



# 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】

基板固持器及接合兩基板之方法

SUBSTRATE HOLDER AND METHOD FOR BONDING TWO  
SUBSTRATES

本發明係關於基板固持器、具有此基板固持器之系統、此基板固持器之用途、用於接合兩個基板之方法及產物，特定而言，係關於使用此方法產生之基板堆疊以及此基板固持器用於此方法之用途。

在半導體行業中，使基板(特定而言，晶圓)相對於彼此對準且使用不同方法彼此連接。連接之過程被稱為接合。取決於待連接之材料，必須應用不同接合技術以便達成最佳結果。

因此，金屬藉助於例如在高溫及高壓下的擴散過程彼此接合，儘管用於在室溫下接合之技術近年來已變得愈來愈完備。

表面原子較佳地形成共價鍵之基板直接藉助於黏著力彼此連接。然而，黏著力並不表示表面之間的最大連接強度，此係由於最初此僅為凡得瓦爾(van-der-Waals)鍵。藉助於適當之過程(特定而言，加熱處理)，可將此類型之凡得瓦爾鍵轉化成共價鍵。藉由形成共價化合物而進行兩個表面之連接之接合過程被稱為熔接過程。近年來，亦變得愈來愈顯而易見的是，尤其使接觸表面最大化明顯有助於改良此接合。此產生甚至在室溫下(特定而言，無需加熱處理或僅在極微小溫度升高之情況下)將此類型之表面彼此連接的全新可能性。近來，量測結果展示，可藉助於此最佳化實現待彼此連接之材料之接近於理論強度的連接強度。

在熔接的狀況下，主要必須確保兩個基板在對準之前及/或期間及/或之後均不尤其歸因於熱負載而拉伸。拉伸導致基板之大小的增大或減小，且因此導致基板之待與彼此對準的特徵(尤其晶片)之移位及/或定向錯誤。此移位及/或定向錯誤通常自中心延行至邊緣。所得缺陷在先前技術中、尤其在半導體行業中稱為擠出(run-out)。補償該缺陷被稱為擠出補償。在下文中更精確地解釋此缺陷。

當永久地連接兩個基板時最大的技術問題中之一者為個別基板之間的功能單元之對準準確度。儘管可藉助於對準系統極準確地將基板彼此對準，但可在接合過程自身期間出現基板之畸變。歸因於以此方式出現之畸變，功能單元未必在所有位置處均相對於彼此正確地對準。在基板上之某一點處的對準準確度可為畸變、縮放缺陷、透鏡缺陷(放大或最小化缺陷)等之結果。在半導體行業中，有關於此類型之問題的所有課題均包含於術語「疊對」下。對此主題之適當介紹可發現於例如Mack, Chris的Fundamental Principles of Optical Lithography-The Science of Microfabrication, WILEY, 2007, 重印本2012中。

在實際生產過程之前在電腦上設計每一功能單元。舉例而言，在CAD(電腦輔助設計)程式中設計導體軌道、微晶片、MEMS或可藉助於微型系統技術產生之任何其他結構。然而，在功能單元之產生期間，顯而易見，經設計於電腦上之理想功能單元與在無塵室中產生之實際功能單元之間總是存在差異。差異主要可追溯至硬體之限制(即，技術工程問題)，但可常常追溯至實體限制。因此，藉助於光微影製程產生之結構之解析度準確度受到光罩中孔隙之大小及所使用之光之波長限制。遮罩畸變被直接傳輸至光阻中。機器之線性馬達僅可在預定容限內行進至可再現位置等。因此，難怪基板之功能單元無法與經設計於電腦上之結構確切地匹配。因此，所有基板在接合過程之前已經具有與理想狀態之不可靠偏差。

若吾人在假定兩個基板中無一者由於連接過程而發生畸變的情況下接著比較兩個基板之兩個相對功能單元之位置及/或形狀，則由於歸因於上述缺陷的與理想電腦模型之同一偏離，吾人可判定通常已經存在功能單元之不完全疊合(congruence)。最常見缺陷說明於圖8中(自以下文獻複製：[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Overlay\\_-\\_typical\\_model\\_terms\\_DE.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Overlay_-_typical_model_terms_DE.svg) 24.05.2013及Mack, Chris的Fundamental Principles of Optical Lithography-The Science of Microfabrication. Chichester: WILEY, 第312頁, 2007, 重印本2012)。根據影像，吾人可在全域與區域或對稱與不對稱疊對缺陷之間進行粗略的區分。全域疊對缺陷為均勻的且因此與位置無關。此無關於位置，在兩個相對功能單元之間產生相同偏差。典型全域疊對缺陷為類型I.及類型II.之缺陷，其歸因於兩個基板相對於彼此之平移或旋轉而產生。對於基板上之所有功能單元(其在各狀況下為相對的)，兩個基板之平移或旋轉均產生對應的平移或旋轉缺陷。區域疊對缺陷以與位置相關的方式出現，主要歸因於彈性及/或塑性問題，在當前狀況下主要由持續傳播的接合波(bond wave)引起。在所說明之疊對缺陷中，其主要為被稱為「擠出」缺陷之缺陷III.及IV.。此缺陷主要歸因於在接合過程期間至少一個基板之畸變而出現。歸因於至少一個基板之畸變，第一基板之功能單元亦相對於第二基板之功能單元而發生畸變。然而，缺陷I.及II.同樣可歸因於接合過程而出現，但在大多數情況下被缺陷III.及IV.掩蓋以至於難以被偵測或量測到。

在使得兩個基板更靠近時的重大問題在於環境通常並不與基板熱力學平衡。若所有熱力學強度變數(在此特定狀況下尤其為溫度)對於待考慮之所有子系統均為相等的，則總是存在熱力學平衡。在許多狀況下，基板中之一者(尤其固定在下部基板固持器上之基板)具有提高之溫度。

在許多狀況下，相較於在上部基板處呈現之溫度，對於下部基板，需要或甚至意欲設定不同(尤其較高)溫度，以便以受控方式補償基板之先前提及之擠出缺陷。在此狀況下，相對應地回火(尤其加熱或冷卻)下部基板可為有必要的。

若吾人接著使固定在根據本發明之基板固持器上之第一、上部基板移向第二、下部基板，則第二、下部基板(但尤其亦為整個下部基板固持器)可使上部、第一基板加熱及熱膨脹且主要提供極複雜的加熱量變曲線。藉助於溫度/時間曲線判定加熱量變曲線。在此狀況下，甚至第一與第二基板之間的極微小溫度差異亦可導致上部、第一基板之顯著膨脹，或上部、第一基板可根據複雜的溫度曲線而經加熱。上部基板之溫度隨著增大兩個基板之間的距離而提高，且在飽和區域中短時間內保持恆定，之後溫度歸因於另一過程而降低(尤其以指數方式)，且隨後倘若邊界條件不變，則溫度保持恆定。先前技術大體上具有基板在溫度隨時間而改變之溫度區域中彼此接合的問題。因此，接合波在不同時間或換言之在不同位置處經受不同溫度，且因此產生上文所提及之擠出缺陷。

因此，本發明之目標為克服先前技術之缺點且尤其展示可藉以補償且尤其完全防止擠出缺陷的經改良基板固持器及改良方法。

藉由根據本發明之基板固持器、根據本發明之系統、根據本發明之用途、根據本發明之方法及根據本發明之產物以及根據協調的申請專利範圍的根據本發明之用途來實現此目標。

在申請專利範圍附屬項中指定本發明之有利的發展。描述、申請專利範圍及/或圖式中指定之至少兩個特徵之所有組合亦處於本發明之範疇內。當給定數值範圍時，處於所提及之極限內之值亦應被視為揭示作為極限值且可以任何所要組合主張。

特定而言，本發明之核心在於以某種方式設計根據本發明之(尤其)上部基板固持器(在下文中亦被稱為第一基板固持器)，以使得尤其被吸收至基板固持器之後側之任何熱以受控方式耗散且藉助於熱交換器在那裡發射，以便可以針對性方式設定對固定的、(尤其)上部基板(在下文中亦被稱為第一基板)之加熱。

本發明之另一重要態樣在於對系統之熱阻之針對性最佳化，以便實現對溫度差異 $\Delta T$ 之根據本發明的針對性設定。

特定而言，本發明之一重要態樣為藉助於對熱阻之合適的選擇來設定下部基板與上部基板之間的所要溫度差異 $\Delta T$ 。此溫度差異 $\Delta T$ 通常為時間或兩個基板之間的距離的函數。然而，下部基板之溫度飽和的溫度區域中之溫度差異 $\Delta T$ 根據本發明顯著相關，其中此溫度區域在本專利說明書之剩餘部分中被指定為 $d$ 。在此溫度區域 $d$ 中應保持溫度差異 $\Delta T$ 恆定。藉助於對溫度差異 $\Delta T$ 之針對性設定及維持，不利的「擠出」缺陷可經最小化或甚至完全消除。

因此，通常(i)藉助於熱阻及/或(ii)尤其下部基板固持器中之加熱裝置之加熱元件及/或(iii)藉助於冷卻元件(尤其冷卻流體)而以針對性方式設定尤其在溫度飽和區域 $d$ 中之溫度差異 $\Delta T$ 。

根據本發明，基板固持器具有用於固持基板之固定表面，其中基板固持器具有較佳地用於將熱耗散遠離固定表面及/或用於向固定表面饋入熱之導熱本體。

本發明之另一主題係關於用於將第一基板接合至第二基板之系統，其具有用於固持兩個基板中之至少一者之根據前述實施例中的一者的至少一個基板固持器。為此目的，尤其參看基板固持器之實施方案。

本發明之另一主題係關於根據本發明之基板固持器用作上部基板固持器的用途。

本發明之一不同(特定而言獨立)的主題係關於用於將第一基板接合至第二基板之方法，其中在第一步驟中使基板更靠近，以使得第一基板之溫度提高；其中在第二步驟中，停止使基板更靠近且在恆定距離下在至少一段時間內設定第一基板之恆定溫度的方式使基板之間的距離保持恆定；其中在第三步驟中，在該時段內在第一基板之恆定溫度下，將兩個基板至少暫時地彼此接合。

亦可描述此情形，使得兩個基板之間的溫度差異 $\Delta T$ 在明確界定之溫度區域 $d$ 中為恆定的。此外，可藉由正確地選擇熱阻來設定溫度差異 $\Delta T$ 之大小。

本發明之一不同主題係關於具有第一基板及第二基板之產物(特定而言，基板堆疊)，其中使用根據本發明之方法使基板彼此接合。

本發明之一不同主題係關於此基板固持器用於在此方法期間固持基板之用途。

一般而言，(尤其上部)基板固持器應儘可能良好地熱耦合至環境溫度。此可導致熱之供應及/或耗散。藉由使得兩個基板更靠近，特定而言，藉助於下部基板或下部基板固持器加熱上部基板。(特定而言，上部)基板固持器之較大熱質量以及其儘可能高的熱導率自(特定而言，上部)基板耗盡熱。以可在接近下部基板或下部基板固持器時以針對性方式設定根據本發明之基板固持器之溫度量變曲線(特定而言，亦上部基板之溫度量變曲線)的方式設計根據本發明之基板固持器。

在此狀況下，以導熱本體且因此上部基板對於冷卻流體之溫度適應儘可能快速且高效地進行的方式組態根據本發明之基板固持器之熱阻。因此，較佳地使熱阻最小化。冷卻流體較佳地為周圍大氣。因此，冷卻流體之溫度較佳地為室溫。

對於在(特定而言，上部)基板固持器處或在(特定而言，上部)基

板處之溫度/時間曲線之知識使得有可能判定(尤其)用於接合之最佳時間，此同時伴隨著產出率的提高。根據本發明，對應過程或對應方法同樣構成本發明之一重要(特定而言，獨立)態樣。

專利說明書中所揭示之所有溫度量變曲線可被視為基板固持器上之基板之溫度量變曲線或基板固持器之溫度量變曲線。較佳地，基板至基板固持器之熱耦合如此高效以至於可忽略溫度之偏差。實際上，在進行加熱的下部基板固持器的狀況下，下部基板之溫度可稍微小於下部基板固持器之溫度。上部基板之溫度通常稍微高於根據本發明之上部基板固持器之溫度。微小溫度差異與基板固持器與基板之間的非零熱阻相關聯。

