



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I638413 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 10 月 11 日

(21)申請案號：104114194

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 05 月 04 日

(51)Int. Cl. : H01L21/603 (2006.01)

H01L21/607 (2006.01)

(30)優先權：2014/05/05 德國

102014106231.0

(71)申請人：奧地利商 E V 集團 E 塔那有限公司 (奧地利) EV GROUP E. THALLNER GMBH
(AT)

奧地利

(72)發明人：威普林格 馬克斯 WIMPLINGER, MARKUS (AT) ; 瑞柏翰 柏赫德 REBHAN,
BERNHARD (AT)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

CN 103328147A

CN 103548129A

CN 103582940A

US 2003/0160084A1

WO 2013/110315A1

審查人員：林士淵

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：11 共 32 頁

(54)名稱

用於永久接合的方法和裝置

METHOD AND DEVICE FOR PERMANENT BONDING

(57)摘要

本發明係關於一種用於在一接合界面(5)上將一第一基板(1)之一第一層(2)永久接合至一第二基板(1')之一第二層(2')之方法，其特徵在於在該接合之前及/或期間，至少在該接合界面(5)之區域中該第一層(2)及/或該第二層(2')之一差排(4)之一差排密度增加。

此外，本發明係關於一種對應裝置。

This invention relates to a method for permanent bonding of a first layer (2) of a first substrate (1) to a second layer (2') of a second substrate (1') on a bond interface (5), characterized in that a dislocation density of a dislocation (4) of the first and/or second layer (2, 2') is increased at least in the region of the bond interface (5) before and/or during the bonding.

Furthermore this invention relates to a corresponding device.

指定代表圖：

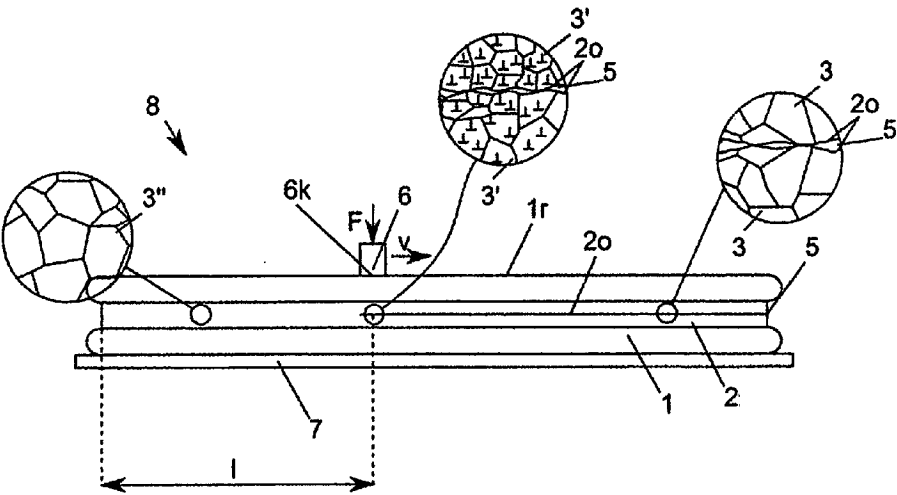


圖 2a

符號簡單說明：

- 1 . . . 基板
- 1r . . . 基板背面
- 2 . . . 層
- 2o . . . 層表面
- 3 . . . 晶粒
- 3' . . . 晶粒
- 5 . . . 接合界面
- 6 . . . 振盪設備/振盪裝置
- 6k . . . 接觸表面
- 7 . . . 晶圓卡盤
- 8 . . . 基板堆疊
- F . . . 正壓縮預應力/振盪力
- L . . . 距離
- V . . . 速度

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

用於永久接合的方法和裝置

METHOD AND DEVICE FOR PERMANENT BONDING

本發明係關於一種如請求項1中所主張之方法及一種諸如請求項6中所主張之裝置。

在以晶圓接合的名義已知之方法中，將兩個基板尤其是晶圓(特定言之，來自材料矽、石英或任何其他材料)彼此結合(join)。此處，首先在暫時接合與永久接合之間區別。暫時接合定義為其中將兩個基板(特定言之，兩個晶圓)彼此結合，使得在未自載體基板卸離之情況下可穩定且處理產品基板之全部方法，在任何情況中在程序鏈結束時可以一受控方式自載體基板再次移除產品晶圓。另一方面，在永久接合中，在產生再也無法被破壞之一持久連接之目的之情況下將兩個基板(特定言之，晶圓)彼此接合。

以下列舉概述永久接合之可能性。在微系統技術中，晶圓接合可用以例如將具有腔之一晶圓接合至具有微機械及微光學組件之一第二晶圓以保護該等組件。永久接合亦用以依一所謂的直接接合方法產生矽表面或氧化矽表面之間的一永久連接。此外，運用擴散接合或共晶接合之永久接合方法，亦可將無限個(innumerable)金屬表面永久彼此結合。此等金屬表面不必作為毯覆塗層施用於晶圓，但可由分佈於整個晶圓上方之數個局部有限塗層組成。特定言之，分佈於整個晶圓上方之此等局部有限塗層可由一介電材料(特定言之，二氧化矽)包圍。接著，此等表面稱為混合表面。混合表面彼此對準且以一永久接

合方法彼此接合，使得導電金屬表面及介電區域彼此接合。以此方式，實現用同時產生一導電連接堆疊數個基板。

因此存在不同類型的接合方法，除實際接合方法之外，其等亦隨待結合之晶圓之不同類型材料而不同。用於金屬之當前使用的永久接合方法之一主要缺點在於，僅使用極高熱供應及/或極高壓力，接合程序才導致一良好的接合結果。此極高熱應力關於經濟操作亦係尤其不利的且係成本密集的。此外，必須施加對應高壓力以能夠以一毯覆及均勻方式將愈來愈大的晶圓彼此接合之接合系統之建構及生產相應地困難。若對應接合系統可建置成任何大小，則其等之生產根本上將不是一問題。然而，接合系統必須具有由半導體產業規定的特定尺寸，且因此必須建置成相應精巧。

除所指示之增加的能量需求之缺點之外，基板材料亦對增加的熱供應具不同反應，其中基板材料具有一共同點。熱供應始終不當作用於所使用之基板材料且亦可導致基板且特定言之定位於基板上之結構之完全毀壞。

因此本發明之目的在於發展出一種在無熱供應、理想上在室溫下可儘可能實施兩個基板表面(特定言之，兩個金屬表面)之一永久連接之方法。

如本發明中所主張之待彼此接合之基板之表面可由一導電材料、一非導電材料組成或可具有混合性質。特定言之，如本發明中所主張，接合方法定義為用以將混合表面彼此結合之方法。如已說明，其等定義為至少由一導電材料及一非導電材料組成之表面。根據如本發明中所主張之實施例，針對接合程序製備導電材料，而非導電表面可根據已知接合機制彼此接合。為儘可能簡單繪示如本發明中以實施例主張之實施例，下文中較佳討論延伸於整個基板上方之毯覆金屬表面。此外，圖僅展示延伸於整個基板上方之毯覆金屬表面。

特定言之，本發明係關於永久Cu-Cu接合。如本發明中所主張之方法根本上可應用於全部其他材料及材料組合，其中憑藉如本發明中所主張之實施例，可產生較佳導致結構之再結晶之至少一介穩狀態 (metastable state)。除接合僅兩個基板之外，通常亦期望形成可用如本發明中所主張之方法生產之基板堆疊。在此等基板堆疊之生產中，考慮到材料及現有腔之類型，必須定義結合之一最佳序列。尤其較佳的是，介穩狀態藉由一增加的差排密度而產生。本發明中所主張之實施例可尤其應用於以下各者：

- 金屬，特定言之

- Cu、Ag、Au、Al、Fe、Ni、Co、Pt、W、Cr、Pb、Ti、Te、Sn、Zn

- 合金，

- 半導體(具有對應摻雜)，特定言之

- 元素半導體，較佳

- Si、Ge、Se、Te、B、 α -Sn，

- 化合物半導體，較佳

- GaAs、GaN、InP、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 、InSb、InAs、GaSb、AlN、InN、GaP、BeTe、ZnO、 CuInGaSe_2 、ZnS、ZnSe、ZnTe、CdS、CdSe、CdTe、 $\text{Hg}(1-x)\text{Cd}(x)\text{Te}$ 、BeSe、HgS、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 、GaS、GaSe、GaTe、InS、InSe、InTe、 CuInSe_2 、 CuInS_2 、 CuInGaS_2 、SiC、SiGe。

主要在具有諸如(舉例而言)微晶片、記憶體晶片或MEM之功能單元之基板之接合中，接合程序有利地應在低溫下實行，以排除或最小化對電子組件之損害。此外，低溫方法亦在極大程度上排除藉由歸因於不同材料之熱膨脹係數之差異之固有熱應力之損害。

在特定基板中，主要具有諸如微晶片、記憶體模組、MEM等之

功能組件之基板在實際接合程序之前彼此對準。一接合程序中之對準程序係特別重要的，此係因為僅正確對準及確實接觸(contact-making)確保電子組件之功能性。在具有不同熱膨脹係數之不同類型的材料之兩個晶圓之低溫接合中，極大地簡化了對準，此係因為不存在導致特定言之由不同材料組成之兩個基板之不同膨脹的溫差或僅存在一極小溫差。在室溫下實行之對準之準確度因此在低溫接合中維持或僅具極小變化。因此在很大程度上可忽略諸如熱膨脹係數之影響對準之因數。使用此等低溫度具有接合比在運用較高溫度(400°C)之一接合程序中更困難之缺點。

