(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 091 708 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
07.04.2010 Bulletin 2010/14

(21) Numéro de dépôt: **07820925.1**

(22) Date de dépôt: **04.10.2007**

(51) Int Cl.:
B28D 5/00 *(2006.01)* ***H01L 21/00*** *(2006.01)*

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2007/060548

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2008/040782 (10.04.2008 Gazette 2008/15)

(54) **DISPOSITIF DE SEPARATION D'UNE STRUCTURE EMPILEE ET PROCEDE ASSOCIE.**

VORRICHTUNG ZUM TRENNEN EINER GESTAPELTEN STRUKTUR UND VERWANDTES VERFAHREN

DEVICE FOR SEPARATING A STACKED STRUCTURE AND RELATED METHOD

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorité: **06.10.2006 FR 0654138**

(43) Date de publication de la demande:
26.08.2009 Bulletin 2009/35

(73) Titulaire: **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
- **MORICEAU, Hubert**
  38120 Saint Egrève (FR)
- **SARTORI, Sylvie**
  38240 Meylan (FR)
- **MONTMAYEUL, Philippe**
  38190 Bernin (FR)
- **MORALES, Christophe**
  38800 Pont de Claix (FR)

(74) Mandataire: **Ilgart, Jean-Christophe et al**
Brevalex
3, rue du Docteur Lancereaux
75008 Paris (FR)

(56) Documents cités:
EP-B1- 1 385 683 **US-A1- 2005 009 297**

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

EP 2 091 708 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] L'invention concerne un dispositif permettant de séparer partiellement ou totalement une structure empilée, ainsi qu'un procédé utilisant ce dispositif.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

[0002] Dans le domaine de la microélectronique, il est important de connaître avec précision l'énergie de collage de structures empilées, afin notamment de garantir l'intégrité de ces structures lors de procédés ultérieurs.

[0003] Une méthode permettant de mesurer l'énergie de collage a été décrite en 1988 dans le document **[1]** ou dans US 2005/009 297. Cette méthode consiste à insérer une lame de rasoir entre deux plaques d'une structure collée, la lame étant introduite par translation vers le centre de la structure au niveau de l'interface de collage et de manière parallèle au plan de l'interface de collage. A cette époque, cette technique de l'insertion d'une lame dans une structure n'était utilisée que pour réaliser la mesure de l'énergie de collage et ne provoquait qu'une ouverture partielle de la structure collée sur une certaine longueur L.

[0004] Quelques années plus tard, divers auteurs ont proposé d'utiliser cette technique de l'insertion d'une lame afin de séparer complètement des structures collées. Pour induire cette séparation, la lame est insérée suivant un axe radial de la structure collée et dans le plan (ou du moins au voisinage) de l'interface de collage. Cette séparation complète de la structure collée est obtenue par la même technique de base que celle utilisée dans le document **[1],** en prenant soin de générer une séparation depuis un bord de la structure collée jusqu'au centre de la structure collée, voire jusqu'au bord diamétralement opposé de la structure.

[0005] Selon une variante, plusieurs lames peuvent être insérées simultanément de façon radiale dans le plan de l'interface de collage des structures collées (voir document **[2]**). En utilisant plusieurs lames, on peut initier des séparations de la structure collée à partir de plusieurs zones périphériques, ces séparations se rejoignant dans la zone centrale pour obtenir un décollement total de la structure collée.

[0006] Ces différentes techniques peuvent être utilisées pour séparer des structures au niveau d'une interface de collage, mais également suivant un plan de séparation correspondant à un plan de faiblesse ou à un plan de contraintes excessives existant dans la structure empilée.

[0007] Pour induire de façon relativement automatique des séparations de structure empilée au niveau du plan d'une interface de collage, d'un plan de faiblesse ou d'un plan de contraintes excessives, il existe des équipements automatiques qui permettent d'induire la séparation par l'utilisation de lames de forme concave circulaire, dont le diamètre correspond à celui de la structure à séparer. Le mouvement de ces lames est une translation de la périphérie vers le centre de la structure à séparer (voir par exemple le document [3]). Là encore, la lame est introduite dans la structure par translation de la périphérie vers le centre de la structure à séparer.

[0008] L'inconvénient de ces différentes techniques est qu'en introduisant la ou les lames entre les faces d'une structure collée et en les déplaçant radialement entre ces faces, on introduit également sur toute la zone de déplacement (pouvant aller jusqu'au centre de la structure) des impuretés sur ces faces et/ou on les détériore (apparitions de rayures, de défauts...).

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0009] Le but de l'invention est de proposer un dispositif et un procédé de séparation d'un empilement présentant une zone fragilisée, par exemple une structure collée constituée de deux couches autour d'une interface de collage ou encore une structure présentant une zone fragilisée, obtenue par exemple par implantation d'espèces gazeuses (par exemple de l'hydrogène), qui permettent de séparer cet empilement en deux couches distinctes de part et d'autre de la zone fragilisée tout en diminuant l'introduction d'impuretés et l'apparition de rayures sur les faces desdites couches séparées.

[0010] Notons que dans cette description, le terme « séparation » doit s'interpréter comme étant une dissociation ou encore un détachement.

[0011] Ce but et d'autres encore sont atteints, conformément à l'invention par un dispositif de séparation d'un empilement en deux parties distinctes, ledit empilement comprenant une première partie, une seconde partie et une zone fragilisée interposée entre lesdites première et seconde parties, et une zone d'insertion, située en périphérie de l'empilement au niveau ou à proximité de la zone fragilisée, s'étendant sur tout ou partie de la périphérie de l'empilement, ledit dispositif comprenant :

- au moins un séparateur apte à pénétrer dans la zone d'insertion selon une distance, dite distance de pénétration, jusqu'à venir en contact avec la première partie de l'empilement en au moins un premier point de contact situé en périphérie de l'empilement et à venir en contact avec la seconde partie de l'empilement en au moins un second point de contact situé en périphérie de l'empilement,
- des moyens d'entraînement aptes à amener le séparateur à pénétrer dans la zone d'insertion jusqu'à ladite distance de pénétration et aptes à animer ledit séparateur et l'empilement d'un mouvement relatif,

ledit dispositif étant **caractérisé en ce que** le séparateur est configuré de manière à ce que la distance entre le premier point de contact et le second point de contact augmente au cours du mouvement relatif, alors que la distance de pénétration reste sensiblement constante,

les premier et second points de contact demeurant en périphérie de l'empilement au cours du mouvement relatif.

[0012] Avantageusement, le mouvement relatif est un mouvement essentiellement tangentiel.

[0013] Le séparateur et l'empilement sont animés d'un mouvement relatif de sorte que l'empilement puisse, par exemple, progresser le long du périmètre du séparateur au niveau de la zone fragilisée. Le périmètre du séparateur correspond à la circonférence du séparateur si le séparateur a un pourtour de forme circulaire.

[0014] Le séparateur est configuré de manière à ce que la distance entre le premier point de contact et le second point de contact augmente au fur et à mesure que le séparateur progresse le long du périmètre de l'empilement de manière à écarter les deux parties l'une de l'autre.

[0015] Le dispositif de séparation selon l'invention permet d'induire une séparation d'une structure empilée, à partir de la zone périphérique de la structure empilée. Avantageusement, la séparation est assurée par une augmentation progressive de l'écart des points de contact, ces points de contact restant dans la zone périphérique de l'empilement, du fait du mouvement relatif entre la structure et le séparateur. Ainsi, le mouvement relatif entre la structure et le séparateur est essentiellement tangentiel.

[0016] Par zone périphérique, on entend une zone en bord de la structure empilée, telle que par exemple la zone des chanfreins de bord de plaques, la zone où les plaques ont été détourées, la zone dans laquelle on ne prévoit pas de réalisation ultérieure de procédé... Dans le domaine de la microélectronique, la zone périphérique est généralement appelée zone d'exclusion, par opposition à la zone active dans laquelle sont réalisées les circuits intégrés.

[0017] La zone d'insertion est adaptée à l'insertion du séparateur (par exemple une encoche), c'est-à-dire qu'elle permet l'insertion du séparateur. Elle est par exemple constituée par les deux chanfreins des plaques collées à séparer au niveau de cette interface de collage ou d'une zone fragilisée située au voisinage de cette interface de collage.

[0018] Selon une première variante, le mouvement relatif du séparateur par rapport à l'empilement est obtenu par rotation du séparateur sur lui-même.

[0019] Selon une deuxième variante, éventuellement combinée avec la première variante, le mouvement relatif du séparateur par rapport à l'empilement est obtenu par mise en rotation de l'empilement autour du séparateur.

[0020] Avantageusement, le mouvement relatif du séparateur par rapport à l'empilement est en outre obtenu par rotation de l'empilement sur lui-même.

[0021] Avantageusement, le mouvement relatif du séparateur par rapport à l'empilement est en outre obtenu par mise en rotation du séparateur autour de l'empilement.

[0022] Selon une troisième variante, le mouvement relatif du séparateur par rapport à l'empilement est en outre obtenu par mise en translation du séparateur tangentiellement à l'empilement.

[0023] Selon une quatrième variante, éventuellement combinée avec la troisième variante, le mouvement relatif du séparateur par rapport à l'empilement est obtenu par mise en translation de l'empilement le long du séparateur.

[0024] Avantageusement, le mouvement relatif du séparateur par rapport à l'empilement est en outre obtenu par rotation de l'empilement sur lui-même.

[0025] Avantageusement, le mouvement relatif du séparateur par rapport à l'empilement est en outre obtenu par rotation du séparateur autour de l'empilement.

[0026] Selon un mode de réalisation particulier, le séparateur comporte une partie de bord angulée dont l'angle est croissant le long d'au moins une partie de sa périphérie, cette partie de bord angulée étant destinée à venir en contact avec le substrat au cours du mouvement relatif.

[0027] Selon un autre mode de réalisation particulier, le séparateur comporte un cône, tronqué ou non, la génératrice dudit cône étant apte à venir au contact de l'empilement au niveau du premier point de contact et la base dudit cône étant apte à venir au contact de l'empilement au niveau du second point de contact. Ainsi, la génératrice du cône vient en contact avec la première partie de l'empilement et la base dudit cône vient en contact avec la seconde partie de l'empilement.