根據本發明之基板固持器(在下文中亦被稱為樣本固持器)以受控方式耗散任何量之所產生熱至後部，如上文已提及，在後部熱藉助於熱交換器轉化且自根據本發明之基板固持器耗盡。此外，(特定而言，上部)基板固持器之較大熱質量確保(特定而言，上部)基板之溫度穩定，以使得在最大可能程度上使局部環境之熱波動最小化。根據本發明之另一重要態樣為相對較大熱質量使得在接合過程期間上部基板之溫度或下部基板與上部基板之間的溫度差異 $\Delta T$ 穩定。

此外，對於經由根據本發明之基板固持器之熱耗散的知識使得有可能判定(尤其)上部基板固持器或上部基板之溫度/時間曲線圖且藉助於改變根據本發明之基板固持器之參數來改變該溫度/時間曲線圖。

根據本發明之基板固持器可用作上部及/或下部基板固持器。根據本發明之基板固持器尤其經建構為上部基板固持器，以使得固定在上部基板固持器上之上部、第一基板只要未經固定就尤其在整個區域內在重力方向上變形。

在下文中，多次參考表面之粗糙度。在文獻中，粗糙度被指定

為平均粗糙度、二次粗糙度或平均化表面粗糙度。平均粗糙度、二次粗糙度及平均化表面粗糙度之平均值對於相同量測區段或量測區通常不同，但處於相同數量級。因此，粗糙度之數值之以下範圍應被理解為平均粗糙度、二次粗糙度或平均化表面粗糙度之值。

根據本發明之基板固持器能夠加熱及/或冷卻(特定而言，上部)第一基板。藉助於導熱本體，熱可自(特定而言，上部)第一基板耗散且較佳地傳送至冷卻流體。在此狀況下，導熱本體將為散熱片。然而，亦可設想，流體為將熱發射至導熱本體且因此加熱上部、第一基板之加熱流體。在此狀況下，導熱本體將為加熱本體。

冷卻流體較佳地為周圍環境之大氣。冷卻流體之溫度較佳地為室溫。

在一較佳實施例中，提出導熱本體尤其在其背對固定表面之側部(在下文中亦被稱為後側)處具有用於耗散及/或供應熱之肋狀物。特定而言，肋狀物可配置於導熱本體之整個後側上，由此可實現經改良之熱交換。

熱可藉助於肋狀物而跨越較大表面區域(所謂的肋狀物表面)分佈。特定而言，肋狀物可垂直於固定表面配置。肋狀物較佳地平行於彼此配置。若使用充當散熱片之導熱本體，則此等肋狀物將為冷卻肋狀物。若使用充當加熱本體之導熱本體，則可將肋狀物稱為以最佳方式將熱傳導出流體且傳導至導熱本體中之加熱肋狀物。在下文中僅再次提及肋狀物。在在下文中主要論述冷卻且並未明確地提及的情況下，導熱本體被視為散熱片，肋狀物被視為冷卻肋狀物且流體被視為冷卻流體。

基板固持器之根據本發明之實施例較佳地以肋狀物位於囊封(例如，外殼)中之方式經組態。囊封較佳地具有至少兩個進出點。進出點中之一者用於供應流體，第二者用於排出。因此，允許流體在導熱

本體之肋狀物上持續且尤其與周圍環境在空間上分離地流動變為可能。此緊密設計亦允許根據本發明之實施例與其周圍組件之分離。若冷卻為氣體冷卻(特定而言，使用空氣之冷卻)，則藉助於風扇使氣流(特定而言，空氣流)流動至肋狀物可能已經足以確保高效冷卻。在一尤其較佳實施例中，僅藉由周圍大氣冷卻冷卻肋狀物。

可較佳地控制流體之流動速率。在此狀況下，流動速率大於1 mm/s，較佳地大於1 cm/s，甚至更佳地大於10 cm/s，最佳地大於1 m/s。亦可藉助於緊密囊封對流體進行加壓。在此狀況下，流體之壓力較佳地對應於環境壓力。然而，亦可在過壓下使用流體。接著，壓力大於1巴(bar)，較佳地大於2巴，甚至更佳地大於5巴，最佳地大於10巴，絕對最佳地大於20巴。至囊封中且因此至肋狀物之流體供應較佳地藉助於連接至進出點的軟管系統進行。

#### 視情況選用之冷卻及加熱元件

除在下文中所考慮之導熱本體及在其後側處之熱交換器之外，根據本發明之基板固持器亦可具有額外的可主動控制的冷卻及/或加熱元件。此等額外冷卻及/或加熱元件較佳地建置至根據本發明之基板固持器中，特定而言，建置至導熱本體中。將冷卻及/或加熱元件附接在導熱本體之周邊上以便使得導熱本體儘可能為均質的且不產生歸因於另外內建式組件的任何熱不連續性亦為可設想的。

加熱元件較佳地為感應加熱器。然而由於溫度補償僅必須針對相對較小溫度差異而發生，因此亦可設想在導熱本體之側部處安裝紅外線源，其可更精確地、更快速地且更高效地經控制且可藉助於輻射熱在攝氏幾度範圍內提高導熱本體之溫度。

冷卻元件可為另外安裝的帕爾貼(Peltier)元件，其實現獨立於根據本發明之實際導熱本體的對根據本發明之基板固持器(特定而言，導熱本體)之額外冷卻。帕爾貼元件較佳地附接在導熱本體外部，以

便不破壞導熱本體之材料均勻性。

根據本發明，導熱本體構成本發明之實際態樣。

### 導熱本體

導熱本體為具備儘可能大的熱質量之組件。熱質量為比熱容與本體之質量的乘積。在恆定密度分佈的狀況下，可用密度與體積之乘積代替質量。

$$C_m = m * c_m = \rho * V * c_m$$

術語熱質量主要用於工程科學中。在科學中，主要使用較常用之術語，熱容。熱容之單位為J/K。此為對於本體在某一溫度下儲存熱之能力的量度。具備高熱容之本體為熱儲存器(heat store)，其可用作緩衝元件。

一般而言，若所使用之冷卻流體之溫度Tk不同於上部基板之溫度，則溫度梯度藉助於導熱本體降低。亦可考慮平均溫度而非溫度梯度。溫度梯度或平均化溫度在專利說明書之剩餘部分中被指定為Tw。冷卻流體之溫度在根據本發明之過程期間較佳地保持恆定，而溫度梯度或平均化溫度Tw通常改變。溫度Tw較佳地總是對應於上部基板之溫度且僅與上部基板之溫度略微偏離。

根據本發明之重要發現為若兩個基板之間的熱阻Rth4無限大，則上部基板之溫度及根據本發明之導熱本體或根據本發明之整個上部基板固持器之溫度將對應於冷卻流體之溫度(因此特定而言，環境溫度)。然而，藉助於有限值之熱阻Rth4，使得自下部基板至上部基板之熱流動成為可能。

根據本發明，特別重要地為，溫度差異ΔT (特定而言，在溫度間隔d期間)已知且尤其可以針對性方式加以設定，以便最小化或較佳地完全消除「擠出」缺陷。

由於根據本發明之實施例的根據本發明之目標為以儘可能受控

的方式在基板處耗散溫度，而且以相對應地較強方式穩定溫度，因此導熱本體具有儘可能高的熱容。導熱本體之熱容儘可能大，以便分別實現熱之高效儲存及儘可能高效地補償熱波動。溫度穩定性亦反映在溫度差異 $\Delta T$ 之穩定性中。對於大多數固體本體，在適中溫度及壓力下，在恆定體積下之熱容僅略微不同於在恆定壓力下之熱容。因此，在下文中，在兩種熱容之間未作出區分。此外，指定比熱容。特定而言，導熱本體之比熱容大於  $0.1 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，較佳地大於  $0.5 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，更佳地大於  $1 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，最佳地大於  $10 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，絕對最佳地大於  $20 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 。給定導熱本體之已知密度及幾何形狀，可使用上述公式將比熱容轉化成絕對熱容。

由於熱必須儘可能快速地耗散，因此導熱本體材料應具有儘可能高的熱導率。熱導率處於  $0.1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  與  $5000 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  之間，較佳地處於  $1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  與  $2500 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  之間，更佳地處於  $10 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  與  $1000 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  之間，最佳地處於  $100 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  與  $450 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  之間。最常用於散熱的建構材料銅具有例如大約  $400 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  之熱導率。熱導率用於判定對於給定溫度差異，每單位時間經由路徑傳輸多少能量。每單位時間的經傳輸之能量或熱之量被稱為熱流量。熱流量大於  $1 \text{ J/s}$ ，較佳地大於  $10 \text{ J/s}$ ，更佳地大於  $100 \text{ J/s}$ ，最佳地大於  $200 \text{ J/s}$ ，絕對最佳地大於  $500 \text{ J/s}$ 。

導熱本體較佳地在其後側處被主動地或被動地冷卻。藉由輻射熱(特定而言，藉助於儘可能大的表面)進行被動冷卻。藉助於冷卻流體進行主動冷卻。冷卻流體可為氣體或液體。舉例而言，可設想以下各者

- 液體，特定而言
  - 水
  - 油

- 氣體，特定而言
  - 惰性氣體
    - 氦氣
    - 氬氣
- 分子氣體
  - HCFC
  - HFC
  - CFC
  - PFC
  - CO<sub>2</sub>
  - N<sub>2</sub>
  - O<sub>2</sub>
- 氣體混合物，特定而言
  - 空氣，特定而言
    - 環境空氣

冷卻流體藉助於導熱本體吸收熱，由此經加熱，且同時冷卻導熱本體。經加熱之冷卻流體較佳地在冷卻迴路中循環且在迴路系統中之不同點處發射熱，在該過程中再次經冷卻且回饋至冷卻迴路。較佳地，使用冷卻氣體，由於此等氣體較易於處置。若冷卻流體為環境空氣，則藉由將熱自導熱本體發射至環境空氣中而進行冷卻。局部加熱之環境空氣接著在周圍大氣中傳播且因此導致溫度均衡及冷卻。

歸因於熱在較大表面區域內之分佈，至冷卻流體之輻射或傳熱效率提高。可甚至進一步放大表面區域，由於有意識地提高了表面之粗糙度。在此狀況下，粗糙度大於10 nm，較佳地大於100 nm，更佳地大於1 μm，最佳地大於10 μm，絕對最佳地大於100 μm。

亦可設想使用不具有肋狀物之導熱本體，由此可簡化導熱本體

之生產。

在根據本發明之另一實施例中，將可設想至少給導熱本體之上側提供開孔部分。在此狀況下，孔徑應大於100 nm，較佳地大於1  $\mu\text{m}$ ，更佳地大於10  $\mu\text{m}$ ，最佳地大於100  $\mu\text{m}$ ，絕對最佳地大約為1 mm。冷卻流體流動穿過開孔部分且在該過程中歸因於較大表面區域甚至更高效地吸收熱。亦可設想僅為肋狀物提供開孔部分以便進一步增大肋狀物之表面區域。

根據本發明之基板固持器(特定而言，導熱本體)之主要目標在於基板之溫度設定及溫度穩定，或下部基板與上部基板之間的溫度差異設定及溫度差異穩定。取決於基板是否應經冷卻及/或加熱，根據本發明之基板固持器為此目的將熱饋入至基板及/或耗散熱。特定而言，根據本發明之基板固持器允許對最大溫度或上部基板與下部基板之間的溫度差異 $\Delta T$ 之針對性設定，且保證在一段時間內最大溫度或溫度差異 $\Delta T$ 之溫度穩定性，該時段尤其等於且更佳地大於接合兩個基板所需之時段。

在區段之剩餘部分中，提及根據本發明之複數個實施方案，其由於至少一個特徵而彼此不同。所提及之根據本發明之所有實施例可任意地及以可產生組合所提及之複數個特徵的根據本發明之對應的另外實施例的方式彼此組合。

在根據本發明之一例示性實施例中，根據本發明之基板固持器具有獨立固定部分，在該部分上置放導熱本體。因此，導熱本體與固定部分為兩個獨立的，但互相連接之組件。兩個組件之儘可能高效的熱耦合藉助於儘可能平面的表面進行。在此狀況下，固定部分與導熱本體之分別的互相接觸的表面之粗糙度小於100  $\mu\text{m}$ ，較佳地小於10  $\mu\text{m}$ ，更佳地小於1  $\mu\text{m}$ ，最佳地小於100 nm，絕對最佳地小於10 nm。可藉助於使用導熱膏進行傳熱之進一步改良。

