I679176

(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 I679176 B**

(45)公告日： 中華民國 108 (2019) 年 12 月 11 日

(21)申請案號：104124988　(22)申請日： 中華民國 104 (2015) 年 07 月 31 日

(51)Int. Cl.：　*C03B27/012 (2006.01)*　*C03B27/04 (2006.01)*

(30)優先權：2014/07/31　美國　62/031,856

2014/11/04　美國　62/074,838

2015/04/14　美國　62/147,289

(71)申請人：美商康寧公司 (美國) CORNING INCORPORATED　(US)

美國

(72)發明人：麥須梅爾理查奧 MASCHMEYER, RICHARD ORR (US)；湯瑪斯約翰克里斯多佛 THOMAS, JOHN CHRISTOPHER (US)；沃森凱文李 WASSON, KEVIN LEE (US)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

CN　101671112B

審查人員：李惟德

申請專利範圍項數：11 項　圖式數：18　共 84 頁

(54)名稱

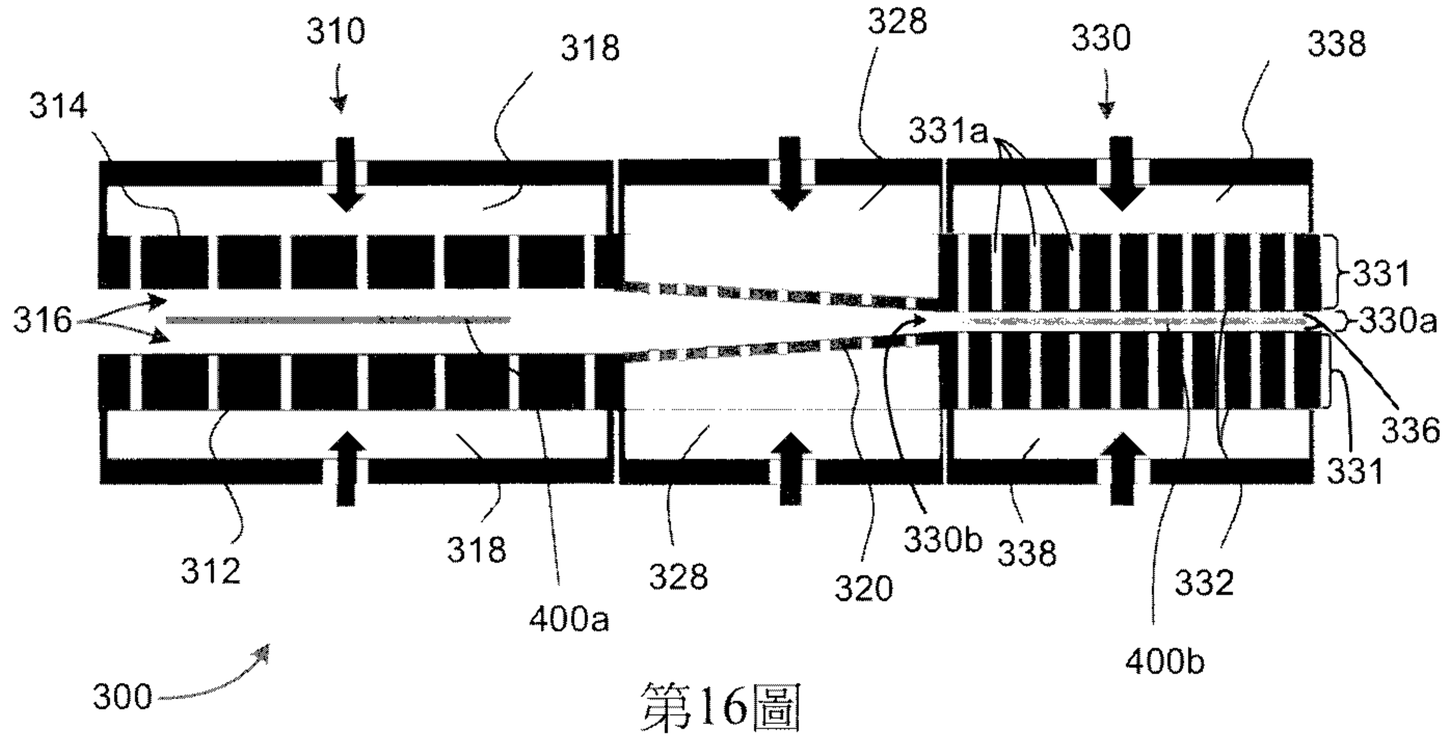
熱回火玻璃與用於熱回火玻璃的方法與設備

(57)摘要

揭示一種熱強化玻璃板材產品以及用於製造該產品的處理與設備。該處理包括藉由非接觸式熱傳導來冷卻玻璃板材達足夠長，以修復板材的表面壓縮與中心張力。該處理產生具有改良的破裂特性之熱強化玻璃板材。

A strengthened glass sheet product as well as process and an apparatus for making the product. The process comprises cooling the glass sheet by non-contact thermal conduction for sufficiently long to fix a surface compression and central tension of the sheet. The process results in thermally strengthened glass sheets having improved breakage properties.

指定代表圖：



第16圖

符號簡單說明：

300・・・設備

310・・・熱區

312・・・氣體軸承

314・・・加熱器

316・・・間隙

318・・・熱區氣室

320・・・轉變氣體軸承

328・・・轉變軸承氣室

330・・・冷區

330a・・・通道間隙

330b・・・開口

331・・・散熱器

331a・・・縫隙

332・・・氣體軸承

336・・・間隙

338・・・氣室

400a、400b・・・玻璃板材

I679176
申請案號：104124988　　公告本　　申請日：2015 年 7 月 31 日
IPC 分類：

【發明摘要】

【中文發明名稱】熱回火玻璃與用於熱回火玻璃的方法與設備

【英文發明名稱】THERMALLY TEMPERED GLASS AND METHODS AND APPARATUSES FOR THERMAL TEMPERING OF GLASS

【中文】

揭示一種熱強化玻璃板材產品以及用於製造該產品的處理與設備。該處理包括藉由非接觸式熱傳導來冷卻玻璃板材達足夠長，以修復板材的表面壓縮與中心張力。該處理產生具有改良的破裂特性之熱強化玻璃板材。

【英文】

A strengthened glass sheet product as well as process and an apparatus for making the product. The process comprises cooling the glass sheet by non-contact thermal conduction for sufficiently long to fix a surface compression and central tension of the sheet. The process results in thermally strengthened glass sheets having improved breakage properties.

【指定代表圖】第（ 16 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

300　設備

310　熱區

312　氣體軸承

314　加熱器

316　間隙

318　熱區氣室

320　轉變氣體軸承

申請案號：104124988

申請日：2015年7月31日
IPC分類：

328 轉變軸承氣室

330 冷區

330a 通道間隙

330b 開口

331 散熱器

331a 縫隙

332 氣體軸承

336 間隙

338 氣室

400a、400b 玻璃板材

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】熱回火玻璃與用於熱回火玻璃的方法與設備

【英文發明名稱】THERMALLY TEMPERED GLASS AND METHODS AND APPARATUSES FOR THERMAL TEMPERING OF GLASS

【相關申請案】

【0001】 本申請案主張2014年7月31日申請的美國申請案序號第62/031,856號、2014年11月4日申請的美國申請案序號第62/074,838號、與2015年4月14日申請的美國申請案序號第62/147,289號的利益，每一者在此係以引用之方式將其全部併入。

【技術領域】

【0002】 本揭示案係關於改良的熱調節（強化或回火）玻璃（特別是玻璃板材），以及用於熱強化玻璃（特別是玻璃板材）的改良方法與設備。

【先前技術】

【0003】 在玻璃板材的熱（或「物理」）強化中，玻璃板材係加熱至高於玻璃的玻璃轉變溫度之升高的溫度，然後板材的表面快速冷卻（「急冷」），同時板材的內部區域藉由玻璃的厚度與相當低的熱傳導性之隔離而以較慢的速率冷卻。此差異冷卻會在玻璃表面區域中產生殘留的壓縮應力，藉由玻璃的中心區域中殘留的拉伸應力來平衡。這可區別於玻璃的化學強化，其中表面壓縮應力係藉由改變相對於中心較靠近表面的區域中的玻璃的化學成分而產生，例如藉由離子擴散。這也可區別於藉由將具有

不同熱膨脹係數、同時還是熱的之玻璃成分層組合或層壓在一起之玻璃強化，其中較低膨脹的層通常在最外面，以在返回至周遭溫度時產生表面壓縮應力。相較於化學強化與層壓，熱強化處理通常較便宜且執行得遠遠較快。

【0004】 熱強化玻璃相較於未強化的玻璃來說具有優點。強化玻璃的表面壓縮相較於未強化的玻璃來說提供對於破碎的更大抵抗性。強度的增加通常正比於表面壓縮的量。若板材具有足夠程度的熱強化（相對於其厚度），則當且若板材破裂時，板材將分裂成具有鈍邊緣的小碎片，而非具有銳利邊緣的大或長碎片。破裂成足夠小的碎片或「切片（dice）」（如同各種已建立的標準所界定的）之玻璃可熟知爲安全玻璃，或「完全回火」玻璃，或有時簡稱爲「回火」玻璃。

【0005】 因爲強化的程度取決於玻璃板材的表面與中心之間的溫度差異，所以較薄的玻璃需要較高的冷卻速率來達成給定的應力。此外，較薄的玻璃通常需要表面壓縮應力與中心張力的較高最終值，以達成在破裂時碎成小顆粒。因此，即使可能，要達成大約3mm或更小板材厚度的玻璃中的完全回火（可碎成方塊（dicing））也是非常具有挑戰性的。

【發明內容】

。

【圖式簡單說明】

【0006】 第1圖（先前技術）爲作爲玻璃厚度的函數之「完全回火」所需的鼓風機功率的曲線圖。

【0007】 第2圖（先前技術）爲作爲玻璃厚度的函數之「完全回火」所需的鼓風機功率的曲線圖，針對舊的處理（或機器O）與新的處理（或機器N）。

【0008】 第3圖（先前技術）爲第2圖的舊曲線O與新曲線N經縮放以匹配且疊加於第1圖的曲線圖上之曲線圖。

【0009】 第4圖根據本揭示案的一或更多個實施例，爲熱強化玻璃板材的概略部分橫剖面。

【0010】 第5圖爲本發明的方法與設備的一或更多個實施例所獲得的假想溫度之非空間的表面假想溫度參數θs的圖。

【0011】 第6圖爲針對不同玻璃成分的模擬所計算出的表面壓縮應力的圖，針對所示的各種成分相對於提出的可回火性參數Ψ而繪製。

【0012】 第7圖與第8圖爲作爲熱轉移係數h的函數之兩個參數P1與P2的曲線圖。

【0013】 第9圖爲作爲板材厚度t（以毫米爲單位）的函數之玻璃板材的表面壓縮（以MPa爲單位）的曲線圖，繪示本揭示案的設備與方法的一或更多個實施例所新開啓的性能區域。

【0014】 第10圖爲曲線圖，繪示作爲厚度的函數之壓縮應力，針對本揭示案的回火玻璃板材的選擇範例而繪製。

【0015】 第11圖爲流程圖，例示根據本揭示案的方法的一些態樣。

【0016】 第12圖爲流程圖，例示根據本揭示案的另一方法的一些態樣。

【0017】 第13A圖爲第3圖的曲線圖，其中區域R與點A、B、A'與B'係標記於其上，以顯示本揭示案的方法與方法與設備與處理所允許操作的區域，相對於先前技術來說。

【0018】 第13B圖爲第13A圖的區域R與點A、B、A'與B'的另一種表示，但是繪示成相鄰於第2圖的縮小尺寸副本(並且相對於第2圖的縮小尺寸副本的尺寸而定位)。

【0019】 第14圖(先前技術)爲作爲玻璃厚度的函數之回火所需的要求的熱轉移係數的曲線圖。

【0020】 第15圖根據本揭示案，爲藉由傳導多過於藉由對流所冷卻的玻璃板材的概略橫剖面。

【0021】 第16圖根據本揭示案，爲實驗設備的示意橫剖面圖。

【0022】 第17A圖爲類似於第16圖的設備之設備的另一實施例的透視剖視圖。

【0023】 第17B圖爲第17A圖的插圖特徵的替代實施例的透視剖視圖。

【0024】 第17C圖爲第17A圖的插圖特徵的又另一替代實施例的透視剖視圖。

【0025】 第18圖爲流程圖，例示根據本揭示案的又另一方法的一些態樣。

【實施方式】

【0026】 玻璃的熱處理(用於熱強化玻璃的方法與設備兩者）以及所產生的熱強化板材本身需要改良。例如，在可攜式電子裝置中，需要較薄但是較強健的光學品質的玻璃板材材料與包括此種玻璃板材之產品。玻璃在壓縮方面非常強硬，但是在表面處的抵抗張力則相對較弱。藉由在板材的表面處提供壓縮(由沒有曝露表面的中心處的張力所平衡），玻璃板材的有用強度可明顯增加。但是，雖然熱強化相較於替代的強化方法來說通常較便宜且較快，熱強化所遭受的性能限制在於用於強化薄的(例如，2-3mm或更小）玻璃板材，因爲強化的程度取決於玻璃板材的表面與中心之間的溫度差異，且難以在薄玻璃板材的表面與中心之間達到明顯的差異。本說明書提供改良的方法與設備，用於利用熱強化來產生高強化的薄玻璃板材。該等方法與設備解決了目前的處理的限制，允許具有厚度小於大約3mm、小於2mm、小於1.5mm、小於1.0mm、小於0.5mm、小於大約0.25mm、以及小於大約0.1mm的玻璃板材中的高強化程度。

【0027】 用於熱強化玻璃的標準工業處理包括在輻射能熔爐或對流熔爐（或使用這兩種技術的「組合模式」熔爐）中加熱玻璃板材至預定的溫度，然後氣體冷卻（「急冷」），通常以大量的周遭空氣向著或沿著玻璃表面吹動

的形式。此氣體冷卻處理主要爲對流（藉此藉由流體的質量運動（集體運動）、經由擴散與對流來轉移熱），因爲氣體將熱帶離熱的玻璃板材。

【0028】 某些因素會限制玻璃板材中可能的強化量。限制會存在，部分是因爲完成的板材上的壓縮應力的量直接相關於在急冷期間所達成之板材的表面與中心之間的溫度差異的大小。但是，在急冷期間的溫度差異越大，玻璃越可能破裂。針對給定的冷卻速率，藉由從板材的較高開始溫度開始急冷，就可減少破裂。此外，爲了達成較高冷卻速率的完全強化可能性，已知需要較高的開始溫度。但是增加在急冷開始時的板材的溫度可能導致板材的過度變形，因爲板材變得較軟，這再次限制了實際上可達成的溫度差異。

【0029】 板材厚度也對於急冷期間可達成的溫度差異施加了顯著的限制。板材越薄，在急冷期間針對給定的冷卻速率之表面與中心之間的溫度差異越小，因爲僅有較少的玻璃厚度來熱隔離中心與表面。因此，薄玻璃的熱強化需要較高的冷卻速率，且因此，要從玻璃的外表面較快移除熱就需要顯著的能量消耗。第1圖繪示：根據大約35年前的產業標準熱強化處理，作爲玻璃厚度（單位：毫米）的函數之藉由用於吹動足夠的周遭空氣來「完全回火」鈉鈣玻璃（SLG，soda lime glass）的空氣鼓風機所需的功率（單位：千瓦/每平方公尺的玻璃板材面積）。所需的功率隨著所使用的玻璃越薄而以指數方式增加，因