因此，本發明之目的在於設計一種使即使在低溫下較佳在室溫下仍能夠接合晶圓之方法及有關裝置。

本發明之基本理念特定言之在於，在接合中(特定言之，在Cu-Cu接合中)達成擴散於接合界面上方的再結晶。在再結晶中，發生藉由晶粒再生之晶粒生長及/或結構修改以及新形成晶粒邊界的延伸。因此，再結晶定義為藉由晶粒再生及/或晶粒生長之結構之一再生。在兩個基板之接合中，結構之再生較佳發生而超出接合界面，使得一連續結構產生於待接合之兩個基板之間，特定言之，產生於已沈積於基板上之層上。

下文中，將不再區別基板表面與已沈積於基板上之層之表面。可同義地使用兩種表達。

特定言之，第一及/或第二層可為第一及/或第二基板之組件。

如本發明中所主張，對於材料(特定言之，金屬)在適中溫度下之再結晶，材料可具有所產生或選取之一高差排密度。特定言之，差排密度大於 10^7 cm^{-2} ，較佳大於 10^9 cm^{-2} ，更佳大於 10^{11} cm^{-2} ，甚至更佳大於 10^{13} cm^{-2} ，最佳大於 10^{15} cm^{-2} ，尤其最佳大於 10^{17} cm^{-2} 。一差排定義為在一材料之沈積時可產生或者之後可由晶體之塑性變形產生的

一個一維晶格缺陷。特定言之，具有相應高差排密度之一材料處於一至少介穩狀態，且藉由差排崩潰(dislocation breakdown)，可藉由熱活化而被阻止進入一較低能量狀態。差排崩潰較佳藉由在較高溫度下之再結晶而發生，且接著導致一結構修改。如本發明中所主張，一差排崩潰可替代地在較低溫度下藉由退火或晶體復原而發生。在任何情況中在一晶體復原中，結構未由再結晶修改，而是僅發生差排之再結合。如本發明中所主張，不期望且應避免此程序。

如本發明中藉由如本發明中所主張之實施例所主張，差排密度增加其中差排藉由在超音波範圍內之個別脈衝振盪及/或連續振盪兩者達成。特定言之，一個別脈衝振盪定義為下文將詳述之一次性負荷(one-time loading)。特定言之，一連續振盪定義為數個此等負荷。特定言之，脈衝振盪涵蓋自高頻至低頻振盪之整個頻寬。特定言之，本發明中所主張之振盪之頻率介於1 Hz與 10^9 Hz之間，較佳介於10 Hz與 10^8 Hz之間，更佳介於100 Hz與 10^7 Hz之間，最佳介於 10^4 Hz與 10^6 Hz之間。如本發明中所主張之振盪實施例與待接合之基板之確實接觸產生一高頻率振盪機械負荷，其產生待接合之表面特定言之已沈積於基板上之材料中之一對應差排密度。兩個基板表面用儘可能低的一壓力及較佳儘可能低的一溫度之確實接觸產生接合程序中結構之再結晶，特定言之，超出接合界面。

為能夠在儘可能低的溫度下實行再結晶，不僅差排密度而且再結晶材料之純度應儘可能高。為技術目的，純度較佳以質量百分比(m%)為單位指示。特定言之，如本發明中所主張之材料之純度大於95 m%，較佳大於99 m%，更佳大於99.9 m%，最佳大於99.99 m%，尤其最佳大於99.999 m%。

如本發明中所主張，特定言之，在再結晶之前再結晶結構之晶粒大小小於1000 nm，較佳小於500 nm，更佳小於100 nm，最佳小於

50 nm，尤其最佳小於10 nm。特定言之，在再結晶之後再結晶結構之晶粒之大小大於10 nm，較佳大於100 nm，更佳大於500 nm，最佳大於500 nm，尤其最佳大於1000 nm。在一相當特別較佳實施例中，已由再結晶形成之晶粒之厚度與經再結晶結構之厚度為相同大小。

在再結晶之前及/或期間及/或之後，為增加原子之遷移率，結構較佳具有儘可能大的一點缺陷密度，特定言之，一空位密度(vacancy density)。增加的空位數目改良置換擴散且因此促成待接合之兩個表面之改良的結合。如本發明中所主張，特定言之，空位密度大於 10^{-12} ，較佳大於 10^{-10} ，更佳大於 10^{-8} ，最佳大於 10^{-6} ，尤其最佳大於 10^{-4} 。大致 10^{-4} 之一空位密度在熔點附近已構成金屬之空位密度之典型邊界值。

此外，可設想容許在微米範圍內之晶圓之翹曲/下垂之一晶圓卡盤或用於加熱基板之底部之一底部加熱器之凹形(concave shaping)。凹形容許晶圓之翹曲。此翹曲特定言之在晶圓之高頻應力下可產生額外應力負荷且因此有利地產生晶圓(特定言之，晶圓上之一層)中之差排密度之一增加。特定言之，經定位而更靠近凹形之表面附近的晶圓之區域中之晶圓之翹曲產生一拉伸應力，而與凹形對立的晶圓之表面經受壓縮應力負荷。由彎曲應力產生的拉伸或壓縮應力在中性線之方向上減小。特定言之，拉伸或壓縮應力之最大值可發現於晶圓之表面上。歸因於晶圓之低厚度，由彎曲產生的拉伸或壓縮應力極小，但對如本發明中所主張之兩個層之一者之介穩狀態之形成仍可具有一正面效應。

特定言之，可藉由使用壓電技術而使用於基板堆疊之壓縮負荷之一壓縮設備之總高度保持為低的，且因此如本發明中所主張整合至一裝置中並不是一問題。關於彼此接合之兩個晶圓之黏著能力，此方法將近似接近當前已知關於黏著能力的高溫接合結果。

一重要優點在於，在接合期間發生定位於晶圓上之部分高度靈敏電子組件之極更低熱負荷，且因此在很大程度上排除或大幅降低無法修補損害之可能性。較低接合溫度亦產生一極更低的能量消耗。此外，低溫接合產生一較高處理量，此係因為可省略接合晶圓之耗時冷卻。

本發明之一目的亦在於展示可如何產生微米大小及/或奈米大小的結構(特定言之，金屬)中之差排密度之一增加。

如本發明中所主張，差排密度主要憑藉結構中之超音波增加。特定言之，本發明之標的係一種具有至少一振盪設備之裝置，在該至少一振盪設備之輔助下，可將待彼此接合之區域之結構引入至一介穩狀態中，使得達成一改良的接合作用。特定言之，如本發明中所主張之實施例增加兩個基板之至少一者之區域中之差排密度。如本發明中所主張之實施例可應用於在基板接觸之前及/或之後之基板表面。尤其較佳的是，如本發明中所主張之差排密度之產生僅發生在兩個基板彼此接觸之後。但如本發明中所主張，亦可設想在確實接觸之前或在確實接觸之前及之後產生差排密度。

裝置較佳具有一恆溫器，如本發明中所主張，運用該恆溫器，可以一監控方式加熱該裝置，且其中接合溫度更有利地在自室溫至明顯低於 300°C 之範圍內波動。監控加熱替代地可由一控制技術進行，此取決於待使用之基板材料，特定言之亦考量配方中之其他程序相關參數。將亦可設想處理獨立於如本發明中所主張之實施例之已在一獨立外燃爐中彼此接合之基板。尤其較佳的是其接著將係一連續爐。

如本發明中所主張之實施例較佳係能夠藉由一振盪將已藉由一預接合而彼此結合之一較佳整個基板或一基板堆疊之至少部分引入至一介穩狀態中之設備。如本發明中所主張，振盪可為具有一單一週期或數個週期之一振盪。

尤其較佳的是，在接合程序期間藉由如本發明中所主張之裝置直接起始差排產生及結構修改。此可防止在接合程序之前已產生之一介穩狀態藉由鬆弛程序再次降級且防止在接合程序期間不再可用。當然，亦可設想在接合程序之前之兩個基板之至少一者中產生如本發明中所主張之一介穩狀態，及在確實接觸之後(特定言之，在接合程序期間)額外第二或後續產生或強化一介穩狀態。特定言之，可涉及由一力之宏觀輸送引起的在微級(microlevel)及/或奈米級(nanolevel)之一摩擦熔接程序。

特定言之，本發明之一較佳獨立態樣在於，將基板堆疊支撐在經製造以容許第一及/或第二層之振盪及/或變形之一晶圓卡盤上。特定言之，此可藉由特定言之僅定位於晶圓卡盤及/或振盪體之周邊上以支撐晶圓卡盤及/或振盪體之固定支座而發生。

較佳地，在一對準單元(對準模組)內使待結合之兩個基板彼此對準。在一特殊對準程序中，兩個基板(特定言之，從基板之為中心的中間朝向基板之徑向周邊)彼此接觸。

如本發明中所主張，較佳藉由機械剪切應力之輸送而產生差排。藉由已施加於外部之應力負荷而於晶粒中產生此等剪切應力。

如本發明中所主張，可在確實接觸之前、在確實接觸之後、但在接合之前或在接合期間在確實接觸之後，藉由如本發明中所主張之以下實施例之各者產生差排密度。

在如本發明中所主張之一第一實施例中，藉由一局部集中振盪元件產生差排密度。如本發明中所主張，在此實施例中，藉由特定言之以一局部有限方式加應力於基板或基板堆疊之振盪元件產生振盪。振盪元件可為特定言之電、機械、氣動或者液壓激發。尤其較佳的是，其係一電可激發壓電振盪裝置。此外，亦可設想且主張對準模組、振盪設備及/或待用於加熱之接合腔室之一可能部分分離。但在

某種程度上，描述前述設備之一組合，其中明確主張一叢集。同樣地，主張個別方法步驟之一序列。在一相當特別較佳實施例中，僅藉由振盪元件而使兩個基板藉由已由振盪元件加應力之位點處之再結晶之接合發生。在另一較佳實施例中，振盪元件僅增加差排密度，而未導致一立即再結晶及因此立即接合。接著，實際接合程序發生於其中可以一毯覆方式再次加熱及/或曝露整個基板堆疊之一爐及/或其自身接合腔室中。