在一不同較佳實施例中，固定表面與導熱本體建構在一整體件中。換言之，導熱本體自身被實現為固定部分。導熱本體及固定部分或固定表面被實現在一整體件中。然而，基板固持器可具有由於並不明顯影響本發明之功能性而未考慮、展示或進一步描述之又另外組件。藉助於根據本發明之此實施例，由於固定部分與導熱本體之間不存在邊界表面，經改良的導熱成為可能。

由於一體式或單件式導熱本體之根據本發明之實施例為根據本發明之最佳實施例，因此在下文中之所有變化形式均係參考此基本類型。因此，固定部分及導熱本體在下文中被同義地使用。

在根據本發明之一不同(特定而言，較佳)實施例中，基板固持器具有用於使基板變形的至少一個(特定而言，可移動，較佳地可驅動)變形元件，其中至少一個變形元件較佳地居中配置在基板固持器中。特定而言，至少一個變形元件可為可垂直於固定表面或經固定基板移動(特定而言，可驅動)的。至少一個變形元件較佳地以基板可變形遠離固定表面的方式建構。基板固持器或導熱本體可具有(特定而言，居中安裝及/或持續延伸的)孔，至少一個變形元件以(特定而言，可移動，較佳地可驅動)方式配置在該孔中或該孔允許至少一個變形元件進入，使用該變形元件可使經固定基板變形。舉例而言，至少一個變形元件為

- 銷
- 桿
- 球
- 噴嘴，特定而言
  - 氣體噴嘴

以藉助於針對性控制能夠使基板至少在局部(較佳地居中)變形的方式操作或控制變形元件。在此狀況下，當自變形元件之側部查看

時，變形較佳地為凹入的。特定而言，變形用於將基板與固定部分或與固定表面分離之過程。

在根據本發明之另一實施例中，導熱本體在固定表面中具有至少一個凹進及/或凹陷，以便確保基板與固定表面或與導熱本體之材料的儘可能小的接觸。因此，被稱為有效固定表面的部分減小。有效固定表面為實際上與基板接觸之固定表面區域。較佳地，至少一個凹進配置在固定表面中，以使得基板可保持與固定表面間隔開。根據本發明之此實施例之優點在於歸因於導熱本體之表面的對基板之污染減少。為了高效地進行傳熱，可使具備相對應地高熱導率及相對應地高熱容之氣體引入(特定而言，流動)至至少一個凹進及/或凹陷中。接著，僅在幾個固定元件處，特定而言，在周邊處及/或在中心固定基板。此類型之實施例揭示於公開文件WO2013/023708A1中，該文件之揭示內容明確地包括於本申請案之關於此實施例之揭示內容中。

在根據本發明之另一實施例中，結塊狀(結塊)及/或針狀及/或台座狀元件經配置在至少一個凹陷中，以使得基板可藉助於此等元件保持與固定表面間隔開，此等元件尤其在基板之方向上逐漸變窄。該等元件直至導熱本體之表面且支撐固定基板。為了確保第一基板與導熱本體之間的熱耦合，亦在根據本發明之此實施例中，藉由具有高熱容之流體對結塊及/或針及/或台座之中間空間進行沖洗為可能的。

## 固定元件

根據本發明之所有經揭示之實施例均能夠固定基板(特定而言，晶圓，更佳地半導體晶圓)。在此狀況下，可藉助於任何所要固定元件進行固定。較佳地，用於固定基板之固定元件經配置(特定而言，在整個區域內)在固定表面中、在固定表面處及/或在固定表面上。可設想以下各者

- 真空固定件

- 靜電固定件
- 磁性固定件
- 機械固定件，特定而言
  - 夾鉗
- 黏著固定件，特定而言
  - 藉助於黏著膜之固定件

以分散方式配置在尤其固定表面之整個區域內的真空固定件或真空路徑(在下文中亦被稱為真空通道)為尤其較佳的。真空固定件由複數個真空通道構成，該等真空通道結束於基板固持器之固定表面上的真空開口中。

在根據本發明之一不同實施例中，真空通道彼此連接以使得可同時進行對真空通道之抽空及/或沖洗。

在根據本發明之一不同實施例中，至少個別真空通道彼此連接且形成對應真空通道群組。在此狀況下，可個別控制每一真空通道群組，以使得可實現對基板之逐步固定及/或分離。在根據本發明之特定實施例中，以複數個同心圓配置複數個真空開口以形成真空通道群組，該等同心圓在其半徑方面不同。有利地，同時控制相同圓形之所有真空通道，以使得對基板之固定及/或分離可居中開始且以徑向對稱方式逐漸朝外地受到控制。此導致用於基板之受控固定及/或分離的尤其高效的可能性。

#### **熱阻：等效迴路圖**

特定而言，根據本發明的本發明之另一重要態樣在於使穿過根據本發明之基板固持器的熱流動最佳化。熱源與散熱片之間的熱流動明顯受熱阻影響。每一靜態多粒子系統，因此流體(諸如，氣體及液體)以及固體本體皆具有熱阻。熟習此項技術者知道熱阻之定義。熱阻並非純粹材料參數。其取決於熱導率、厚度及橫截面。

$$R = \frac{d}{A * \lambda}$$

在所公佈文件之剩餘部分中，假定熱流動總是流動穿過相同橫截面，使得在恆定橫截面處之熱阻將被視為分別考慮的材料之熱導率及厚度之函數。熱阻在圖式中簡寫為Rth及索引。根據本發明，特定而言，存在八個相關熱阻。Rth1至Rth8特定而言為(i)下部基板固持器之熱阻、(ii)下部基板固持器與下部基板之間的流體或真空之熱阻、(iii)下部基板之熱阻、(iv)兩個基板之間的流體或真空之熱阻、(v)上部基板之熱阻、(vi)上部基板與上部基板固持器之間的流體或真空之熱阻、(vii)導熱本體之熱阻及(viii)在冷卻肋狀物之間流動的流體之熱阻。

熱流動與熱源與散熱片之間施加的溫度差異成正比。熱阻為比例之常量。因此以下公式為正確的：

$$R = \frac{1}{\Delta T} * \frac{dQ}{dt}$$

特定而言，根據本發明之本發明之另一重要態樣為使在基板上及/或下方之熱阻最小化以及使基板之間的熱阻最大化。根據本發明，因此，熱阻尤其經組態如下：

- 使Rth1最小化，尤其藉由選擇具備高熱導率之材料，
- 使Rth2最小化，尤其藉由選擇具備高熱導率之流體，
- 應藉由選擇具備高熱導率之基板使Rth3最小化，
- 使Rth4最大化，尤其藉由使用低熱導率之氣體進行沖洗及/或真空及/或藉助於最佳化過程管理(特定而言，藉助於對距離之有技巧的選擇)，
- 應藉由選擇具備高熱導率之基板使Rth5最小化，
- 使Rth6最小化，尤其藉由選擇具備高熱導率之流體，
- 使Rth7最小化，尤其藉由選擇具備高熱導率之材料，及/或

-- 使 $R_{th8}$ 最小化，尤其藉由選擇具備高熱導率之流體。

特定而言，根據本發明的實施例之一重要態樣為能夠以針對性方式設定上部基板之溫度或下部基板與上部基板之間的溫度差異 $\Delta T$ ，且在接合過程期間保持溫度或溫度差異儘可能恆定。根據本發明，此藉助於對熱阻之正確選擇而進行。藉由使熱阻 $R_{th4}$ 最大化，自下部基板至上部基板之熱流動最小化，較佳地甚至完全中斷。然而，由於熱流動之完全中斷實際上不可實現，因此實際上將總是產生上部基板之溫度改變。特定而言，溫度差異 $\Delta T$ 小於 $20^{\circ}\text{C}$ ，較佳地小於 $10^{\circ}\text{C}$ ，更佳地小於 $5^{\circ}\text{C}$ ，最佳地小於 $1^{\circ}\text{C}$ ，絕對最佳地小於 $0.1^{\circ}\text{C}$ 。

另一方面，特定而言，應可能藉助於下部基板固持器中之加熱裝置確切地設定下部基板之溫度。特定而言，下部基板之溫度應對應於下部基板固持器之溫度。特定而言，下部基板固持器經回火至低於 $100^{\circ}\text{C}$ ，較佳地低於 $75^{\circ}\text{C}$ ，更佳地低於 $50^{\circ}\text{C}$ ，最佳地低於 $30^{\circ}\text{C}$ 的溫度。

此外，上部基板之溫度應尤其對應於冷卻流體及/或導熱本體之溫度。在根據本發明之一極特定實施例中，冷卻流體之溫度大體上對應於環境溫度。此尤其為大氣自身用作冷卻流體時的情況。特定而言，冷卻流體經回火至低於 $100^{\circ}\text{C}$ ，較佳地低於 $75^{\circ}\text{C}$ ，更佳地低於 $50^{\circ}\text{C}$ ，最佳地低於 $30^{\circ}\text{C}$ 的溫度。在根據本發明之一極特定實施例中，環境大氣用作冷卻流體且因此具有室溫或環境溫度。

無法改變基板之直徑。所使用之基板之熱導率及厚度在大多數情況下同樣由生產條件預定，且因此在大多數情況下亦無法被用於根據本發明之最佳化。藉助於對根據本發明之熱阻之正確選擇，特定而言，較佳地使自下部基板至上部基板之熱流動最小化，且使自上部基板至冷卻流體之熱流動最大化。因此，根據本發明，溫度差異 $\Delta T$ 保持恆定。

特定而言，根據本發明之對熱阻之選擇之另一目標主要在於保持上部基板之溫度恆定(特定而言，在環境溫度下)，且因此使歸因於其他熱源(特定而言，下部基板之熱源)的影響最小化。在下部基板固持器且因此下部基板之溫度(其保持恆定)下，此與將上部基板與下部基板之間(特定而言，在接合過程期間)的溫度差異 $\Delta T$ 維持在溫度範圍 $d$ 內同義。此大體上藉由使基板之間的熱阻 $R_{th4}$ 最大化而進行。相比之下，藉助於加熱裝置儘可能高效地調節下部基板之溫度 $T_{1u}$ 應為可能的。在此狀況下，下部基板固持器之溫度被指定為 $T_p$ 。較佳地，在任何時間點處，下部基板固持器之溫度 $T_p$ 與下部基板之溫度 $T_{1u}$ 相同。自加熱器至下部基板之傳熱大體上藉助於最小化熱阻 $R_{th1}$ 及 $R_{th2}$ 而進行。

#### 過程

可基於所謂的溫度/時間曲線圖來描述根據本發明之方法或根據本發明之過程。在溫度/時間曲線圖中，溫度(特定而言，在固定至根據本發明之基板固持器的基板處之溫度 $T$ )特定地說明為時間 $t$ 之函數(溫度曲線圖)。在此狀況下，溫度展示於在溫度/時間曲線圖之左側邊緣處的縱座標上。在溫度/時間曲線圖中亦可說明距離/時間曲線(距離曲線圖)，由該距離曲線圖有可能瞭解在某一時間點處兩個基板彼此相距多大距離。在此狀況下，距離/時間曲線之縱座標展示在溫度/時間曲線圖之右側邊緣處。由於距離/時間曲線展示自 $mm$ 範圍低至 $nm$ 範圍之距離，因此較佳地對數地縮放該曲線。然而，為清楚起見，在圖式中僅以線性比例說明距離/時間曲線。為簡單起見，在下文中僅談及溫度/時間曲線圖；或為簡潔起見，在下文中僅談及 $T-t$ 曲線圖。除經固定基板之 $T-t$ 曲線圖之外，亦可描述根據本發明之基板固持器之 $T-t$ 曲線圖。然而，兩個 $T-t$ 曲線圖僅略微不同，尤其就沿著溫度軸線彼此之間的最小偏差而言。因此在本專利說明書之剩餘部分中，與經固

定基板及/或根據本發明之基板固持器之溫度/時間曲線圖同義地使用 T-t 曲線圖。若熱阻  $R_{th2}$  及  $R_{th6}$  最小，則此假定尤其合理。在此狀況下，基板固持器與基板之間的熱耦合如此良好以至於吾人可假定其溫度差不多相同。