此，多年來可取得之最薄的完全回火商用玻璃爲大約3mm厚度的玻璃板材。此外，板材越薄，在給定的玻璃柔軟性（亦即，給定的黏性）時，玻璃變形的可能性越大。因此，減小厚度不僅直接減少可達成的溫度差異，而且因爲板材變形的風險增加，往往會減少使用較高板材溫度來達成較高冷卻速率的全部益處以及防止較高冷卻速率所導致的玻璃破裂之機會。

【0030】 更近年來，第2圖（先前技術）的性能曲線係使用本領域目前的技術狀態的玻璃熱強化設備而發表。此改良的設備繼續使用傳統的空氣吹動對流處理來冷卻玻璃，但是至少在加熱的最後階段期間利用使用空氣來支撐玻璃之系統，取代在加熱期間用於支撐玻璃的滾筒。沒有滾筒的接觸，玻璃可在急冷之前加熱至較高的溫度（以及較高的柔軟性/較低的黏性），據說允許生產2mm厚度的完全回火玻璃。如同第2圖所示，藉由使用空氣來支撐玻璃（曲線N）可促成在較高的溫度時，強化2mm厚度的板材所需之報導的鼓風機功率從1200 kW/m^2降低至400kW/m^2，相較於使用滾筒（曲線O）來說。

【0031】 雖然這代表能夠產生完全回火的2mm厚度玻璃之進展，但是將第2圖的舊與新曲線O與N縮放至匹配第1圖的尺度，如同第3圖所示（先前技術），顯示出新處理所達成的性能改良相當小，並且在先前理解的玻璃板材對流強化的能量需求中係僅遞增的改變。在第3圖中，第2圖的舊與新曲線O與N縮放至匹配第1圖的曲線，且覆

蓋在其上（其中爲了較容易檢視新曲線N，舊曲線O在頂部處在240kW/m^2處截斷）。從第3圖可明顯看出，曲線N所代表的技術僅朝向薄玻璃側稍微改變對流氣體急冷處理的性能曲線。高操作點（針對2mm的玻璃，鼓風機功率爲400kW/m^2）顯示出藉由此方法來處理較薄的玻璃仍然需要功率的急遽增加。氣流的急劇增加，以及因此所需功率的急劇增加則表示出：在往低於2mm的厚度時使用傳統的對流氣體強化方法來生產完全回火玻璃在工程實施與經濟兩方面會有困難度。此外，所需的非常高的氣流也可能使薄板材的形狀變形。因此，爲了達成具有小於2mm厚度的玻璃的完全回火或者爲了達成具有熱膨脹係數（「CTE」）小於鈉鈣玻璃的熱膨脹係數之2mm玻璃的完全回火，需要另一種方法。

【0032】 也已經嘗試目前的商用對流氣體強化的替代方法，但是每一種替代方法相對於對流氣體強化都有某些缺點。具體地，達到較高冷卻速率的方法通常需要至少一些液體或固體接觸於板材表面，而非僅僅氣體。如同下面更詳細敘述的，與玻璃板材的此種接觸會負面影響玻璃表面品質、玻璃平坦度、及/或強化處理的均勻性。這些缺陷有時可被人眼察覺，尤其是以反射光檢視時。

【0033】 液體接觸式強化（以浸漬在液體浴或流動液體中的形式，以及噴霧的形式）已經用來達成比對流氣體強化更高的冷卻速率，但是具有的缺點是在冷卻處理期間導致橫越板材的過度熱變化。在浸漬或類似浸漬的噴霧或液

體的流動中，因爲液體浴或液體流動內自然產生的對流流動，可能發生小面積之上的大的熱變化。在更細小的噴霧中，離散的噴霧小滴與噴嘴噴霧形態的效應也會產生顯著的熱變化。過度的熱變化往往在藉由液體接觸的熱強化期間導致玻璃破裂，限制了可以達成的冷卻速率與所產生的強度。板材的必要處理（在液體浴或液體流或液體噴霧內定位或固持板材）也由於實體接觸於板材而導致物理應力與過度熱變化，也往往在強化期間導致破裂並且限制了冷卻速率與所產生的強度。最後，一些液體冷卻方法（例如藉由油浸與各種噴霧技術所急冷的高冷卻速率）會在此種冷卻期間改變玻璃表面，需要後續從板材表面移除玻璃材料，以產生令人滿意的光潔度。

【0034】 固體接觸式熱強化包括利用較冷的固體表面來接觸熱玻璃的表面。如同液體接觸式強化，過度的熱變化（類似於液體接觸式強化中所見的那些）在急冷處理期間會容易發生。玻璃板材的表面光潔度中、或急冷表面中、或板材厚度的一致性中的任何不完美會導致板材的某些區域之上的不完美接觸，導致在處理期間往往會使玻璃破裂之大的熱變化，並且導致非所欲的雙折射（若板材倖存的話）。此外，將熱玻璃板材接觸於固體物體會導致表面缺陷的形成，例如缺口、花紋、裂紋、刮痕等。達成整個板材表面之上的良好接觸也會變得越來越困難，因爲板材的尺寸增加。實體接觸於固體表面也會在急冷期間在力學上對板材產生應力，增加在處理期間使板材破裂的可能

性。此外，在接觸的開始時極高速的溫度改變會在板材處理期間導致破裂，且因此，薄玻璃基板的接觸式冷卻並未在商業上存活下來。

【0035】 本揭示案勝過上述傳統的處理，以商業規模來有效地、高效率地且均勻地熱強化薄玻璃板材，而不會損壞玻璃表面、引致雙折射或不均勻的強化，或導致不可接受的破裂。傳統上，在對流氣體玻璃強化中，藉由增加氣流的速率、減少空氣噴嘴開口至玻璃板材表面的距離、增加玻璃的溫度（在冷卻開始時）、以及選擇性地降低冷卻空氣的溫度，來達成較高的冷卻速率。

【0036】 先前無法獲得的玻璃板材可藉由本文揭示的一或更多個實施例來產生。這是由於以精準的方式、利用玻璃的良好物理控制與溫和的處理來提供非常高的熱轉移速率之結果。以小間隙氣體軸承來控制平坦度(與形狀)可允許在冷卻開始時以較高的相對溫度來處理板材，產生較高的熱強化程度。如同下述，結果是具有獨特特性的玻璃板材。

【0037】 藉由根據本揭示案的方法及/或設備所處理的玻璃板材的一些實施例可具有較高位準的永久熱致應力，相較於先前已知的來說。不希望受理論的約束，相信，針對多個理由的組合，可獲得所達成之熱致應力位準。本文詳敘之處理中的熱轉移的高均勻性可減少或消除玻璃中的物理與非所欲的熱應力，允許玻璃板材以較高的熱轉移速率來回火而不會破裂。另外，本方法可執行於較低的

玻璃板材黏性時（在急冷開始時較高的開始溫度），同時仍然保持所欲的（形狀與）平坦度，這提供在冷卻處理中遠遠較大的溫度變化，因此增加所達成之熱強化位準。

【0038】 第一實施例包括具有高表面壓縮應力或高中心張力的熱強化玻璃板材。第4圖根據一或更多個實施例，爲熱強化玻璃板材500的概略部分橫剖面。玻璃板材500具有厚度*t*以及由厚度*t*分隔的第一與第二主要表面510、520。玻璃板材500也包括長度*l*與寬度*w*。在範例性實施例中，玻璃板材500的厚度*t*小於玻璃板材500的長度*l*。在其他範例性實施例中，玻璃板材500的厚度*t*小於玻璃板材500的寬度*w*。在又其他範例性實施例中，玻璃板材500的厚度*t*小於玻璃板材500的長度*l*與寬度*w*。玻璃板材500另外具有永久熱致壓縮應力區域530與540係在第一與第二主要表面510、520處及/或附近，且藉由在板材的中心部分中的永久熱致中心拉伸應力(亦即，張力）區域550來平衡。

【0039】 產生自本文所揭示的處理之玻璃的壓縮應力可變化作爲玻璃厚度的函數。在實施例中，具有3mm或更小厚度的玻璃具有壓縮應力爲至少80MPa、至少100MPa、至少150MPa、至少200MPa、至少250MPa、至少300MPa、至少350MPa、至少400MPa、及/或不超過1GPa。在設想到的實施例中，具有2mm或更小厚度的玻璃具有壓縮應力爲至少80MPa、至少100MPa、至少150MPa、至少175MPa、

至少200MPa、至少250MPa、至少300MPa、至少350MPa、至少400MPa、及/或不超過1GPa。在設想到的實施例中，具有1.5mm或更小厚度的玻璃具有壓縮應力爲至少80MPa、至少100MPa、至少150MPa、至少175MPa、至少200MPa、至少250MPa、至少300MPa、至少350MPa、及/或不超過1GPa。在設想到的實施例中，具有1mm或更小厚度的玻璃具有壓縮應力爲至少80MPa、至少100MPa、至少150MPa、至少175MPa、至少200MPa、至少250MPa、至少300MPa、及/或不超過1GPa。在設想到的實施例中，具有0.5mm或更小厚度的玻璃具有壓縮應力爲至少50MPa、至少80MPa、至少100MPa、至少150MPa、至少175MPa、至少200MPa、至少250MPa、及/或不超過1GPa。

【0040】 在一些實施例中，熱致中心張力可大於40MPa、或大於50MPa、或大於75MPa、或大於100MPa。在其他實施例中，熱致中心張力可小於300Mpa、或小於400MPa。熱致中心張力可爲大約50MPa至大約300MPa、大約60MPa至大約200MPa、大約70MPa至大約150MPa、或大約80MPa至大約140MPa。

【0041】 若有足夠的能量儲存在拉伸應力區域550中，當玻璃受到足夠的損壞時，玻璃將破裂，類似安全玻璃或「切片」。當在此使用時，當25cm^{2}面積的玻璃板

材破裂成40或更多片時，玻璃板材係視爲切片。在一些實施例中，切片係使用作爲顯示玻璃板材「完全回火」的定性測量（亦即，針對2mm或更厚的玻璃，其中玻璃板材具有至少65MPa的壓縮應力或至少67MPa的邊緣壓縮）。

【0042】 另一態樣包括具有高假想溫度與增加的損傷抵抗性之熱強化玻璃板材。表面假想溫度可藉由任何合適的方法來決定，包括差別掃描量熱法、布里淵（Brillouin）光譜、或拉曼（Raman）光譜。

【0043】 在決定表面假想溫度的一些方法中，可能需要打破玻璃，以減輕熱強化處理所引致的「回火應力」，以用合理的精準度來量測假想溫度。熟知的是，相對於假想溫度以及相對於矽酸鹽玻璃中施加的應力而以受控制的方式藉由拉曼光譜位移所量測的特徵結構頻帶。若回火應力爲已知，此位移可用於非破壞性量測熱強化玻璃板材的假想溫度。

【0044】 矽石玻璃的拉曼光譜上的應力效應係報導於DR Tallant、TA Michalske、與W.L. Smith所寫的「The effects of tensile stress on the Raman spectrum of silica glass（矽石玻璃的拉曼光譜上的拉伸應力效應）」，J. Non-Cryst. Solids, 106 380-383 (1988)。含65wt%或更多矽石的商用玻璃具有實質上相同的反應。雖然報導的應力反應係針對單軸應力，在單雙軸應力狀態的情況中（例如，在回火玻璃中觀

察到的），$\sigma_{xx} = \sigma_{yy}$，峰值可預期爲位移了單軸應力所預期的位移之兩倍。鈉鈣玻璃與玻璃2中的峰值接近1090 cm^{-1}，對應於矽石玻璃中觀察到的峰值爲1050 cm^{-1}。矽石中的1050峰值以及SLG與其他矽酸鹽玻璃中的對應峰值之應力效應可表示爲應力σ（單位爲MPa）的函數：a）$\omega\ (cm^{-1}) = 1054.93 - 0.00232 \cdot \sigma$。

【0045】 針對SLG與另一玻璃（玻璃2），校準曲線由拉曼頻帶的位置產生作爲假想溫度的函數。玻璃樣品針對各種時間進行熱處理，2-3倍較長於結構鬆弛時間，結構鬆弛時間係計算爲$\tau = 10 * \eta / G$，其中η爲黏性，且G爲剪力模量。在熱處理之後，玻璃在水中急冷，以凍結熱處理溫度時的假想溫度。玻璃表面隨後藉由微拉曼，以50倍的放大倍率與1-2μm的光點尺寸、使用442nm的雷射、10-30秒的曝光時間、與100%的功率在200-1800cm^{-1}的範圍內進行量測。使用電腦軟體（在此實例中爲Renishaw WiRE 4.1版本），調適1000-1200 cm^{-1}的峰值的位置。在空氣側上的SLG中所量測的1090 cm^{-1}拉曼峰值的良好調適係爲假想溫度Tf(以℃爲單位)的函數，給定爲：b)$\omega(cm^{-1}) = 1110.66 - 0.0282 \cdot Tf$。針對玻璃2，良好調適係給定爲：c）$\omega\ (cm^{-1}) = 1102.00 - 0.0231 \cdot Tf$。

【0046】 使用方程式a）、b）、與c）建立的關係，利用由於表面壓縮應力的校正因子，可以將玻璃的假想溫度表示爲所量測的拉曼峰值位置的函數。100MPa的壓縮應

力σc將拉曼頻帶位置位移係相當於假想溫度降低大約15至20度C。以下方程式可適用於SLG：

$$T_f(°C) = \left[\frac{\omega(cm^{-1}) - 1110.66(cm^{-1})}{-0.0282(\frac{cm^{-1}}{°C})}\right] + 2[0.082 * \sigma_c(MPa)] \quad (1)$$

適用於玻璃2的方程式爲：

$$T_f(°C) = \left[\frac{\omega(cm^{-1}) - 1102(cm^{-1})}{-0.0231(\frac{cm^{-1}}{°C})}\right] + 2[0.0996 * \sigma_c(MPa)] \quad (2)$$

在這些方程式中，ω爲針對1090 cm^{-1}附近的峰值所量測的峰波數，σ_c爲藉由任何合適的技術所量測的表面壓縮應力，產生假想溫度之應力校正的量測（單位爲℃）。

【0047】 關於增加的損傷抵抗性之實證，準備四個玻璃板材樣品，藉由傳統的回火方法達到大約70與110MPa的表面壓縮應力（CS, compressive stress）之兩個6mm的鈉鈣玻璃（SLG）板材，以及藉由本文所揭示的方法與設備達到大約相同位準的CS之兩個1.1mm的SLG。兩個額外的板材，每一者的厚度係使用作爲對照。每一測試板材的表面都受到標準的維氏壓痕（Vickers indentation）。施加各種位準的力，每次15秒，且在24小時的等待之後，檢查每一者的壓痕。如同表I所示，針對每一樣品，決定50%裂紋臨界值（定義爲：裂紋出現的平均數量爲裂紋容易開始時的凹痕的四個點的兩個點時之負載）。