如本發明中所主張，在其他實施例中，以一毯覆方式將基板或基板堆疊設定為振盪，尤其彎曲振盪及/或劇烈振盪 (heavy oscillation)。如本發明中所主張，擱置在一晶圓卡盤上且經固定之基板或基板堆疊特定言之由一壓力板或一類似裝置壓縮地負荷於與晶圓卡盤對立的側上。如本發明中所主張，之後施加一特別局部振盪力或至少未覆蓋基板或基板堆疊之整個表面之一力。此施加之力將整個基板或整個基板堆疊設定為振盪。如此一來，基板固持器及/或壓力板本身特定言之經設計以能夠隨之振盪。將亦可設想使用一穩定且厚的晶圓卡盤及一穩定壓力板以產生基板或基板堆疊上之一振盪剪切應力。類似考量亦適用於扭轉應力，在任何情況中，此歸因於基板或基板堆疊之中心上之變形之徑向相依性而不應視為較佳實施例。

在如本發明中所主張之另一實施例中，一介穩平衡(尤其，一富差排層(dislocation-rich layer))之產生係基於一靜態晶圓卡盤及/或一靜態非平坦壓力板之使用。晶圓卡盤及/或壓力板較佳塑形為凹面及/或凸面。在一特殊實施例中，其等由在一無負荷狀態(unloaded state)下具有一平坦表面但在壓縮負荷下可相應地變形成凹面及/或凸面之一彈性材料形成。此塑形同樣可迫使基板堆疊成為一凹形及/或凸形；此導致基板堆疊及因此待彼此接合之表面上之一對應應力。特定言之，與上文已命名之如本發明中所主張之實施例相反，無動態振盪

壓縮應力，但發生基板堆疊上之一純靜態特定言之毯覆壓縮應力。

在如本發明中所主張之一相當特殊實施例中，晶圓卡盤之彈性用以產生如本發明中所主張之態樣。晶圓卡盤具有一特定彈性且因此能夠在壓縮負荷下變形。晶圓卡盤基本上可如所需般塑形，較佳成凸面、凹面或以一平坦方式。在如本發明中所主張之此特殊實施例中，主要一平坦晶圓卡盤係適合的。因此，下文中對一平坦晶圓卡盤進行參考。藉由施加壓力於可彈性變形晶圓卡盤而實現略凹彈性變形，然而在彈性變形之前該晶圓卡盤係平坦。晶圓卡盤之中間比邊緣上更強烈地彈性變形。特定言之，在大體上任何方向上但特定言之在力之方向上的最大變形小於1 mm，較佳小於100 μm ，更佳小於10 μm ，最佳小於1 μm ，尤其最佳小於100 nm。特定言之，產生晶圓卡盤之材料之彈性模數大於10 MPa，較佳大於100 MPa，更佳大於1 GPa，最佳大於10 GPa，尤其最佳大於100 GPa。特定言之，此實施例之發明態樣在於施加一力(尤其，一表面力)於基板堆疊。藉由晶圓卡盤之彈性而或多或少迫使基板堆疊至最小變形(特定言之，成凹面)之晶圓卡盤中。歸因於基板堆疊之此極其微小翹曲，尚未彼此接合之兩個基板之兩個表面特定言之沿其等接合界面彼此橫向略偏移。待彼此接合之兩個表面之間的所得摩擦引起如本發明中所主張之介穩狀態(特定言之，富差排結構)之產生。當基板堆疊無負荷時，晶圓卡盤中之彈性能用以使晶圓卡盤以及基板堆疊再次轉變成其初始形狀。如此一來，然而在相反方向上作用之重複摩擦出現於基板堆疊中。若必要，則可如所希望般頻繁地重複此程序。

在如本發明中所主張之另一實施例中，亦可設想根據建構技術組態壓縮負荷設備及/或晶圓卡盤及/或整個系統，使得僅在負荷期間發生晶圓卡盤及因此亦待加應力之基板堆疊之一顯著翹曲。特定言之，實施此尤其較佳實施例，使得晶圓卡盤(較佳僅)在其周邊(特定言

之，在整個圓周周圍)由一支座特定言之固定支座支撐，而中心未被支撐或僅可撓地支撐。在此特殊實施例中，忽略重力及生產容限之效應，晶圓卡盤及因此基板堆疊在無負荷情況中可視為平坦，在一負荷(較佳沿壓力活塞之對稱軸之一點負荷，更佳沿壓力板之一表面負荷)下之任何情況中在中間翹曲成凹面。

如本發明中所主張之一重要態樣在於，藉由晶圓卡盤之彈性變形及已由其引起的待彼此接合之兩個表面之間的摩擦，而在待彼此接合之兩個表面之表面中產生一介穩狀態，特定言之，具有增加差排密度之一結構。

為施加前述段落中提及之應力，可設想將基板或基板堆疊支撐於不同晶圓卡盤上。可以一毯覆方式支撐晶圓卡盤或僅於其等周邊上支撐。

特定言之，振盪激發器之振幅小於100 μm ，較佳小於1 μm ，更佳小於100 nm，最佳小於10 nm。

特定言之，在如本發明中所主張之程序期間平行於基板表面且由振幅產生的橫向位移在理論上可採用任何值，只要在完成程序之後其等呈現小於100 μm 、較佳小於1 μm 、更佳小於100 nm、最佳小於10 nm之一殘餘對準誤差。特定言之，橫向位移係設定為小於10 μm ，較佳小於1 μm ，更佳小於100 nm，最佳小於10 nm。在如本發明中所主張之程序期間之垂直位移特定言之小於10 μm ，較佳小於1 μm ，更佳小於100 nm，最佳小於10 nm。

如本發明中所主張，產生尤其以一毯覆方式施加於基板或基板堆疊之至少一壓縮預應力。如本發明中所主張之壓縮預應力特定言之大於10 N/mm^2 ，較佳大於100 N/mm^2 ，更佳大於200 N/mm^2 ，最佳大於1000 N/mm^2 。

特定言之，如本發明中所主張之壓縮預應力或von-Mises比較應

力大於定位於基板上且待用於接合以支撐額外促成對應差排形成之塑性變形之基板或層之材料之屈變點(yield point)。材料之屈變點較佳小於 5000 N/mm^2 ，較佳小於 1000 N/mm^2 ，更佳小於 750 N/mm^2 ，最佳小於 500 N/mm^2 ，尤其最佳小於 300 N/mm^2 。材料之拉伸強度較佳小於 5000 N/mm^2 ，較佳小於 1000 N/mm^2 ，更佳小於 750 N/mm^2 ，最佳小於 500 N/mm^2 ，尤其最佳小於 300 N/mm^2 。尚未冷變形且因此尚未加工硬化之純銅具有例如大致 70 N/mm^2 之一屈變點及大致 200 N/mm^2 之一拉伸強度。

藉由振盪應力與預應力之疊加而產生可隨時間改變之額外力。特定言之，藉由超出材料之屈變點之預應力，屈變點至少在具有一正半波之材料之流域中。

有益於接合性質之另一發明效應在於已藉由如本發明中所主張之裝置輸送至系統中之熱能及用其可達到之溫度。主要在如本發明中所主張之一局部集中振盪元件之實施例中，可產生一極高熱密度及因此一極高溫度，藉由其等可局部起始接合程序。此外，在此情況中尤其有利可省略熱處理。再結晶較佳發生在儘可能低之一溫度下，因此較佳可由局部振盪元件產生的溫度可相應地為低。特定言之，已由一局部集中振盪元件產生之溫度小於 800°C ，較佳小於 600°C ，更佳小於 400°C ，最佳小於 200°C ，尤其最佳小於 50°C 。

無關於已使用之如本發明中所主張之實施例，在成功處理之後可在一外燃爐中熱處理基板堆疊，此獨立於如本發明中所主張之實施例。無關於前述使用一各別爐，在程序鏈中已實施之接合腔或任何其他模組中之熱處理亦係可行的。特定言之，僅藉由熱處理，結構之主要再結晶及因此實際永久接合才發生。在結晶較佳發生在儘可能低之一溫度下。爐或接合器中之溫度特定言之小於 800°C ，較佳小於 600°C ，更佳小於 400°C ，最佳小於 200°C ，尤其最佳小於 50°C 。

圖1a展示具有施用於一基板表面1o之一層2 (特定言之一金屬層，尤其較佳Cu層)之一基板1。放大表示由數個晶粒3組成之層2之一微結構。在極小層厚度t之情況中，在層厚度之方向上亦可僅存在一個晶粒3。層2之層表面2o及基板表面1o大體上具有不消失的粗糙度。特定言之，如本發明中所主張之粗糙度微乎其微，尤其較佳完全不存在。粗糙度指定為平均粗糙度、二次粗糙度(quadratic roughness)或者平均峰谷高度。對於相同量測距離或量測面積，平均粗糙度、二次粗糙度及平均峰谷高度之判定值大體上不同，但為相同量值範圍。因此，以下粗糙度數值範圍應被理解為平均粗糙度、二次粗糙度或者平均峰谷高度之值。特定言之，粗糙度小於100 μm ，較佳小於1 μm ，更佳小於100 nm，最佳小於10 nm，尤其最佳小於1 nm。

此時，差排藉由如本發明中所主張之方法使層2之晶粒3中之差排密度增加。產生數個差排4。為此，晶粒3變成具有一相應高差排密度之晶粒3'。晶粒3'之能量狀態至少部分較佳主要係介穩的。

此時，使已由如本發明中所主張之實施例之一者製備之具有層2、2'之兩個基板1、1'彼此接觸或彼此接合。在用功能單元使兩個基板之間接觸時，事前使基板彼此對準可為必要的。在一特殊實施例中，如本發明中所主張，基板1、1'之層2、2'中之差排密度在產生接觸之前及/或之後增加。在此狀態中，基板1、1'之兩個層2、2'與彼此緊密接觸且處於一介穩狀態。