[0028] Selon un autre mode de réalisation particulier, le séparateur comporte deux cônes, tronqués ou non, superposés selon leurs bases, la génératrice du premier cône étant apte à venir au contact de l'empilement au niveau du premier point de contact et la génératrice du second cône étant apte à venir au contact de l'empilement au niveau du second point de contact. Ainsi, la génératrice du premier cône vient en contact avec la première partie de l'empilement et la génératrice du second cône vient en contact avec la seconde partie de l'empilement.

[0029] Avantageusement, les axes des deux cônes sont décalés l'un par rapport à l'autre.

[0030] Avantageusement, les axes des deux cônes sont inclinés l'un par rapport à l'autre.

[0031] Par exemple, on peut ainsi réaliser un séparateur par l'intersection de deux cônes, dont les axes sont confondus, sont décalés, ou sont inclinés l'un par rapport à l'autre.

[0032] Selon un autre mode de réalisation particulier, le séparateur comporte un prisme, dont la base est apte à venir au contact de l'empilement au niveau du premier point de contact et une des faces est apte à venir au contact de l'empilement au niveau du second point de contact, la base et ladite face formant un angle aigu, tronqué ou non. Ainsi, la base du prisme vient en contact avec la première partie de l'empilement et la face du prisme formant un angle aigu avec la base vient en contact avec la seconde partie de l'empilement.

[0033] Selon un autre mode de réalisation particulier, le séparateur comportent deux prismes, chaque prisme ayant une base et une face, la base et ladite face formant un angle aigu, tronqué ou non, et les prismes étant superposés selon leurs bases, les faces des deux prismes étant destinées à venir en contact respectivement avec la première et la seconde parties de l'empilement.

[0034] Avantageusement, la zone fragilisée est une interface de collage, un plan de faiblesse ou un plan de contraintes excessives.

[0035] Avantageusement, la zone d'insertion est une zone creuse.

[0036] Avantageusement, les première et seconde parties sont des couches.

[0037] Avantageusement, la séparation obtenue grâce au dispositif est complète ou partielle.

[0038] L'invention concerne également un procédé de séparation d'un empilement en deux parties distinctes, l'empilement comprenant une première partie, une seconde partie et une zone fragilisée interposée entre lesdites première et seconde parties, et une zone d'insertion, située en périphérie de l'empilement au niveau ou à proximité de la zone fragilisée, s'étendant sur tout ou partie de la périphérie de l'empilement. Ce procédé comprend les étapes suivantes :

a) fourniture d'au moins un séparateur comportant une partie de bord angulée dont l'angle est croissant le long d'au moins une partie de sa périphérie,

b) insérer la partie de bord angulée dudit au moins un séparateur dans la zone d'insertion selon une distance, dite distance de pénétration, jusqu'à amener le séparateur en contact avec au moins la première partie de l'empilement au niveau d'un premier point de contact et la seconde partie de l'empilement au niveau d'un second point de contact,

c) animer le séparateur et l'empilement d'un mouvement relatif de manière à ce que la partie de bord angulée à angle croissant du séparateur reste en contact avec le substrat au cours du mouvement relatif pour faire augmenter la distance existant entre le premier et le second points de contact du séparateur avec la première et la seconde partie de l'empilement, respectivement, au cours du mouvement relatif, de sorte que lesdites parties s'écartent l'une de l'autre, alors que la distance de pénétration reste sensiblement constante, les premier et second points de contact demeurant en périphérie de l'empilement au cours du mouvement relatif.

[0039] Avantageusement, le mouvement relatif est un mouvement essentiellement tangentiel.

[0040] Selon une première variante, le mouvement relatif du séparateur et de l'empilement est obtenu par rotation du séparateur sur lui-même.

[0041] Selon une deuxième variante, éventuellement combinée avec la première variante, le mouvement relatif du séparateur et de l'empilement est en outre obtenu par rotation de l'empilement autour du séparateur.

[0042] Avantageusement, le mouvement relatif du séparateur et de l'empilement est en outre obtenu par rotation de l'empilement sur lui-même.

[0043] Avantageusement, le mouvement relatif du séparateur et de l'empilement est en outre obtenu par rotation du séparateur autour de l'empilement.

[0044] Selon une troisième variante, le mouvement relatif du séparateur et de l'empilement est en outre obtenu par translation du séparateur tangentiellement à l'empilement.

[0045] Avantageusement, le mouvement relatif du séparateur et de l'empilement est en outre obtenu par translation de l'empilement le long du séparateur.

[0046] Avantageusement, le mouvement relatif du séparateur et de l'empilement est en outre obtenu par rotation de l'empilement sur lui-même.

[0047] Avantageusement, le mouvement relatif du séparateur et de l'empilement est en outre obtenu par rotation du séparateur autour de l'empilement.

[0048] Selon un premier mode de réalisation, le séparateur est configuré de manière à ce que la distance entre le premier point de contact et le second point de contact augmente au cours du mouvement relatif de l'empilement par rapport au séparateur.

[0049] Avantageusement, le séparateur est un séparateur du dispositif de séparation précédemment décrit.

[0050] Avantageusement, l'augmentation de ladite distance entre le premier point de contact et le second point de contact est obtenue par un système qui adapte en dynamique ladite distance sur le séparateur. Le système peut par exemple, si le séparateur vient en contact de l'empilement au niveau de deux de ces parois, écarter ces parois l'une de l'autre au cours du temps, de manière avantageusement progressive en fonction du temps.

[0051] Selon un second mode de réalisation, les étapes a) et b) du procédé sont répétées N fois ($N \geq 2$), chaque fois en utilisant un séparateur différent ayant une distance entre le premier et le second points de contact du séparateur avec la première et la seconde parties de l'empilement maximale supérieure à la distance maximale du séparateur précédemment utilisé. La séparation s'effectue ainsi par l'insertion successive de séparateurs ayant une distance maximale entre deux points de contact du séparateur avec l'empilement de plus en plus grande. Un cas particulier de ce second mode de réalisation consiste à utiliser des séparateurs dont la distance maximale est constante (c'est-à-dire qu'elle n'évolue pas au cours du mouvement relatif du séparateur et de l'empilement, une fois le contact obtenu). Ainsi, si on utilise des séparateurs coniques, par exemple, dont la base et la génératrice viennent respectivement en contact avec la première partie et la seconde partie de l'empilement, on choisira des séparateurs donc l'angle entre la base et la génératrice est de plus en plus grand.

[0052] Avantageusement, la distance entre le premier et le second point de contact du séparateur avec la première et la seconde partie de l'empilement, respective-

ment, est constante pour chaque séparateur.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0053] 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 :

- les figures 1 à 4 représentent des exemples de séparateur ayant la forme de prisme,
- la figure 5 représente un exemple de séparateur composé de deux cônes joints au niveau de leurs bases,
- la figure 6 représente une vue schématisée d'un cône présentant différents angles de génératrice,
- les figures 7 à 16 représentent des vues de dessus d'un dispositif selon l'invention comprenant un séparateur et un empilement (de forme circulaire), et en particulier :
- les figures 7 à 10 illustrent des exemples de réalisation dans lesquels le séparateur ou l'empilement se déplace selon un mouvement de translation par rapport à l'empilement ou au séparateur, respectivement,
- les figures 11 et 12 illustrent des exemples de réalisation dans lesquels le séparateur, et éventuellement l'empilement, tournent sur eux-mêmes,
- les figures 13 à 16 illustrent des exemples de réalisation dans lesquels le séparateur ou l'empilement tourne autour de l'empilement ou du séparateur, respectivement,
- la figure 17 représente une vue de face d'un séparateur en contact avec un empilement selon l'invention,
- la figure 18 représente un détail agrandi de la figure 17,
- la figure 19 représente une vue de face d'un empilement à séparer.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0054] Le dispositif de séparation permet de dissocier des couches d'une structure empilée. La séparation de l'empilement en deux parties distinctes peut être réalisée au niveau d'une interface de collage entre deux couches, au niveau d'un plan correspondant à un plan de faiblesse ou au niveau d'une zone de contraintes excessives de la structure empilée.

[0055] Pour les structures collées, l'interface de collage correspond à un plan de liaisons faibles entre deux couches collées, par exemple, par adhésion moléculaire.

[0056] Dans le cas de structures contenant des zones planes faibles ou contraintes, il s'agit de plans autres ou plus faibles que les interfaces de collage, telles que, par exemple, des zones obtenues par implantation d'espèces gazeuses dans un substrat, une interface d'une couche déposée, une zone de nature ou de morphologie différente (par exemple une zone enterrée d'oxyde ou de silicium poreux) ou des zones soumises à de fortes contraintes.

[0057] Le dispositif selon l'invention comprend au moins un séparateur. Le séparateur peut être tout corps apte à induire une progression de l'espacement entre les points de contact de ce séparateur avec l'empilement à dissocier, ce contact se limitant à la zone périphérique de l'empilement. De préférence, comme en général le séparateur doit être introduit entre des plaques au niveau ou au voisinage d'une zone fragile de faible épaisseur, le séparateur sera formé de deux parois qui se rejoignent pour former une partie saillante (angle aigu) ayant une arête. L'arête du séparateur peut être par exemple de forme circulaire ou rectiligne. En variante, cette arête pourra être tronquée. Par « tronqué », on entend tronqué par un plan ou une surface courbe.

[0058] Pour réaliser un séparateur ayant une arête rectiligne, on peut utiliser tout corps ayant une partie biseautée selon une ligne droite, par exemple un prisme. Par exemple, le séparateur peut être un prisme dont la base b1 et la face a1 faisant face à la base sont orientées de manière en former un angle aigu α et se rejoignent en formant une arête rectiligne 9 (figure 1). L'extrémité du prisme (c'est-à-dire la partie où la base et la face se rejoignent pour former un angle aigu) peut également être tronqué. Le séparateur peut également être formé par l'association de deux prismes superposés selon leurs bases respectives b1 et b2. Dans la figure 2, on a illustré un exemple de deux prismes superposés, ayant leur extrémité tronquée et des angles α_1 et α_2 identiques. Ici, les extrémités ont été tronquées selon un plan, mais on aurait également pu les tronquer selon une surface courbe. Par ailleurs, les angles α_1 et α_2 auraient pu être différents.