【0048】 該表格顯示：藉由傳統的對流氣體回火所處理的SLG的維氏裂紋開始臨界值（如同6mm板材所反映的）係實質上相同於退火或作爲出貨的SLG板材之維氏裂紋開始臨界值，從零與一牛頓之間上升至大約一至小於兩牛頓。這關聯於～25至35℃的表面假想溫度（T_{fs}或$Tf_{surface}$）相對於傳統回火所提供的玻璃轉變溫度（針對SLG，T_g = 550℃，定義爲$\eta = 10^{12-13.3}$泊（Poise））之相對適度上升。相反地，藉由使用本方法與設備的回火，維氏裂紋開始臨界值係改良成大於10N，高於傳統回火所賦予的維氏損傷抵抗性有10倍的增加。在實施的玻璃中，T_{fs}減T_g係至少爲50℃，或至少75℃，或至少90℃，或大約75℃至100℃的範圍。即使在包括較低位準的熱強化的實施例中，實施的玻璃仍可提供增加的抵抗性，例如5N的位準，舉例來說。在某些設想到的實施例中，在15秒的維氏裂紋開始測試之後的50%裂紋臨界值可等於或大於5N、10N、20N、或30N。

表 I

樣品	厚度 (mm)	CS (MPa)	表面 T_f (℃)	裂紋臨界值 (N)
對照組	1.1	退火	~T_g (550)	0 - 1
對照組	6	退火	~T_g (550)	0 - 1
薄，低強度	1.1	-72	626	10 - 20
厚，低強度	6	-66	575	1 - 2
薄，中等強度	1.1	-106	642	10 - 20
厚，中等強度	6	-114	586	1 - 2

【0049】 以下非空間的假想溫度參數θ可用於以所產生的假想溫度來比較熱強化處理的相對性能。在此實例中給定表面假想溫度θs：

$$\theta s = (T_{fs} - T_{anneal})/(T_{soft} - T_{anneal}) \quad (3)$$

其中T_{fs}爲表面假想溫度，T_{anneal}（玻璃的黏性η=$10^{13.2}$泊時的溫度）爲退火點，且T_{soft}（玻璃的黏性η=$10^{7.6}$泊時的溫度）爲玻璃板材的軟化點。第5圖爲針對兩個不同的玻璃所量測的表面假想溫度θs的圖，表面假想溫度θs爲在熱強化期間所施加的熱轉移速率h的函數。如圖所示，兩個不同的玻璃的結果相當接近地彼此重疊。這表示，參數θ提供一種方式來比較不同玻璃的假想溫度，直接相關於產生假想溫度所需的熱轉移速率h來比較。每個h時的結果的垂直範圍對應於T_0的值的變化，T_0爲急冷開始時的開始溫度。在實施例中，參數 θs包括大約0.2至大約0.9、或大約0.21至大約0.09、或大約0.22至大約0.09、或大約0.23至大約0.09、或大約0.24至大約0.09、或大約0.25至大約0.09、或大約0.30至大約0.09、或大約0.40至大約0.09、或大約0.5至大約0.9、或大約0.51至大約0.9、或大約0.52至大約0.9、或大約0.53至大約0.9、或大約0.54至大約0.9、或大約0.54至大約0.9、或大約0.55至大約0.9、或大約0.6至大約0.9、或甚至大約0.65至大約0.9。

【0050】 另一態樣包括具有高可回火性（temperability）及/或熱轉移值的熱強化玻璃板材。

玻璃的「特定熱應力（specific thermal stress）」係給定爲：

$$\frac{\alpha \cdot E}{1-\mu} \quad (4)$$

其中α爲玻璃的（低溫線性）CTE，E爲彈性模量，且μ爲帕松比（Poisson's ratio）。此值係用來表示：當受到溫度梯度時，給定的玻璃成分內產生的應力的位準。此值也可使用作爲熱「可回火性」的評估。但是，在較高的熱轉移速率時（例如大約800 W/m^{2}K與更高，舉例來說），玻璃的高溫或「液相」CTE開始影響回火性能，因此，在此種狀況下，可回火性參數Ψ（基於橫越黏性曲線之CTE變化值的積分的近似值）係發現是有用的：

$$\Psi = E \cdot \left[T_{strain} \cdot \alpha^{S}_{CTE} + \alpha^{L}_{CTE} \cdot \left(T_{soft} - T_{strain}\right)\right] \quad (5)$$

其中$\alpha^{S}{}_{CTE}$爲低溫線性CTE(等於玻璃在0-300℃的平均線性膨脹係數），表示爲1/℃（℃$^{-1}$），$\alpha^{L}{}_{CTE}$爲高溫線性CTE（等於在玻璃轉變與　　之間的某處觀察到發生的高溫平穩值），表示爲1/℃（℃$^{-1}$），E爲玻璃的彈性模量，表示爲GPa（非MPa）（其允許（非空間的）參數Ψ的值的範圍大體上在0與1之間），T_{strain}爲玻璃的應變點溫度（玻璃的黏性η＝ $10^{14.7}$ 泊時的溫度），表示爲℃，且T_{soft}爲玻璃的軟化點（玻璃的黏性η＝ $10^{7.6}$ 泊時的溫度），表示爲℃。

【0051】 熱強化處理與所產生的表面壓縮應力係針對具有不同特性的玻璃來模型化，以決定回火參數，Ψ。在

相同的開始黏性（$10^{8.2}$泊）且在不同的轉移係數時將玻璃模型化。各種玻璃的特性係顯示於表II中，以及每一玻璃在$10^{8.2}$泊時的溫度，以及每一玻璃的可回火性參數Ψ的計算值。

表 II

玻璃	模量	低 CTE	高 CTE	$10^{8.2}$泊 ℃	軟化點 ℃	應力點 ℃	Ψ
SLG	72	8.8	27.61	705	728	507	0.76
2	73.3	8.53	20.49	813	837	553	0.77
3	65.5	8.26	26	821	862	549	0.83
4	65	8.69	20.2	864	912	608	0.74
5	63.9	10.61	22	849	884	557	0.84
6	58.26	3.5	20.2	842	876	557	0.49
7	73.6	3.6	13.3	929	963	708	0.44
8	81.1	3.86	12.13	968	995	749	0.48

【0052】 表III的結果顯示，Ψ正比於玻璃的熱強化性能。這種相關性進一步繪示在第6圖中，第6圖提供高熱轉移速率（熱轉移係數爲2093 W/m^2K（0.05 $cal/s\cdot cm^2\cdot ℃$））與厚度僅1mm的玻璃板材之實施範例。如圖中所見，七個不同的玻璃所產生的壓縮應力的變化係良好相關於所提出的可回火性參數Ψ的變化。

【0053】 在另一態樣中，已經發現，對於任何玻璃來說，在熱轉移係數h（表示爲$cal/cm^2\cdot s\cdot ℃$）的任何給定值時，表面壓縮應力（σ_{CS}，以MPa爲單位）vs.厚度（t，以mm爲單位）的曲線可適合於雙曲線（在t從0至6mm的範圍），其中P_1與P_2爲h的函數，使得：

$$\sigma_{CS}(Glass,h,t) = C(h,t) * \Psi(Glass) = \frac{P_1(h) * t}{(P_2(h)+t)} * \Psi(Glass) \quad (6)$$

或者利用Ψ的表達式代入，壓縮應力$\sigma_{CS}(Glass,h,t)$的曲線係給定爲：

$$\frac{P_1(h) * t}{(P_2(h)+t)} \cdot E \cdot \left[T_{strain} \cdot \alpha^{g}_{CTE} + \alpha^{L}_{CTE} \cdot \left(T_{soft} - T_{strain}\right)\right] \quad (7)$$

其中上面（6）或（7）中的常數P_1、P_2各自爲熱轉移值h的連續函數，係給定爲：

$$P_1 = 910.2 - 259.2 \cdot \exp\left(-\frac{h}{0.143}\right) \quad (8)$$

以及

$$P_2 = 2.53 + \frac{23.65}{\left(1 + \left(\frac{h}{0.00738}\right)^{1.58}\right)} \quad (9)$$

常數P_1、P_2分別在第7圖與第8圖中圖示爲h的函數。因此，針對給定的h與對應的P_2，針對上面的表達式（6）或（7）中的相同h，藉由使用P_1的值，曲線係指定爲對應於在該h時可獲得的表面壓縮應力（CS），作爲厚度t的函數。

【0054】 在一些實施例中，僅藉由將在相同傳導性下所預測的壓縮應力除以2，類似的表達式可用於預測熱強化玻璃板材的中心張力（CT）（尤其是6mm與更小的厚度）以及熱轉移係數（例如800 W/m^{2}K與更大）。因此，預期的中心張力可給定爲：

$$\frac{P_{1CT}(h_{CT}) * t}{(P_{2CT}(h_{CT})+t)} \cdot E \cdot \left[T_{strain} \cdot \alpha^{s}_{CTE} + \alpha^{L}_{CTE} \cdot \left(T_{soft} - T_{strain}\right)\right] \quad (10)$$

其中P_{1CT}與P_{2CT}係給定如下：

$$P_{1CT} = 910.2 - 259.2 \cdot \exp\left(-\frac{h_{CT}}{0.143}\right) \qquad (11)$$

以及

$$P_{2CT} = 2.53 + \frac{23.65}{\left(1 + \left(\frac{h_{CT}}{0.00738}\right)^{1.58}\right)} \qquad (12)$$

在一些實施例中，針對熱強化的給定實體實例，h與h_{CT}可具有相同的值。但是，在一些實施例中，h與h_{CT}可改變，且提供獨立的變數並且允許h與h_{CT}之間的變化可允許描述性性能曲線實例的擷取，其中CS/CT的典型比率2：1並不成立。

【0055】 目前揭示的處理與設備的一或更多個實施例在所有熱轉移速率值（h與h_{CT}）所產生的熱強化SLG板材係顯示在表Ⅲ中。

表Ⅲ

表 IV(根據範例實施例的 h與 h_{CT}值)					
cal/s· cm^2· ℃	W/m^{2}K	cal/s· cm^2· ℃	W/m^{2}K	cal/ · cm^2· ℃	W/m^{2}K
0.010	418.68	0.042	1758.456	0.070	2930.76
0.013	544.284	0.045	1884.06	0.071	2972.628
0.018	753.624	0.047	1967.796	0.078	3265.704
0.019	795.492	0.048	2009.664	0.080	3349.44
0.020	837.36	0.049	2051.532	0.081	3391.308
0.021	879.228	0.050	2093.4	0.082	3433.176
0.022	921.096	0.051	2135.268	0.095	3977.46
0.023	962.964	0.052	2177.136	0.096	4019.328
0.027	1130.436	0.053	2219.004	0.102	4270.536
0.028	1172.304	0.054	2260.872	0.104	4354.272
0.029	1214.172	0.055	2302.74	0.105	4396.14
0.030	1256.04	0.060	2512.08	0.127	5317.236
0.031	1297.908	0.061	2553.948	0.144	6028.992
0.033	1381.644	0.062	2595.816	0.148	6196.464
0.034	1423.512	0.063	2637.684	0.149	6238.332
0.038	1590.984	0.065	2721.42	0.184	7703.712

0.040	1674.72	0.067	2805.156		
0.041	1716.588	0.069	2888.892		

【0056】 在一些實施例中，熱轉移值速率（h與h_{CT}）可爲大約0.024至大約0.15、大約0.026至大約0.10、或大約0.026至大約0.075 cal/s·cm^2·℃。

【0057】 根據上面的方程式6-方程式9，針對h的選定值，藉由$C(h,t)\cdot\Psi(SLG)$的曲線，第9圖繪示作爲厚度t（單位爲mm）的函數之玻璃板材的表面壓縮的新公開性能空間（單位爲MPa），其中$\Psi(SLG)$對應於表III中SLG的Ψ值。標示爲GC的線跡代表：藉由氣體對流回火（從0.02 cal/s·cm^2·℃（或840 W/m^{2}K）至0.03 cal/s·cm^2·℃（或1250 W/m^{2}K））可達成之相對於SLG板材薄度的最大應力的估計範圍，假設這些位準的熱轉移係數可用於加熱的玻璃的黏性爲$10^{8.2}$泊或大約704℃（高於對流氣體處理的性能之溫度）時的該處理。

【0058】 根據氣體對流回火處理之報導的最高板材CS值的範例係藉由圖例中的三角形標記（標示爲氣體）來繪示。值601表示商用設備的廣告產品性能的能力，而值602係根據玻璃處理研討會時的口頭報告。標示爲LC的線跡代表：藉由液體接觸式回火（給定熱轉移速率h爲0.0625 cal/s·cm^2·℃（或大約2600 W/m^{2}K））估計可達成之相對於SLG板材薄度的最大應力的曲線，也假設處理是在開始加熱的玻璃的黏性爲$10^{8.2}$泊或大約704℃時。根據液體接觸式回火處理之報導的最高板材CS值的範例係藉由圖例中的圓形標記（標示爲液體）來

繪示。2mm厚度時的兩個值中的較高者係根據將硼矽酸鹽玻璃板材回火的報告，且所達成的應力已經針對圖式藉由（Ψ_{SLG}）/（$\Psi_{硼矽酸鹽}$）來縮放，以用於縮放的直接比較。

【0059】 標示爲704的線跡代表：目前揭示的方法與設備的一或更多個實施例在0.20 cal/s·cm^2·℃（或大約8370 W/m^{2}K）的熱轉移速率以及704℃的開始溫度（就在急冷之前）時可達成之應力。因此可達成之玻璃板材上的應力位準幾乎代表液體回火強度位準之上的相同改良範圍，如同液體回火代表目前技術狀態之氣體對流回火之上的相同改良範圍。但是704邊界並非上限-實施例已經顯示此值之上係可存在的，因爲在甚至較高的溫度時（玻璃的較低黏性時）在小間隙氣體軸承熱強化中可達成的形狀與平坦度的良好控制。標示爲730的線跡繪示：在730℃（很接近玻璃的軟化點或以上）之SLG板材的開始溫度時，藉由0.20 cal/s·cm^2·℃（或大約8370 W/m^{2}K）的熱轉移速率所達成的一些額外強化性能。藉由高熱轉移速率以及使用緊密氣體軸承中的板材平坦度與形狀的良好操縱與控制所促成的高開始溫度之組合，因此可具體達成壓縮應力中以及因此玻璃板材強度中的顯著改良-且該等改良在厚度2mm與以下時係特別驚人。

【0060】 第10圖繪示2mm與以下時之上面解釋的第9圖的線跡，但是其中針對本揭示案的一或更多個實施例所產生的回火玻璃板材的選擇範例來繪製作爲厚度的函數

之壓縮應力，繪示本揭示案所促成的熱強化位準與薄度之極端組合。

【0061】 在另一實施例中，本文揭示的熱強化玻璃板材同時具有高的熱應力以及低（因此形成的）表面粗糙度。本文揭示的處理與方法可熱強化玻璃板材，而不會增加因此形成的表面的表面粗糙度。例如，進入的飄浮玻璃空氣側表面與進入的熔合形成玻璃表面在處理之前與之後係藉由原子力顯微鏡（AFM, atomic force microscopy）來特徵化。針對進入的1.1mm的飄浮鈉鈣玻璃，表面粗糙度Ra係小於1nm（0.6-0.7nm），且藉由根據本處理的熱強化之後並未增加表面粗糙度R_a。類似地，針對1.1mm的熔合形成玻璃板材，藉由根據本揭示案的熱強化之後，可維持小於0.3 nm（0.2-0.3）的表面粗糙度Ra。因此，熱強化玻璃板材在至少第一表面上具有的表面粗糙度的範圍爲在至少10×10μm的面積之上0.2至1.5nm粗糙度Ra、0.2至0.7nm、0.2至0.4或甚至例如0.2至0.3nm。表面粗糙度在範例實施例中可在10×10μm的面積之上量測，或者在一些實施例中，15×15μm。