圖1d展示如本發明中所主張藉由再結晶超出一接合界面5而使結構成功再生。較佳藉由一特別微小溫度增加而起始藉由再結晶之結構之再生。該溫度增加係由如本發明中所主張之實施例之一者起始或在獨立於如本發明中所主張之實施例之一外燃爐(特定言之，一連續爐)中實行。如本發明中所主張之理念主要在於，可藉由晶粒3'之增加的差排密度使結構再生之溫度降低至一極端程度。特定言之，接合期間

之溫度小於 300°C ，較佳小於 200°C ，更佳小於 150°C ，尤其較佳小於 100°C ，最佳小於 50°C 。在一特殊實施例中，基板表面1o之平均粗糙度小於 $100\text{ }\mu\text{m}$ ，較佳小於 $10\text{ }\mu\text{m}$ ，更佳小於 $1\text{ }\mu\text{m}$ ，最佳小於 100 nm ，尤其最佳小於 10 nm 。

為實行圖1a至圖1d中所示之接合程序，下文呈現可實現晶粒3中之差排密度之增加之數項發明實施例。再次提及，差排可在兩個基板接觸之前及/或之後產生各基板1之各層2中之差排密度之增加。圖1a至圖1b展示在實際接合程序之前產生一富差排層2。

在如本發明中所主張之一第一實施例中，使用可沿一基板背面1r以一運動方向移動之一振盪設備6。特定言之，振盪裝置6之一接觸表面6k小於基板表面1o。特定言之，接觸表面6k與基板表面1o之間的比率小於 $1/2$ ，較佳小於 $1/6$ ，更佳小於 $1/10$ ，最佳小於 $1/20$ ，尤其最佳小於 $1/100$ 。如本發明中所主張之一極其小接觸表面6k可將極其高點力傳送至已由在層2、2'上接觸之基板1、1'形成之基板堆疊8且因此至層2。

振盪設備6藉由在一晶圓卡盤7之方向上之一初步壓縮力及/或壓縮預應力將基板堆疊8局部地置於壓縮應力下以容納基板堆疊8。之後，將一週期性較佳高頻振盪疊加於正壓縮預應力F上。高頻振盪導致層2、2'上之一局部週期負荷。歸因於週期負荷，層2、2'較佳曝露於如本發明中所主張之適合於產生晶粒3中之差排4之一應力狀態。熟習此項技術者已知用於產生此等差排之冶金先決條件，舉例而言，諸如F-R源(法-瑞差排源)。振盪設備6以一速度V在基板堆疊8上方移動，且如此一來始終負荷一壓縮力f。與壓縮力f相關聯之振盪設備6產生層2、2'之熔點之大致20%至40%之一溫度，且隨後發生藉由其發生至基板堆疊之一非正連接之再結晶。在圖2a中，接合界面5已沿一距離L閉合，此係因為藉由振盪設備6之負荷，差排4已輸送至晶粒3中

及/或至接合界面5中之熱足以引起結構之再生。

在許多實施例中，此原位結構再生可為非所要的，且必須藉由正確選取程序參數而防止，使得保留具有晶粒3'之一介穩結構直至明確進行熱處理。圖2b中展示此情境。振盪設備6產生較佳至少在點中熔接之兩個層2之結構中之差排4；在此瞬間較佳尚未發生超出接合界面5之結構之再生所必需之再結晶。

圖3a至圖3c展示如本發明中所主張之一第二實施例用一振盪設備6'之三個(全域)振盪狀態。如本發明中所主張之此振盪設備6'之特徵在於，基板堆疊8藉由延伸於基板堆疊8之整個接合界面上方之一毯覆振盪而變形。如此一來，基板堆疊8由整個基板表面1o上方之一表面力f預拉伸且如本發明中所主張，在整個振盪負荷期間在壓力下。

如本發明中所主張之實施例具有基板堆疊8可鋪置於其上之至少一個下晶圓卡盤7。尤其較佳存在一對立固定件，例如一壓力板10。

如本發明中所主張，產生局部振盪疊加至表面力f之力F起始於一振盪區域9。藉由在一尤其局部(較佳地，點)振盪區域9中輸送一力，基板堆疊在基板表面1o之一法線之方向上撓曲，特定言之，每次藉由一支座或每次藉由基板1、1'或晶圓卡盤7之一固持器及壓力板10產生一反作用力Fg。振盪區域9不必位於中心，而是可作用於基板表面1o之任何位置上。

圖3d展示隨時間改變且由在時間上恆定之表面力f (虛線)及疊加週期性特定言之局部力施加F組成之力負荷之一示意圖。可認知，所得力始終在正壓力域中，使得始終將基板1、1'壓至彼此上。

經由振盪區域9 (特定言之，經由為晶圓卡盤7及/或壓力板10提供之壓電元件、液壓、氣動或機械控制針)輸送力，且因此基板堆疊8相應地變形，特定言之，基於與振盪力F對準及/或全等之反作用力Fg而彎曲。

在層2、2'中，彎曲產生一應力狀態，且以此方式產生增加的差排密度。代替晶圓卡盤7及/或壓力板10，將設想基板堆疊8支撐於其上之圓形套筒支座。以此方式，基板堆疊10可直接接達至電、機械、氣動或液壓振盪元件。甚至將設想其中圓形支撐件本身由一壓電元件產生之一實施例。之後，將基板堆疊固定在圓形支撐件上。因此，藉由圓形支撐件之壓電振盪而使基板堆疊8諧振，且其在邊緣上界定之初始及邊界條件下振盪。藉由此特殊實施例，可省略中心中之電、機械、氣動或液壓變形元件。

圖4a至圖4d展示具有作用於基板堆疊8上之一剪切應力T之差異之一類似實施例。在圖4a及圖4c中誇大地展示基板堆疊8之剪切。剪切角僅係幾度。特定言之，剪切角小於 10° ，較佳小於 1° ，更佳小於 0.1° ，最佳小於 0.01° ，尤其最佳小於 0.001° 。對於如本發明中所主張之基板堆疊8之剪切，較佳存在特定言之用根據圖8之一晶圓卡盤7'''及/或一壓力板10'之基板背面1r之毯覆確實接觸。

圖5展示如本發明中所主張之用於產生一毯覆彎曲振盪之一第一實施例，其由特定言之在靜止狀態中為平坦以容納及固持/固定基板堆疊8之一晶圓卡盤7及特定言之在靜止狀態中為平坦之一壓力板10組成。晶圓卡盤7及壓力板10每次經由至少三個點固定支座12或整個圓周周圍之一單一徑向對稱固定支座固定於其等背面(7r、10r)及/或周邊上。特定言之，製造為壓電元件之兩個振盪元件11能夠使晶圓卡盤7及壓力板10法向於其等表面撓曲且特定言之週期地曝露於彎曲應力，基板堆疊8固定於其等之間。特定言之，如本發明中所主張之實施例亦可較佳藉由移動振盪元件11之一者或兩者而施加一初步壓縮力f或預應力。

圖6展示如本發明中所主張之用於產生一毯覆彎曲振盪之一第二實施例，其由一晶圓卡盤7'及在靜止狀態中為平坦之一壓力板10組

成。晶圓卡盤7'在其接納側7o上係凹形。壓力板10類似於根據圖5之第一實施例製造。此處，基板堆疊8藉由一單一上振盪元件11壓至晶圓卡盤7'之靜態凹形中。特定言之，如本發明中所主張之實施例亦可較佳藉由在晶圓卡盤7'之方向上移動振盪元件11而施加一初步壓縮力 f 或預應力。初步壓縮力 f 較佳經施加以將基板堆疊8壓至晶圓卡盤7'之凹形中，且使其在此彎曲形狀中持續曝露於壓力。之後，如本發明中所主張，較佳發生藉由振盪元件11之振盪應力之疊加。

圖7展示如本發明中所主張之用於用一凸面晶圓卡盤7''產生一毯覆彎曲振盪之一第三實施例。在其他方面結構及功能對應於根據圖6之第二實施例。

圖8展示如本發明中所主張之用於產生一毯覆剪切應力(參見圖4a至圖4c)之一第四實施例。基板堆疊8藉由壓力固定於平坦晶圓卡盤7^{IV}與平坦壓力板10'之間。之後，藉由晶圓卡盤7^{IV}及壓力板10彼此對立振盪運動而發生基板堆疊8之剪切。該運動憑藉定位於基板卡盤7^{IV}及壓力板10'之側周邊上之振盪元件11'而發生。特定言之，固定支座12用作為製造為壓電元件且各自定位於壓力板10'之各固定支座12與晶圓卡盤7^{IV}之間的振盪元件11'之固定點。

圖9展示如本發明中所主張之具有一壓力板10及類似於圖6之一靜態凹面彎曲晶圓卡盤7'之一第四實施例。將一初步壓縮負荷 f 製作為施加至壓力板10之一表面負荷。壓力板10將基板堆疊8 (未展示)壓至凹面晶圓卡盤7'上，且以此方式在已彼此接合之表面中產生一介穩狀態，特定言之，一增加的差排密度。代替凹面形成的晶圓卡盤7'，可以與圖7中所示之完全相同的方式使用凸面製造的晶圓卡盤7''。

特定言之，使用根據圖10之一晶圓卡盤7'''亦係可行的；其由一彈性材料組成，使得僅藉由經由壓力板10施加之初步壓縮力 f (在此特殊情況中特定言之此係毯覆接合力)才使其成一凹形。特定言之，晶