每一曲線圖通常可被劃分成六個區段(特定而言，時間區段)。

在第一、初始區段 a 中，使基板自相對較大距離靠近。在區段 a 中，兩個基板之間的距離大於 1 mm，較佳地大於 2 mm，更佳地大於 3 mm，最佳地大於 10 mm，絕對最佳地大於 20 mm。基板在區段 a 內的移動並不導致歸因於另一(特定而言，下部、第二)基板或另一(特定而言，下部、第二)基板固持器的溫度提高，該基板或基板固持器通常可被加熱至大於室溫的溫度。若兩個基板之間的距離減小至發生歸因於第二、下部基板或第二、下部基板固持器之熱輻射及/或在上部、第一基板處的周圍氣體之熱對流的影響的程度，則在上部、第一基板處存在適中溫度提高。

具有適中溫度提高之此區域 b 被稱為粗略靠近區域。此時兩個基板之距離處於 10 mm 與 0 mm 之間，較佳地處於 5 mm 與 0 mm 之間，更佳地處於 1 mm 與 0  $\mu$ m 之間，最佳地處於 100  $\mu$ m 與 0  $\mu$ m 之間。

若使基板更加更靠近，則在粗略靠近區域 b 之末端處存在上部、第一基板之溫度的突然提高。兩個基板之間出現某種類型之熱耦合。歸因於基板距離與基板直徑之小距離/直徑比率，熱導致對上部、第一基板之加熱。藉由熱輻射加熱之周圍氣體不再能足夠快速地擴散至兩個基板之中間空間之外且因此將熱較佳地直接自下部、第二基板傳輸至上部、第一基板。類似考慮因素適用於熱輻射，其實際上僅另外具有達至上部、第一基板之表面的選項。對基板之較強加熱之此區域被稱為緊密靠近區域 c。此時兩個基板之距離處於 1 mm 與 0 mm 之間，較佳地處於 100  $\mu$ m 與 0  $\mu$ m 之間，更佳地處於 10  $\mu$ m 與 0  $\mu$ m 之間，最佳

地處於1  $\mu\text{m}$ 與0  $\mu\text{m}$ 之間。

溫度量變曲線自緊密靠近區域c至所謂的溫度飽和區域d之轉變較佳地藉助於在數學意義上儘可能的平穩，但無法微分之轉變進行。亦可設想，該轉變持續進行，使得區域c與d之分離無法明確地進行。接著，溫度/時間曲線圖之形狀看起來如同「鯊魚鰭」。然而，亦可設想不同形狀。

根據本發明之接合過程較佳地在溫度飽和區域d中進行。停止基板的平移靠近，亦即基板之間的距離保持恆定。此時，上部、第一基板在對應於溫度飽和區域d之長度的經明確界定之時段 $t_1$ 內具有恆定溫度 $T_{40}$ 。恆定溫度 $T_{40}$ 意謂最大4 K，較佳地最大3 K，更佳地最大2 K，最佳地最大1 K，絕對最佳地最大0.1 K之最大溫度波動。兩個基板之距離在此區域中恆定且處於1 mm與0 mm之間，較佳地處於100  $\mu\text{m}$ 與0  $\mu\text{m}$ 之間，更佳地處於10  $\mu\text{m}$ 與0  $\mu\text{m}$ 之間，最佳地處於1  $\mu\text{m}$ 與0  $\mu\text{m}$ 之間。在根據本發明之特殊實施例中，另外，在區域d中進一步使兩個基板更靠近亦為可能的。然而，接著應確保仍存在充足剩餘時間以用於實際接合過程。此外，下部基板與上部基板之間的溫度差異 $\Delta T$ 在溫度飽和區域d中保持恆定。在此狀況下，溫度差異 $\Delta T$ 之波動小於4 K，較佳地小於3 K，更佳地小於2 K，最佳地小於1 K，絕對最佳地小於0.1 K。特定而言，可藉由選擇熱阻及/或熱源(特定而言，下部基板固持器中之加熱器及/或散熱片(特定而言，冷卻流體))來確切地且可再現地設定溫度差異 $\Delta T$ 。

特定而言，提出時段 $t_1$  (在其期間，在恆定距離 $d_3$ 下設定恆定溫度 $T_{40}$ )大於5秒，較佳地大於10秒，更佳地大於15秒，甚至更佳地大於20秒，最佳地大於40秒。因此，有利地，有充足時間剩餘以用於接合過程。

此外，特定而言，提出在第一步驟之前判定時段 $t_1$ 、距離 $d_3$ 及/

或恆定溫度 $T_{4o}$ ，該判定尤其憑經驗，較佳地考慮第二基板之溫度，基板固持器、導熱本體及/或基板之材料及/或靠近速度。因此，特定而言，有利地，在第一步驟之前以可判定方法之最佳參數的方式判定或校準方法為可能的。

接合過程(特定而言，熔接過程)需要時段 $t_2$ ，其尤其小於或等於時段 $t_1$ 。根據本發明之一重要態樣為接合過程較佳地在給定溫度 $T_{4o}$ 下在溫度飽和區域 $d$ 之時段內進行。此具有接合過程可在不改變第一基板之溫度的情況下進行的優點，由此可防止及至少減少上述擠出缺陷。

在隨後的冷卻區域 $d$ 中，特定而言，以指數方式使上部、第一基板冷卻。

在隨後的區域 $f$ 中，最後設定恆定飽和溫度，其高於在靠近過程之前第一區段 $a$ 中上部、第一基板的初始溫度。然而，該恆定飽和溫度通常小於下部、第二基板或基板固持器之溫度。亦可設想在溫度 $T_{6o}$ 下在區域 $f$ 中進行接合過程。

較佳地，在使用根據本發明之方法之前確立使得有可能得出關於溫度/時間曲線圖的確切結論的所有必要物理參數。必須藉由變化物理參數而改變根據本發明之方法，直至已確保在實際接合過程期間產生之溫度/時間量變曲線精確地為允許兩個基板彼此之最佳接合且尤其亦導致對應產出率的溫度/時間量變曲線。藉由使用根據本發明之具備對應熱質量的對應導熱本體、正確冷卻流體、正確冷卻流體壓力、正確冷卻流體流動速率、正確靠近量變曲線等，可相應地設定區域 $d$ 中之飽和溫度 $T_{4o}$ 、區域 $d$ 之時段 $t_1$ 及溫度/時間曲線圖之所有其他所要區域。

一旦已針對溫度/時間特性校準系統，亦確保上部、第一基板在明確界定之時間點處具有明確界定之溫度，且確保自達至此溫度之時

起，有明確界定之時間可用以藉助於固定(其尤其藉助於真空引起)之彎曲及/或脫離來進行實際接合過程。由在區域d中儘早接合之可能性產生本發明之兩個至關重要的態樣。第一，有可能早期開始接合，此導致產出率的巨大提高；且第二，確保基板在明確界定之時段內具有極其恆定溫度。因此，根據本發明，完全防止先前技術中極其熟知之擠出問題變得可能。確保兩個基板在區域d之時段期間均具有實際上恆定溫度且在接合過程期間實際上並不改變其溫度。在此上下文中，應明確地再次提及，恆定溫度之上述情形並不意謂兩個基板均必須具有相同溫度。可極其需要的為預先將兩個基板中之至少一者加熱或冷卻至較高或較低溫度，以便藉助於所要、強制熱膨脹而設定所要、強制基板大小，此首先導致兩個基板之兩個功能單元之疊合。然而，根據本發明，在接合過程期間，一旦經設定，就保持此等溫度恆定，

在所描述之每一方法中，可預處理及/或後處理基板。以下各者主要被視為預處理：

- 清洗，特定而言，藉助於
  - 化學過程，特定而言，藉助於
    - 液體，特定而言，藉助於
      - 水
  - 物理過程，特定而言，藉助於
    - 濺鍍，特定而言，藉助於
      - 離子，特定而言，藉助於
        - 電漿激活
      - 不帶電粒子
- 研磨
- 拋光
- 對準，特定而言

- 機械對準及/或
- 光學對準
- 沈積

以下各者被視為後處理：

- 清洗，特定而言，藉助於
  - 化學過程，特定而言，藉助於
    - 液體，特定而言，藉助於
      - 水
    - 物理過程，特定而言，藉助於
      - 濺鍍，特定而言，藉助於
        - 離子
        - 不帶電粒子
- 研磨
- 拋光
- 特定而言，調查
  - 接合界面，特定而言
    - 以發現空隙
    - 以發現對準缺陷，特定而言
      - 擠出缺陷
- 熱處理，特定而言
  - 在烘箱中
  - 在加熱板上
- 基板之更新分離，特定而言，藉助於來自公佈文件

WO2013/091714A1之方法

尤其，藉助於根據本發明之實施例實現對在先前技術中已知之擠出缺陷之補償。為了確保對準準確度最小化至足夠程度，在接合兩

個基板之後對接合界面之調查因此尤其重要，以便在適當情況下藉助於特定方法(特定而言，來自公佈文件WO2013/091714A1之方法)再次使基板彼此分離。因此，防止兩個基板或整個基板堆疊之損耗且必要時基板可相對於彼此重新對準且接合。

可藉助於根據本發明之系統或根據本發明之過程實現之對準準確度優於100  $\mu\text{m}$ ，較佳地優於10  $\mu\text{m}$ ，更佳地優於500 nm，最佳地優於200 nm，絕對最佳地優於100 nm。特定而言，對準準確度在基板堆疊之每一位置處均相同，此為成功擠出缺陷補償之決定性及特有特徵。在此狀況下，藉由平均化基板堆疊之所有對準缺陷而判定之對準準確度之標準差小於1  $\mu\text{m}$ ，較佳地小於500 nm，更佳地小於250 nm，最佳地小於100 nm，絕對最佳地小於50 nm。

在根據本發明之接合過程及視情況選用但較佳的實證調查之後，在必要的情況下熱處理基板。特定而言。對於熔接基板，熱處理為必要的。在此狀況下，熱處理導致產生兩個基板之不再可被分開的永久性接合。若在根據本發明之接合過程之後對基板之熱處理不再必要，則相對應地省去此處理。

在根據本發明之方法中，在區域d中藉由使特定上部、第一基板變形而進行兩個基板之接合。變形較佳地藉助於已經描述之變形元件而居中進行。根據本發明之第一過程之優點主要在於產出率。由於接合過程已經在區段d中進行且並無必要等待上部、第一基板之冷卻，因此與先前技術相比較可提高產出率(因此，使用根據本發明之實施例每單位時間可處理之基板之數目)。上部、第一基板之冷卻為對於環境溫度之適應過程，環境溫度主要由周圍大氣及/或下部、第二基板或下部第二基板固持器預定。

在根據本發明之一不同過程中，兩個基板之接合在區域f中藉由使特定上部、第一基板變形而進行。變形較佳地藉助於已經描述之變

形元件而居中進行。

可藉助於根據本發明之基板固持器(特定而言，藉助於熱質量、冷卻元件及裝置、冷卻過程、冷卻流體等)改變及最佳地調整溫度  $T_{40}$ 、 $T_{60}$ 。

### 【圖式簡單說明】

本發明之另外的優點、特徵及細節由對較佳例示性實施例之以下描述以及基於圖式而產生。在諸圖中：

圖1 展示基板固持器之根據本發明之第一實施例之示意性橫截面說明，其並非比例正確的，

圖2 展示根據本發明之第二實施例之示意性橫截面說明，其並非比例正確的，

圖3 展示根據本發明之第三實施例之示意性橫截面說明，其並非比例正確的，

圖4 展示根據本發明之第四實施例之示意性橫截面說明，其並非比例正確的，

圖5 展示根據本發明之第五實施例之示意性橫截面說明，其並非比例正確的，

圖6a 展示根據本發明之方法之第一步驟之示意性橫截面說明，其並非比例正確的，

圖6b 展示第二步驟之示意性橫截面說明，其並非比例正確的，

圖6c 展示第三步驟之示意性橫截面說明，其並非比例正確的，

圖6d 展示第四步驟之示意性橫截面說明，其並非比例正確的，

圖6e 展示第五步驟之示意性橫截面說明，其並非比例正確的，

圖7a 展示第一溫度/時間及距離/時間曲線圖之示意性說明，

圖7b 展示第二溫度/時間及距離/時間曲線圖之示意性說明，

圖8 展示可能疊對缺陷之示意性說明，以及

圖9 展示熱等效迴路圖之示意性說明。

在圖式中，具備相同功能之相同組件被使用相同元件符號標記。

圖1展示具有固定部分4及導熱本體2之基板固持器1之根據本發明之第一實施例。固定部分4具有固定元件5（特定而言，真空路徑，更佳地可個別控制真空路徑），藉助於該等固定元件可使未經說明之第一基板11固定在固定表面4<sub>o</sub>上。導熱本體2較佳地具有複數個肋狀物3，其可經由其肋狀物表面3<sub>o</sub>將熱發射至未經說明之流體。導熱本體2經由邊界表面6連接至固定元件4。