【0062】 在一些實施例中，在玻璃板材的熱強化之前，玻璃板材具有一或更多個塗層係置於玻璃上。本文的處理可用於產生具有一或更多個塗層的強化玻璃板材，其中塗層係在熱強化之前置於玻璃上，並且不受該處理影響。本揭示案的玻璃板材上有利地保留的具體塗層包括低E塗

層、反射塗層、抗反射塗層、防指紋塗層、截止濾波器、熱解塗層等。

【0063】 在另一實施例中，本文所述的熱強化玻璃板材具有高平坦度。受控的氣體軸承較佳地使用在輸送與加熱，且在一些實施例中，可用來協助控制及/或改良玻璃板材的平坦度，產生高於先前獲得的平坦度程度，特別是針對薄的及/或高強化板材。例如，至少0.6mm的板材可強化，而具有改良之強化後的平坦度。本文所實施的熱強化玻璃板材的平坦度可包括沿著其第一或第二表面的一者沿著任何50mm之100μm或更小的指示器總跳動（TIR, total indicator run-out）、在第一或第二表面的一者上的50mm長度內300μm TIR或更小、在第一或第二表面的一者上的50mm長度內200μm TIR或更小、100μm TIR或更小、或70μm TIR或更小。在範例實施例中，沿著玻璃板材的任何50mm或更小的輪廓來量測平坦度。在設想到的實施例中，具有本文揭示的厚度的板材具有在第一或第二表面的一者上的20mm長度內200μm TIR或更小的平坦度，例如平坦度100μm TIR或更小、平坦度70μm TIR或更小、平坦度50μm TIR或更小。

【0064】 方法與設備的實施例已經應用至具有厚度範圍0.1mm至5.7或6.0mm的玻璃板材，除了端點值之外還包括0.2mm、0.28mm、0.4mm、0.5mm、0.55mm、0.7mm、1mm、1.1mm、1.5mm、1.8mm、2mm、

與3.2mm。設想到的實施例包括具有厚度範圍爲下述的熱強化玻璃板材：0.1至20mm、0.1至16mm、0.1至12mm、0.1至8mm、0.1至6mm、0.1至4mm、0.1至3mm、0.1至2mm、0.1至小於2mm、0.1至1.5mm、0.1至1mm、0.1至0.7mm、0.1至0.5mm、以及0.1至0.3mm。

【0065】 在一些實施例中，熱強化玻璃板材具有高縱橫比-亦即，長度與寬度相對於厚度的比率爲大的。因爲使用的處理不依賴高壓或大量的空氣，平坦度在處理期間可藉由使用氣體軸承而維持，且高縱橫比玻璃板材（亦即，具有長度相對於厚度或寬度相對於厚度的高比率之玻璃板材）可受到熱強化，同時保持所欲或所需的形狀。具體地，可強化具有長度相對於厚度及/或寬度相對於厚度的比率（「縱橫比」）爲下述的板材：大約至少10：1、至少20：1、以及高達與超過1000：1。在設想到的實施例中，可處理具有縱橫比爲下述的板材：至少200：1、至少500:1、至少1000：1、至少2000：1、至少4000：1。

【0066】 另一態樣包括熱強化低熱膨脹係數（CTE）的玻璃板材。如同上述，熱強化效果明顯取決於玻璃板材所包括的玻璃的CTE。但是，低CTE玻璃的熱強化可提供具有有利特性之強化玻璃成分，例如增加的抗化學性，或者由於低鹼含量而與電子裝置有較好的相容性。具有65、60、55、50、45、40、以及甚至$35\times10^{-6}℃^{-1}$與

以下的CTE的玻璃板材在小於4mm、小於3.5mm、小於3mm、以及甚至在2mm或更小的厚度時可有安全玻璃狀的破裂形態（「切片」）。具有40×10^{-6}℃$^{-1}$與以下的CTE值的玻璃可使用本文所述的處理來強化。在相同的厚度時，此種玻璃可具有類似於藉由傳統商用(氣體對流)處理所強化的SLG板材之表面壓縮。在一些實施例中，低CTE玻璃的壓縮應力可包括至少50MPa、至少100MPa、至少125MPa、至少150MPa、至少200MPa、至少250MPa、至少300MPa、或至少400MPa(針對具有下述厚度的玻璃板材：不超過1mm、不超過5mm、不超過3mm、不超過2mm、不超過1.5mm、不超過1mm、不超過0.75mm、不超過0.5mm、不超過0.3mm、不超過0.2mm、或不超過0.1mm）。

【0067】 根據本揭示案所形成的玻璃板材具有多種應用，例如在電子裝置、顯示器與層壓製品，例如汽車玻璃側窗所使用的玻璃-夾層-玻璃層壓板。可製造更強且更薄的層壓製品，導致重量與成本的節省與燃料效率的提高。所欲的是，熱強化薄板材可冷彎曲並且層壓至已形成的較厚玻璃，提供簡單與可靠的製造處理，不需要薄板材的任何熱形成。

處理

【0068】 在一態樣中，用於強化玻璃板材的整體處理包括：至少部分藉由傳送至第一表面與第一散熱器之間的間隙之氣體的壓力或流動，來支撐或導引具有轉變溫度之玻

璃板材的至少一部分於該第一表面上，板材溫度高於玻璃的轉變溫度，且然後藉由熱傳導多過於藉由對流來冷卻玻璃板材。傳導係熱轉移的處理，其中能量透過相鄰分子之間的相互作用而傳送，而對流係熱轉移的處理，其中能量經由流體（例如，空氣、氦氣等）的運動而傳送，例如其中熱的流體移動遠離熱源並且由較冷的流體取代。在至少一些實施例中，用語「玻璃陶瓷」或「陶瓷」可取代及/或均等地應用於用語「玻璃」所使用之處。

【0069】 在一些實施例中，用於強化玻璃板材的整體處理包括：在熱區中加熱玻璃板材，且然後冷卻玻璃板材。玻璃板材具有轉變溫度，轉變溫度發生於玻璃的黏性具有 $\eta = 10^{12} - 10^{13.3}$ 泊的值時。玻璃係加熱至足以使玻璃板材高於轉變溫度。選擇性地，玻璃可從熱區通過轉變區而轉移至冷區。玻璃板材的表面係定位成相鄰於散熱器，任一玻璃表面上的一散熱器具有該玻璃表面與該散熱器之間的間隙。氣體通過散熱器中的多個縫隙而傳送至間隙中。玻璃板材藉由傳導多過於藉由對流來冷卻，且足以修復或產生板材的熱致表面壓縮與熱致中心張力。

【0070】 用於促成所述的處理之設備可包括：加熱區，用於加熱玻璃板材至高於轉變溫度的溫度；以及冷卻區，用於冷卻加熱的玻璃板材，以提供強化玻璃板材。該設備可包括選擇性的轉變區在加熱區與冷卻區之間。冷卻區可包括一對設置在間隙的相對側上的氣體軸承，氣體軸承可配置來傳送氣體至間隙，以藉由傳導多過於藉由對流來冷

卻加熱的玻璃板材。在一些實施例中，氣體軸承可包括複數個縫隙，用於傳送氣體至間隙，且提供散熱器的氣體軸承表面可以藉由傳導多過於藉由對流來將熱傳導遠離加熱的玻璃板材。

【0071】 根據本揭示案的方法的一實施例係例示於第11圖的流程圖中。方法或處理100包括步驟160：至少部分藉由氣體來支撐玻璃板材（透過氣體流動與壓力，如同一些對流氣體強化處理）。板材可加熱至高於其玻璃轉變溫度，而同時冷卻板材：1）透過至散熱器的氣體，藉由傳導多過於藉由對流，以及2）足以產生或修復板材在周遭溫度時的熱致表面壓縮應力與熱致中心張力應力。

【0072】 根據第11圖的實施例的變化例（第12圖的流程圖中繪示爲方法100'），該方法可包括步驟110：加熱玻璃板材而足以使得板材高於玻璃的轉變溫度。在步驟130A中，該方法另外包括：定位第一板材表面橫越第一間隙面向第一散熱器表面，以及在步驟130B中，定位第二板材表面橫越第二間隙、第二板材表面面向第二散熱器表面的。散熱器表面可包括縫隙及/或可爲多孔的。方法100可另外包括，在步驟160中，藉由傳導多過於藉由對流，透過至個別散熱器表面的氣體來冷卻板材，足以強化玻璃，亦即，足以產生或修復板材中的熱致表面壓縮應力與熱致中心張力應力。冷卻板材的步驟160可另外包括：通過縫隙或多孔的散熱器將氣體傳送至第一與第二間

隙。在一些實施例中，僅通過散熱器的縫隙或僅通過多孔的散熱器的孔或孔與縫隙來傳送氣體。

【0073】 本揭示案的這些與其他相關的方法藉由使用傳導而非對流作爲冷卻的主導模式來對抗目前氣體對流冷卻的主導技術。取代固體至氣體（玻璃至空氣）的熱交換，本文所述的方法包括固體至固體（玻璃至散熱器）的熱交換，中間藉由少量氣體橫越小間隙，兩者都開始且完成產生熱強化的冷卻。雖然當中間氣體流入小間隙中、暖化、與離開時存在一些對流，透過氣體直接橫越間隙的傳導並且進入散熱器則是主要的冷卻模式。不像上述固體與液體的冷卻方法，傳導係透過氣體阻障層居中。使用氣體作爲中間導體而不藉由液體或固體物質來接觸板材可以藉由避免氣體以外的接觸而保護所處理的製品的表面品質。這可避免引入非所欲的變形、強化中的空間變化、以及液體與固體冷卻中見到的玻璃表面的污染。本文揭示的實施例提供獨特的、非接觸的、傳導式急冷，其允許非常高的冷卻速率，這在熱回火的領域中先前並不可得。

【0074】 因爲傳導（最終爲固體至固體）允許比對流更快速的熱流，較薄玻璃板材所需的冷卻速率的增加並不受限於氣體速度與體積。根據本揭示案的方法與設備的各種實施例與變化，氣體流量與間隙大小可替代地針對其他目的進行最佳化，例如針對間隙中的氣體緩衝墊的剛性、支撐或用於平坦化及/或塑形板材、最佳化熱傳導、或者僅在熱強化期間維持板材的平坦及/或形狀、以及利用高冷

卻速率來容易平衡板材的處理，舉例來說。例如，氦氣變成低流速時在經濟上可行的替代方案，並且提供的熱傳導性大約爲空氣的五倍。

【0075】 在冷卻期間減少流過玻璃板材的空氣的體積可減少由於用其他方式強化薄板材所需的高速與高體積的空氣流動所導致之熱、薄板材的變形之可能風險，並且可允許較軟、較高溫的板材受處理而沒有或最小的變形，進一步改良可達成的強化位準。消除高空氣流動速率也減輕了下述情況中有時見到的問題：輸送板材進入急冷腔室（移動必須要對抗高空氣流動），以及使高流動的較冷空氣免於進入且冷卻用於加熱板材之熔爐的較近部件。

【0076】 避免高空氣流動速率的另一個優點在於藉由使用低氣體流動與固體-氣體-固體的傳導所達成的功率與能量節省。第13A圖與第13B圖的點A與B表示：在較高流動時藉由壓縮空氣供應，每平方公尺的玻璃板材所使用的峰值功率的高端估計。實際上，壓縮空氣所使用之低端峰值功率可小得如同所示值的1/16。點A與B不包括散熱器的主動冷卻，但是，在一些實施例中，特別是機器處於連續、準連續或高頻操作時則可包括散熱器的主動冷卻。

【0077】 再次參見第13A圖與第13B圖，點A'與B'表示：當散熱器表面的主動冷卻的因素考慮進來時，在點A與B時的操作所保守估計的峰值功率位準（假設熱負載等於：在點A'時爲2.1秒的時間限制內以及在點B'時1秒

內，藉由具有熱至機械（或電）效率比爲7.5比1的主動冷卻系統所完成之玻璃板材溫度的下降300℃）。（這些點大約對應於本文所述的實驗設備中所實際回火的玻璃板材）。雖然第13A圖與第13B圖的區域R內的四個點某種程度上例示了本揭示案的方法與設備可獲得的改良的顯著性，應注意到，完全的益處可能在圖式中明顯低估，因爲所表示出的是電力需求的數量。例如，空氣鼓風機的峰值功率（由曲線N表示）並非有效率地打開與關閉，通常需要閘門式通氣口來阻擋大風扇，而當不需要空氣時，大風扇仍然旋轉著（但是以減小的負載）。流體冷卻系統（例如冷卻水塔）的峰值功率需求（由點A'與B'表示，作爲根據本揭示案可輕易達成的範例）通常可遠遠更有效率地調節，且有效的峰值功率將明顯較低，只有當趨近完全連續操作時才會趨近A'與B'。因此，總能量需求的差異往往會大於峰值功率需求的差異，這表示在圖式中。在一些實施例中，本文所述的處理具有小於120 kW/m^2、小於100 kW/m^2、小於80 kW/m^2的峰值功率，來熱強化2mm或更小厚度的玻璃板材。

【0078】 使用本文所述的設備的處理中所實施的狀況之傳導的量可經由以下來決定。首先，在如同本揭示案之藉由傳導的熱強化的背景中，氣體的熱傳導性必須在傳導方向中評估，傳導方向爲沿著熱斜坡。在將被（或正在）冷卻的板材的表面處或附近之處於高溫時的空氣具有比在散熱器的表面處或附近之處於低溫時的空氣（例如室溫

時或附近之空氣，（乾）室溫空氣（25℃）的標稱熱傳導性大約爲0.026 W/m·K）明顯較高的熱傳導性。使用冷卻開始時的近似值，假設整個間隙之上的空氣係處於兩相對表面的平均溫度。例如，玻璃板材可爲670℃的溫度，而散熱器表面可開始於30℃，舉例來說。因此，間隙中的空氣的平均溫度將是350℃，其中乾空氣具有大約0.047 W/m·K的熱傳導性；比它在室溫時的熱傳導性高超過75%，並且高到足以傳導大量的熱能通過實際尺寸的間隙，如同下面討論的。

【0079】 爲了例示，Q_{cond}（通過距離爲g的間隙之熱轉移速率的傳導分量，其中間隙具有面積A_g（在垂直於間隙距離g的方向的每處之方向中））可給定爲：

$$Q_{cond} = \frac{A_g k(T_S - T_{HS})}{g} \quad (13)$$

其中k爲間隙中的材料（氣體）在熱傳導方向（或相反方向）中評估的熱傳導性，T_S爲玻璃表面的溫度，T_{HS}爲散熱器表面的溫度（或熱源表面，針對其他實施例）。如同上述，嚴格地評估k將需要沿著（或逆著）熱流傳導方向來積分氣體的熱傳導性，因爲氣體的熱傳導性隨溫度而變-但是爲了良好的近似，k可以視爲：間隙中的氣體處於兩表面的溫度（T_S與T_{HS}）的平均時，間隙中的氣體的k值。