圓卡盤7'''彈性地行為，使得在移除初步壓縮力 f 特定言之表面力之後，晶圓卡盤7'''再次回至其最初位置中。

在此實施例中，如本發明中所主張之一態樣特定言之在於，如本發明中所主張之在程序之前尚未彼此接合之表面之間的黏著性摩擦，同時初步壓縮力 f 壓在基板堆疊上且歸因於晶圓卡盤7'''之材料之彈性而將基板堆疊壓至晶圓卡盤7'''中。因此，晶圓卡盤7'''基於材料特定參數(諸如彈性模數)而屈變。特定言之，當晶圓卡盤7'''之彈性模數自中心朝向邊緣上升時，晶圓卡盤7'''以一彈性凹面方式變形，因此根據一較佳實施例，晶圓卡盤7'''具有未構成一穩定負荷而是一表面負荷自中心至邊緣減少之彈性模數及/或表面力 f 之一梯度。

圖11展示固定於固定支座12上之一晶圓卡盤7之一尤其較佳實施例。晶圓卡盤7可直接鋪置於固定支座12上，或更佳可鋪置於定位於晶圓卡盤7與固定支座12之間的建構元件上。因此，圖11僅構成一極略示意圖。如本發明中所主張之理念唯一在於，容納基板堆疊8之晶圓卡盤7經支撐使得當施加壓力且晶圓卡盤7在中心翹曲時，力經由固定支撐12流出。

特定言之，固定支座12係定位於晶圓卡盤7之外周邊之位置中之徑向對稱、完全圓周固定支座。與晶圓卡盤7對立之壓力板10較佳固定於一壓力活塞13 (特定言之，一接合器之壓力活塞13)上。藉由壓力板10與晶圓卡盤7彼此相對靠近(特定言之，藉由壓力活塞13之一運動)之壓力而使定位於壓力板10與晶圓卡盤7之間的基板堆疊8 (未展示)經受負荷。壓力活塞13較佳經生產使得在前進壓縮負荷期間將一中心點力轉換成一同質表面力。

在任何情況中，亦可設想經由壓力活塞13及壓力板10而將一中心點力傳送至基板堆疊8。在此壓縮負荷下，晶圓卡盤7及因此基板堆疊8亦在中心翹曲且因此成凹面，且由固定支座12在周邊支撐。與圖

10中如本發明中所主張之實施例相比而言，發生凹面翹曲，並非基於諸如一彈性模數或彈性模數之一梯度之材料特定參數，而是基於建構工程特徵，特定言之，藉由固定支座12在僅一周邊(特定言之，完全圓周)支撐晶圓卡盤7。

藉由如本發明中所主張之前述實施例，繼而推動一基板堆疊8及因此個別基板1、1'朝向彼此，使得藉由負荷(特定言之，層2、2'之間的摩擦)產生一發明效應，產生一介穩平衡(特定言之，具有提升差排結構之一結構)，此隨後導致兩個基板1、1'經由層2、2'之一更最佳化結合。

【圖式簡單說明】

圖1a展示一經塗佈基板之一截面示意圖及塗層之微結構之一放大，

圖1b展示一經塗佈基板之一截面示意圖及在差排密度之一增加之後塗層之微結構之一放大。

圖1c展示在確實接觸程序之後兩個經塗佈基板之一截面示意圖及塗層之微結構之一放大，

圖1d展示在一接合程序之後兩個經塗佈基板之一截面示意圖及已經由接合界面發生之經再結晶微結構之一放大，

圖2a展示如本發明中所主張之直接作用於一基板之表面上且立即導致超出接合界面之結構之再生之一第一實施例之一截面示意圖，

圖2b展示如本發明中所主張之直接作用於一基板之表面上且未導致超出接合界面之結構之再生之一第一實施例之一截面示意圖，

圖3a展示處於一第一狀態之如本發明中所主張之一第二實施例之一截面示意圖，

圖3b展示處於一第二狀態之如本發明中所主張之第二實施例之一截面示意圖，

圖3c展示處於一第三狀態之如本發明中所主張之第二實施例之一截面示意圖，

圖3d展示如本發明中所主張之第二實施例之一負荷圖之一示意圖，

圖4a展示處於一第一狀態之如本發明中所主張之一第三實施例之一截面示意圖，

圖4b展示處於一第二狀態之如本發明中所主張之第三實施例之一截面示意圖，

圖4c展示處於一第三狀態之如本發明中所主張之第三實施例之一截面示意圖，

圖4d展示如本發明中所主張之第三實施例之一負荷圖之一示意圖，

圖5展示如本發明中所主張之用於產生一毯覆彎曲振盪之一裝置之一第一實施例之未按比例之一示意圖，

圖6展示如本發明中所主張之用於產生一毯覆彎曲振盪之一裝置之一第二實施例之未按比例之一示意圖，

圖7展示如本發明中所主張之用於產生一毯覆彎曲振盪之一裝置之一第三實施例之未按比例之一示意圖，

圖8展示如本發明中所主張之用於產生一毯覆剪切振盪之一裝置之一第四實施例之未按比例之一示意圖，

圖9展示如本發明中所主張之用於產生一毯覆靜態壓縮應力之一裝置之一第五實施例之未按比例之一示意圖，

圖10展示如本發明中所主張之用於產生具有晶圓卡盤之材料參考順應性之一靜態壓縮應力之一裝置之一第六實施例之未按比例之一示意圖，及

圖11展示如本發明中所主張之用於產生具有晶圓卡盤之一建構工

程順應性之一靜態壓縮應力之一裝置之一第七實施例之未按比例之一示意圖。

【符號說明】

1	基板
1'	基板
1o	基板表面
1r	基板背面
2	層
2'	層
2o	層表面
3	晶粒
3'	晶粒
4	差排
5	接合界面
6	振盪設備/振盪裝置
6'	振盪設備
6k	接觸表面
7	晶圓卡盤
7'	晶圓卡盤
7"	晶圓卡盤
7'''	晶圓卡盤
7 ^{IV}	晶圓卡盤
7r	晶圓卡盤背面
8	基板堆疊
9	振盪區域
10	壓力板

10'	壓力板
10r	壓力板背面
11	振盪元件
12	點固定支座
13	壓力活塞
f	壓縮力/表面力/壓縮負荷
F	正壓縮預應力/振盪力
F _g	反作用力
L	距離
t	層厚度
T	剪切應力
V	速度



I638413

發明摘要

※ 申請案號：104114194

※ 申請日：104/05/04

※IPC 分類：H01L 21/603 (2006.01)

H01L 21/607 (2006.01)

【發明名稱】

用於永久接合的方法和裝置

METHOD AND DEVICE FOR PERMANENT BONDING

【中文】

本發明係關於一種用於在一接合界面(5)上將一第一基板(1)之一第一層(2)永久接合至一第二基板(1')之一第二層(2')之方法，其特徵在於在該接合之前及/或期間，至少在該接合界面(5)之區域中該第一層(2)及/或該第二層(2')之一差排(4)之一差排密度增加。

此外，本發明係關於一種對應裝置。

【英文】

This invention relates to a method for permanent bonding of a first layer (2) of a first substrate (1) to a second layer (2') of a second substrate (1') on a bond interface (5), characterized in that a dislocation density of a dislocation (4) of the first and/or second layer (2, 2') is increased at least in the region of the bond interface (5) before and/or during the bonding.

Furthermore this invention relates to a corresponding device.