圖2展示具有同時亦充當固定部分之導熱本體2'之根據本發明之基板固持器1'的根據本發明之第二、較佳實施例。換言之，與來自圖1之實施例相比，導熱本體2'及固定部分經單件式地(亦即，整體地)建構。因此，在固定部分與導熱本體2'之間不存在邊界表面，使得有利地不存在阻礙熱自未經說明之第一基板11耗散至環繞肋狀物3流動之流體(未說明)的熱障。

圖3展示具有導熱本體2''中之孔7之根據本發明之基板固持器1''的根據本發明之第三、甚至更佳實施例。孔7允許變形元件8進入，特定而言，桿至未經說明之基板11之未經說明之後側11<sub>o</sub>。在其他方面，此實施例對應於來自圖2之實施例，因此參看對於圖2之描述。

圖4展示根據本發明之基板固持器1'''之根據本發明之第四實施例，該基板固持器1'''除圖3中提及之特徵之外亦具有固定表面4<sub>o</sub>中之凹陷9，以便使未經說明之第一基板11之未經說明之後側之間的接觸最小化。此最小化用以防止固定表面4<sub>o</sub>對基板之(特定而言，金屬)污染。此外，此用以防止粒子使基板局部變形。為了增強熱耦合，凹陷9可被具有高熱容及/或熱導率之流體浸沒。

圖5展示根據本發明之基板固持器1<sup>IV</sup>之根據本發明之第五實施

例，該基板固持器 $1^{IV}$ 除圖3中提及之特徵之外亦具有用結塊及/或針及/或台座10填充之凹陷9，以便使未經說明之第一基板11'之未經說明之後側之間的接觸最小化，且確保在整個區域內在最大可能程度上支撐第一基板11。此最小化同樣用以防止(特定而言，金屬)污染。凹陷9可被具有高熱容及/或熱導率之流體浸沒以增強熱耦合。

圖6a展示根據本發明之例示性方法之第一步驟，其中最初第一、上部基板11與第二、下部基板11'相距距離 $d_1$ 。此處理步驟在相關聯的T-t曲線圖之區域a(其已經預先界定)中進行。基板11、11'彼此靠近，其中歸因於相對較大距離，在最大可能程度上排除下部、第二基板11'或下部基板固持器14對上部、第一基板11之熱影響，如上文已描述。

使兩個基板11、11'靠近至距離 $d_2$ 在後續步驟中發生。在此時間點，系統在已經預先界定之區域b(所謂的粗略靠近區域)中，其中已經尤其藉助於下部基板11'之熱輻射而發生對上部、第一基板11之相對輕微加熱。

在後續步驟中，兩個基板11、11'進一步彼此靠近至明確界定之距離 $d_3$ ，如上文已描述。在此時間點，系統在已經預先描述之區域c(所謂的緊密靠近區域)中，其中尤其藉助於熱輻射及熱對流而發生對上部、第一基板11之突然加熱。

在根據圖6d之後續步驟中進行兩個基板11、11'之接合過程。基板11、11'恆定地處在距離 $d_3$ 。在此時間點，基板11、11'在已經預先描述之區域d(所謂的接合區域)中，在該區域中溫度 $T_{4o}$ 在時段 $t_1$ 內恆定。

在根據圖6e之後續步驟中，在已經預先描述之區域e中發生基板11及/或11'之冷卻。冷卻又是上部、第一基板11之溫度對環境溫度(特定而言，周圍大氣之溫度及/或下部、第二基板11'或下部基板固持器

14之溫度)之適應過程。然而，在此時間點，已經尤其藉助於預接合而發生兩個基板11、11'之連接。

省去藉助於另一圖而對已經預先描述之區域f之說明，此係由於不可自其獲得重要洞見。如已經揭示於描述之文字中，接合過程亦可在區域f中之恆定溫度區域中進行。

圖7a展示具備已經預先描述且標記在上部水平軸上之六個特性溫度區域a、b、c、d、e、f之已經預先描述之溫度/時間曲線圖。時間t以秒為單位標記在下部水平軸上；溫度T以開爾文(Kelvin)為單位記錄在左側垂直軸上。兩個基板11與11'之間的未按比例縮放之距離d(a.u.)記錄在右側垂直軸上。此外，標繪四個溫度曲線圖12、12'、12''及12'''。溫度曲線圖12表示第一基板11之溫度。溫度曲線圖12'表示導熱本體2、2'、2''、2'''、2<sup>IV</sup>之溫度，其大體上與冷卻流體之溫度Tk匹配。在使兩個基板11、11'更靠近之前，其亦與上部基板11之溫度T<sub>10</sub>大致匹配。溫度曲線圖12''表示第二基板11'之溫度。溫度曲線圖12'''表示下部基板固持器14之溫度。若第二基板11'與下部基板固持器14之間的熱耦合足夠大，則此等兩個溫度實際上相同。

亦標記距離曲線圖13，其指定兩個基板11與11'之間的距離d。距離曲線圖13僅僅應被象徵性地解釋且實際上將展示自區域c至區域d之較柔和轉變，此係由於基板必須經反向加速(亦即，減速)。特定而言，基板亦可在靠近階段中改變其速度。在溫度飽和區域d中下部基板之溫度與上部基板之溫度之間的溫度差異 $\Delta T$ 可藉助於熱阻及/或熱源(特定而言，下部樣本固持器14中之加熱器及/或散熱片(特定而言，冷卻流體))而確切地且可再現地設定。

在根據本發明之例示性方法期間溫度曲線圖12及距離曲線圖13之曲線展示如下：在方法開始時(亦即，在時間刻度尺上之最左側標記為a之區域(所謂的溫度區域a)中)，使兩個基板11、11'彼此靠近，以

使得基板11、11'之間的距離 $d$ 減小。在方法之起點處，兩個基板11、11'之間的距離為 $d_1$ ，該距離逐次減小。在溫度區域a中，第一或上部基板11之溫度實際上恆定為 $T_{1o}$ 。

如在時間上所見，溫度區域a之後為溫度區域b，其中基板11之溫度稍微提高(溫度曲線區段 $T_{2o}$ )，而基板11、11'之間的距離 $d$ 進一步減小。

如在時間上所見，溫度區域b之後為溫度區域c，其中與溫度區域b相比較，基板11之溫度相對劇烈提高(溫度曲線區段 $T_{3o}$ )，而基板11、11'之間的距離 $d$ 進一步減小。在溫度區域c的末端處達至基板11、11'之間的最終實際恆定距離 $d$ 。

溫度區域c之後為溫度區域d，其中距離 $d$ 保持恆定且第一基板11之溫度 $T_{4o}$ 實際上恆定。下部基板11'與上部基板11之間的溫度差異 $\Delta T$ 亦如此。在時段 $t_1$ 內維持此恆定溫度 $T_{4o}$ 。應特定指出，自溫度區域c(所謂的緊密靠近區域c)至溫度區域d(所謂的接合區域d)之轉變突然地發生。

溫度區域d之後為溫度區域e，其中基板11之溫度下降(溫度曲線區段 $T_{5o}$ )，而距離 $d$ 實際上保持恆定。在隨後的溫度區域f中，存在基板11之實際上恆定溫度(參見溫度曲線區段 $T_{6o}$ )。

圖7b展示不同的溫度/時間曲線圖，其具備已經預先界定之六個特性溫度區域a、b、c'、d'、e、f。距離曲線圖13與來自圖7a之距離曲線圖相同。在溫度區域a、b、c、f中，溫度曲線圖12對應於來自圖7a之溫度曲線圖，因此對於此等區域，參看對圖7a之解釋。與圖7a中之區域c及d相比較，在區域c'及d'中發現與圖7a之差異。在此實例中，自緊密靠近區域c'至接合區域d'之轉變並不像在圖7a中一樣突然發生，而是連續地發生。

在影像I.至VII.中，圖8展示上部基板11之上部結構15與下部基板

11'之下部結構15'之間的複數個可能的疊對缺陷，其在上文中已經提及或界定，其中之至少一些可使用本發明來防止。已知某些疊對缺陷被稱為擠出缺陷。

根據圖8-I.之疊對缺陷為作為擠出缺陷之典型結果的上部結構15與下部結構15'之非疊合重疊。儘管結構15、15'具有相同形狀，但其並不疊合。此類型之缺陷之原因為(i)基板11、11'上之結構15、15'之根本上不正確的產生及/或(ii)在接合之前結構15、15'之畸變，特定而言，歸因於基板11、11'之畸變及/或(iii)在接合期間結構15、15'之畸變，特定而言，歸因於基板11、11'之畸變。另一可能性在於兩個基板11、11'相對於彼此之全域移位。然而，在此狀況下，存在兩個基板相對於彼此之全域對準之根本性對準問題，其很少與術語擠出相關聯。

圖8-II.展示相對於彼此旋轉之兩個結構15及15'之另一疊對缺陷。以誇示方式說明兩個結構15及15'相對於彼此之旋轉，且實際上該旋轉僅構成幾度，特定而言僅十分之幾度。若兩個結構15、15'(i)在兩個基板11及11'上未正確地產生；及/或(ii)在接合過程之前，在結構15、15'之附近存在(特定而言，局部)畸變，此導致兩個結構15、15'相對於彼此之對應(特定而言，局部)旋轉；及/或(iii)在接合過程期間，在結構15、15'附近產生(特定而言，局部)畸變，此導致兩個結構15、15'相對於彼此之對應(特定而言，局部)旋轉，則此情形出現。另一可能性在於兩個基板11、11'相對於彼此之全域扭轉。在此狀況下，必須可在兩個基板11、11'之間的複數個位置處偵測到類型8-II之疊對缺陷(特定而言，自內部徑向朝外愈加如此)。

根據圖8-III.至8-VII.之疊對缺陷主要為縮放缺陷，其歸因於(i)不正確產生及/或(ii)在接合之前，結構15、15'之畸變，特定而言，歸因於基板11、11'之畸變及/或(ii)在接合期間，結構15、15'之畸變，特定

而言，歸因於基板11、11'之畸變而產生。該等缺陷通常並不被稱為擠出缺陷。

圖9展示根據本發明之基板固持器的未按正確比例的示意性局部剖視圖以及如已經預先描述之熱阻Rth1至Rth8之等效迴路圖。熱阻Rth1至Rth3應為最小的，以便實現自下部基板固持器14（其特定而言具有加熱裝置(未圖示)）至下部基板11'之最大熱傳導。因此，根據本發明實現對下部基板11'之高效且快速加熱。此外，可藉助於最小熱阻鏈極快速地實現下部基板11'之溫度 $T_{1u}$ 的改變。

根據本發明，熱阻Rth4應為最大的。在熱阻Rth4無限大之純理論性理想狀況下，無熱量自下部基板11'達至上部基板11。歸因於熱阻Rth4之有限性，一定量之熱(其並不小到無法察覺)總是自下部基板11'達至上部基板11。可藉由選擇兩個基板11與11'之間的真空或特定氣體混合物而相對容易且確切地設定熱阻Rth4。

根據本發明，熱阻Rth5至Rth8又應為最小的，以便實現冷卻流體(特定而言，大氣)與上部基板11之間的最大可能的熱傳導且因此實現高效熱傳導。根據本發明，在溫度飽和區域d中的接合過程期間，對上部溫度 $T_{4o}$ 或上部基板11之溫度 $T_{4o}$ 與下部基板11'之溫度 $T_{1u}$ 之間的溫度差異 $\Delta T$ 之正確、針對性且可再現的設定為有決定的重要性的且至關重要的。根據本發明，此主要藉助於以下各項來實現：(i)對熱阻Rth1至Rth8中之至少一者之針對性選擇；及/或(ii)對下部溫度 $T_{1u}$ 至 $T_p$ 之設定，特定而言，藉助於下部基板固持器14中之加熱裝置；及/或(iii)設定上部溫度 $T_{1o}$ 至 $T_k$ ，特定而言，藉助於根據本發明之冷卻流體。