【0080】 以熱轉移係數的單位（每度K每平方公尺的熱流功率的單位）重新整理方程式（13），給出：

$$\frac{Q_{cond}}{A_g(T_S - T_{HS})} = \frac{k}{g} \quad (14)$$

所以，橫越間隙的傳導之有效熱轉移係數為間隙中的介質（在此實例中為空氣）的熱傳導性（以W/mK為單位）除以間隙的長度（以公尺為單位），得到每度的溫差每平方公尺的瓦特的值。

【0081】 表IV針對空氣與氬氣填充的間隙顯示單由傳導造成的熱轉移係數（k/g），該空氣與氬氣填充的間隙各自以10μm的步階從10μm最高至200μm。第14圖（先前技術）繪示大約35年前的產業標準曲線（在2mm處加入參考線），顯示出在某些假設狀況之下，完全回火玻璃板材所需的熱轉移係數（作為厚度（單位為mm）的函數）。如同可從表IV與第14圖的比較看出的，大約40μm的空氣填充的間隙可允許藉由傳導來完全回火2mm厚的玻璃。使用氬氣（或氪氣，具有類似的熱傳導性）作為氣體，大約200μm的間隙可用來完全回火2mm厚的玻璃。

表IV

空氣			氫氣		
傳導性	(W/m/K)	0.047	傳導性	(W/m/K)	0.253
間隙 (m)	點傳導係數		間隙 (m)	點傳導係數	
	$W/m^2/K$	$cal/s/cm^2$		$W/m^2/K$	$cal/s/cm^2$
0.00001	4700	0.11226	0.00001	25300	0.604291
0.00002	2350	0.05613	0.00002	12650	0.302145
0.00003	1566.67	0.03742	0.00003	8433.33	0.20143
0.00004	1175	0.028065	0.00004	6325	0.151073
0.00005	940	0.022452	0.00005	5060	0.120858
0.00006	783.333	0.01871	0.00006	4216.67	0.100715
0.00007	671.429	0.016037	0.00007	3614.29	0.086327
0.00008	587.5	0.014032	0.00008	3162.5	0.075536
0.00009	522.222	0.012473	0.00009	2811.11	0.067143
0.0001	470	0.011226	0.0001	2530	0.060429
0.00011	427.273	0.010205	0.00011	2300	0.054936
0.00012	391.667	0.009355	0.00012	2108.33	0.050358
0.00013	361.538	0.008635	0.00013	1946.15	0.046484
0.00014	335.714	0.008019	0.00014	1807.14	0.043164
0.00015	313.333	0.007484	0.00015	1686.67	0.040286
0.00016	293.75	0.007016	0.00016	1581.25	0.037768
0.00017	276.471	0.006604	0.00017	1488.24	0.035547
0.00018	261.111	0.006237	0.00018	1405.56	0.033572
0.00019	247.368	0.005908	0.00019	1331.58	0.031805
0.0002	235	0.005613	0.0002	1265	0.030215

針對相同的傳熱轉移係數，使用氦氣或氫氣作爲氣體可允許間隙尺寸大約較大5倍。換句話說，使用氦氣或氫氣作爲間隙中的氣體在相同的間隙尺寸時可增加急冷可用的熱轉移係數大約5倍。

【0082】 除了透過氣體藉由傳導多過於藉由對流來冷卻之外，另一實施例包括透過氣體藉由傳導多過於藉由對流來加熱（或者加熱及/或冷卻）。關於傳導與對流的相對貢獻度，不論是用於加熱或冷卻，橫越間隙（或多個間隙）的熱轉移速率的對流分量Q_{conv}可給定爲：

$$Q_{conv} = e\dot{m}C_p\left(\frac{T_S + T_{HS}}{2} - T_i\right) \quad (15)$$

其中ṁ為氣體的質量流速，Cp為氣體的比熱容量，T_i為氣體流入間隙時的入口溫度，且e為流入間隙與板材表面與散熱器/源的表面（間隙的「壁部」）之氣體之間的熱交換的有效性。e的值從0（表示表面對氣體的熱交換為零）至1（表示氣體完全達到表面的溫度）。e的值可由熱轉移領域中熟習技藝者使用例如e-NTU方法來計算。

【0083】 但是通常，若板材的表面與散熱器/源的表面之間的間隙是小的，則e的值將會非常接近等於1，表示在氣體離開間隙之前，氣體加熱接近完全-平均來說等於任一側上的兩個表面的溫度的平均。假設$e = 1$（對流熱轉移的速率的輕微高估），且氣體通過散熱器/源的表面而供應至間隙，可假設間隙中的氣體的開始溫度相同於散熱器/源的表面的溫度（$T_i = T_{HS}$）。由於對流，熱轉移的速率然後可簡化為：

$$Q_{conv} = \dot{m}C_p\left(\frac{T_S - T_{HS}}{2}\right) \quad (16)$$

【0084】 在間隙的區域中主要藉由傳導來冷卻（或加熱，假設加熱時，來自熱源的輻射量並未太高）板材，因此要求：

$$Q_{cond} > Q_{conv} \quad (17)$$

將（17）結合於方程式（13）與（16）給出以下條件式：

$$\frac{k}{g} > \frac{\dot{m}C_p}{2A_g} \quad (18)$$

當（18）成立時，將實質上確保板材（在所關注的間隙區域中）主要藉由傳導來冷卻（或加熱）。因此，氣體的質量流速ṁ應小於每平方公尺間隙面積之$2kA_g/gC_p$或$2k/gC_p$。在一實施例中，$\dot{m} < B \cdot (2kA_g/gC_p)$，其中B爲對流冷卻相對於傳導冷卻的比率。當在本文使用時，B爲小於1且大於零的正的常數。對流冷卻相對於傳導冷卻的此比率可從小於一至1×10^{-8}的任何值。在一些實施例中，B小於0.9、0.8、0.7、0.6、0.5、0.4、0.1、5×10^{-2}、1×10^{-2}、5×10^{-3}、1×10^{-3}、5×10^{-4}、1×10^{-4}、5×10^{-5}、1×10^{-5}、5×10^{-6}、1×10^{-6}、5×10^{-7}、1×10^{-7}、5×10^{-8}、或1×10^{-8}。在一些實施例中，ṁ係最小化，與使用氣流來支撐與控制板材相對於散熱器表面的位置之需求一致。在其他實施例中，應選擇ṁ，來控制熱交換表面本身相對於板材的位置。

【0085】 藉由傳導多過於藉由對流來冷卻的玻璃板材的概略橫剖面係繪示在第15圖中。熱玻璃板材200具有其第一與第二（主要）表面200a、200b各自橫越個別的間隙204a與204b地面對個別的第一與第二散熱器201a、202a的個別的第一與第二表面201b、202b。氣體230饋送通過第一與第二表面201b、202b（如同箭頭所示），以供應間隙204a、204b，並且協助保持玻璃板材定中或定位在散熱器201a、202a之間。空氣或其他氣體可經過散熱器201a、202a的邊緣而離開，如同箭頭240所示。藉由根據前述段落與上述的其他討論來選擇間

隙204a、204b的大小與氣體以及氣體230的流速，將藉由傳導多過於藉由對流來冷卻玻璃板材200。

【0086】 在一些實施例中，間隙204a、204b係配置成具有橫越間隙的厚度或距離係足以使加熱的玻璃板材藉由傳導多過於藉由對流來冷卻。在一些實施例中，間隙204a與204b可具有大約100μm或更大的厚度（例如，範圍從大約100μm至大約200μm、從大約100μm至大約190μm、從大約100μm至大約180μm、從大約100μm至大約170μm、從大約100μm至大約160μm、從大約100μm至大約150μm、從大約110μm至大約200μm、從大約120μm至大約200μm、從大約130μm至大約200μm、或從大約140μm至大約200μm）。在其他實施例中，間隙204a與204b可具有大約100μm或更小的厚度（例如，範圍從大約10μm至大約100μm、從大約20μm至大約100μm、從大約30μm至大約100μm、從大約40μm至大約100μm、從大約10μm至大約90μm、從大約10μm至大約80μm、從大約10μm至大約70μm、從大約10μm至大約60μm、或從大約10μm至大約50μm）。

【0087】 散熱器201a、202a可包括固體或多孔結構。合適的材料包括（但不限於）鋁、青銅、碳或石墨、不銹鋼等。散熱器的尺寸可設計成足以解決玻璃板材的尺寸，並且有效率地且有效地轉移熱，而不會顯著改變散熱器的溫度。在散熱器201a及/或202a爲多孔的情況中，散熱

器201a及/或202a仍可包括額外的縫隙或孔，用於流動氣體，或者散熱器201a及/或202a可使用多孔結構來提供流動，或者上述兩者皆有。在一些實施例中，散熱器另外包括通道，以允許流體流動來控制散熱器的溫度，更詳細敘述於下與第17A圖至第17C圖中。

【0088】 消除先前技術的高氣體流速可促成在散熱面中使用非常小的縫隙或細孔，以提供間隙內的氣體。在一些實施例中，縫隙可小於2mm、小於1.5mm、小於1mm、小於0.5mm、小於0.25mm、或小於或等於200、150、100、50、30、20、或10μm（當在最小方向（例如，直徑）中量測時）。在一些實施例中，縫隙爲大約10μm至大約1mm、大約20μm至大約1mm、或大約50μm至大約1mm。縫隙的間距可爲大約10μm至大約3mm、大約20μm至大約2mm、或大約50μm至大約1mm（從縫隙的邊緣至邊緣量測）。小縫隙或細孔可作用爲個別的限流器，提供高性能的氣體軸承式動力學，例如支撐板材的高位準剛性與一致性，以定位板材並且控制間隙尺寸，允許熱強化效果的高同質性，以避免或減少應力雙折射。另外，因爲可使用非常小的細孔或縫隙，橫越間隙面向板材表面之散熱器的表面處的固體物質的相對量可最大化，藉此增加傳導的熱流。根據一實施例，使用此種縫隙作爲提供氣體至間隙的唯一路徑並且配置縫隙位於接近垂直於散熱器表面的方向中可最佳化氣體軸承式動力學，因爲來自縫隙的流動可不受來自例如額外的較大縫隙、來自板材

旁而非通過散熱器表面的其他來源之氣體流動、或其他的橫向流動之影響。

【0089】 第16圖與第17A圖至第17C圖根據本揭示案，繪示設備300的範例性實施例。第16圖繪示設備300的示意橫剖面圖，其中玻璃板材可透過進入傳導性散熱器的氣體來冷卻。該設備包括熱區310、冷區330、與轉變氣體軸承320，藉由轉變氣體軸承320可將玻璃製品從熱區310移動至冷區330，使得玻璃與軸承之間沒有接觸或實質上沒有接觸發生。熱區310具有氣體軸承312係各自饋送自熱區氣室318，軸承312具有筒形加熱器314係插入孔中通過軸承312，筒形加熱器314用以加熱熱區氣體軸承312升高至所欲的開始處理溫度。玻璃板材（熱區）400a保持在熱區氣體軸承312之間一持續時間，長到足以將玻璃板材400a帶至所欲的預冷卻溫度。

【0090】 在一些實施例中，在熱區中加熱板材可主要經由從散熱器傳導熱通過薄的氣體阻障來實行。熱區中使用的傳導加熱處理可類似於（但是相反於）上述的冷卻處理，亦即，將熱推送入至玻璃板材中。

【0091】 在一些實施例中，熱區氣體軸承312與玻璃板材400a之間的間隙316可較大，爲0.05“（1.27mm）至0.125”（3.175mm）或更大的量級，因爲玻璃板材400a可加熱得較慢，且針對此目的，從熱的氣體軸承312進入玻璃板材400a的熱輻射係足夠的。在其他實施例中，熱區間隙值可小至每側150微米或每側500微米。較

小的間隙會是有利的，因爲較小的間隙可促成軸承具有較佳的「剛性」-亦即，將玻璃定中且因此在玻璃處於其軟化狀態時使玻璃平坦之能力。在一些實施例中，在開始加熱步驟中，該處理可重新塑形玻璃板材-使玻璃平坦。在一些實施例中，頂部與底部的熱區軸承可爲開啓的致動器，允許以連續的方式改變間隙寬度，或者替代地，允許在間隙大時將玻璃帶入熱區中，且然後壓縮間隙，以在玻璃還是軟的時候使玻璃平坦。

【0092】 處理溫度取決於許多因素，包括玻璃成分、玻璃厚度、玻璃特性（CTE等）、與所欲的強化位準。通常，開始處理溫度可爲玻璃轉變溫度與利特爾頓軟化點（Littleton softening point）之間的任何值，或者在一些實施例中，甚至更高。針對SLG，例如，處理溫度範圍可爲大約640至大約730℃或大約690至大約730℃。在一些實施例中，處理溫度範圍可爲大約620至大約800℃、大約640至大約770℃、大約660至大約750℃、大約680至大約750℃、大約690至大約740℃、或大約690至大約730℃。

【0093】 玻璃板材400a加熱至其所欲的開始處理溫度，且然後可使用任何合適的方式將玻璃板材400a從熱區310移動至冷區330。在一些實施例中，從熱區310移動玻璃板材400a至冷區330可藉由例如下述來完成：(1)傾斜整個組件，使得重力作用在玻璃板材上，推動玻璃板材移動至冷區，(2)阻擋來自熱區310的最左邊出口的

氣體流動（在此實施例中，該等側部係封閉），藉此迫使發出自所有氣體軸承的所有氣體從冷區的最右邊出口離開，導致流體力施加在玻璃板材400a上並且導致玻璃板材400a移動至冷區330，或（3）藉由（1）與（2）的組合。轉變氣體軸承320可利用轉變軸承氣室328的氣體來供應。轉變氣體軸承320的表面背後的固體材料厚度可爲薄的及/或低的熱質量及/或低的熱傳導性，允許從熱區310至冷區330之減少的熱傳導，冷區330由單獨的氣室338來饋送。轉變氣體軸承320可作用爲兩個區310與330之間的熱中斷或轉變，並且可作用來從熱區的較大間隙316轉變變小至冷區330的小間隙336。一旦玻璃板材（冷區）400b移動至冷區330中並且進入通道330a中，玻璃板材400b被機械止動件（未圖示）阻止從右側出口離開。一旦玻璃板材400b冷卻得足以使中心經過玻璃轉變（在該情況中，例如，1mm厚的SLG要低於大約490℃，係對應於此範例中在表面處的大約325℃），止動閘可移除，且玻璃板材400b可從設備300移除。若需要的話，在移除之前，玻璃板材400b可留在冷區330中，直到某部分接近室溫。

【0094】 在第16圖所示的實施例中，冷區330包括通道330a，用於透過開口330b來接收玻璃板材400b（玻璃板材400b加熱至高於熱區中的玻璃板材的玻璃轉變溫度之溫度），輸送玻璃板材400b，且冷卻冷區中的玻璃板材400b。在一或更多個實施例中，通道330a包括輸送

