sa surface de collage 514a, ces microcomposants étant ainsi enterrés au niveau de l'interface de collage.

A l'étape de relevé E1, les points de mesure sont disposés le long d'au moins un cercle dont le centre coïncide avec le centre CT de la première plaque 510 (figures 8B). Dans l'exemple décrit ici, un relevé est réalisé le long de trois cercles concentriques notés C1, C2 et C3, ces cercles présentant respectivement un rayon R1, R2 et R3 (ces rayons étant inférieurs à celui de la plaque 510).

On comprendra toutefois que le nombre de cercles le long desquels sont relevés les points de mesure peut être quelconque. Ce nombre peut être choisi notamment en fonction de la précision et/ou de la fiabilité de l'évaluation que l'on souhaite ensuite réalisée à l'étape E4. Le nombre de cercles et leur rayon respectif sont de préférence choisis de manière à répartir les points de mesures uniformément sur la surface de la plaque, de façon à obtenir des données représentatives des déformations inhomogènes sur l'ensemble de la plaque 510. En variante, il est possible de relever des points de mesure le long d'au moins un arc de cercle dont le centre de courbure coïncide avec le centre CT. Il est également possible de relever des points de mesure le long d'au moins une spirale centrée sur CT.

Au moins un profil de surface de la première plaque 510 est ensuite déterminé à l'étape E2, chacun de ces profils passant par une pluralité des points de mesure d'un relevé correspondant réalisé à l'étape précédente E1. Dans cet exemple, trois profils de surface P1, P2 et P3

sont ainsi déterminés à l'étape E2, ceux-ci correspondant à la totalité des points de mesure relevés respectivement le long des cercles C1, C2 et C3.

On détermine ensuite la dispersion de chaque profil de surface obtenu à l'étape E3 (étape E4). Ce calcul de dispersion peut être mise en œuvre de différentes manières.

Selon une première variante, on détermine la valeur minimale Vmin(i) et la valeur maximale Vmax(i) de chacun des profils de surface Pi (i=1, 2, 3). Ces valeurs Vmin(i) et Vmax(i) correspondent respectivement aux points de mesure du profil Pi représentatives localement du plus bas et du plus haut niveau de la surface exposée de la plaque 510. On détermine ensuite, pour chaque profil Pi, la différence Δi telle que Δi = Vmax(i) – Vmin(i).

A partir des valeurs Δi, on effectue un troisième test pour évaluer le niveau des déformations inhomogènes présentes dans la première plaque 510. Une valeur limite prédéterminée Δmax est par exemple fixée. Le troisième test consiste alors à déterminer si Δi ≥ Δmax (pour i=1, 2 ou 3). Dans l'affirmative, le niveau des déformations inhomogènes présentent dans la plaque 510 est jugé important. Dans le cas contraire, le niveau de déformation est considéré comme faible. Le critère d'acceptabilité Δmax associé à chaque valeur de l'indice i peut être variable, notamment de manière croissante à mesure que le diamètre des cercles C1 à C3 croissent. Par exemple pour des cercles de diamètre 65 et 145mm, les valeurs de Δmax pourront être égales respectivement à environ 5 et 15 microns.

Une variante du troisième test consiste dans un premier temps à réaliser la somme des différences Δi, puis à diviser ce résultat par ce qui est communément appelé le « warp » de la structure, défini par la différence entre la hauteur maximale globale de la surface où l'on opère les relevés et sa hauteur minimale globale. Par exemple pour une structure uniformément incurvée en paraboloïde de révolution, le « warp » est égal au « bow » de la structure. Le deuxième temps de cette variante de troisième test consiste à déterminer si le coefficient entre la somme des Δi et le « warp » est inférieur à valeur prédéterminée, par exemple de l'ordre de 0,7. Dans l'affirmative, le niveau de déformations inhomogènes est considéré comme faible. Dans le cas contraire, le niveau de déformations est considéré comme important.

Selon une deuxième variante, on détermine l'écart type σi pour chaque profil de surface Pi. On réalise ensuite un quatrième test qui consiste à déterminer si σi est supérieur ou égal à un écart type maximum prédéterminé (pour i=1, 2 ou 3). Dans l'affirmative, la plaque 510 est considérée comme présentant un niveau de déformations inhomogènes important. Dans le cas contraire, le niveau de déformation est considéré comme faible.