圖式

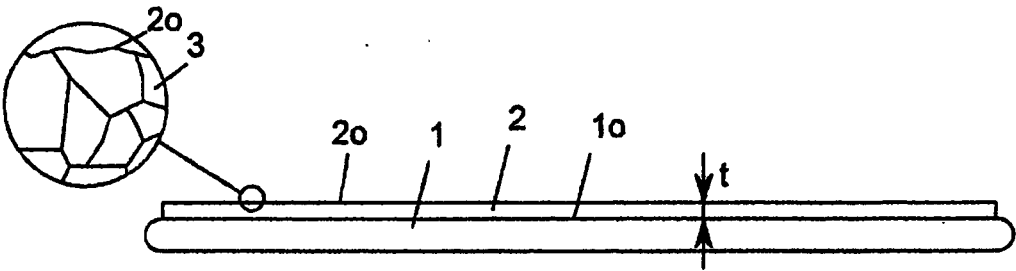


圖 1a

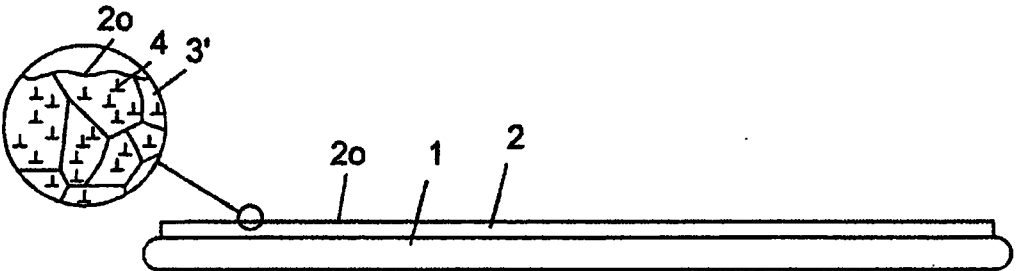


圖 1b

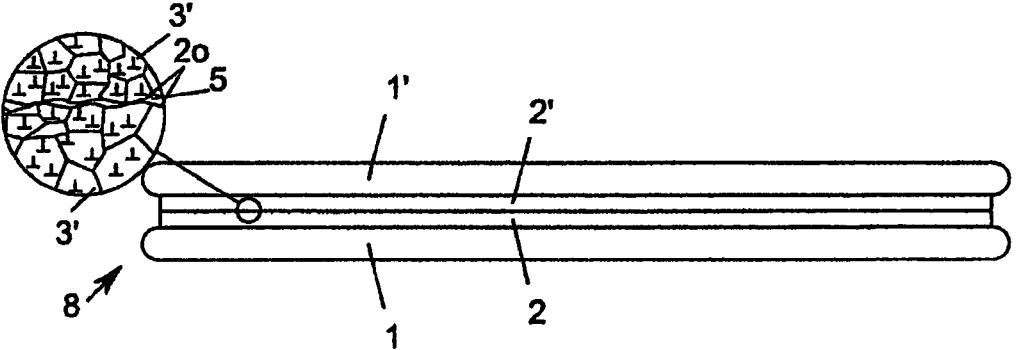


圖 1c

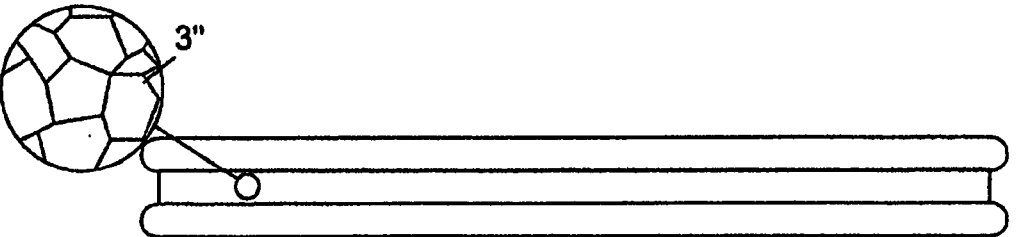


圖 1d

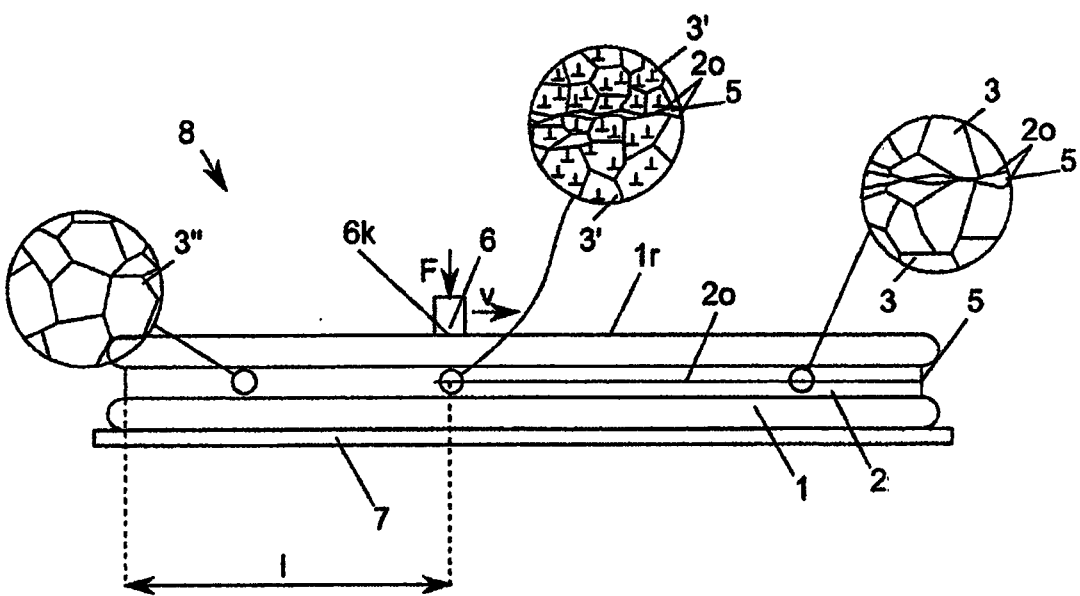


圖 2a

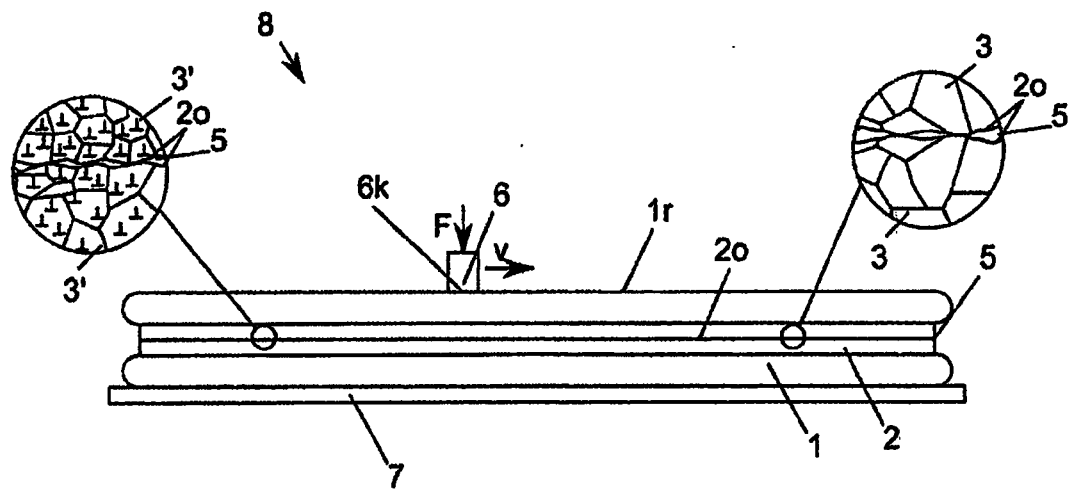


圖 2b

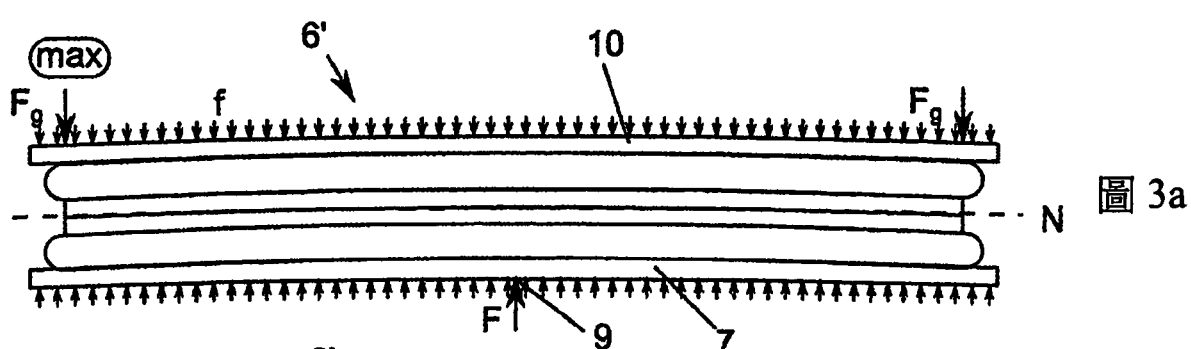


圖 3a

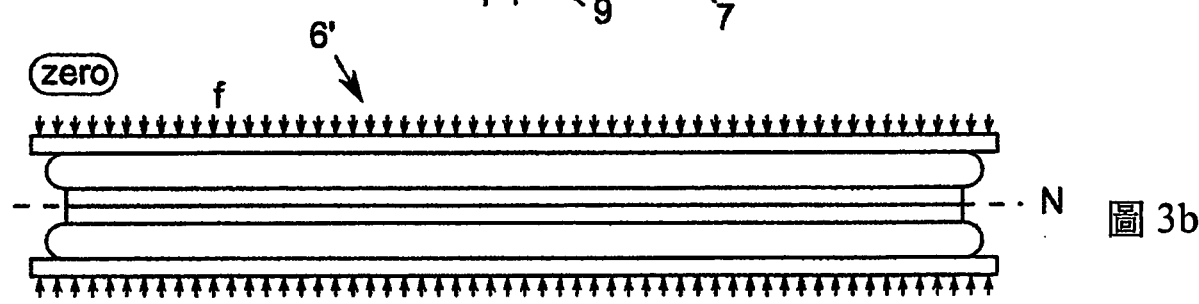


圖 3b

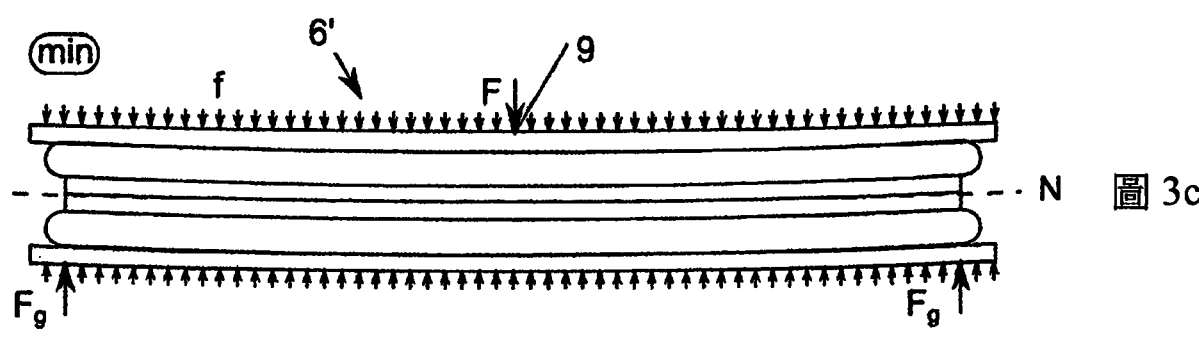


圖 3c