系統，輸送系統可包括氣體軸承、滾輪、輸送帶、或其他機構來實體輸送玻璃板材通過冷區。因爲冷卻發生是實質上固體至固體，不需要解決在對流爲主的冷卻中存在的問題。例如，針對大的薄板材的回火，板材可：（1）選擇性地以比對流型急冷中通常使用的速率更高的速率，快速引入冷區中，或者（2）該處理操作在準連續模式中，其中多個板材以連續的串流一個接一個地加熱與冷卻(板材之間有小空間），且其中散熱器主動冷卻，使得散熱器達到熱平衡，使得大板材的前與後邊緣具有類似的熱歷程。

【0095】 在一些實施例中，冷區330包括一或更多個散熱器331係設置成相鄰於通道330a。其中使用兩個散熱器，使得散熱器可設置在通道330a的相對側，橫越通道間隙330a面向彼此。在一些實施例中，散熱器包括複數個縫隙331a，縫隙331a形成氣體軸承332的部分，且冷區330的冷氣體軸承332的表面係作用爲兩個散熱器表面。在一些實施例中，散熱器及/或其表面可分割。如同上述，在一些實施例中，散熱器可爲多孔的。在其他實施例中，散熱器可爲多孔的，且縫隙爲多孔散熱器的細孔。複數個縫隙332b、氣源、與通道間隙330a可爲流體連通的。在一些實施例中，氣體流經縫隙331a，以形成通道間隙330a中的氣墊。一些實施例的氣墊可防止玻璃板材400b接觸於散熱器331表面。氣體也可作用爲：藉由傳導多過於藉由對流來冷卻玻璃板材400b之氣體。在一些實施例中，流經縫隙的氣體冷卻散熱器。在一些實施例

中，流經縫隙的氣體藉由傳導（橫越間隙進入散熱器）多過於藉由對流來冷卻玻璃，並且冷卻散熱器331。在一些情況中，單獨的氣體或流體可用於冷卻散熱器331。例如，散熱器331可包括通路334，用於流動冷卻流體通過其中，以冷卻散熱器331，如同相關於第17A圖更完整敘述的。通路334可被包圍。

【0096】 當使用兩個散熱器時（亦即，第一散熱器與第二散熱器），一或更多個氣源可用來提供氣體至通道間隙330a。氣源可包括彼此相同的氣體或不同的氣體。通道間隙330a可因此包括一種氣體或來自不同氣源或相同氣源的氣體混合物。範例性氣體包括空氣、氮氣、二氧化碳、氦氣或其他惰性氣體、氫、與其各種組合。當氣體進入通道330a時（就在氣體開始傳導性冷卻玻璃板材400b之前），氣體可由其熱傳導性來敘述。在一些情況中，氣體可具有的熱傳導性爲：大約0.02W/（m·K）或更大、大約0.025W/（m·K）或更大、大約0.03W/（m·K）或更大、大約0.035 W/(m·K)或更大、大約0.04W/(m·K)或更大、大約0.045W/（m·K）或更大、大約0.05W/（m·K）或更大、大約0.06W/（m·K）或更大、大約0.07W/（m·K）或更大、大約0.08W/（m·K）或更大、大約0.09W/（m·K）或更大、大約0.1W /（m· K）或更大、大約0.15W/(m·K)或更大、或大約0.2W/(m·K)或更大。

【0097】 所述的處理允許高的熱轉移速率。使用空氣作為氣體，單獨透過傳導，熱轉移速率可能高達350、450、550、650、750、1000、與1200kW/m^{2}或更高。使用氦氣或氫氣，可達成5000 kW/m^{2}或更高的熱轉移速率。

【0098】 一或更多個實施例的散熱器331可為靜止的或者可移動來修改通道間隙330a的厚度。玻璃板材400b的厚度範圍可為通道間隙330a的厚度的大約0.4倍至大約0.6倍，通道間隙330a的厚度係界定為散熱器331的面向表面之間的距離。在一些情況中，通道間隙係配置成具有足夠的厚度，使得加熱的玻璃板材藉由傳導多過於藉由對流來冷卻。在一些實施例中，通道間隙可具有厚度，使得當玻璃板材400b輸送通過通道時，玻璃板材與散熱器表面之間的距離（間隙）為大約100μm或更大（例如，範圍為大約100μm至大約200μm、大約100μm至大約190μm、大約100μm至大約180μm、大約100μm至大約170μm、大約100μm至大約160μm、大約100μm至大約150μm、大約110μm至大約200μm、大約120μm至大約200μm、大約130μm至大約200μm、或大約140μm至大約200μm）。在一些實施例中，通道間隙可具有厚度，使得當玻璃板材400b輸送通過通道時，玻璃板材與散熱器表面之間的距離（間隙或多個間隙336）為大約100μm或更小（例如，範圍為大約10μm至大約100μm、大約20μm至大約100μm、大約30μm至大約

100μm、大約40μm至大約100μm、大約10μm至大約90μm、大約10μm至大約80μm、大約10μm至大約70μm、大約10μm至大約60μm、或大約10μm至大約50μm）。通道間隙330a的總厚度取決於玻璃板材400b的厚度，但是一般可特徵化爲2倍的散熱器表面與玻璃板材之間的距離加上玻璃板材的厚度。在一些實施例中，玻璃板材與散熱器之間的距離或間隙336可能不相等。在此種實施例中，通道間隙330a的總厚度可特徵化爲玻璃板材與每一散熱器表面之間的距離與玻璃板材的厚度之總和。

【0099】 在一些情況中，通道間隙的總厚度可小於大約2500μm（例如，範圍爲大約120μm至大約2500μm、大約150μm至大約2500μm、大約200μm至大約2500μm、大約300μm至大約2500μm、大約400μm至大約2500μm、大約500μm至大約2500μm、大約600μm至大約2500μm、大約700μm至大約2500μm、大約800μm至大約2500μm、大約900μm至大約2500μm、大約1000μm至大約2500μm、大約120μm至大約2250μm、大約120μm至大約2000μm、大約120μm至大約1800μm、大約120μm至大約1600μm、大約120μm至大約1500μm、大約120μm至大約1400μm、大約120μm至大約1300μm、大約120μm至大約1200μm、或大約120μm至大約1000μm）。在一些情況中，通道間隙的總厚度可爲大約2500μm或更大

（例如，範圍爲大約2500μm至大約10000μm、大約2500μm至大約9000μm、大約2500μm至大約8000μm、大約2500μm至大約7000μm、大約2500μm至大約6000μm、大約2500μm至大約5000μm、大約2500μm至大約4000μm、大約2750μm大約10000μm、大約3000μm至大約10000μm、大約3500μm至大約10000μm、大約4000μm至大約10000μm、大約4500μm至大約10000μm、或大約5000μm至大約10000μm）。

【0100】 散熱器331中的縫隙331a可定位成垂直於散熱器表面，或者可定位成離垂直於散熱器表面20度或更小的角度處（例如，大約15度或更小、大約10度或更小、或大約5度或更小）。

【0101】 在一些實施例中，散熱器（冷軸承332）表面後面的材料可爲具有高熱轉移速率的任何合適材料，包括金屬（例如，不銹鋼、銅、鋁）、陶瓷、碳等）。此材料相較於轉變軸承320的表面後面的材料可較厚（如圖所示），使得散熱器可很容易地接受較大量的熱能。第17A圖爲類似於第16圖的設備之設備的剖視透視橫剖面（雖然右左相反），且額外包括與設備300的冷區330相鄰的裝載/卸載區340，裝載/卸載區340包括裝載/卸載氣體軸承342，其中玻璃薄板400c定位在裝載/卸載氣體軸承342上。此外，第17A圖的設備在所有的熱區、轉變軸承

區、與冷區310、320、與330中分別使用緊密的通道間隙（在圖式中未顯示）。

【0102】 第17A圖中的插圖繪示冷區氣體軸承332a的替代實施例，其中氣體軸承322a由氣體軸承饋送孔333之間的冷卻劑通道334來主動冷卻，其中饋送孔饋送軸承332a的表面中的縫隙。冷卻通道334界定在散熱器區段333b(散熱器區段333b組裝在一起而形成散熱器332a)與面向玻璃板材400b的其表面之間。冷卻通道334可定位成非常接近氣體軸承332的固體材料中的散熱器331的表面，其中散熱器/氣體軸承表面與冷卻劑通道334的最接近表面的邊緣之間的固體軸承材料的區域具有與冷卻劑通道334的最接近表面的邊緣相同的寬度。因此，在一些實施例中，冷卻劑通道334與面向玻璃400b的表面之間的散熱器331/氣體軸承332a的固體材料中沒有橫截面減小的區域。這不同於一般的對流氣體冷卻設備，因爲高氣體流速要求大的空間設置於氣體噴嘴陣列的中間，以用於氣流的逃脫。當使用主動冷卻時，通常需要在氣體噴嘴設計的固體材料中具有減小橫截面的區域，相對於最靠近玻璃表面的固體材料來說。減小橫截面的區域通常位於主動冷卻流體與處理時的玻璃板材之間，以提供高體積的路徑，來用於從板材返回的大體積的加熱氣體。

【0103】 第17B圖繪示冷區氣體軸承332b的又另一替代實施例，類似於第17A圖的插圖的冷區氣體軸承。在此實施例中，冷卻劑通道334形成於氣體軸承饋送構件

335、含氣體的軸承饋送孔333、與氣體軸承面構件337a之間，氣體軸承面構件337a提供氣體軸承332b的玻璃板材400b面向表面。第17C圖繪示冷區氣體軸承332c的又另一替代實施例，類似於第17B圖的實施例的結構，但是具有多孔構件339在軸承板構件337b之間，多孔構件339形成面向玻璃板材400b的表面。

【0104】 本文所述的處理與設備通常可用於幾乎任何的玻璃成分，且一些實施例可用於玻璃層壓板、玻璃陶瓷、及/或陶瓷。在實施例中，該等處理可用於具有高CTE的玻璃成分。在實施例中，所使用的玻璃包括鹼金屬鋁矽酸鹽（例如，Corning's® Gorilla® Glasses、SLG、無鈉或無鹼玻璃等。在一些實施例中，所使用的玻璃具有的CTE大於大約40×10^{-7}/℃、大於大約50x10^{-7}/℃、大於大約60x10^{-7}/℃、大於大約70x10^{-7}/℃、大於大約80x10^{-7}/℃、或大於大約90x10^{-7}/℃。

【0105】 本文所述的處理與設備通常可用於任何厚度的玻璃。在一些實施例中，使用3mm或更小厚度的玻璃板材。在一些實施例中，玻璃厚度爲大約8mm或更小、大約6mm或更小、大約3mm或更小、大約2.5mm或更小、大約2mm或更小、大約1.8mm或更小、大約1.6mm或更小、大約1.4mm或更小、大約1.2mm或更小、大約1mm或更小、大約0.8mm或更小、大約0.7mm或更小、大約0.6mm或更小、大約0.5mm或更小、大約0.4mm或更小、大約0.3mm或更小、或大約0.28mm或更小。

在一些實施例中，玻璃爲撓性玻璃板材。在其他實施例中，玻璃爲包括兩或更多個玻璃板材的疊層板。

【0106】 本文揭示的處理所產生的玻璃的壓縮應力係變化作爲玻璃厚度的函數。在一些實施例中，具有3mm或更小厚度的玻璃具有至少80MPa的壓縮應力，例如至少100MPa、例如至少150MPa、例如至少200MPa、例如至少250MPa、例如至少300MPa、例如至少350MPa、例如至少400MPa、及/或不超過1GPa。在設想到的實施例中，具有2mm或更小厚度的玻璃具有至少80MPa的壓縮應力，例如至少100MPa、例如至少150MPa、例如至少175MPa、例如至少200MPa、例如至少250MPa、例如至少300MPa、例如至少350MPa、及/或不超過1GPa。在設想到的實施例中，具有1.5mm或更小厚度的玻璃具有至少80MPa的壓縮應力，例如至少100MPa、例如至少150MPa、例如至少175MPa、例如至少200MPa、例如至少250MPa、例如至少300MPa、例如至少350MPa、及/或不超過1GPa。在設想到的實施例中，具有1mm或更小厚度的玻璃具有至少80MPa的壓縮應力，例如至少100MPa、至少150MPa、例如至少175MPa、例如至少200MPa、例如至少250MPa、例如至少300MPa、及/或不超過1GPa。在設想到的實施例中，具有0.5mm或更小厚度的玻璃具有至少50MPa的壓縮應力，例如至少80MPa、例如至少100MPa、例如

至少150MPa、例如至少175MPa、例如至少200MPa、例如至少250MPa、及/或不超過1GPa。

【0107】 已經經歷本文所述的處理之玻璃板材可進一步進行離子交換處理，以進一步增加其強度。在設想到的一些此種實施例中，如同本文所述所熱強化的離子交換玻璃可增加上述的壓縮應力達至少20MPa，例如至少50MPa、例如至少70MPa、例如至少80MPa、例如至少100MPa、例如至少150MPa、例如至少200MPa、例如至少300MPa、例如至少400MPa、例如至少500MPa、例如至少600MPa、及/或不大於1GPa。

【0108】 除了熱回火薄玻璃板材之外，本文所述的處理與設備也可用於額外的處理。雖然具體聲稱爲冷卻，該等設備與方法可同樣用於經由傳導性方法來轉移熱至玻璃板材中。此種處理或方法係例示在第18圖的流程圖中。方法700其中繪示包括兩個主要步驟。第一步驟（步驟710）包括僅提供具有表面的製品。第二步驟（步驟720）包括：加熱或冷卻該製品的表面的一部分至製品的整個表面並且包括製品的整個表面。步驟720透過自或至熱源或散熱器的氣體、藉由傳導多過於藉由對流而執行（如同子部分720a中所示），並且在子部分720b中執行到足以完成製品或製品的表面的部分的熱調節，且步驟720的冷卻/加熱的傳導係以高熱轉移速率執行，在子部分720b中的該部分的區域至少爲450kW/m^2。

【0109】 例如，可熱調節製品-亦即，加熱或冷卻-藉由冷卻或加熱製品的表面的一部分至製品的整個表面並且包括製品的整個表面，該部分具有一區域係藉由傳導多過於藉由對流、透過自或至散熱器或熱源的氣體居中傳導，而非透過固體至固體的接觸，以足以完成製品或製品的表面的部分的熱調節，且該傳導在加熱或冷卻的至少一些時間期間係以至少下述速率執行：每平方公尺450、550、650、750、800、900、1000、1100、或1200、1500、2000、3000、4000或甚至5000kW或更高。

【0110】 除了回火之外，高的熱功率轉移速率使本發明可用於所有種類的熱處理，包括回火期間的加熱與冷卻、玻璃的邊緣強化、陶瓷、玻璃、或其他材料的燒製或燒結等。此外，因爲熱係主要藉由傳導而提取或傳送，在受處理的製品中的熱分佈與熱歷程提供嚴密的控制，同時保持表面平滑性與品質。因此，藉由改變間隙、改變散熱器/源材料、改變散熱器/源溫度、改變氣體混合物，將可使用本揭示案的設備與方法來故意改變強化處理的應力分佈（在厚度方向與板材平面所在的方向兩者中）。