Les variantes décrites ci-dessus ne sont que des exemples non limitatifs de mise en œuvre de l'invention et l'homme de l'art comprendra que d'autres alternatives sont envisageables pour déterminer la dispersion d'un profil de surface sans départir du cadre de l'invention.

L'étape de traitement E3 et l'étape d'évaluation E4 du procédé de l'invention peuvent être mises en œuvre, par exemple, par un ordinateur, un calculateur ou tout autre équipement capable de calculer une dérivée seconde ou une dispersion à partir des points de mesure d'un profil de surface et d'effectuer un test relatif à une dérivée seconde ou respectivement à une dispersion, comme par exemple, l'un des tests décrits ci-dessus.

La présente invention concerne en outre un procédé de sélection (étapes E1 à E5) de structures composites comprenant une première plaque collée par adhésion moléculaire sur une deuxième plaque.

Les principales étapes du procédé de sélection selon un mode de réalisation particulier sont illustrées en figure 3.

Un niveau de déformations inhomogènes est tout d'abord évalué dans une première plaque en effectuant successivement les étapes E1, E2, E3 et E4 du procédé d'évaluation de l'invention sur la structure composite.

On sélectionne ensuite, lors d'une étape de sélection E5, une ou plusieurs structures composites identifiées à l'étape E4 comme présentant un niveau de déformations inhomogènes faible.

Par exemple, il est possible de réaliser les premier et deuxième tests ou les troisième et quatrième tests tels que décrits ci-avant. On sélectionne alors la ou les structures composites lorsque le résultat des tests effectués est négatif.

Il est également possible de ne réaliser qu'un seul de ces tests. Dans ce cas particulier, on sélectionne la ou les structures composites lorsque le test réalisé est négatif.

Le procédé de sélection selon l'invention ne se limite cependant pas aux deux exemples de test décrits précédemment. En effet, d'autres critères de sélection portant sur la dérivée seconde d'un profil de surface pourront être utilisés, individuellement ou en combinaison.

Les relevés de points de mesure à l'étape E1 du procédé d'évaluation peuvent en outre être réalisés suivant différents tracés sur la surface exposée de la première plaque.

Il est en particulier envisageable de réaliser des relevés en « étoile », c'est-à-dire suivant plusieurs diamètres de la première plaque. Cette technique permet d'obtenir une bonne représentation des niveaux de déformations inhomogènes dans une première plaque avec un nombre limité de relevés réalisés.

Dans un exemple particulier, on effectue à l'étape E1 une pluralité de relevés de points de mesure, les relevés étant réalisés suivant des premières lignes parallèles espacées les unes des autres. Il est en outre possible de réaliser des relevés supplémentaires suivant des deuxièmes lignes parallèles espacées les unes et qui peuvent être, par exemple, perpendiculaires aux premières lignes. On réalise ainsi des relevés suivant un quadrillage, ce quadrillage pouvant être sur toute ou partie de la surface exposée de la première plaque considérée.

En outre, lorsque l'on réalise par exemple le premier test décrit précédemment, on ne s'intéresse qu'aux changements de signe de la dérivée seconde à l'échelle macroscopique. En effet, il est possible qu'en pratique la surface exposée de la première plaque présente des variations infimes de niveau qui se traduisent par des changements de signe très localisés de la dérivée seconde du (ou des) profil(s) de surface correspondant(s). Ces variations infimes peuvent avoir pour origine, par exemple, des variations très légères d'épaisseur de la première plaque. Ce type de variations ne donne pas d'informations exploitables sur le niveau de déformations inhomogènes dans la première plaque d'une structure composite.

Afin d'éviter de prendre en compte des défauts de surface négligeables, il est possible de réaliser des relevés à l'étape E1 de manière à ce que les points de mesure soient mesurés suivant un pas de mesure.

Ce pas de mesure pourra être choisi en fonction de la situation considérée. Il sera choisi de préférence en fonction d'une dimension d'un motif de la première plaque.