[0059] L'arête peut également avoir d'autres formes. Par exemple, le séparateur peut être un prisme dans lequel la base b1 et la face a1 faisant face à la base se rejoignent selon un sommet pour former un angle aigu (figure 3). La base b1 et la face a1 faisant face à la base peuvent également se rapprocher l'une de l'autre, sans se rejoindre (figure 4).

[0060] Pour réaliser un séparateur ayant une arête de forme circulaire, on peut utiliser par exemple un cône, la génératrice de ce cône formant alors l'arête d'angle aigu. Dans ce cas, pour obtenir un séparateur ayant une hauteur variable entre les points de contact entre le séparateur et les couches de l'empilement, on excentre l'axe de rotation du séparateur par rapport à son axe de symétrie, dans le cas où le séparateur est destiné à être mis en rotation, et/ou, si la structure à séparer est de forme circulaire et est destinée à être mise en rotation, on excentre l'axe de rotation de la structure par rapport à son axe de symétrie.

[0061] On peut également réaliser un séparateur ayant une arête de forme circulaire en joignant deux cô-

nes au niveau de leurs bases. A partir de ces deux cônes, on peut obtenir différentes hauteurs en modifiant l'angle des génératrices 1 des cônes et/ou l'angle entre les axes 2 des deux cônes. A titre d'exemple, le séparateur peut être réalisé en inclinant l'un par rapport à l'autre les axes 2 de deux cônes d'un angle α d'environ 20° (voir figure 5). On peut également faire varier l'angle de la génératrice 1 par rapport à l'axe 2 de chacun des cônes ; par exemple, cet angle peut être de 10°, 20°, 30°, 45° ou 60°. Selon l'angle de la génératrice 1 choisie α_1, α_2, α_3, α_4, α_5, le séparateur présente des hauteurs différentes h_1, h_2, h_3, h_4, h_5 respectivement pour une profondeur p donnée, comme illustré dans la figure 6, où le séparateur est constitué par un seul cône.

[0062] Si le séparateur est constitué par deux cônes, les angles des génératrices des deux cônes peuvent être choisis identiques ou différents.

[0063] Pour réaliser la séparation, le séparateur et la structure empilée à dissocier doivent être animés d'un mouvement relatif essentiellement tangentiel à la structure empilée de sorte que l'écart entre les points de contact entre le séparateur et les couches de l'empilement varie de façon à augmenter au cours du mouvement. Avantageusement, l'augmentation est progressive. Ce mouvement relatif peut être obtenu de différente façon par mouvement du séparateur et/ou de la structure.

[0064] Par exemple, si le séparateur 14 présente une arête 19 rectiligne et si la structure empilée 5 est de forme circulaire, on peut translater le séparateur 14 selon une direction tangentielle 11 à la structure empilée (figure 7) pour induire l'écartement des points de contact. On peut également avoir le cas où le séparateur 14 reste fixe, tandis que l'empilement 5 effectue un mouvement de translation 12 le long de l'arête 19 (figure 8) ou une combinaison de ces deux mouvements de translation. On pourra avantageusement prévoir dans ces variantes de faire tourner la structure 5 sur elle-même (autour de son axe de rotation 7), afin d'initier la séparation sur une partie ou sur toute la périphérie de la structure et ainsi mieux répartir les contraintes générées sur la structure (voir la figure 9, où l'empilement tourne sur lui-même, ou la figure 10, où l'empilement a un mouvement de translation et tourne sur lui même). Il pourrait également être possible (en alternative ou en combinaison) de faire tourner le séparateur 14 autour de l'axe de rotation 7 de l'empilement 5 (non représenté). Les mouvements de translation et de rotation pourront être continus ou non, pour tout ou partie, simultanés ou non...

[0065] Si le séparateur 4 et l'empilement 5 ont une forme circulaire, pour initier la séparation, les cas suivants sont possibles (seuls ou en combinaison) :

- le séparateur 4 tourne sur lui-même autour de son axe de rotation 6, tandis que l'empilement 5 reste fixe (figure 11),
- le séparateur 4 reste fixe, tandis que l'empilement tourne autour de l'axe de rotation 6 du séparateur (figure 13),

[0066] Ces deux mouvements de base permettent de réaliser la séparation. Ces deux mouvements de base peuvent être combinés. Ces mouvements de rotation peuvent être continus ou discrets, dans un même sens ou avec des changements de sens de rotation ponctuels. Une combinaison (simultanée ou non) de ces rotations est possible avec des rotations dans des sens opposés ou non.

[0067] On initie ainsi la séparation localement sur la périphérie de la structure. Pour générer cette séparation sur une partie plus grande de la périphérie de la structure, voire sur toute la périphérie, afin de mieux répartir les contraintes générées sur la structure, on peut donc prévoir en plus des mouvements de rotation précédemment décrits (et pour tout ou partie simultanée avec ces mouvements de rotation) :

- un mouvement de rotation de la structure sur elle-même (continu ou discret, alterné ou non) et/ou
- un mouvement de rotation du séparateur autour de l'axe de la structure (simultané ou non).

[0068] On peut ainsi avoir les cas suivants :

- le séparateur 4 et l'empilement 5 tournent sur eux-mêmes autour de leurs axes de rotation respectifs 6 et 7 (figure 12),
- le séparateur 4 reste fixe, tandis que l'empilement tourne sur lui-même autour de son axe de rotation 7, et autour de l'axe de rotation 6 du séparateur (figure 14),
- le séparateur 4 tourne sur lui-même autour de son axe de rotation 6, tandis que l'empilement tourne sur lui-même autour de son axe de rotation 7, et autour de l'axe de rotation 6 du séparateur (figure 15),
- le séparateur 4 tourne autour de l'axe de rotation 7 de l'empilement 5 et tourne sur lui-même autour de son axe de rotation 6, tandis que l'empilement tourne sur lui-même autour de son axe de rotation 7 (figure 16).

[0069] Selon un premier exemple de réalisation, la structure empilée à séparer peut être composée de deux plaques de silicium de 100 mm de diamètre et de 525 micromètres d'épaisseur. Dans cet exemple, les deux plaques de silicium sont collées par collage moléculaire, technique bien connue de l'homme du métier : les deux surfaces sont préparées pour être hydrophiles et propres, puis les deux plaques sont collées à température ambiante. On obtient ainsi une énergie de collage de l'ordre de 0,8 J/m^2 après un traitement thermique à 500°C pendant deux heures.

[0070] Les plaques présentent en périphérie un chanfrein 10 (c'est-à-dire une zone d'épaisseur réduite). Après collage, ces chanfreins génèrent en périphérie de structure au niveau de l'interface de collage une zone non collée 10, qui va faciliter l'insertion ultérieure du séparateur entre les deux plaques.

[0071] Dans cet exemple, le séparateur est réalisé en joignant deux cônes selon leurs bases, les deux cônes ayant leurs axes inclinés l'un par rapport à l'autre d'un angle d'environ 20°. Les sommets des cônes ont été tronqués.

[0072] Comme les axes des deux cônes sont inclinés, on obtient une hauteur de séparation variable. L'avantage d'avoir une hauteur de séparation variable est qu'on obtient un effet progressif et tangentiel de séparation des deux plaques. Lorsque le séparateur effectue par exemple un quart de tour, la hauteur de séparation des plaques de la structure empilée varie de quelques micromètres jusqu'à environ 3 mm, dans la zone périphérique de l'empilement.

[0073] Dans cet exemple, on choisit de faire tourner le séparateur 4 sur lui-même autour de son axe de rotation 6. De préférence, la rotation du séparateur est effectuée lentement. Par exemple, on utilise des vitesses de rotation de 0,1, 1, 2, ou 5 tours par heure.

[0074] La mise en rotation du séparateur (de même que la rotation éventuelle de l'empilement) peut être réalisée de façon électrique, automatique, progressive, dans un mode discret ou continu.

[0075] Selon une variante, éventuellement combinée, la structure empilée à séparer peut être animée d'un mouvement de rotation autour de l'axe du séparateur. On peut par exemple faire tourner le séparateur par pas d'un dixième ($1/10^{ième}$) de tour et entre chaque pas, faire tourner la structure sur elle même d'au moins un tour complet.

[0076] Le séparateur 4 est mis en contact (101, 102) des bords de chacune des deux plaques de la structure 5 à séparer, au niveau de la zone non collée (formant une zone 10 adaptée à l'insertion de la lame). Cette zone non collée est au voisinage de l'interface de collage 8, correspondant dans ce cas à la zone fragilisée au niveau de laquelle on souhaite obtenir une séparation (figures 17 et 18). Comme on peut le voir dans la figure 17, la hauteur de séparation h_1 est inférieure à la hauteur de séparation h_2 diamétralement opposée : lorsque le séparateur aura effectué un demi-tour, la hauteur de séparation aura donc changé et la pression exercée sur les parois au niveau des points de contact 101 et 102 aura elle aussi augmenté.

[0077] La mise en contact nécessite un mouvement relatif radial entre la structure et le séparateur mais qui se limite en bordure de structure.

[0078] La zone périphérique dans laquelle il y a un contact (101, 102) entre le séparateur à effet progressif tangentiel et chacune des plaques de la structure collée est située à environ 49 mm du centre de la structure collée pour des structures de diamètre 100 mm. La hauteur de séparation imposée en périphérie de plaques collées par la rotation du séparateur est suffisante pour induire une séparation complète de la structure empilée.

[0079] Dans une variante de cet exemple, la structure à séparer est placée sur un moyen de maintien, par exemple une platine, qui permet une rotation de la structure autour de son axe, continue ou non, dans un sens unique ou permettant une alternance de sens, simultanée ou non par rapport à la rotation du séparateur. La vitesse de rotation peut-être constante ou variable. Dans cet exemple, la vitesse de rotation de la platine est continue et simultanée avec le séparateur. Elle peut être de 10 tours par heure, de 5 tours par heure, de 1 tour par heure ou de 0,1 tour par heure. Dans cet exemple, la rotation de la platine s'effectue dans le même sens et à la même vitesse que la rotation du séparateur.