範例

【0111】 設備設置-如同上面詳細敘述的，該設備包括三個區-熱區、轉變區、與急冷區。熱區與急冷區中的頂部與底部熱軸承（散熱器）之間的間隙係設定成所欲的間距。熱區、轉變區、與急冷區中的氣體流速係設定成確保將空氣軸承上的部分的定中。熱區預先加熱至所欲的

T_0，玻璃製品隨後將從該溫度急冷。爲了確保均勻加熱，玻璃製品在分離的預熱設備中預熱，例如批次式或連續式熔爐。通常，在裝載至熱區中之前，玻璃板材係預熱超過5分鐘。針對鈉鈣玻璃，在大約450℃執行預熱。在預熱階段之後，將玻璃製品裝載至熱區中並且使玻璃製品平衡，其中平衡係玻璃均勻地處於T_0。T_0可由所欲的回火來決定，但是通常保持在軟化點與玻璃轉變溫度之間的範圍內。達到平衡的時間至少取決於玻璃的厚度。例如，針對大約1.1mm或更小的玻璃板材，平衡發生在大約10秒時。針對3mm的玻璃板材，平衡發生在大約　　。針對較厚的板材，高達大約6mm，平衡時間可爲60秒的量級（針對大約6mm厚的製品）。一旦玻璃已經平衡至T_0，玻璃迅速地轉移通過空氣軸承上的轉變區並且進入急冷區中。玻璃製品在急冷區中快速急冷至低於玻璃轉變溫度Tg的溫度。玻璃板材可保持在急冷區中任何時間時期，1秒、10秒、或數分鐘或更長的時間，取決於所欲的急冷程度及/或玻璃移除時所欲的溫度。在移除玻璃時，選擇性地允許玻璃在處理之前冷卻。

【0112】 下面的範例係總結在表V中。

【0113】 範例1-在轉移至熱區之前，5.7mm厚的鈉鈣矽酸鹽玻璃板材係在450℃預熱10分鐘，在熱區中玻璃板材保持在690℃的T_0達60秒。在平衡至T_0之後，玻璃板材迅速地轉移至急冷區，急冷區具有91μm的間隙（其中該間隙爲玻璃板材的表面與最靠近的散熱器之間的距

離），在急冷區中保持玻璃板材10秒。所產生的製品具有-312MPa的表面壓縮、127MPa的中心張力、與83μm的平坦度。

【0114】 範例2-在轉移至熱區之前，5.7mm厚的鈉鈣矽酸鹽玻璃板材係在450℃預熱10分鐘，在熱區中玻璃板材保持在690℃的T_0達60秒。在平衡之後，玻璃板材迅速地轉移至急冷區，急冷區具有91μm的間隙，在急冷區中保持玻璃板材10秒。所產生的製品具有-317MPa的表面壓縮、133MPa的中心張力、與90μm的平坦度。

【0115】 範例3-在轉移至熱區之前，1.1mm厚的鈉鈣矽酸鹽玻璃板材係在450℃預熱10分鐘，在熱區中玻璃板材保持在700℃的T_0達10秒。在平衡之後，玻璃板材迅速地轉移至急冷區，急冷區具有56μm的間隙，在急冷區中保持玻璃板材10秒。所產生的製品具有量測到的表面假想溫度爲661℃、-176MPa的表面壓縮、89MPa的中心張力、190μm的平坦度、與10-20N的維氏裂紋臨界值。

【0116】 範例4-在轉移至熱區之前，0.55mm厚的鈉鈣矽酸鹽玻璃板材係在450℃預熱10分鐘，在熱區中玻璃板材保持在720℃的T_0達10秒。在平衡之後，玻璃板材迅速地轉移至急冷區，急冷區具有25μm的間隙，在急冷區中保持玻璃板材10秒，產生有效的熱轉移速率爲0.184 cal/(cm^2·s·℃)。所產生的製品具有-176MPa的表面壓縮、63MPa的中心張力、與125μm的平坦度。

【0117】 範例5-在轉移至熱區之前，1.5mm厚的CORNING® GORILLA®玻璃板材係在550℃預熱10分鐘，在熱區中玻璃板材保持在790℃的T_0達30秒。在平衡之後，玻璃板材迅速地轉移至急冷區，急冷區具有226μm的間隙，在急冷區中保持玻璃板材10秒。玻璃製品具有量測到的平坦度改良爲：處理之前爲113μm，且處理之後爲58μm。

【0118】 範例6-在轉移至熱區之前，0.7mm厚的鈉鈣矽酸鹽玻璃板材係在450℃預熱10分鐘，在熱區中玻璃板材保持在730℃的T_0達10秒。在平衡之後，玻璃板材迅速地轉移至急冷區，急冷區具有31μm的間隙，在急冷區中保持玻璃板材10秒，產生有效的熱轉移速率爲0.149cal/(cm^2·s·℃)。所產生的製品具有-206MPa的表面壓縮、100MPa的中心張力、與82μm的平坦度。在斷裂時，觀察到玻璃板材「碎成方塊」(使用標準術語，針對2mm或更大厚度的板材，碎成方塊-亦即，5×5cm^{2}的玻璃板材破裂成40或更多片)，表示板材完全回火。

【0119】 範例7-在轉移至熱區之前，3.3mm厚的Borofloat-33玻璃板材係在550℃預熱10分鐘，在熱區中玻璃板材保持在800℃的T_0達30秒。在平衡之後，玻璃板材迅速地轉移至急冷區，急冷區具有119μm的間隙，在急冷區中保持玻璃板材10秒。所產生的製品具有120μm的平坦度。在部件斷裂時，觀察到玻璃板材「碎成方塊」(使用標準術語，針對2mm或更大厚度的板材，

碎成方塊-亦即，5×5cm^{2}的玻璃板材破裂成40或更多片），表示板材完全回火。

【0120】 範例8-在轉移至熱區之前，3.2mm厚的鈉鈣矽酸鹽玻璃板材係在450℃預熱10分鐘，在熱區中玻璃板材保持在690℃的T_0達30秒。在平衡之後，玻璃板材迅速地轉移至急冷區，急冷區具有84μm的間隙，在急冷區中保持玻璃板材10秒。所產生的製品具有-218MPa的表面壓縮、105MPa的中心張力、與84μm的平坦度。

【0121】 範例9-在轉移至熱區之前，0.3mm厚的鈉鈣矽酸鹽玻璃板材係在450℃預熱10分鐘，在熱區中玻璃板材保持在630℃的T_0達10秒。在平衡之後，玻璃板材迅速地轉移至急冷區，急冷區具有159μm的間隙，在急冷區中保持玻璃板材10秒。所產生的製品具有藉由灰區旋光量測（gray field polarimetry）可觀察到的薄膜應力，表示玻璃已經併入熱應力。

【0122】 範例10-在轉移至熱區之前，0.1mm厚的CORNING® GORILLA®玻璃板材係在550℃預熱10分鐘，在熱區中玻璃板材保持在820℃的T_0達10秒。在平衡之後，玻璃板材迅速地轉移至急冷區，急冷區具有141μm的間隙，在急冷區中保持玻璃板材10秒，產生有效的熱轉移速率爲0.033 cal/(cm^2·s·℃)。在斷裂時，所產生的製品呈現與應力殘餘玻璃一致的反應。

【0123】 範例11-在轉移至熱區之前，1.1mm厚的鈉鈣矽酸鹽玻璃板材係在450℃預熱10分鐘，在熱區中玻

璃板材保持在700℃的T_0達10秒。在平衡之後，玻璃板材迅速地轉移至急冷區，急冷區具有65μm的間隙，在急冷區中保持玻璃板材10秒，產生有效的熱轉移速率爲0.07 cal/（$cm^2 \cdot s \cdot ℃$）。所產生的製品具有量測到的表面假想溫度爲657℃、-201MPa的表面壓縮、98MPa的中心張力、158μm的平坦度、與10-20N的維氏裂紋臨界值。

【0124】 範例12-在轉移至熱區之前，1.1mm厚的CORNING® GORILLA®玻璃板材係在550℃預熱10分鐘，在熱區中玻璃板材保持在810℃的T_0達10秒。在平衡之後，玻璃板材迅速地轉移至急冷區，急冷區具有86μm的間隙，在急冷區中保持玻璃板材10秒，產生有效的熱轉移速率爲0.058 cal/（$cm^2 \cdot s \cdot ℃$）。所產生的製品具有量測到的表面假想溫度爲711℃、-201MPa的表面壓縮、67MPa的中心張力、與20-30N的維氏裂紋臨界值。

【0125】 範例13-在轉移至熱區之前，1.1mm厚的CORNING® GORILLA®玻璃板材係在550℃預熱10分鐘，在熱區中玻璃板材保持在800℃的T_0達10秒。在平衡之後，玻璃板材迅速地轉移至急冷區，急冷區具有91μm的間隙，在急冷區中保持玻璃板材10秒。所產生的製品具有量測到的表面假想溫度爲747℃、-138MPa的表面壓縮、53MPa的中心張力、66μm的平坦度、與20-30N的維氏裂紋臨界值。

表 V

範例	厚度 (mm)	成分	間隙 (um)	T_0	氣體	CS (MPa)	CT (MPa)	主要平坦度 (um)	假想溫度 (°C)	維氏裂紋臨界值 (N)
1	5.7	SLG	91	690	氮氣	-312	127	83	--	--
2	5.7	SLG	91	690	氮氣	-317	133	90	--	--
3	1.1	SLG	56	700	氮氣	-176	89	190	661.3	10-20
4	0.55	SLG	25	720	氮氣	-176	63	125	--	--
5	1.5	GG	226	790	氮氣	--	--	113 之前/ 58 之後	--	--
6	0.7	SLG	31	730	氮氣	-206	100	82	--	--
7	3.3	Borofloat 33	119	800	氮氣	--	--	121	--	--
8	3.2	SLG	84	690	氮氣	-218	105	81	--	--
9	0.3	SLG	159	630	氮氣	--	--	--	--	--
10	0.1	GG	141	820	氮氣	--	--	--	--	--
11	1.1	SLG	65	700	氮氣	-201	98	158	657	10-20
12	1.1	GG	86	810	氮氣	-201	67	--	711	20-30
13	1.1	GG	91	800	氮氣	-138	53	66	747	20-30

【0126】 其他態樣與優點將從說明書整體與所附申請專利範圍的再檢視而變得明顯。

【符號說明】

【0127】

100 方法或處理

110 步驟

130A、130B 步驟

160 步驟

200 熱玻璃板材

200a 第一（主要）表面

200b 第二（主要）表面

201a 第一散熱器

201b 第一表面

202a 第二散熱器

202b 第二表面

204a、204b 間隙

230 氣體

300 設備

310 熱區

312 氣體軸承

314 加熱器

316 間隙

318 熱區氣室

320 轉變氣體軸承

328 轉變軸承氣室

330 冷區

330a 通道間隙

330b 開口

331 散熱器

331a 縫隙

332 氣體軸承

332b 縫隙

333 氣體軸承饋送孔

333b 散熱器區段

334 通路（冷卻劑通道）

335 氣體軸承饋送構件

336 間隙

337a 氣體軸承面構件

337b 軸承板構件

338 氣室

339 多孔構件

340 裝載/卸載區

342 裝載/卸載氣體軸承

400a、400b、400c 玻璃板材

500 玻璃板材

510 第一主要表面

520 第二主要表面

530、540 熱致壓縮應力區域

550 熱致中心拉伸應力區域

601、602 值

700 方法

704、730 線跡

710、720 步驟

720a、720b 子部分

A、B、A'、B' 點

l 長度

O、N 曲線

R 區域

t 厚度

w 寬度

【生物材料寄存】

【0128】 國內寄存資訊(請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【0129】 國外寄存資訊(請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種用於強化一板材的處理，該處理包括下述步驟：

冷卻一板材，該板材包括一材料，該板材具有第一與第二板材表面，該材料具有一轉變溫度，該板材在該冷卻開始時係處於大於該轉變溫度之一溫度，其中該冷卻係執行下述步驟：

a. 將該第一板材表面定位成相鄰於一第一散熱器表面，其中該第一板材表面與該第一散熱器表面之間有一第一間隙，使得發生從該第一板材表面至該第一散熱器表面的熱傳導，該第一間隙具有橫越該第一間隙的一長度 g_1 與該第一間隙的一面積 A_{g1}，

b. 將該第二板材表面定位成相鄰於一第二散熱器表面，其中該第二板材表面與該第二散熱器表面之間有一第二間隙，使得發生從該第二板材表面至該第二散熱器表面的熱傳導，該第二間隙具有橫越該第二間隙的一長度 g_2 與該第二間隙的一面積 A_{g2}，

c. 提供一第一氣體的一第一流動至該第一間隙且提供一第二氣體的一第二流動至該第二間隙，該第一氣體具有一熱容量 C_{p1} 與一熱傳導性 k_1，該第二氣體具有一熱容量 C_{p2} 與一熱傳導性 k_2，至該第一間隙的該流動係以該第一氣體的一質量流速 $\dot{m}_1$ 來提供，

其中 $\dot{m}_1$ 大於零且小於（$2_{k1}A_{g1}$）/（g_1C_{p1}），且至該第二間隙的該流動係以該第二氣體的一質量流速 $\dot{m}_2$ 來提供，其中 $\dot{m}_2$ 大於零且小於（$2k_2Ag_2$）/（g_2C_{p2}），藉此該第一與第二流動接觸於該板材，且藉由傳導多過於藉由對流來冷卻該板材，

d. 足以產生該板材的一表面壓縮應力與一中心張力。

【第2項】 如請求項1所述之處理，其中該第一散熱器表面具有多個第一縫隙，且該第二散熱器表面具有多個第二縫隙，且其中提供一第一氣體的一第一流動至該第一間隙包括下述步驟：僅通過該多個第一縫隙來流動該第一氣體至該第一間隙，且其中提供一第二氣體的一第二流動至該第二間隙包括下述步驟：僅通過該多個第二縫隙來流動該第二氣體至該第二間隙。