On entend ici par « motif », un arrangement géométrique disposé, ou destiné à être disposé, sur la surface exposée d'une première plaque, cet arrangement géométrique se répétant à plusieurs reprises sur la surface de cette plaque. Un motif peut par exemple correspondre à une cellule d'un ou de plusieurs microcomposants disposée à plusieurs endroits sur la surface exposée de la première plaque considérée.

Par exemple, le pas de mesure peut correspondre sensiblement à la moitié d'une dimension d'un motif de la première plaque.

On notera également que le nombre de relevés réalisés lors de l'étape E1 du procédé d'évaluation pourra dépendre de divers paramètres, tels que, par exemple, les contraintes du procédé de fabrication en termes de coût, de temps alloué aux tests pour chaque lot de plaques, de niveau de fiabilité requis, etc.

Par ailleurs, un niveau donné de déformations inhomogènes peut être acceptable pour une technologie de microcomposants donnée (car peu contraignante en termes de positionnement des masques de photolithographie), et inacceptable pour une autre technologie. Par conséquent, les paramètres suivants pourront être choisis selon la situation considérée :

- le choix du nombre de relevés à effectuer,
- le tracé de chaque relevé (longueur, direction),
- le nombre de points de mesure par relevé,
- le pas de mesure utilisé,
- la (ou les) méthode(s) d'exploitation des dérivées secondes obtenues à l'étape E2, et
- le (ou les) critère(s) de sélection des structures composites.

On notera ici que de nombreux mécanismes peuvent être à l'origine de désalignements (ou d'« overlay ») dans un première plaque collée par adhésion moléculaire sur une deuxième plaque.

Lorsque l'on colle par adhésion moléculaire une première plaque sur une deuxième plaque, les déformations inhomogènes générées dans la première plaque peuvent résulter notamment de la combinaison des déformations présentes à l'origine dans les première et deuxième plaques

avant collage. Le procédé selon l'invention peut donc permettre d'obtenir des informations pertinentes sur les déformations des deux plaques avant leur assemblage par adhésion moléculaire (degré de concavité, défauts de planéité...).

La présente invention peut également révéler, par exemple, la présence de corps étrangers comme une particule entre le support S et la plaque directement en contact avec celui-ci. Ces éléments peuvent en effet être à l'origine de déformations inhomogènes dans la première plaque et donc, de désalignements.

L'invention peut également mettre en évidence des problèmes de calibration de la machine de collage (au niveau notamment de l'application de la force de contact par l'outil d'application).

Par ailleurs, comme indiqué précédemment, une fois la structure composite formée par adhésion moléculaire, la première plaque subit généralement un amincissement. Or, après amincissement, l'évaluation des déformations inhomogènes à l'aide du procédé de l'invention n'est plus représentative. Il est donc préférable de réaliser l'étape E1 du procédé de l'invention avant amincissement de la première plaque.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'évaluation de déformations inhomogènes dans une première plaque (110), ladite première plaque étant collée par adhésion moléculaire sur une deuxième plaque (120), ledit procédé d'évaluation comprenant :

une étape (E1) de relevé d'une pluralité de points de mesure, chacun des points de mesure étant représentatif localement du niveau de la surface exposée de la première plaque ;

une étape (E2) de détermination d'au moins un profil de surface de la première plaque passant par une pluralité des points de mesures;

une étape (E3) de traitement du profil de surface de la première plaque pour en déterminer une grandeur caractéristique du profil de surface traité; et

une étape (E4) d'évaluation d'un niveau de déformations inhomogènes dans ladite première plaque en fonction de ladite grandeur caractéristique.

2. Procédé d'évaluation selon la revendication 1, dans lequel le profil de surface est déterminé par des points de mesure disposés le long d'un diamètre de ladite première plaque.

3. Procédé de mesure selon la revendication 2 dans lequel la grandeur caractéristique est la dérivée seconde du profil de surface.

4. Procédé de mesure selon la revendication 3, dans lequel l'étape d'évaluation comprend au moins un test parmi les tests suivants :

- un premier test pour déterminer si ladite dérivée seconde présente au moins un changement de signe ; et
- un deuxième test pour déterminer si ladite dérivée seconde présente au moins une valeur absolue supérieure à une valeur prédéterminée.