[0080] On constate qu'il n'y a pas besoin d'effectuer une translation radiale du séparateur selon l'invention, c'est-à-dire de la bordure de la structure à séparer vers son centre. En effet, la simple rotation du séparateur, une fois le séparateur en contact de l'empilement, suffit à écarter les deux parties qui doivent être séparées dans la structure empilée. Néanmoins, il sera toujours possible de prévoir une légère composante radiale au mouvement relatif entre le séparateur et la structure. Cette composante devra être limitée pour limiter les risques d'introduction d'impuretés et de rayures en bordure de structure.

[0081] Selon un deuxième exemple de réalisation, la structure empilée à séparer peut être composée de deux plaques de silicium de 100 mm de diamètre et de 525 micromètres d'épaisseur. Comme dans l'exemple précédent, les deux surfaces des plaques à coller ont été préparées pour être hydrophiles et compatibles avec un collage moléculaire ultérieur. Les deux plaques ont été collées et traitées thermiquement à 200°C pendant deux heures pour obtenir par exemple une énergie de collage de l'ordre de 0,6 J/m^2.

[0082] Dans cet exemple, le séparateur a été réalisé en joignant, selon leurs bases, deux cônes coaxiaux tronqués. Les sommets des cônes ont été tronqués afin que le séparateur soit moins encombrant. Dans cet exemple, on a choisi un angle de génératrice de 45°.

[0083] Dans cet exemple, le séparateur ainsi que la structure empilée sont mis en rotation sur eux-mêmes. On choisit de décaler l'axe de rotation du séparateur d'environ 2 mm par rapport à l'axe des cônes, ce qui permet de modifier les hauteurs de séparation.

[0084] Le séparateur est mis en contact avec les bords de chacune des deux plaques de la structure à séparer, dans la zone où ces plaques ont un chanfrein. Le séparateur et la structure empilée sont mis en rotation sur eux-mêmes selon un même sens ou des sens opposés. De préférence, la rotation du séparateur est effectuée lentement, par exemple, avec des vitesses de rotation de 5 tours par heure, de 2 tours par heure, de 1 tour par heure ou de 0,1 tour par heure.

[0085] Comme l'axe de rotation du séparateur est décalé par rapport à l'axe des cônes, la hauteur de séparation du séparateur va progressivement changer au fur et à mesure que le séparateur va tourner. De préférence, le séparateur est déplacé de manière à ce que la hauteur de séparation augmente. De préférence, on choisit de placer le séparateur dans le chanfrein au niveau où le

séparateur possède une hauteur de séparation minimale.

[0086] Lorsque le séparateur effectue par exemple un 1/6 de tour, la hauteur de séparation des plaques de la structure empilée peut varier de quelques micromètres jusqu'à environ 1,5 mm, dans la zone périphérique de la structure.

[0087] Une telle hauteur de séparation imposée en périphérie des plaques collées est suffisante pour induire une séparation complète de la structure empilée. Le mouvement relatif du séparateur et de la structure présente une composante radiale, mais qui reste inférieure à 2 fois l'écart entre l'axe de rotation du séparateur et l'axe des cônes, voire inférieur si le séparateur effectue moins d'un tour, ce qui est faible par rapport aux dimensions de la structure. L'essentiel du mouvement relatif reste donc tangentiel.

[0088] Selon un troisième exemple de réalisation, la structure empilée à séparer est composée de deux plaques de silicium assemblées par collage moléculaire selon une interface de collage 18. Avant collage, une des deux plaques a subi une implantation d'hydrogène pour créer une zone fragile enterrée de microcavités 22, par exemple à 1 μm de sa surface (voir la figure 19). C'est au niveau de cette zone fragile enterrée que doit s'effectuer la séparation.

[0089] Un traitement thermique peut être réalisé après collage pour renforcer le collage et favoriser la coalescence des microcavités.

[0090] Simultanément ou postérieurement à ce traitement thermique, le séparateur selon l'invention est introduit à l'interface de collage, dans la zone de chanfrein 10 des plaques à proximité de la zone fragile comprenant des microcavités 22. La séparation s'opère alors par exemple par rotation du séparateur selon une ligne de fracture 20, qui comme représentée sur la figure 19, est réalisée dans le plan comprenant les microcavités 22 et part de la zone de chanfrein 10 (la ligne de fracture 20 est représentée par une ligne en pointillés).

[0091] Le dispositif et le procédé de séparation selon l'invention permettent, en évitant l'introduction radiale d'une lame au sein d'un empilement, d'éviter d'introduire des impuretés sur les surfaces des plaques séparées et/ou de rayer ces surfaces, tout en permettant d'induire la séparation de structures empilées à partir de la périphérie de l'empilement. La surface de la zone utilisable des plaques ainsi séparées est donc beaucoup plus importante que celle obtenue par séparation selon les dispositifs antérieurs, qui nécessitent l'introduction radiale d'une lame.

[0092] Dans les exemples précédents, on a utilisé un séparateur de forme circulaire. D'autres formes de séparateurs sont également possibles. Par exemple, le séparateur peut être un corps comportant deux parois qui se rejoignent selon une arête rectiligne. Il peut s'agir par exemple d'une lame du type lame de cutter. De même, on a utilisé un séparateur de forme fixe, mais il serait bien sûr possible d'utiliser un séparateur dont la forme varie au cours du temps, de façon à adapter en dynamique la distance entre les points de contact de ce séparateur avec l'empilement. Il pourrait s'agir d'un séparateur conique dont l'angle entre la génératrice et la base peut varier dynamiquement, par exemple sous l'effet de forces pneumatiques.

[0093] Dans les exemples qui précèdent, un seul séparateur est utilisé, mais il est tout à fait possible d'utiliser deux séparateurs ou plus en combinaison. Les séparateurs peuvent être de formes identiques ou non, en rotation ou non, à des vitesses et des sens de rotation variables.

[0094] Sans sortir du cadre de l'invention qui vise à obtenir une séparation d'une structure au niveau d'une zone fragile à l'aide d'un outil en limitant le contact entre l'outil et la structure en périphérie de cette structure, et ce afin d'éviter notamment toute contamination et/ou endommagement au niveau des faces obtenues après séparation, on pourra prévoir d'insérer successivement, en périphérie de structure, différents séparateurs. Ces séparateurs pourront être avantageusement similaires à ceux décrit précédemment, c'est-à-dire induisant une variation de la distance entre les points de contact entre ce séparateur et la structure, soit dynamiquement, soit au cours d'un mouvement relatif entre ledit séparateur et la structure. En variante, il est possible d'utiliser différents séparateurs de forme fixe choisis de sorte que les points de contact entre ces séparateurs et la structure restent localisés en périphérie de structure, mais que la distance entre ces points de contact varie d'un séparateur à l'autre pour augmenter et ainsi conduire à la séparation de la structure. Par exemple, on pourra utiliser des séparateurs coniques dont l'angle entre la base et la génératrice augmente progressivement d'un séparateur à l'autre au fur et à mesure des insertions.

BIBLIOGRAPHIE

[0095]

[1] W. P. Maszara et al., Journal of Appl. Phys., n°64 (10), 15 nov. 1988, p 4943.

[2] J. Bagdahn et M. Petzold, Debonding of Wafer-Bonded Interfaces for Handling and Transfer Applications, Wafer Bonding Applications and Technology, ed. Springer.

[3] brevet EP 1 385 683 B1.

Revendications

1. Dispositif de séparation d'un empilement (5) en deux parties distinctes, ledit empilement comprenant une première partie, une seconde partie et une zone fragilisée interposée entre lesdites première et seconde parties, et une zone d'insertion, située en péri-

phérie de l'empilement au niveau ou à proximité de la zone fragilisée, s'étendant sur tout ou partie de la périphérie de l'empilement, ledit dispositif comprenant :

- au moins un séparateur (4, 14) apte à pénétrer dans la zone d'insertion selon une distance, dite distance de pénétration, jusqu'à venir en contact avec la première partie de l'empilement en au moins un premier point de contact situé en périphérie de l'empilement et à venir en contact avec la seconde partie de l'empilement en au moins un second point de contact situé en périphérie de l'empilement,
- des moyens d'entraînement aptes à amener le séparateur à pénétrer dans la zone d'insertion jusqu'à ladite distance de pénétration et aptes à animer ledit séparateur (4, 14) et l'empilement (5) d'un mouvement relatif,

ledit dispositif étant **caractérisé en ce que** le séparateur est configuré de manière à ce que la distance entre le premier point de contact et le second point de contact augmente au cours du mouvement relatif, alors que la distance de pénétration reste sensiblement constante, les premier et second points de contact demeurant en périphérie de l'empilement au cours du mouvement relatif.

2. Dispositif de séparation selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le mouvement relatif est un mouvement essentiellement tangentiel.

3. Dispositif de séparation selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le mouvement relatif du séparateur (4, 14) par rapport à l'empilement (5) est obtenu par rotation dudit séparateur (4, 14) sur lui-même et/ou par rotation de l'empilement (5) sur lui-même.

4. Dispositif de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le mouvement relatif du séparateur (4, 14) par rapport à l'empilement (5) est obtenu par mise en rotation de l'empilement autour du séparateur et/ou par mise en rotation du séparateur (4, 14) autour de l'empilement (5).

5. Dispositif de séparation selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le mouvement relatif du séparateur (4, 14) par rapport à l'empilement (5) est obtenu par mise en translation du séparateur tangentiellement à l'empilement et/ou par mise en translation de l'empilement le long du séparateur.

6. Dispositif de séparation selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le mouvement relatif du séparateur (4, 14) par rapport à l'empilement (5) est en outre obtenu par rotation de l'empilement sur lui-même et/ou par mise en rotation du séparateur autour de l'empilement.

7. Dispositif de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le séparateur comporte une partie de bord angulée dont l'angle est croissant le long d'au moins une partie de sa périphérie, cette partie de bord angulée étant destinée à venir en contact avec le substrat au cours du mouvement relatif.

8. Dispositif de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le séparateur (4, 14) comporte un cône, tronqué ou non, la génératrice dudit cône étant apte à venir au contact de l'empilement au niveau du premier point de contact et la base dudit cône étant apte à venir au contact de l'empilement au niveau du second point de contact.