#### 【符號說明】

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 1、1'、1''、1'''、1 <sup>IV</sup> | 基板固持器 |
| 2、2'、2''、2'''、2 <sup>IV</sup> | 導熱本體  |

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| 3                 | 肋狀物       |
| 3o                | 肋狀物表面     |
| 4                 | 固定部分      |
| 4o                | 固定表面      |
| 5                 | 固定元件      |
| 6                 | 邊界表面      |
| 7                 | 孔         |
| 8                 | 變形元件      |
| 9                 | 凹陷/凹進     |
| 10                | 結塊/針      |
| 11、11'            | 基板        |
| 11o               | 後側        |
| 12、12'、12"、12'''  | 溫度曲線圖     |
| 13                | 距離曲線圖     |
| 14                | 下部基板固持器   |
| 15、15'            | 結構        |
| d1、d2、d3          | 基板距離      |
| t1                | 時段        |
| T1o、T2o、T3o       | 溫度/溫度曲線區段 |
| T4o、T5o           | 溫度/溫度曲線區段 |
| Tp                | 基板固持器溫度   |
| Tw                | 導熱本體溫度    |
| Tk                | 冷卻流體溫度    |
| T1u               | 下部基板之溫度   |
| a、b、c、c'、d、d'、e、f | 溫度區域      |
| Rth1 ~ Rth8       | 熱阻        |

I647786

## 發明摘要

※ 申請案號：105109074

※ 申請日：105/03/23

※IPC 分類：H01L 21/683 (2006.01)

H01L 21/30 (2006.01)

### 【發明名稱】

基板固持器及接合兩基板之方法

SUBSTRATE HOLDER AND METHOD FOR BONDING TWO  
SUBSTRATES

### 【中文】

本發明提出一種基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)，其具有用於固持基板(11、11')之固定表面(4o)。

### 【英文】

A substrate holder (1, 1', 1'', 1''', 1<sup>IV</sup>), having a fixing surface (4o) for holding a substrate (11, 11'), is suggested.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】：**第(1)圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】：**

- |    |       |
|----|-------|
| 1  | 基板固持器 |
| 2  | 導熱本體  |
| 3  | 肋狀物   |
| 3o | 肋狀物表面 |
| 4  | 固定部分  |
| 4o | 固定表面  |
| 5  | 固定元件  |
| 6  | 邊界表面  |

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：**

(無)