5. Procédé d'évaluation selon la revendication 1, dans lequel le profil de surface est déterminé par des points de mesure disposés le long

d'un cercle (R1-R3) dont le centre coïncide avec le centre de ladite première plaque.

6. Procédé d'évaluation selon la revendication 5 dans lequel la grandeur caractéristique est la dispersion du profil de surface.

7. Procédé d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel on réalise les étapes suivantes :

- détermination d'une pluralité de profils de surface (C1-C3) de la première plaque,
- pour chaque profil de surface de la pluralité de profils de surface, réalisation d'une étape de traitement pour en déterminer une grandeur caractéristique du profil traité, dans lequel, lors de l'étape d'évaluation, le niveau de déformations inhomogènes est déterminé en fonction desdites grandeurs caractéristiques déterminées.

8. Procédé d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel les points de mesure de chaque relevé sont mesurés suivant un pas de mesure, ledit pas de mesure étant déterminé en fonction d'une dimension d'au moins un motif de ladite première plaque.

9. Procédé d'évaluation selon la revendication 8, dans lequel ledit pas de mesure correspond sensiblement à la moitié d'une dimension d'un motif de ladite première plaque.

10. Procédé d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le relevé d'une pluralité de points de mesure est réalisé par microscopie acoustique.

11. Procédé de sélection d'au moins une structure comprenant une première plaque (110) collée par adhésion moléculaire sur une deuxième plaque (120), ledit procédé de sélection comprenant :

- une étape d'évaluation des déformations inhomogènes dans la première plaque de chaque structure conformément au procédé

d'évaluation tel que défini dans l'une quelconque des revendications 1 à 10 ; et

- une étape (E5) de sélection d'une ou plusieurs structures à partir des grandeurs caractéristiques déterminées pour chaque structure évaluée.

12. Dispositif d'évaluation de déformations inhomogènes dans une première plaque, ladite première plaque étant collée par adhésion moléculaire sur une deuxième plaque, ledit dispositif d'évaluation comprenant :

des moyens de mesure pour relever une pluralité de points de mesure, chacun desdits points de mesure étant représentatifs localement du niveau de la surface exposée de la première plaque ;

des moyens de calcul pour déterminer au moins un profil de surface de la première plaque passant par une pluralité des points de mesures et pour en déterminer une grandeur caractéristique; et

des moyens d'évaluation pour évaluer un niveau de déformations inhomogènes dans ladite première plaque en fonction de ladite grandeur caractéristique.

13. Dispositif d'évaluation selon la revendication 12, dans lequel la grandeur caractéristique est la dérivée seconde du profil de surface.

14. Dispositif d'évaluation selon la revendication 13, dans lequel lesdits moyens d'évaluation sont configurés pour exécuter au moins un test parmi les tests suivants :

- un premier test pour déterminer si ladite dérivée seconde présente au moins un changement de signe ; et
- un deuxième test pour déterminer si ladite dérivée seconde présente au moins une valeur absolue supérieure à une valeur prédéterminée.

15. Dispositif d'évaluation selon l'une des revendications 12 à 14, dans lequel les points de mesure de chaque relevé sont mesurés le long d'un diamètre de ladite première plaque.

16. Dispositif d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, dans lequel lesdits moyens de mesure sont configurés pour réaliser une pluralité de relevés de points de mesure, lesdits relevés étant espacés les uns des autres et réalisés suivant une même direction.

17. Dispositif d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 12 à 16, dans lequel lesdits moyens de mesure sont configurés pour que les points de mesure de chaque relevé soient mesurés suivant un pas de mesure, ledit pas de mesure étant déterminé en fonction d'une dimension d'au moins un motif de ladite première plaque.

18. Dispositif d'évaluation selon la revendication 17, dans lequel ledit pas de mesure correspond sensiblement à la moitié d'une dimension d'un motif de ladite première plaque.

19. Dispositif d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 12 à 18, dans lequel lesdits moyens de mesure comprennent un microscope acoustique.