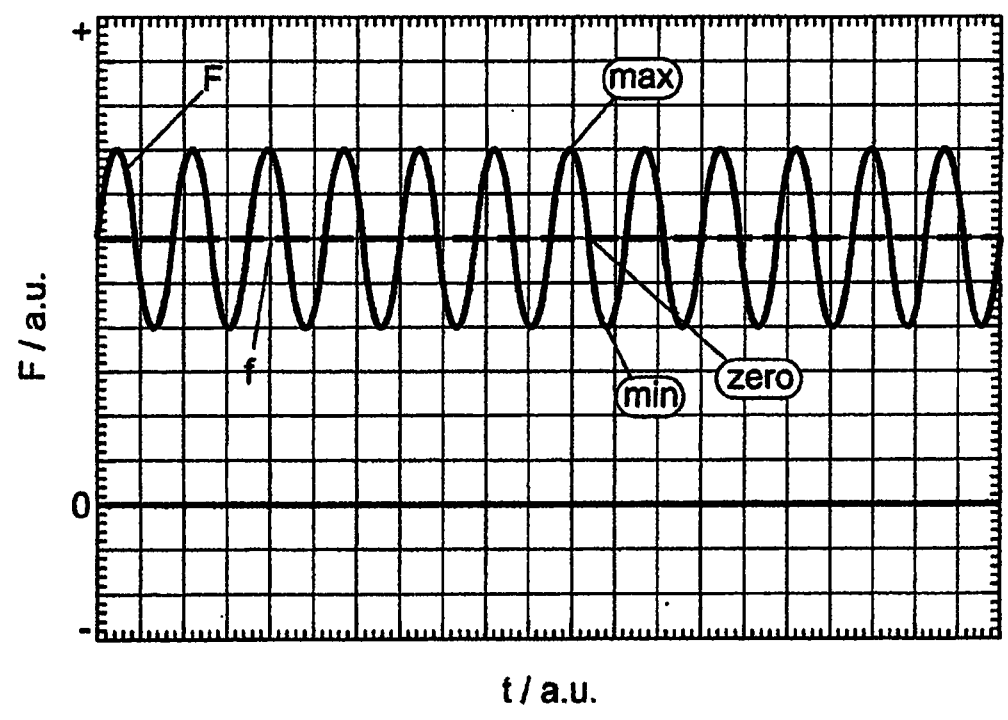


圖 3d

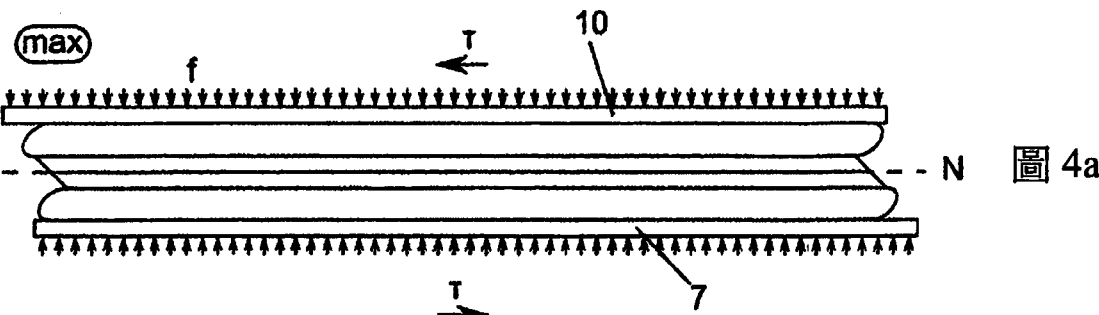


圖 4a

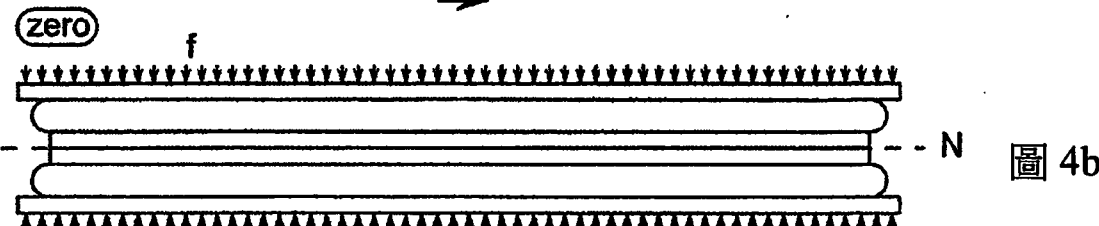


圖 4b

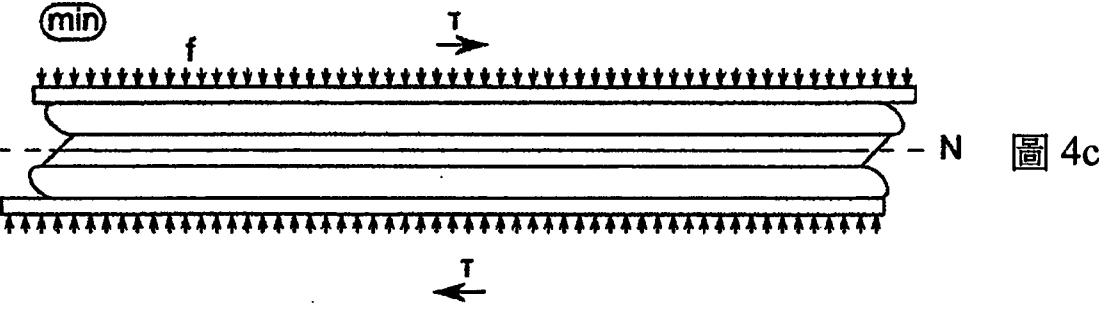


圖 4c

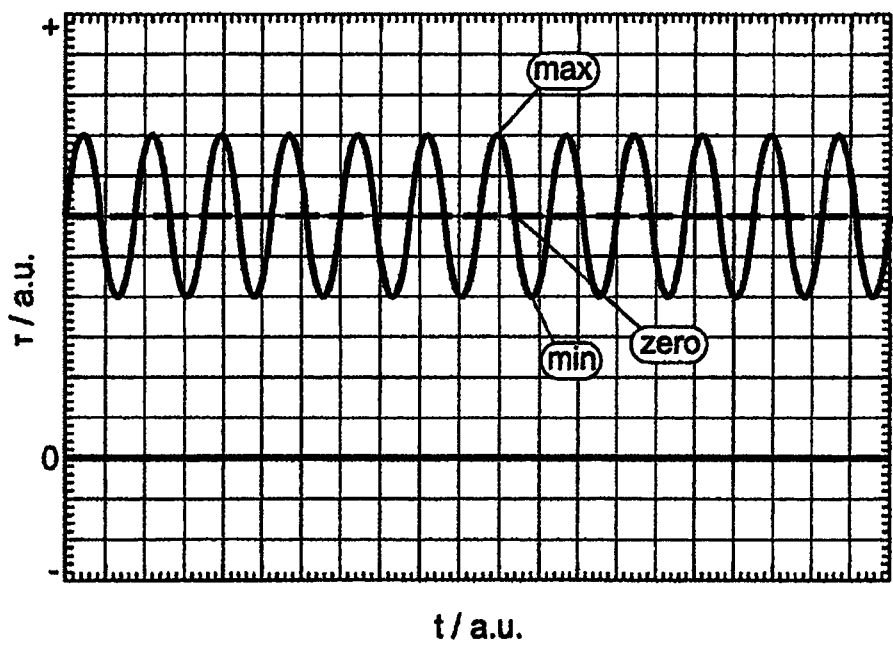
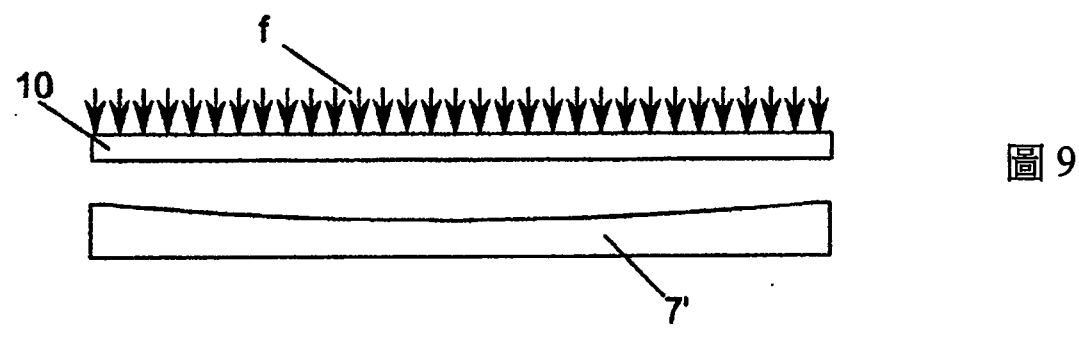
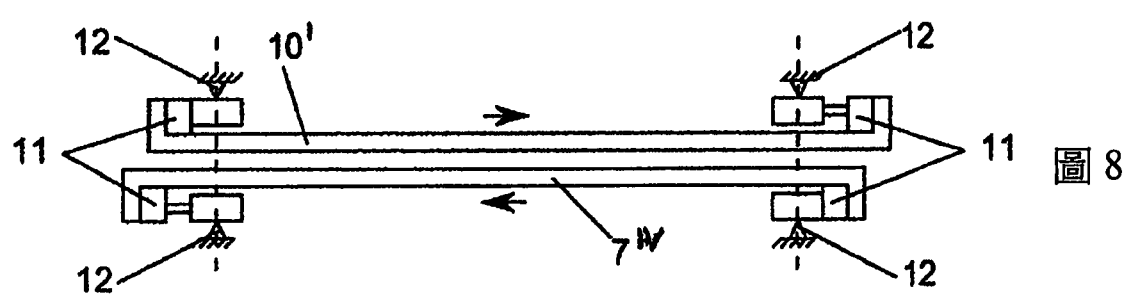
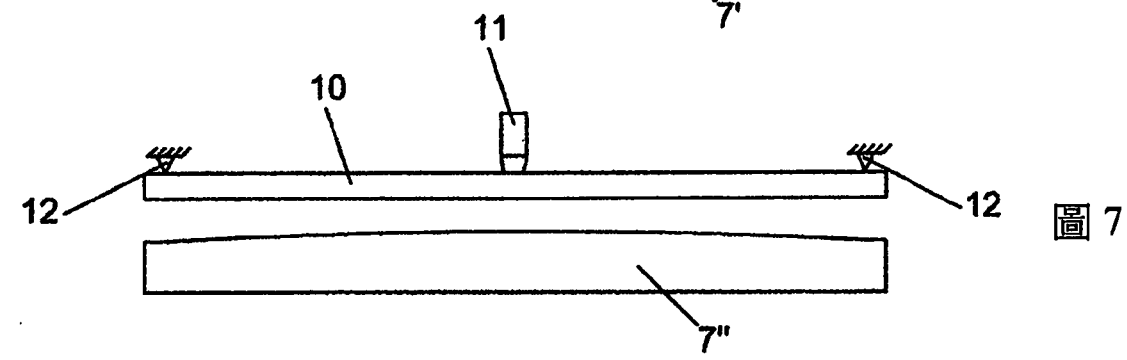
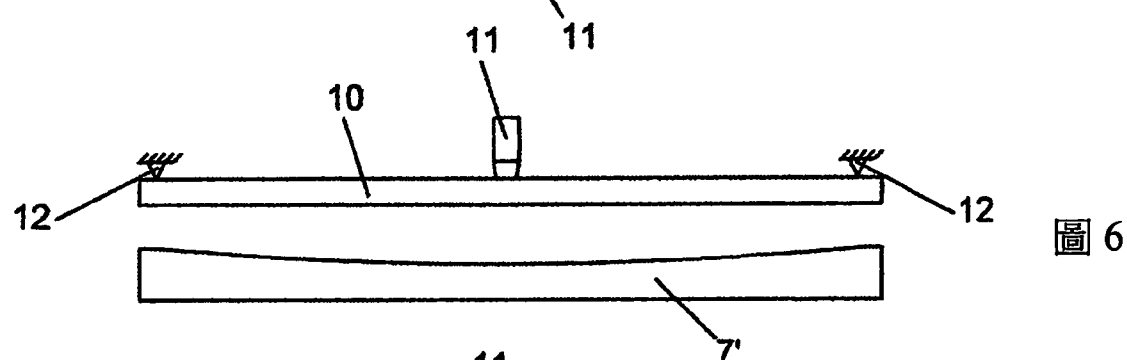
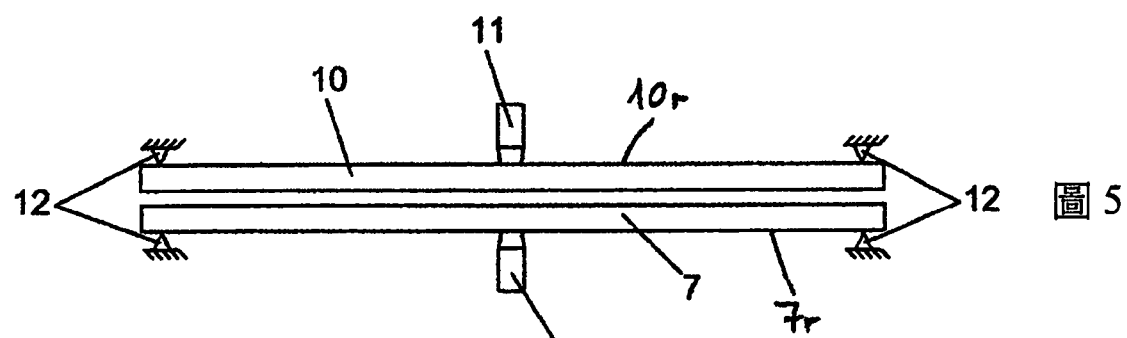