圖式

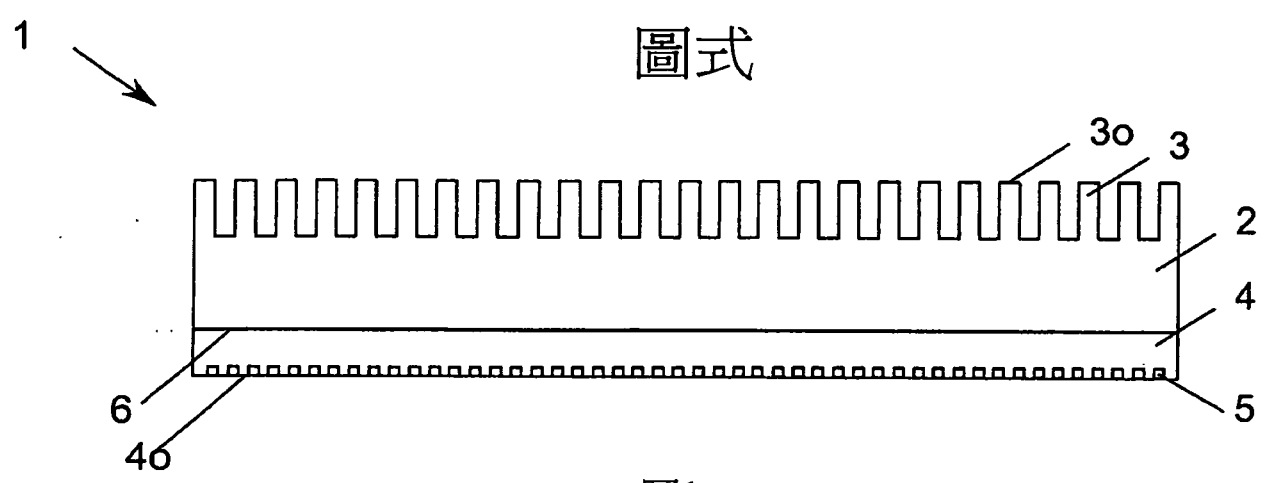


圖1

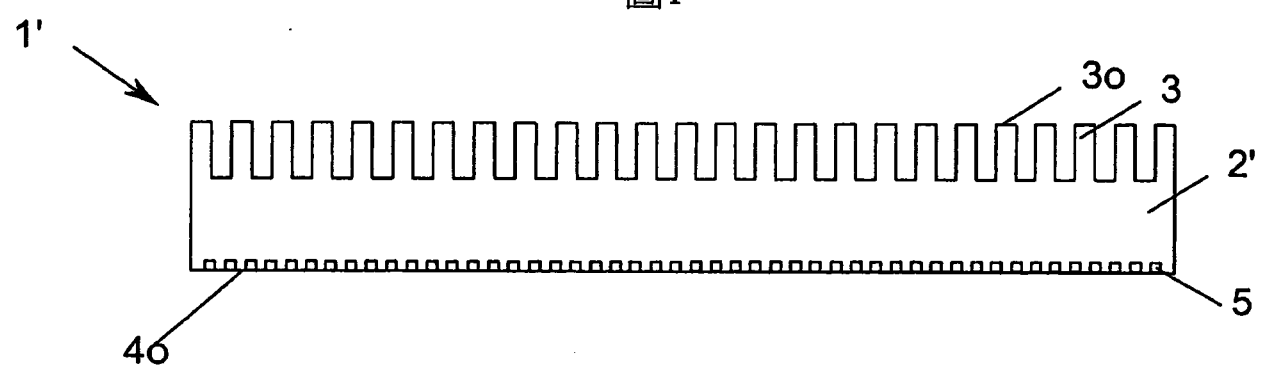


圖2

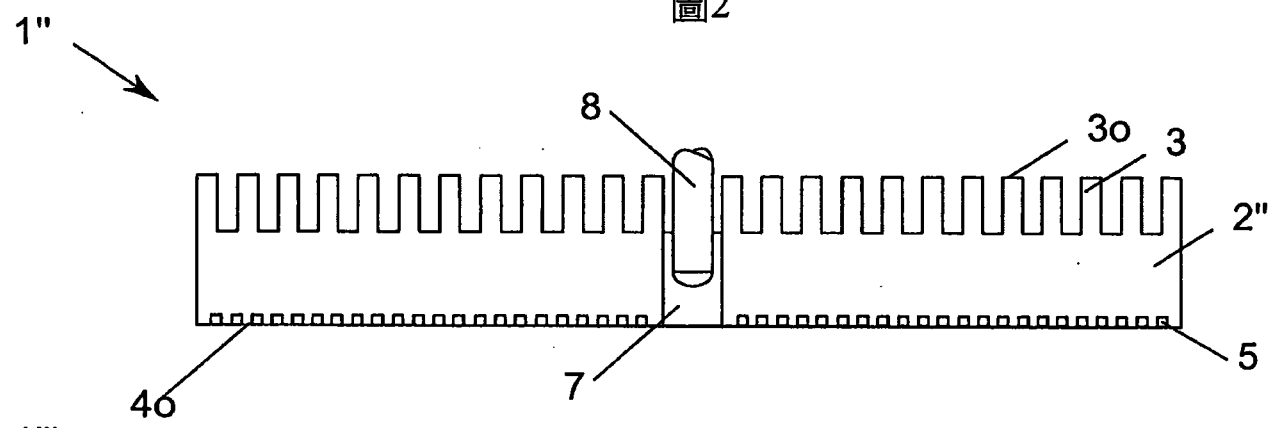


圖3

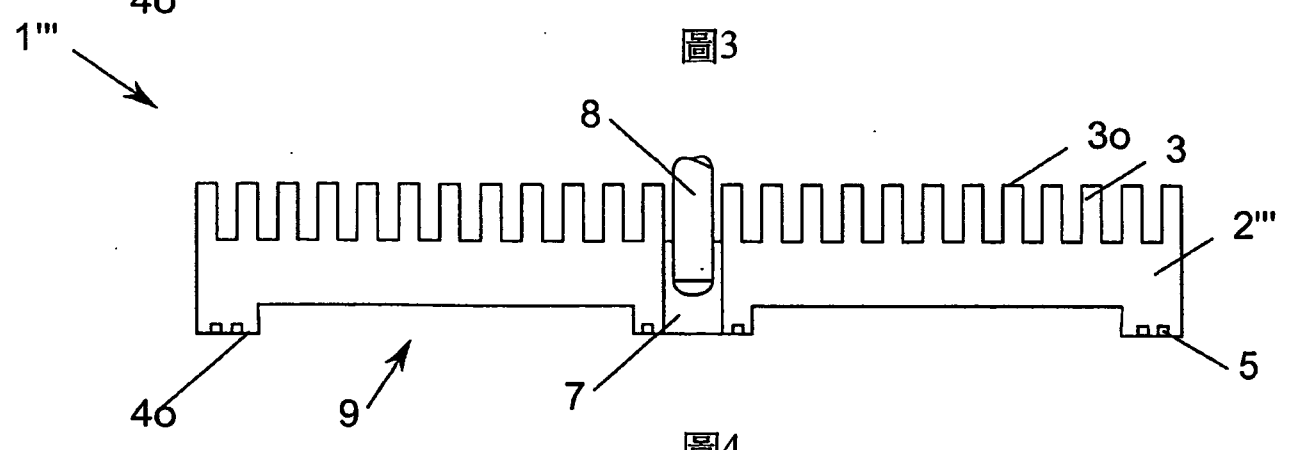


圖4

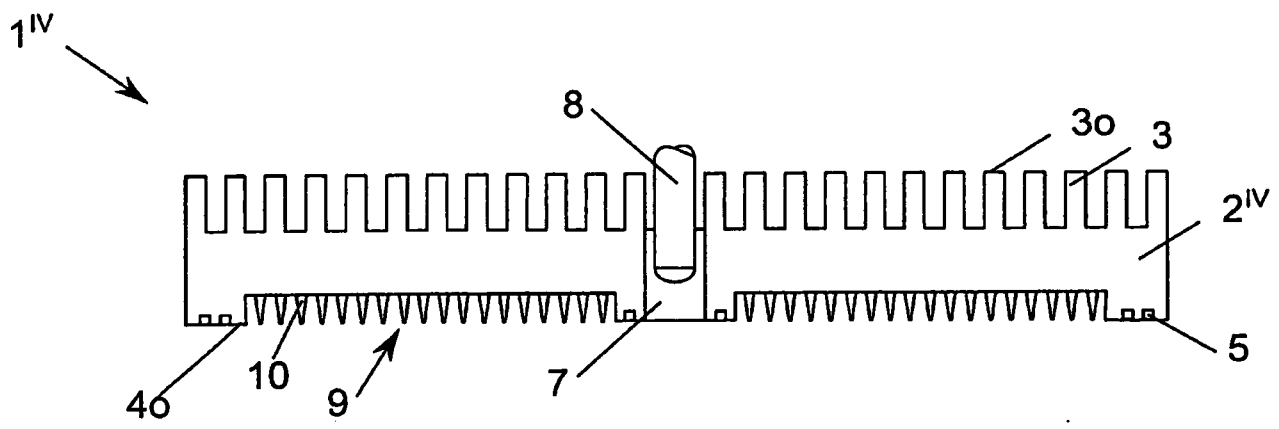


圖5

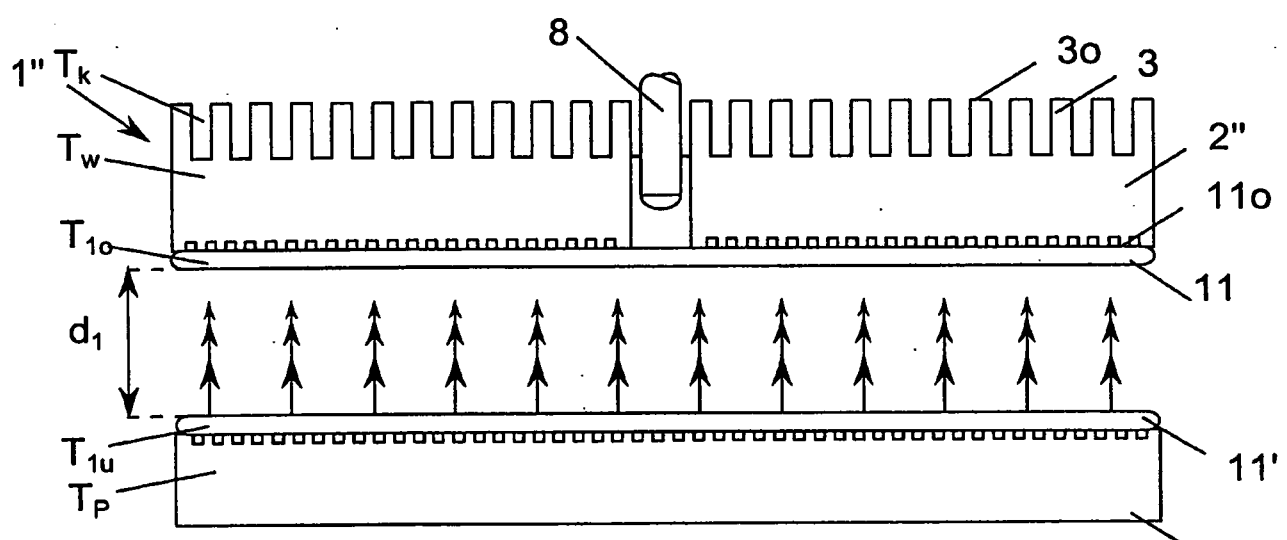


圖6a

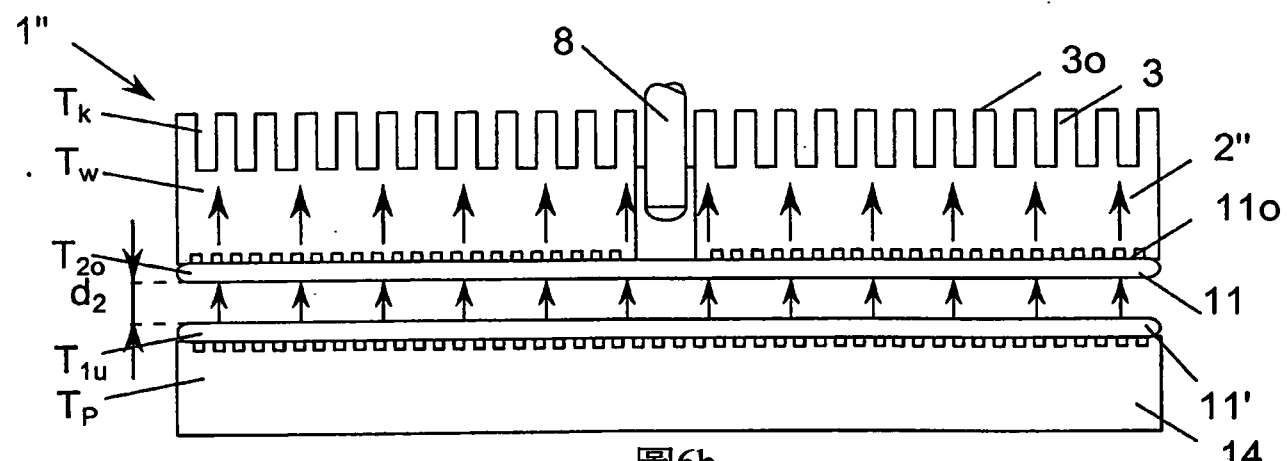


圖6b

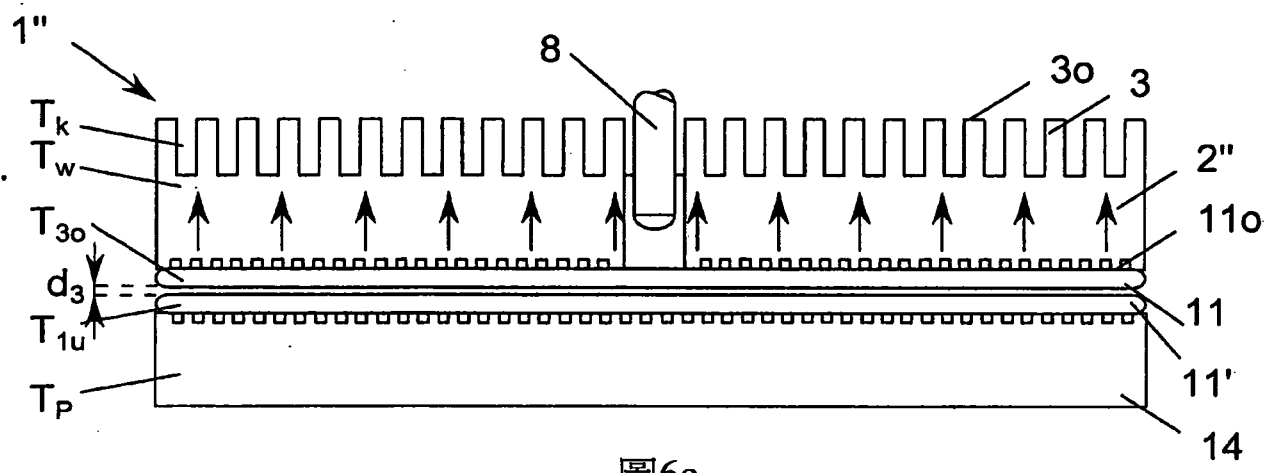


圖6c

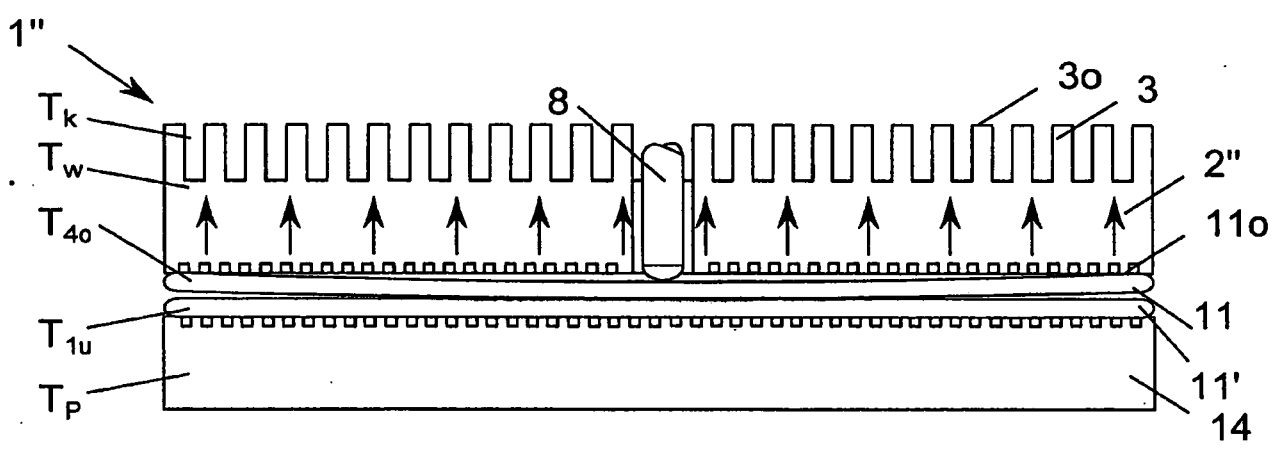


圖6d

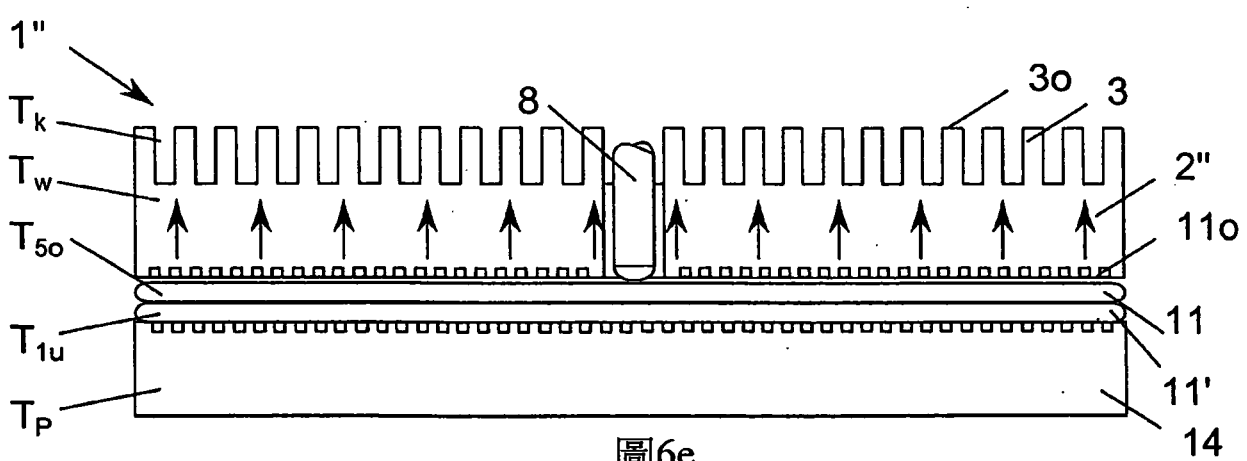


圖6e

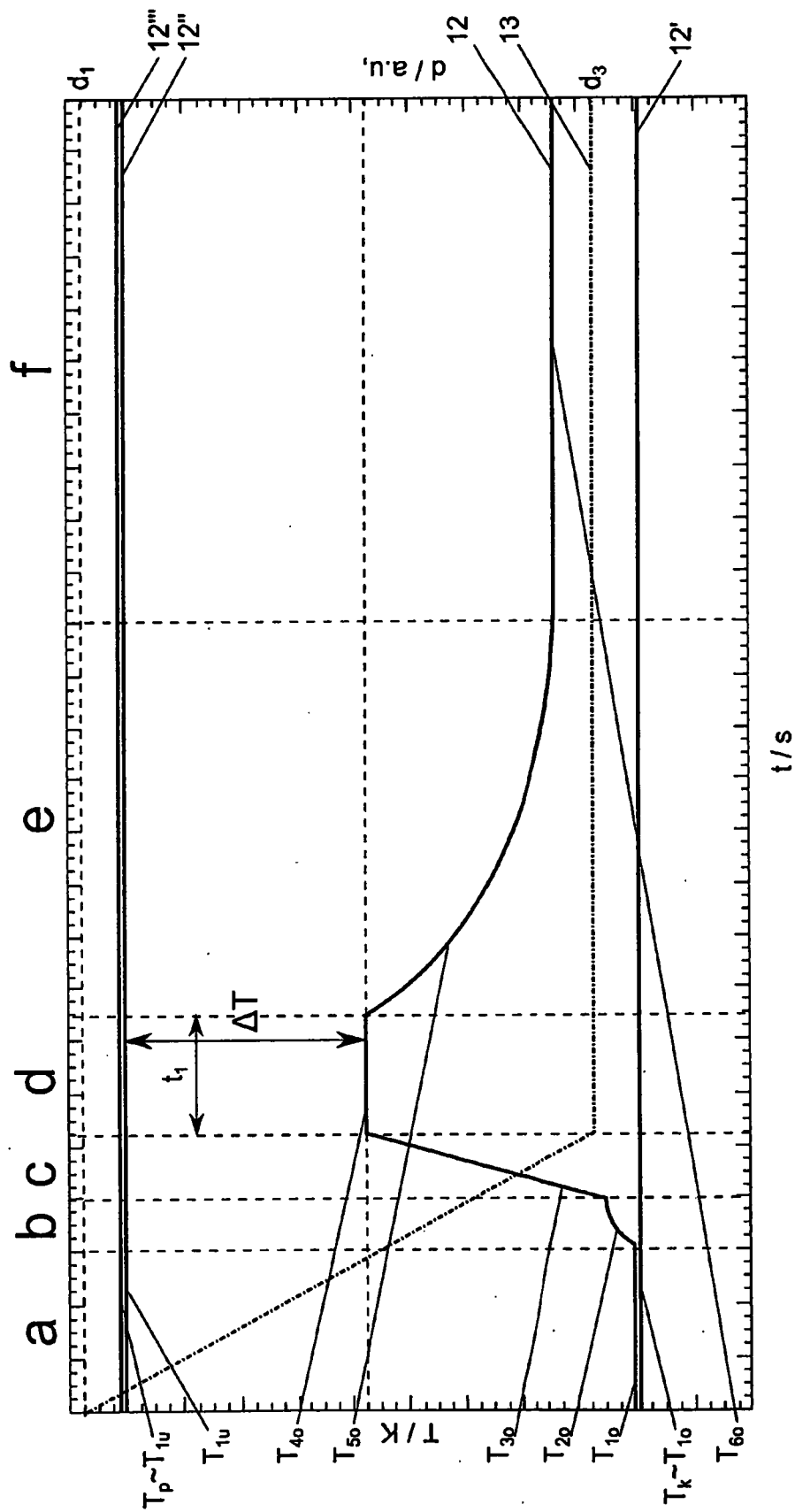


圖7a

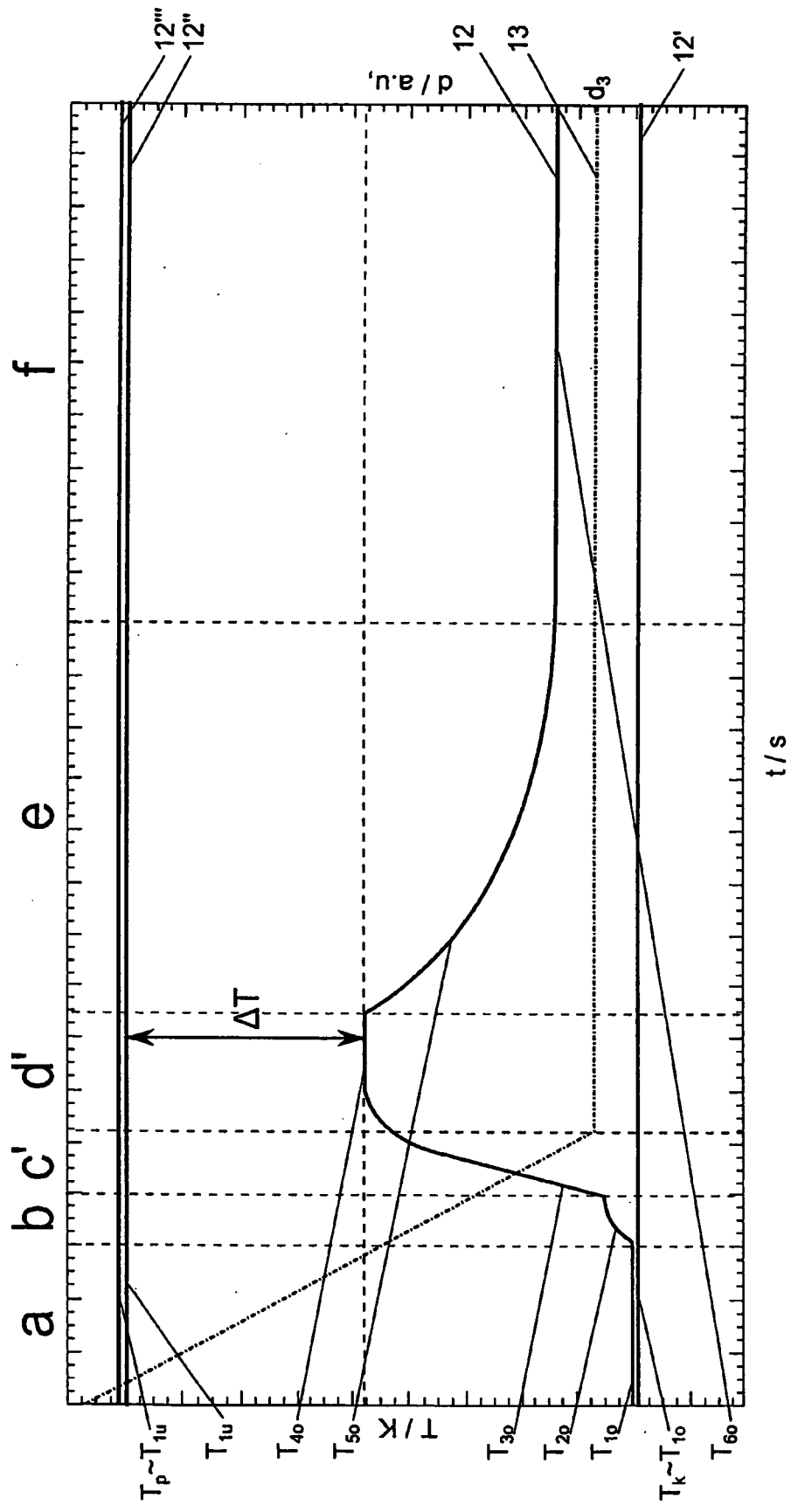


圖7b

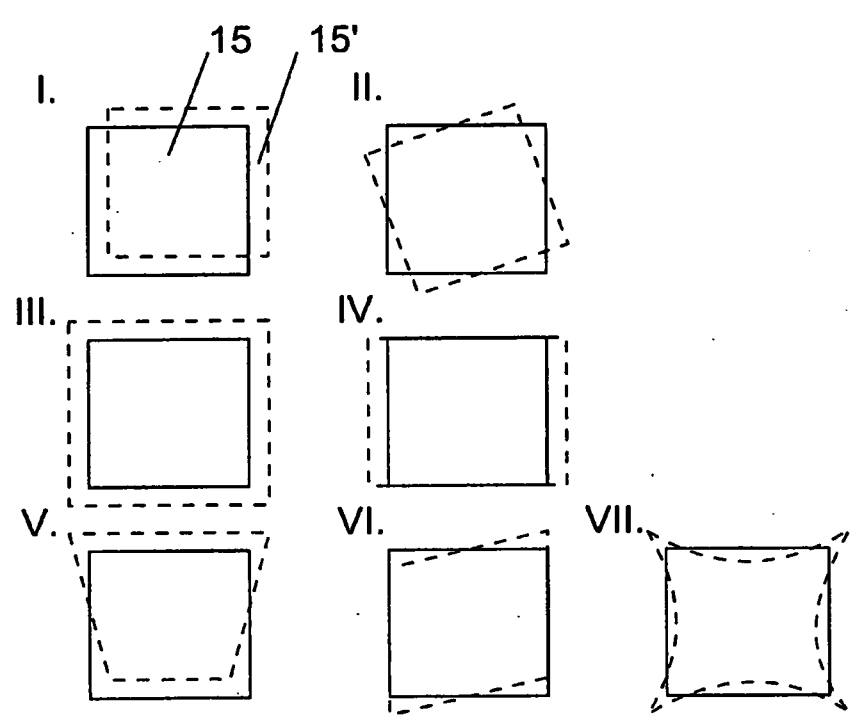


圖8

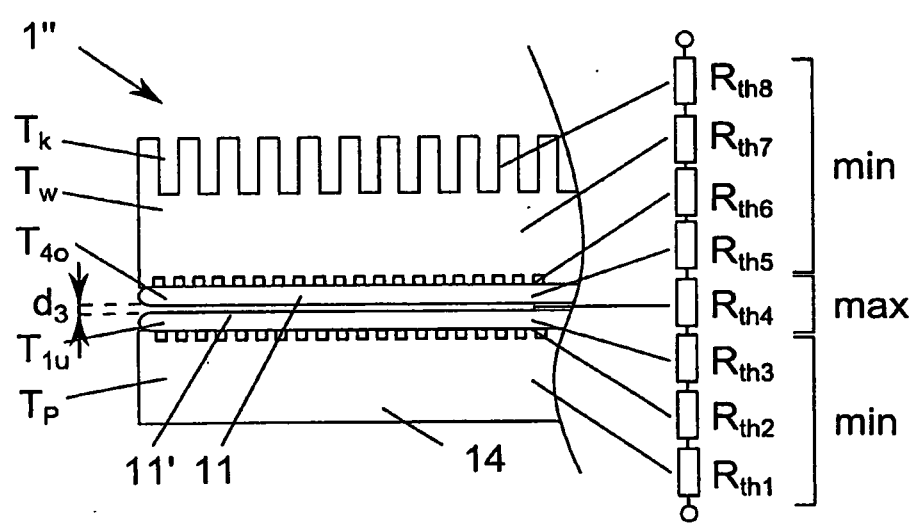


圖9

## 申請專利範圍

1. 一種基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)，其具有用於固持基板(11、11')之固定表面(4o)，其特徵在於該基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)具有用於將熱耗散遠離該固定表面(4o)之導熱本體(2、2'、2''、2'''、2<sup>IV</sup>)，  
其中該基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)具有用於使該基板(11、11')變形之一變形元件(8)。
2. 如請求項1之基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)，其中該導熱本體(2、2'、2''、2'''、2<sup>IV</sup>)具有尤其在背對該固定表面(4o)之側部處的肋狀物(3)，該等肋狀物用於耗散該熱。
3. 如請求項2之基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)，其中該等肋狀物(3)垂直於該固定表面(4o)及/或彼此平行配置。
4. 如請求項1至3中任一項之基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)，其中該導熱本體(2、2'、2''、2'''、2<sup>IV</sup>)亦經建構以用於將熱饋入至該固定表面(4o)。
5. 如請求項1至3中任一項之基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)，其中該固定表面(4o)與該導熱本體(2、2'、2''、2'''、2<sup>IV</sup>)建構在一整體件中。
6. 如請求項1之基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)，其中該變形元件(8)在該基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)中居中配置。