9. Dispositif de séparation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le séparateur (4, 14) comporte deux cônes, tronqués ou non, superposés selon leurs bases, la génératrice du premier cône étant apte à venir au contact de l'empilement au niveau du premier point de contact et la génératrice du second cône étant apte à venir au contact de l'empilement au niveau du second point de contact.

10. Dispositif de séparation selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, **caractérisé en ce que** le séparateur (4, 14) comporte un prisme, dont la base est apte à venir au contact de l'empilement au niveau du premier point de contact et une des faces est apte à venir au contact de l'empilement au niveau du second point de contact, la base et ladite face formant un angle aigu, tronqué ou non.

11. Dispositif de séparation selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, **caractérisé en ce que** le séparateur (4, 14) comporte deux prismes, chaque prisme ayant une base et une face, la base et ladite face formant un angle aigu, tronqué ou non, et les prismes étant superposés selon leurs bases, les faces des deux prismes étant destinées à venir en contact respectivement avec la première et la seconde parties de l'empilement.

12. Procédé de séparation d'un empilement (5) en deux parties distinctes, ledit empilement comprenant une première partie, une seconde partie et une zone fragilisée interposée entre lesdites première et seconde parties, et une zone d'insertion, située en périphérie de l'empilement au niveau ou à proximité de la zone fragilisée, s'étendant sur tout ou partie de la périphérie de l'empilement, ledit procédé compre-

nant les étapes suivantes :

a) fourniture d'au moins un séparateur (4, 14) comportant une partie de bord angulée dont l'angle est croissant le long d'au moins une partie de sa périphérie,
b) insérer la partie de bord angulée dudit au moins un séparateur (4, 14) dans la zone d'insertion selon une distance, dite distance de pénétration, jusqu'à amener le séparateur en contact avec au moins la première partie de l'empilement (5) au niveau d'un premier point de contact et la seconde partie de l'empilement (5) au niveau d'un second point de contact,
c) animer le séparateur et l'empilement d'un mouvement relatif de manière à ce que la partie de bord angulée à angle croissant du séparateur reste en contact avec le substrat au cours du mouvement relatif pour faire augmenter la distance existant entre le premier et le second points de contact du séparateur avec la première et la seconde partie de l'empilement, respectivement, au cours du mouvement relatif, de sorte que lesdites parties s'écartent l'une de l'autre, alors que la distance de pénétration reste sensiblement constante, les premier et second points de contact demeurant en périphérie de l'empilement au cours du mouvement relatif.

13. Procédé de séparation selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le mouvement relatif est un mouvement essentiellement tangentiel.

14. Procédé de séparation selon la revendication 12 ou 13, **caractérisé en ce que** le mouvement relatif du séparateur et de l'empilement est obtenu par rotation du séparateur (4, 14) sur lui-même et/ou par rotation de l'empilement (5) sur lui-même.

15. Procédé de séparation selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, **caractérisé en ce que** le mouvement relatif du séparateur et de l'empilement est obtenu par rotation de l'empilement (5) autour du séparateur (4, 14) et/ou par rotation du séparateur (4, 14) autour de l'empilement (5).

16. Procédé de séparation selon l'une quelconque des revendications 12 à 13, **caractérisé en ce que** le mouvement relatif du séparateur et de l'empilement est obtenu par translation du séparateur (4, 14) tangentiellement à l'empilement (5) et/ou par translation de l'empilement le long du séparateur.

17. Procédé de séparation selon la revendication 16, **caractérisé en ce que** le mouvement relatif du séparateur et de l'empilement est en outre obtenu par rotation de l'empilement (5) sur lui-même et/ou par rotation du séparateur autour de l'empilement.

18. Procédé de séparation selon la revendication 12 ou 13, **caractérisé en ce que** le séparateur est configuré de manière à ce que la distance entre le premier point de contact et le second point de contact augmente au cours du mouvement relatif de l'empilement par rapport au séparateur.

19. Procédé de séparation selon la revendication 18, **caractérisé en ce que** l'augmentation de ladite distance entre le premier point de contact et le second point de contact est obtenue par un système qui adapte en dynamique ladite distance sur le séparateur.

20. Procédé de séparation selon la revendication 18 ou 19, **caractérisé en ce que** les étapes a) et b) sont répétées N fois ($N \geq 2$), chaque fois en utilisant un séparateur différent ayant une distance entre le premier et le second points de contact du séparateur avec la première et la seconde parties de l'empilement maximale supérieure à la distance maximale du séparateur précédemment utilisé.

21. Procédé de séparation selon la revendication 20, **caractérisé en ce que** la distance entre le premier et le second points de contact du séparateur avec la première et la seconde parties de l'empilement, respectivement, est constante pour chaque séparateur.

Claims

1. Device for separation of a stack (5) in two distinct parts, said stack comprising a first part, a second part and a zone of weakness inserted between said first and second parts, and an insertion zone located at the periphery of the stack at or close to the zone of weakness, extending over all or part of the periphery of the stack, said device comprising:

- at least one separator (4, 14) capable of penetrating into the insertion zone along a distance called the penetration distance, until coming into contact with the first part of the stack at at least one first contact point located at the periphery of the stack and coming into contact with the second part of the stack at at least one second contact point located at the periphery of the stack,
- drive means capable of making the separator penetrate into the insertion zone as far as said penetration distance and capable of applying a relative movement between said separator (4, 14) and the stack (5),

said device being **characterised in that** the separator is configured such that the distance between the first contact point and the second contact point

increases during the relative movement while the penetration distance remains approximately constant, the first and second contact points remaining at the periphery of the stack during the relative movement.

2. Separation device according to claim 1, **characterised in that** the relative movement is an essentially tangential movement.

3. Separation device according to claim 1 or 2, **characterised in that** the relative movement between the separator (4, 14) and the stack (5) is obtained by rotating said separator (4, 14) about itself and/or by rotating the stack (5) about itself.

4. Separation device according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that** the relative movement between the separator (4, 14) and the stack (5) is obtained by rotating the stack about the separator and/or by rotating the separator (4, 14) about the stack (5).

5. Separation device according to claim 1 or 2, **characterised in that** the relative movement between the separator (4, 14) and the stack (5) is obtained by translation of the separator tangentially to the stack and/or by translation of the stack along the separator.

6. Separation device according to claim 5, **characterised in that** the relative movement between the separator (4, 14) and the stack (5) is also obtained by rotating the stack about itself and/or by rotating the separator about the stack.

7. Separation device according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** the separator comprises a part with an inclined edge with an angle that increases along at least a portion of its periphery, this s part of the inclined edge being designed to come into contact with the substrate during the relative movement.

8. Separation device according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** the separator (4, 14) comprises a cone that may or may not be truncated, the generatrix of said cone being capable of coming into contact with the stack at the first contact point and the base of said cone being capable of coming into contact with the stack at the second contact point.

9. Separation device according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** the separator (4, 14) comprises two cones that may or may not be truncated, superposed at their corresponding bases, the generatrix of the first cone being capable of coming into contact with the stack at the first contact point and the generatrix of the second cone being capable of coming into contact with the stack at the second contact point.

10. Separation device according to any one of claims 5 and 6, **characterised** is that the separator (4, 14) comprises a prism, the base of which can come in contact with the stack at the first contact point and one of the faces can come into contact with the stack at the second contact point, the base and said face forming an acute angle that may or may not be truncated.

11. Separation device according to any one of claims 5 and 6, **characterised in that** the separator (4, 14) comprises two prisms, each prism having a base and a farce, the base and said face forming an acute angle that may or may not be truncated, and the prisms being superposed at their corresponding bases, the faces of the two prisms being designed to come into contact with the first and second parts of the stack respectively.

12. Method for separating a stack (5) into two distinct parts, said stack comprising a first part, a second part and a zone of weakness inserted between said first and second parts, and an insertion zone, located at the periphery of the stack at or close to the zone of weakness, extending over all or part of the periphery of the stack, said method comprising the following steps:

a) supply of at least one separator (4, 14) comprising an inclined edge part, the angle of which increase along at least part of its periphery,
b) insert the inclined edge part of said at least one separator (4, 14) into the insertion zone at a distance called the penetration distance, to bring the separator into contact with at least the first part of the stack (5) at a first contact point and the second part of the stack (5) at a second contact point,
c) apply a relative movement between the separator and the stack such that the inclined edge part of the separator with an increasing angle remains in contact with the substrate during the relative movement to increase the existing distance between the first and second contact points of the separator with the first and the second part of the stack respectively during the relative movement, such that said parts separate from each other while the penetration distance remains approximately constant, the first and second contact points remaining at the periphery of the stack during the relative movement.

13. Separation method according to claim. 12, **charac-**

terised in that the relative movement is an essentially tangential movement.

14. Separation method according to claim 12 or 13, **characterised in that** the relative movement between the separator and the stack is obtained by rotating the separator (4, 14) about itself and/or by rotating the stack (5) about itself.

15. Separation method according to any one of claims 12 to 14, **characterised in that** the relative movement between the separator and the stack is obtained by rotating the stack (5) about the separator (4, 14) and/or by rotating the separator. (4, 14) about the stack (5).

16. Separation method according to any one of claims 12 to 13, **characterised in that** the relative movement between the separator and the stack is obtained by translating the separator (4, 14) tangentially to the stack (5) and/or by translating the stack along the separator.

17. Separation method according to claim 16, **characterised in that** the relative movement between the separator and the stack is also obtained by rotating the stack (5) about itself and/or by rotating the separator about the stack.

18. Separation method according to claim 12 or 13, **characterised in that** the separator is configured such that the distance between the first contact point and the second contact point increases during the relative movement between the stack and the separator.

19. Separation method according to claim 18, **characterised in that** the increase in said distance between the first contact point and the second contact point is obtained by a system that dynamically adapts said distance on the separator,

20. Separation method according to claim 18 or 19, **characterised in that** steps a) and b) are repeated N times ($N \geq 2$), each time using a different separator with a distance between the first and the second, contact points of the separator with the first and the second parts of the stack greater than the maximum distance of the separator previously used.