圖 4d



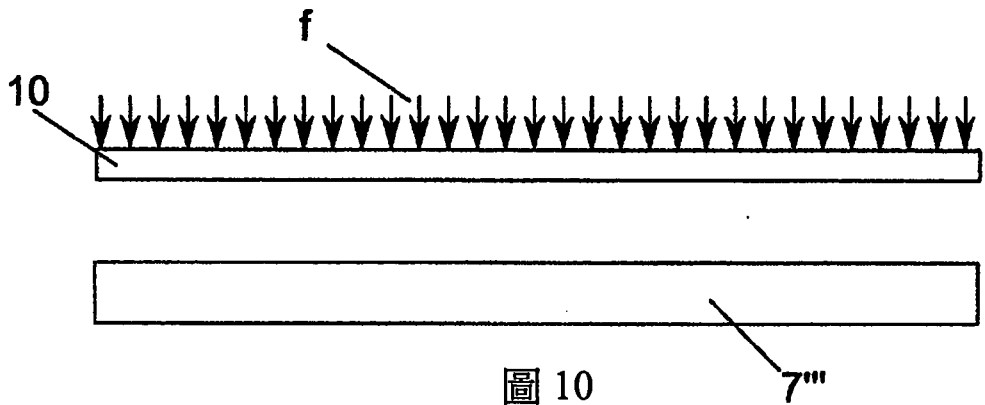


圖 10

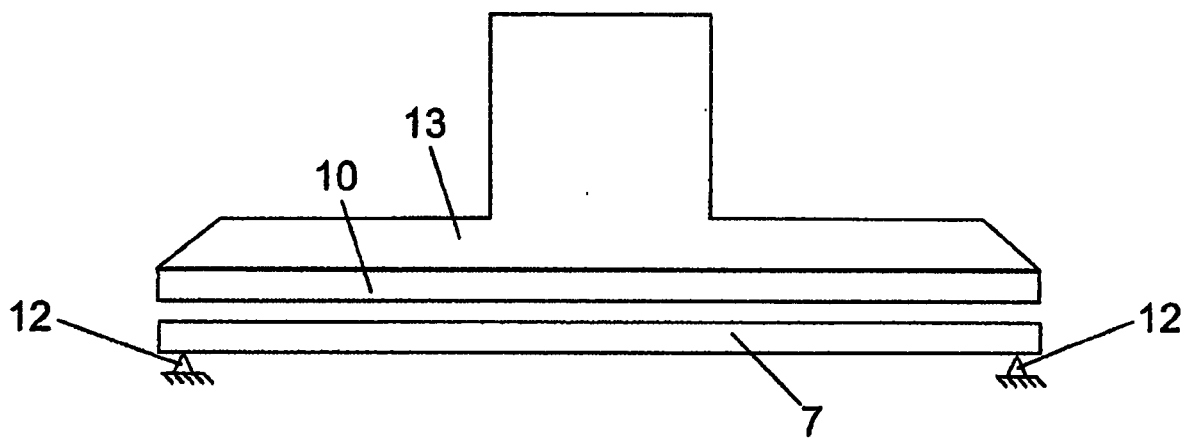


圖 11

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 2a ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1	基板
1r	基板背面
2	層
2o	層表面
3	晶粒
3'	晶粒
5	接合界面
6	振盪設備/振盪裝置
6k	接觸表面
7	晶圓卡盤
8	基板堆疊
F	正壓縮預應力/振盪力
L	距離
V	速度

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

（無）

申請專利範圍

1. 一種用於在一接合界面(5)上將一第一基板(1)之一第一層(2)永久接合至一第二基板(1')之第二層(2')之方法，其特徵在於在該接合之前及/或期間，至少在該接合界面(5)之區域中該第一層(2)及/或該第二層(2')之一差排(4)之一差排密度增加；其中該第一基板(1)及該第二基板(1')形成裝設於一晶圓卡盤(7、7'、7''、7'''、7^{IV})上之一基板堆疊(8)，且該晶圓卡盤(7、7'、7''、7'''、7^{IV})允許該第一層及/或第二層(2,2')之一變形，且其中該晶圓卡盤(7、7'、7''、7'''、7^{IV})及/或對立於該晶圓卡盤(7、7'、7''、7'''、7^{IV})之一壓力板(10,10')在為了接合該層(2,2')而將一壓力施加於該基板堆疊(8)之整個表面之期間形成一凹面及/或一凸面。
2. 如請求項1之方法，其中該差排密度藉由至少一振盪、較佳數個振盪而增加，特定言之，較佳藉由在超聲波範圍內操作之一振盪設備(6、6')局部地輸送該至少一振盪。
3. 如請求項1或2之方法，其中在接合期間之一接合溫度係一最大值300°C，特定言之，一最大值200°C，較佳一最大值150°C，更佳一最大值100°，更佳一最大值50°C。
4. 如請求項1或2之方法，其中該第一層(2)特定言之分離層及/或該第二層(2')特定言之分離層係金屬的，特定言之Cu，且該第一基板(1)及/或該第二基板(1')係一半導體。
5. 如請求項1或2之方法，其中橫向於該接合界面(5)作用於該等基板(1、1')上之一壓縮力f係由該等振盪疊加，特定言之具有大於0之一最小所得力。
6. 一種用於在一接合界面(5)上將一第一基板(1)之一第一層(2)永久接合至一第二基板(1')之一第二層(2')之裝置，其具有：

一晶圓卡盤(7、7'、7"、7'''、7^{IV})，其用於接納該第一基板(1)，及

一壓力板(10、10')，其用於加負荷於該等基板(1、1')，其適合於增加至少在一接合界面(5)之區域中之該第一層(2)及/或該第二層(2')之一差排(4)之差排密度；且

其中該第一基板(1)及該第二基板(1')形成一基板堆疊(8)，且該晶圓卡盤(7、7'、7"、7'''、7^{IV})及/或該壓力板(10,10')在為了接合該層(2,2')而將壓力施加於該基板堆疊(8)之整個表面之期間可形成凹面及/或凸面。

7. 如請求項6之裝置，其中該晶圓卡盤(7、7'、7"、7'''、7^{IV})及/或該壓力板(10、10')在其等背面(7r、10r)上憑藉固定支座(12)支撐。
8. 如請求項6或7之裝置，其中該負荷用至少一振盪較佳數個振盪而發生。