7. 如請求項1之基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)，其中該變形元件(8)以可使該基板(11、11')變形遠離該固定表面(4o)之方式經建構。
8. 如請求項1至3中任一項之基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)，其中用於固定該基板(11、11')之固定元件(5)經配置在該固定表面

(4o)中、在該固定表面(4o)處及/或在該固定表面(4o)上。

9. 如請求項8之基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)，其中該等固定元件(5)至少在一定程度上為真空路徑。
10. 如請求項1至3中任一項之基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)，其中該導熱本體(2、2'、2''、2'''、2<sup>IV</sup>)之比熱容大於0.1 kJ/(kg\*K)，較佳地大於0.5 kJ/(kg\*K)，更佳地大於1 kJ/(kg\*K)，最佳地大於10 kJ/(kg\*K)，絕對最佳地大於20 kJ/(kg\*K)。
11. 一種用於將第一基板(11)接合至第二基板(11')之系統，其具有用於固持該等兩個基板(11、11')中之至少一者的如請求項1至10中任一項之至少一個(特定而言，上部)基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)。
12. 一種如請求項1至10中任一項之一基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)作為上部基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)的用途。
13. 一種用於將第一基板(11)接合至第二基板(11')之方法，其中在一第一步驟中使該等基板(11、11')更靠近，以使得該第一基板(11)之溫度(T2o、T3o)提高；其中在一第二步驟中，停止該等基板(11、11')的該靠近且使得該等基板(11、11')之間的一距離(d3)保持恆定，以使得在一恆定距離(d3)下，至少為時一時段(t1)，設定該第一基板(11)之一恆定溫度(T4o)；其中在一第三步驟中，在該時段(t1)內，在該第一基板(11)之恆定溫度(T4o)下，將該等兩個基板(11、11')至少暫時地彼此接合。
14. 如請求項13之方法，其中設定該恆定溫度(T4o)為時該時段(t1)的該距離(d3)為1 mm與0 mm之間，較佳地為100 μm與0 μm之間，更佳地為10 μm與0 μm之間，最佳地為1 μm與0 μm之間。
15. 如請求項13至14中任一項之方法，其中在恆定間距(d3)下設定該恆定溫度(T4o)所處於的該時段(t1)大於5秒，較佳地大於10秒，

更佳地大於15秒，甚至更佳地大於20秒，最佳地大於25秒。

16. 如請求項13或14之方法，其中該時段(t1)、該間距(d3)及/或該恆定溫度(T4o)在該第一步驟之前經判定，該判定尤其憑經驗，較佳地考慮該第二基板(11')之溫度、該基板固持器(14、1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)、該等導熱本體(2、2'、2''、2'''、2<sup>IV</sup>)及/或該等基板(11、11')之材料及/或靠近速度。
17. 一種產物，特定而言為一基板堆疊，其具有一第一基板(11)及一第二基板(11')，其中該等基板(11、11')使用如請求項13至16中任一項之一方法彼此接合。
18. 一種如請求項1至10中任一項之一基板固持器(1、1'、1''、1'''、1<sup>IV</sup>)，在如請求項13至16之一方法期間用於固持一基板(11、11')之用途。