21. Separation method according to claim 20, **characterised in that** the distance between the first and the second contact points of the separator with the first and the second parts of the stack, respectively, is constant for each separator.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Trennen eines Stapels (5) in zwei verschiedene Teile, wobei der genannte Stapel einen ersten Teil, einen zweiten Teil und eine geschwächte Zone zwischen dem ersten und dem zweiten Teil sowie eine Einführungszone umfasst, die sich an der Peripherie des Stapels in Höhe oder in der Nähe der geschwächten Zone befindet und sich über die Gesamtheit oder einen Teil der Peripherie des Stapels erstreckt,
wobei die genannte Vorrichtung umfasst:

- wenigstens ein Trennelement (4, 14), fähig in die Einführungszone gemäß einer Eindringdistanz genannten Distanz einzudringen bis zur Kontaktherstellung mit dem ersten Teil des Stapels in wenigstens einem sich an der Peripherie des Stapels befindlichen ersten Kontaktpunkt, und zur Kontaktherstellung mit dem zweiten Teil des Stapels in wenigstens einem sich an der Peripherie des Stapels befindlichen zweiten Kontaktpunkt,
- Antriebseinrichtungen, fähig das Eindringen des genannten Trennelements in der Einführungszone über die genannte Eindringdistanz zu bewirken, und fähig, das Trennelement (4, 14) und den Stapel (5) eine Relativbewegung ausführen zu lassen,

wobei die genannte Vorrichtung **dadurch gekennzeichnet ist, dass** das Trennelement so konfiguriert ist, dass der Abstand zwischen dem ersten Kontaktpunkt und dem zweiten Kontaktpunkt im Laufe der Relativbewegung zunimmt, während die Eindringdistanz im Wesentlichen konstant bleibt, wobei der erste und der zweite Kontaktpunkt im Laufe der Relativbewegung an der Peripherie des Stapels bleiben.

2. Trennvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Relafivbewegung eine im Wesentlichen tangentiale Bewegung ist.

3. Trennvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** man die Relativbewegung des Trennelements (4, 14) in Bezug auf den Stapel (5) **dadurch** erhält, dass man das genannte Trennelement um sich selbst rotieren lässt und/oder den Stapel (5) um sich selbst rotieren lässt.

4. Trennvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** man die Relativbewegung des Trennelements (4, 14) in Bezug auf den Stapel (5) **dadurch** erhält, dass man den Stapel um das Brennelement herum rotieren lässt und/oder das Trennelement um den Stapel herum rotieren lässt.

5. Trennvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** man die Relativbewegung des Trennelemente (4, 14) in Bezug auf den Stapel (5) durch eine Translationsbewegung des Trennelements tangential zum Stapel und/oder durch eine Translationsbewegung des Stapels längs des Trennelements erhält.

6. Trennvorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** man die Relativbewegung des Trennelements (4, 14) in Bezug auf den Stapel (5) außerdem durch Rotation des Stapels um sich selbst und/oder durch Rotation des Trennelements um den Stapel herum erhält.

7. Trennvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trennelement einen angewinkelten Randteil umfasst, dessen Winkel längs wenigstens eines Teils seiner Peripherie zunimmt, wobei dieser angewinkelte Rand dazu bestimmt ist, während der Relativbewegung mit dem Substrat in Kontakt zu kommen.

8. Trennvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trennelement (4, 14) einen Konus umfasst, abgestumpft oder nicht, so dass die Mantellinie des genannten Konus in Höhe des ersten Kontaktpunktes und die Basis des genannten Konus in Höhe des zweiten Kontaktpunkts mit dem Stapel in Kontakt kommen kann.

9. Trennvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trennelement (4, 14) zwei an ihren Basen vereinigte Konen umfaßt, abgestumpft oder reicht, so dass die Mantellinie des ersten Konus in Höhe des ersten Kontaktpunkts und die Mantellinie des zweiten Konus in Höhe des zweiten Kontaktpunkts mit dem Stapel in Kontakt kommen kann.

10. Trennvorrichtung nach einem der Ansprüche 5 und 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trennelement (4, 14) ein Prisma umfasst, dessen Basis mit dem Stapel in Höhe des ersten Kontaktpunkts in Kontakt kommt, und eine der Flächen mit dem Stapel in Höhe des zweiten Kontaktpunktes ihn Kontakt kommt, wobei die Basis und die genannte Fläche einen spitzen Wickel bilden, abgestumpft oder nicht.

11. Trennvorrichtung nach einem der Ansprüche 5 und 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trennelement (4, 14) zwei Prismen umfasst, wobei jedes Prisma eine Basis und eine Fläche hat, die Basis und die genannte Fläche einen spitzen Winkel bilden, abgestumpft oder nicht, und die Prismen an ihren Basen vereinigt sind, wobei die genannten Seiten der beiden Prismen dazu bestimmt sind, jeweils mit dem ersten und dem zweiten Teil des Stapels in Kontakt zu kommen.

12. Verfahren zum Trennen eines Stapels (5) in zwei verschiedene Teile, wobei der genannte Stapel einen ersten Teil, einen zweiten Teil und eine geschwächte Zone zwischen dem ersten und dem zweiten Teil sowie und eine Einführungszone umfasst, die sich an der Peripherie des Stapels in Höhe oder in der Nähe der geschwächten Zone befindet und sich über die Gesamtheit oder einen Teil der Peripherie des Stapels erstreckt,
wobei das genannte Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

a) Bereitstellen wenigstens eines Trennelements (4, 14) mit einem abgewinkelten Randteil, dessen Dinkel längs wenigstens eines Teils seiner Peripherie zunimmt,
b) Einführen des angewinkelten Randteils des genannten wenigstens einen Trennelements (4, 14) in die Eindringzone gemäß einer Distanz, Eindringdistanz genannt, bis das Trennelement Kontakt hat mit wenigstens dem ersten Teil des Stapels (5) in Höhe eines ersten Kontaktpunkts und dem zweiten Teil des Stapels (5) in Höhe eines zweiten Kontaktpunkts,
c) Erzeugen einer Relativbewegung zwischen dem Trennelement und dem Stapel, so dass der mit zunehmendem Dinkel angewinkelte Randteil des Trennelements während der Relativbewegung in Kontakt bleibt mit dem Substrat, um den zwischen dem ersten und dem zweiten Kontaktpunkt des Trennelemente existierenden Abstand zu jeweils dem ersten und dem zweiten Teil des Stapels im Laufe der Relativbewegung zu vergrößert, so dass sich die genannten Teile voneinander entfernen, während die Eindringdistanz im Wesentlichen konstant bleibt und dabei der erste und der zweite Kontaktpunkt im Laufe der Relativbewegung an der Peripherie des Stapels bleiben.

13. Trennverfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Relativbewegung eine im Wesentlichen tangentiale Bewegung ist.

14. Trennverfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Relativbewegung des Trennelements und des Stapels durch Rotation des Trennelements (4, 14) um sich selbst und/oder durch Rotation des Stapels (5) um sich selbst erzeugt wird.

15. Trennverfahren nach Anspruch 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Relativbewegung des Trennelements und des Stapels durch Rotation des Stapels (5) um das Trennelemente (4, 14) herum und/oder durch Rotation des Trennelements (4, 14) um den Stapel (5) herum erzeugt wird.

16. Trennverfahren nach Anspruch 12 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** man die Relativbewegung des Trennelemente und des Stapels durch eine Translationsbewegung des Trennelements (4, 14) tangential zum Stapel (5) und/oder durch eine Translationsbewegung des Stapels längs des Trennelements erhält.

17. Trennverfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** man die Relativbewegung des Trennelements und des Stapels außerdem durch Rotation des Stapels (5) um sich selbst und/oder durch Rotation des Trennelements um den Stapel herum erhält.

18. Trennverfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trennelement so konzipiert ist, dass der Abstand zwischen dem ersten Kontaktpunkt und dem zweiten Kontaktpunkt im Laufe der Relativbewegung des Stapels in Bezug auf das Brennelement zunimmt,

19. Trennverfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zunahme des Abstands zwischen dem ersten Kontaktpunkt und dem zweiten Kontaktpunkt durch ein System erzeugt wird, das den genannten Abstand bei dem Trennelement dynamisch anpasst.

20. Trennverfahren nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schritte a) und b) N-mal wiederholt werden ($N \geq 2$), wobei jedes Mal ein anderes Trennelement benutzt wird, mit einem maximalen Abstand zwischen dem ersten und dem zweiten Kontaktpunkt des Trennelements, der größer ist als der maximale Abstand des vorhergehenden Trennelements.

21. Trennverfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand zwischen dem ersten und dem zweiten Kontaktpunkt des Trennelements zu jeweils dem ersten und dem zweiten Teil des Stapels für jedes Trennelement konstant ist.

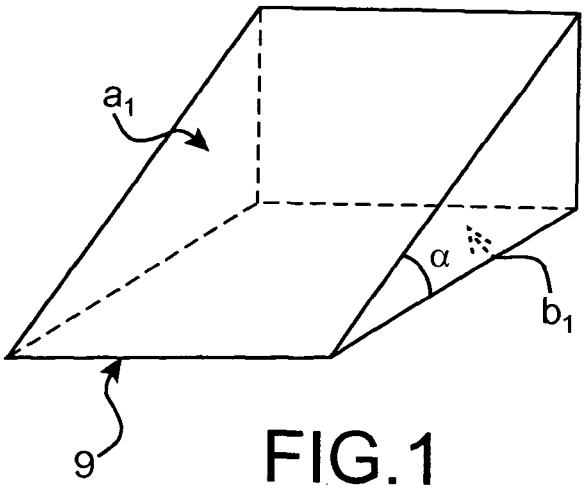


FIG.1

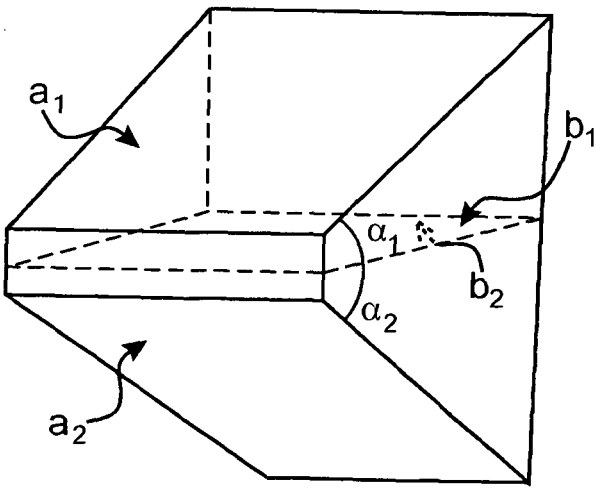


FIG.2

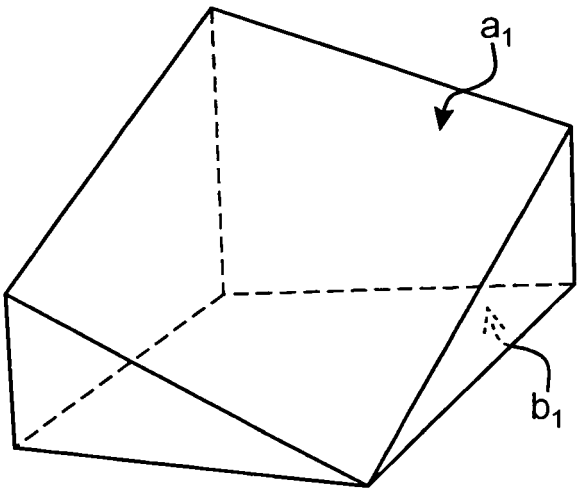


FIG.3

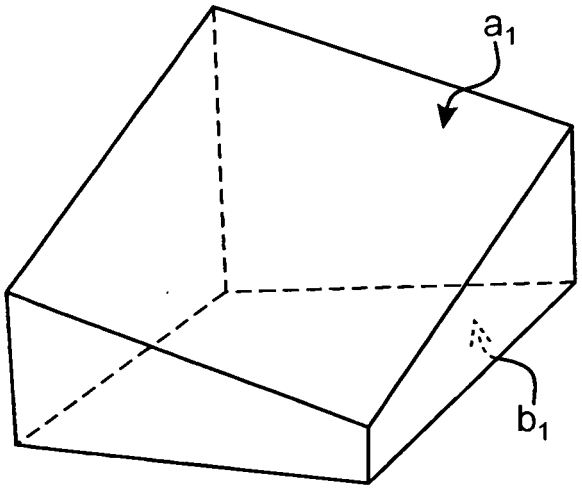


FIG.4

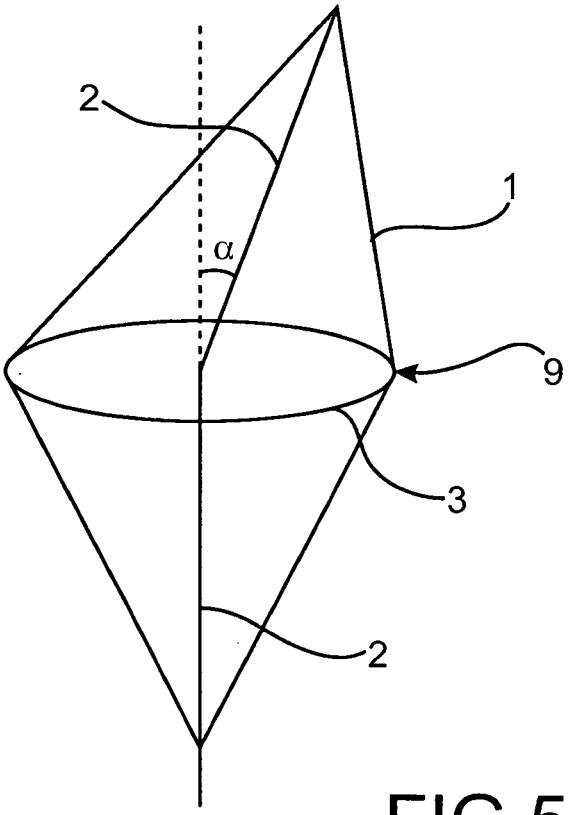


FIG.5

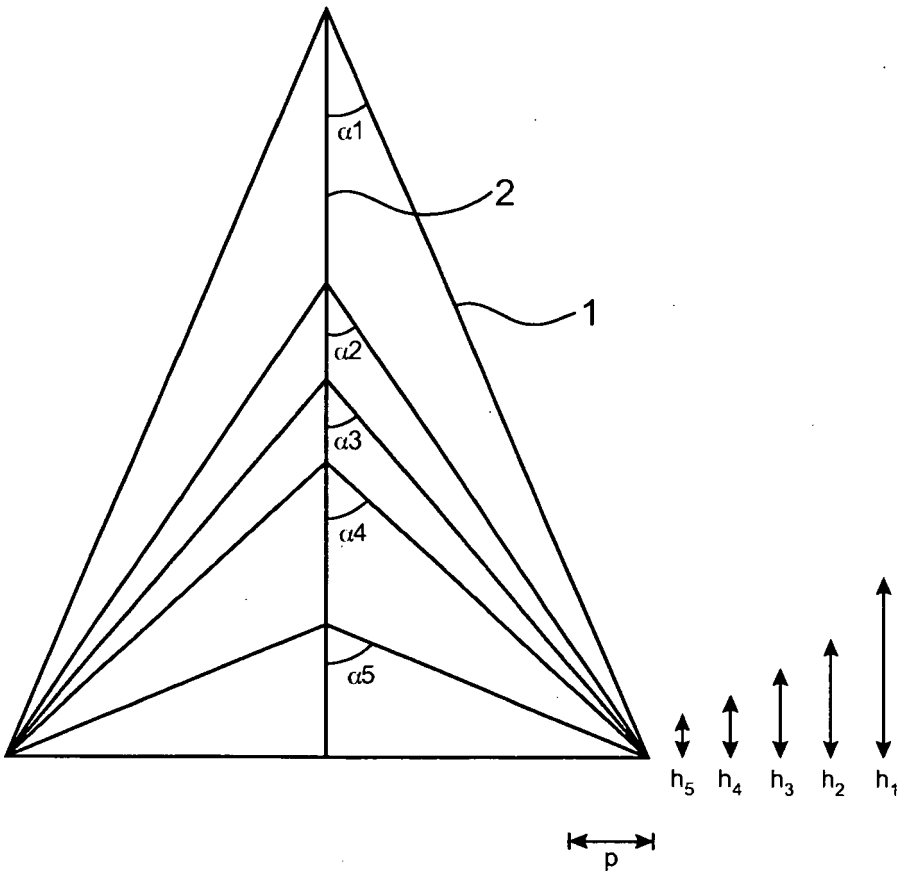


FIG.6

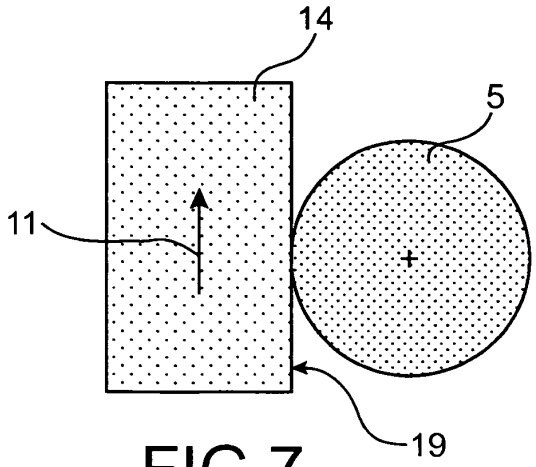


FIG.7

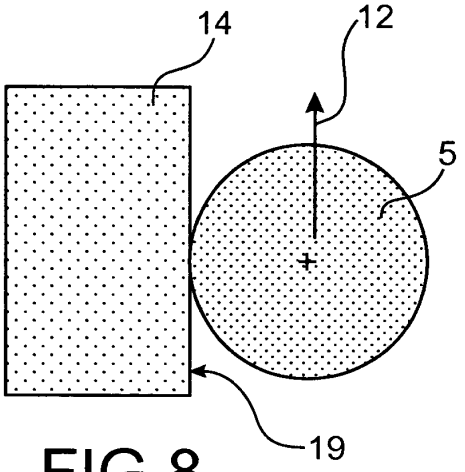


FIG.8

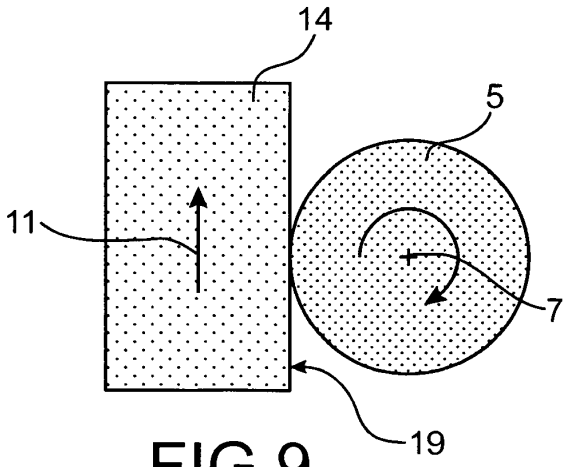


FIG.9

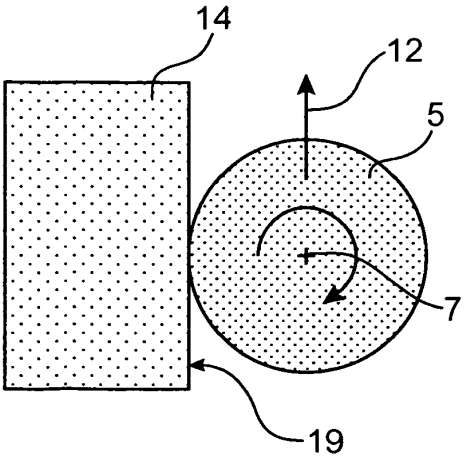


FIG.10

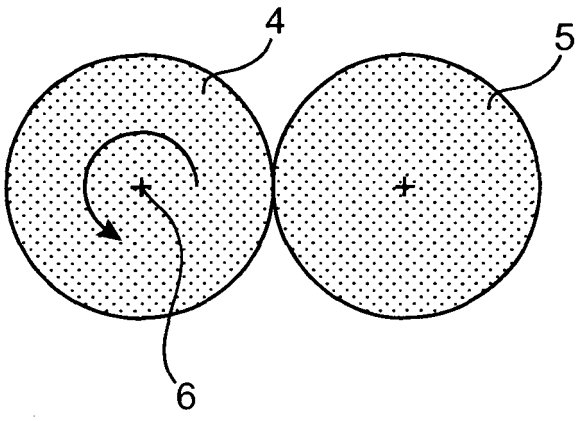


FIG.11

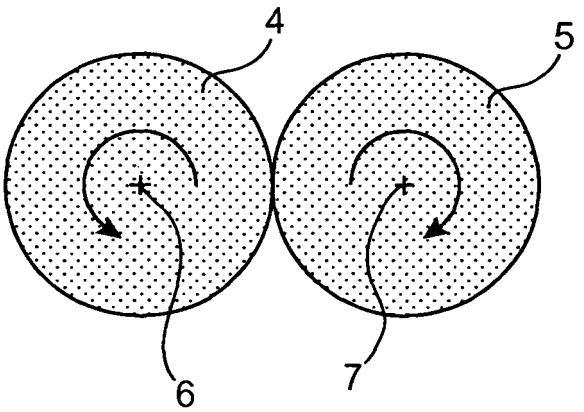


FIG.12

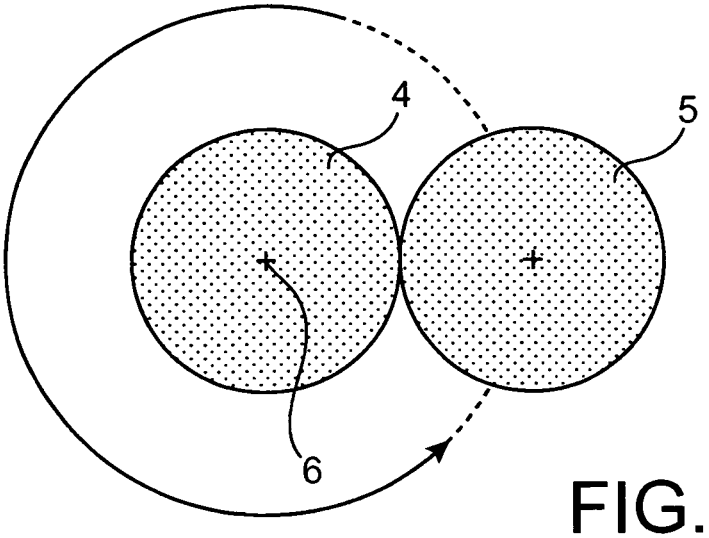


FIG.13

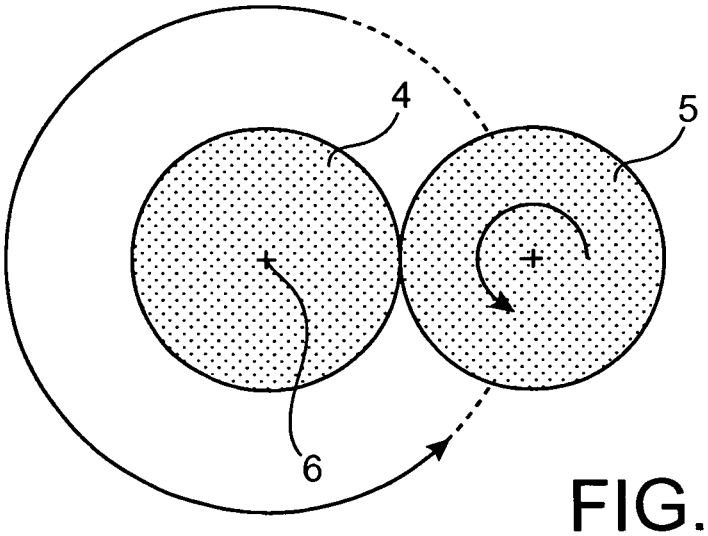


FIG.14

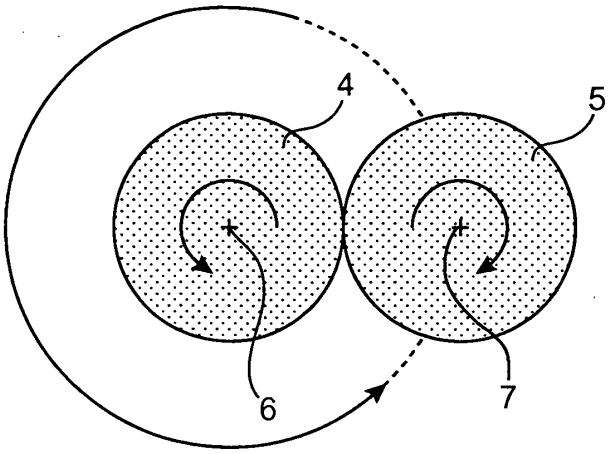


FIG.15

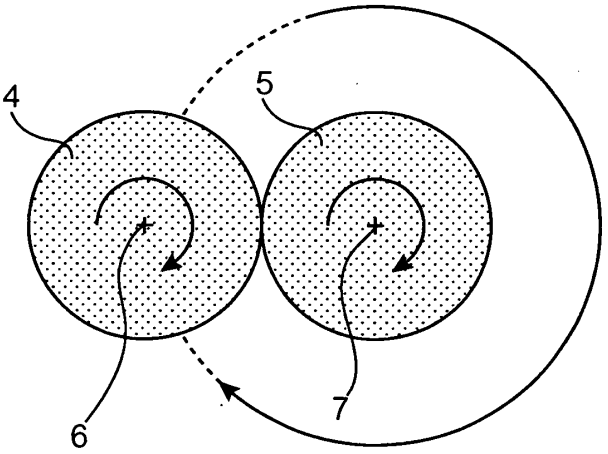


FIG.16

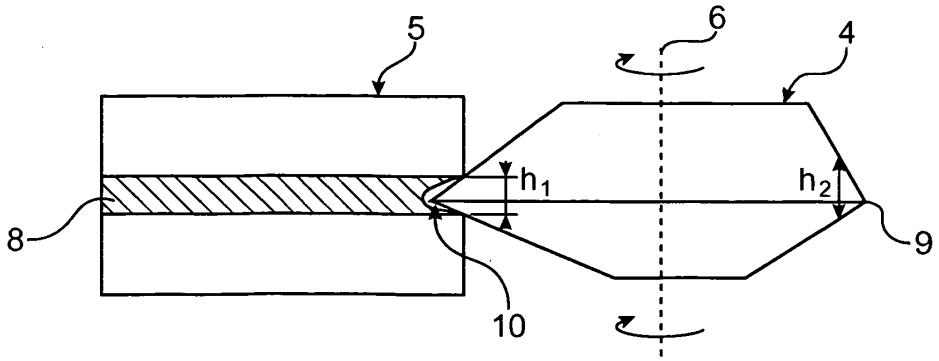


FIG.17

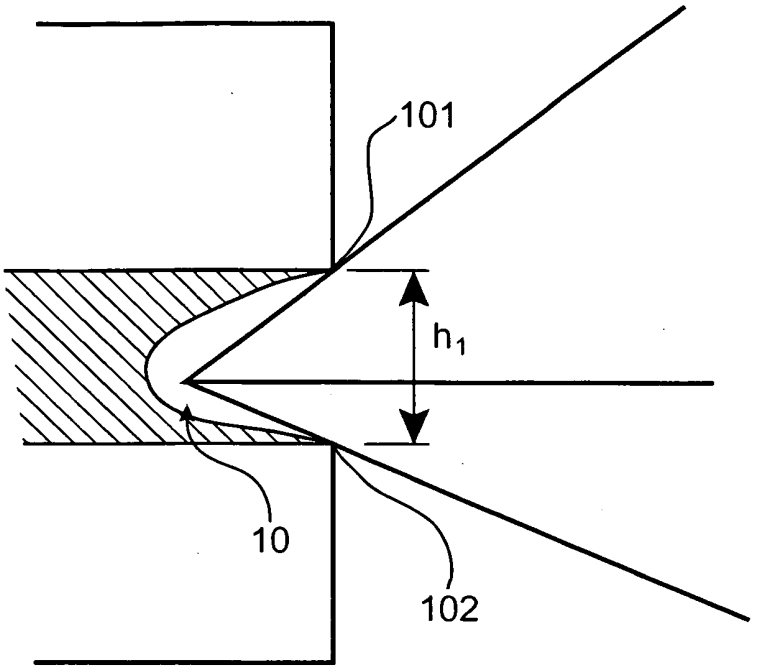


FIG.18

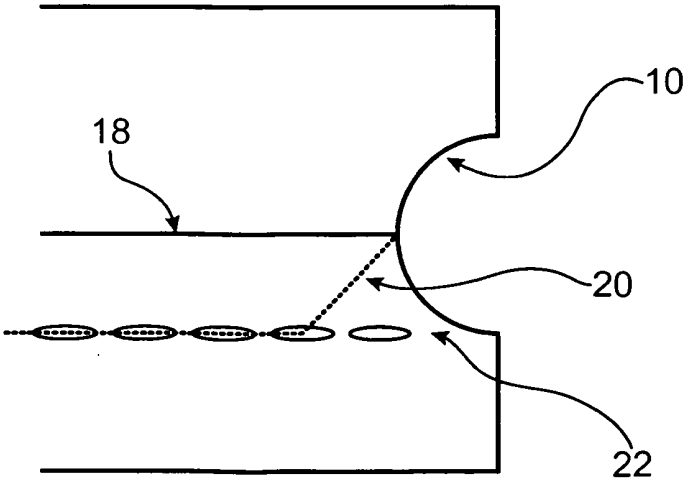


FIG.19

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- US 2005009297 A **[0003]**
- EP 1385683 B1 **[0095]**

Littérature non-brevet citée dans la description

- **W. P. Maszara et al.** *Journal of Appl. Phys.,* 15 Novembre 1988, vol. 10 (64), 4943 **[0095]**
- **J. Bagdahn ; M. Petzold.** Debonding of Wafer-Bonded Interfaces for Handling and Transfer Applications, Wafer Bonding Applications and Technology **[0095]**