【第3項】 一種用於強化一板材的處理，該處理包括下述步驟：

a. 至少部分藉由傳送至一板材的一第一表面與一第一散熱器之間的一間隙之一氣體的一壓力或一流動，來支撐該板材的至少一部分於該第一表面上，其中該板材包括一玻璃，該玻璃具有一轉變溫度，且該板材係處於大於該玻璃的該轉變溫度之一溫度；

b. 藉由熱傳導多過於藉由對流，透過至一散熱器

的該氣體，從該板材的該第一表面來冷卻該板材。

【第4項】 一種用於強化一板材的處理，該處理包括下述步驟：

加熱一板材，該板材包括一材料，且該板材具有第一與第二板材表面，該材料具有一轉變溫度，該加熱係執行得足以使該板材高於該轉變溫度；

將該第一板材表面定位成橫越一第一間隙相鄰於一第一散熱器表面，該第一散熱器表面具有第一多個縫隙；

將該第二板材表面定位成橫越一第二間隙相鄰於一第二散熱器表面，該第二散熱器表面具有第二多個縫隙；

通過該第一與第二多個縫隙，將一氣體傳送至該第一與第二間隙中，並且冷卻該板材

a. 藉由傳導多過於藉由對流，及

b. 足以在該板材中產生一熱致表面壓縮與一熱致中心張力。

【第5項】 一種設備，包括：

一第一散熱器，該第一散熱器具有一第一散熱器表面；

一第二散熱器，該第二散熱器具有一第二散熱器表面，該第二散熱器設置成相對於該第一散熱器；及

在該第一散熱器表面與該第二散熱器表面之間的一間隙；

其中該間隙包括一氣體，且該間隙係配置來接收一加熱的玻璃板材並且藉由傳導多過於藉由對流來冷卻該加熱的玻璃板材，以提供一熱調節的板材。

【第6項】 如請求項5所述之設備，其中該氣體藉由傳導多過於藉由對流來冷卻該加熱的玻璃板材。

【第7項】 如請求項6所述之設備，其中形成於該第一散熱器表面及該第二散熱器表面中的複數個縫隙包括小於1mm之一最小的橫截面尺寸。

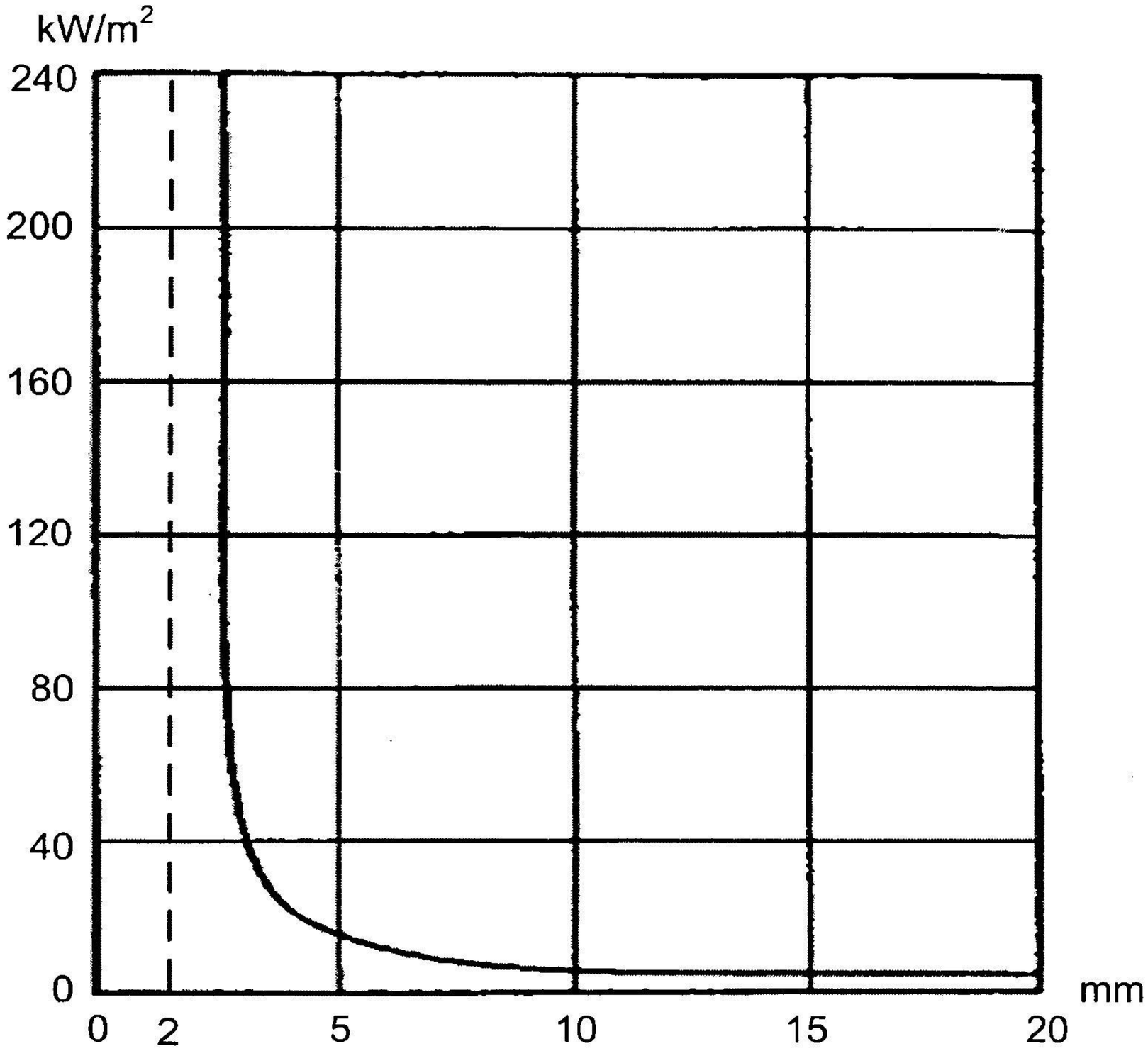
【第8項】 如請求項7所述之設備，其中該複數個縫隙係定位成離垂直於該個別的第一與第二散熱器表面20度或小於20度的一角度處。

【第9項】 如請求項7所述之設備，其中該氣體在進入該間隙中時包括至少0.04W/(m·K)的一熱傳導性。

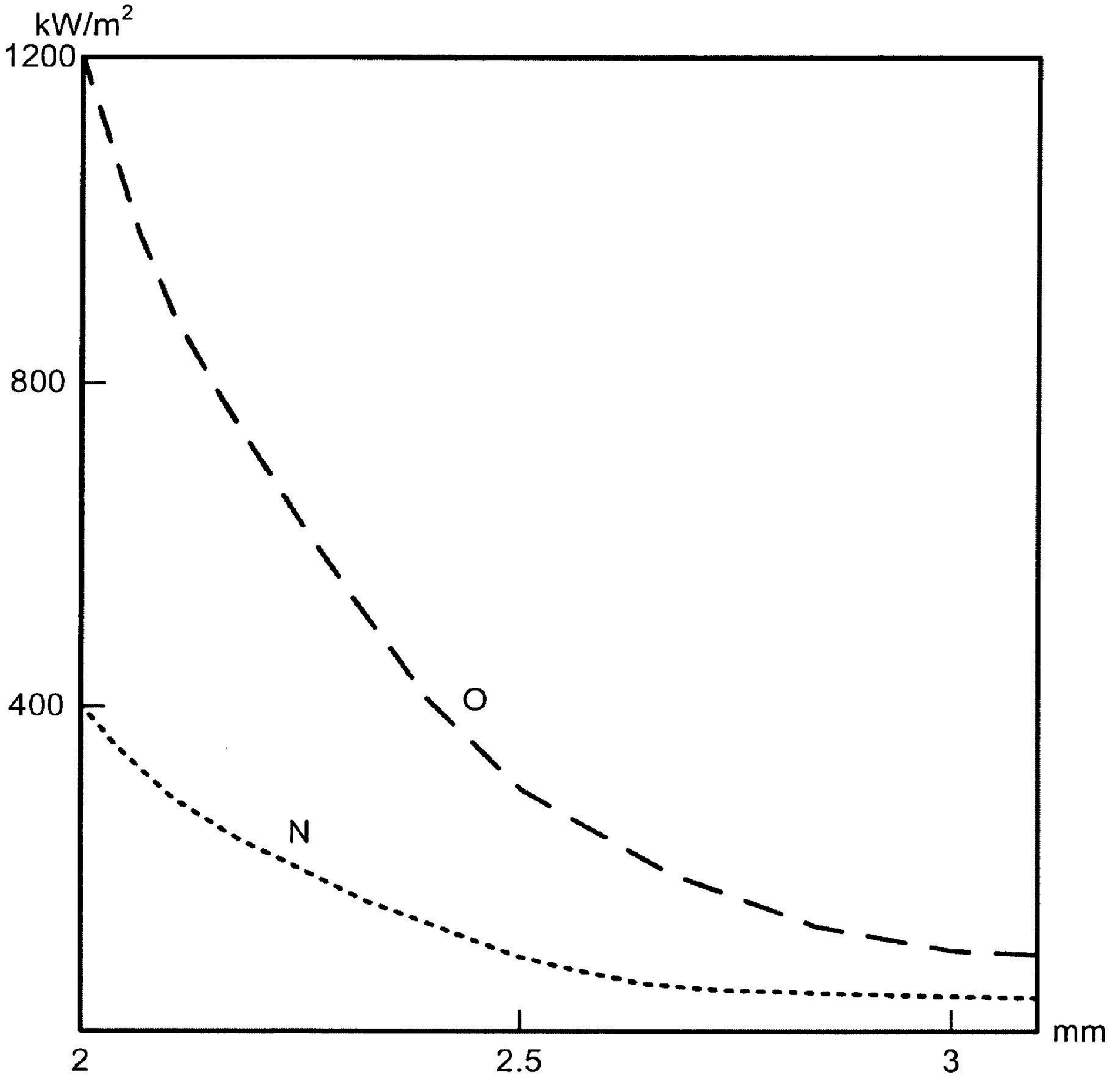
【第10項】 如請求項7所述之設備，進一步包括一加熱區，用於加熱包括一玻璃轉變溫度的一玻璃板材至高於該玻璃轉變溫度之一溫度，以提供該加熱的玻璃板材。

【第11項】 如請求項10所述之設備，進一步包括設置於該加熱區與該間隙之間的一轉變區，該轉變區用於輸送該加熱的玻璃板材從該加熱區至該間隙。

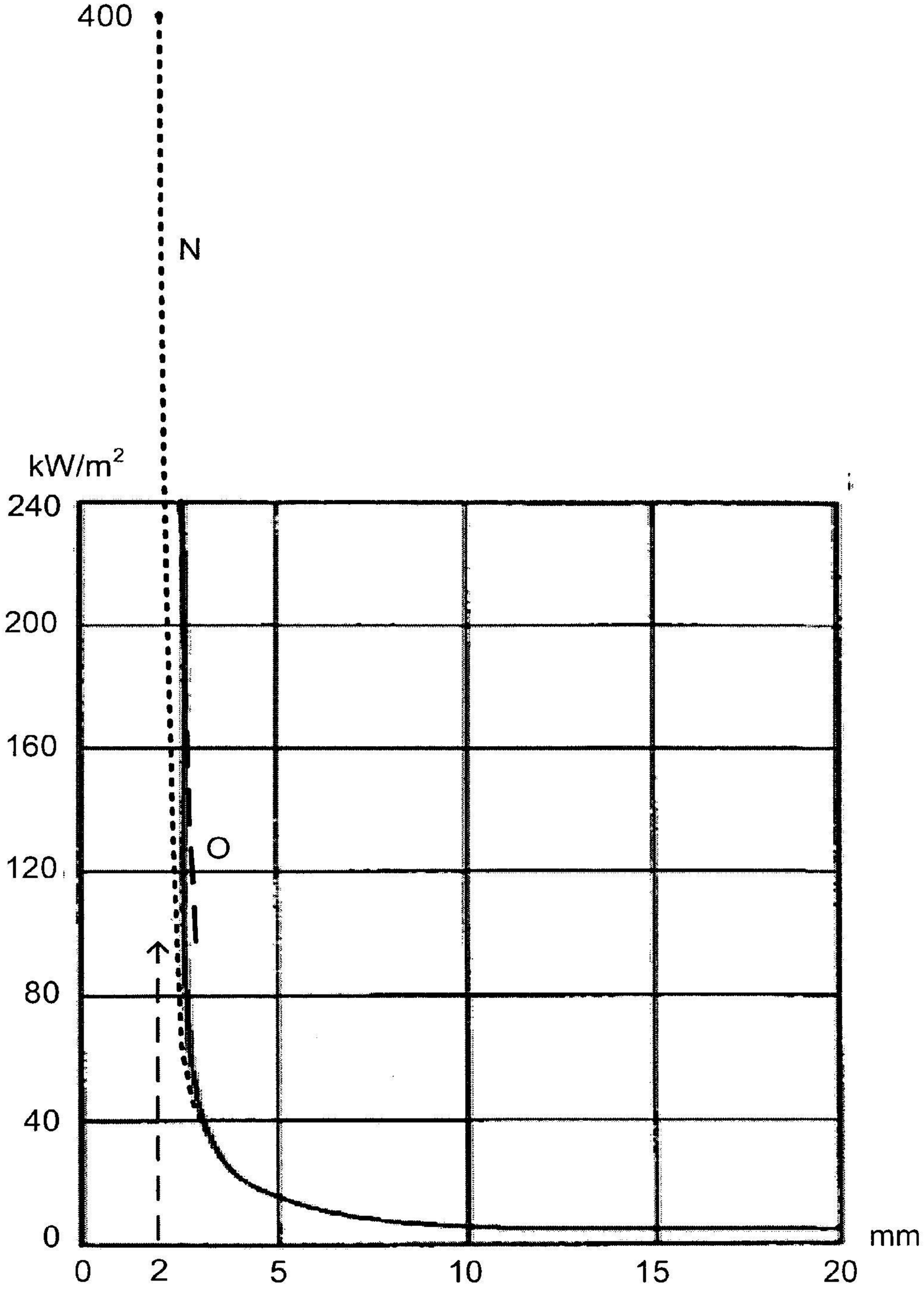
圖式



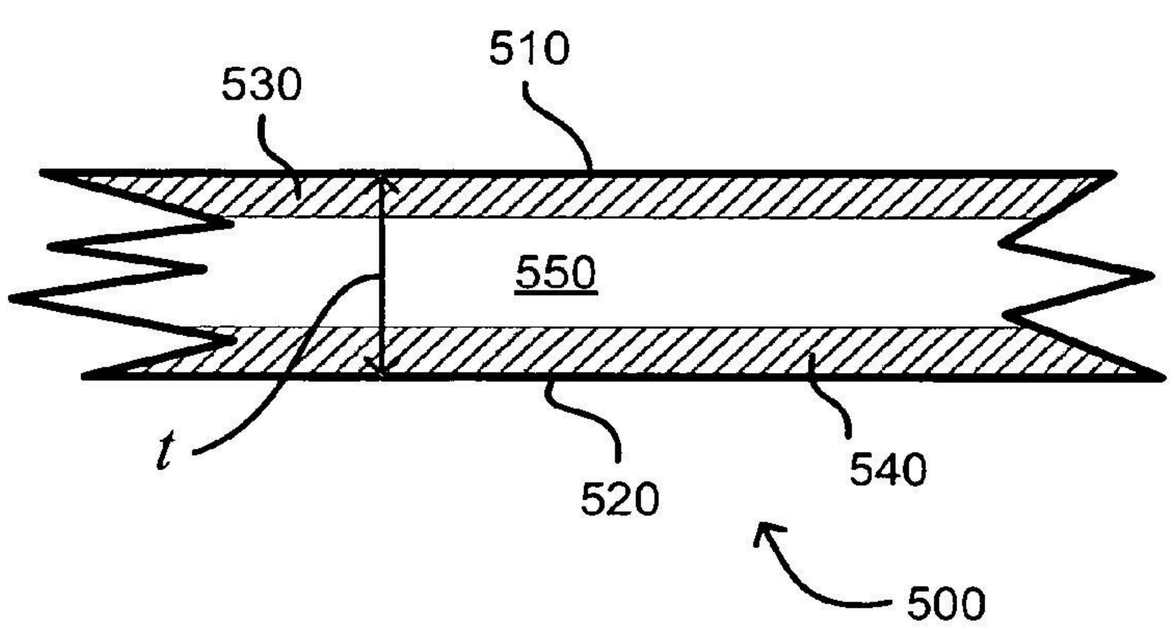
第1圖
(先前技術)



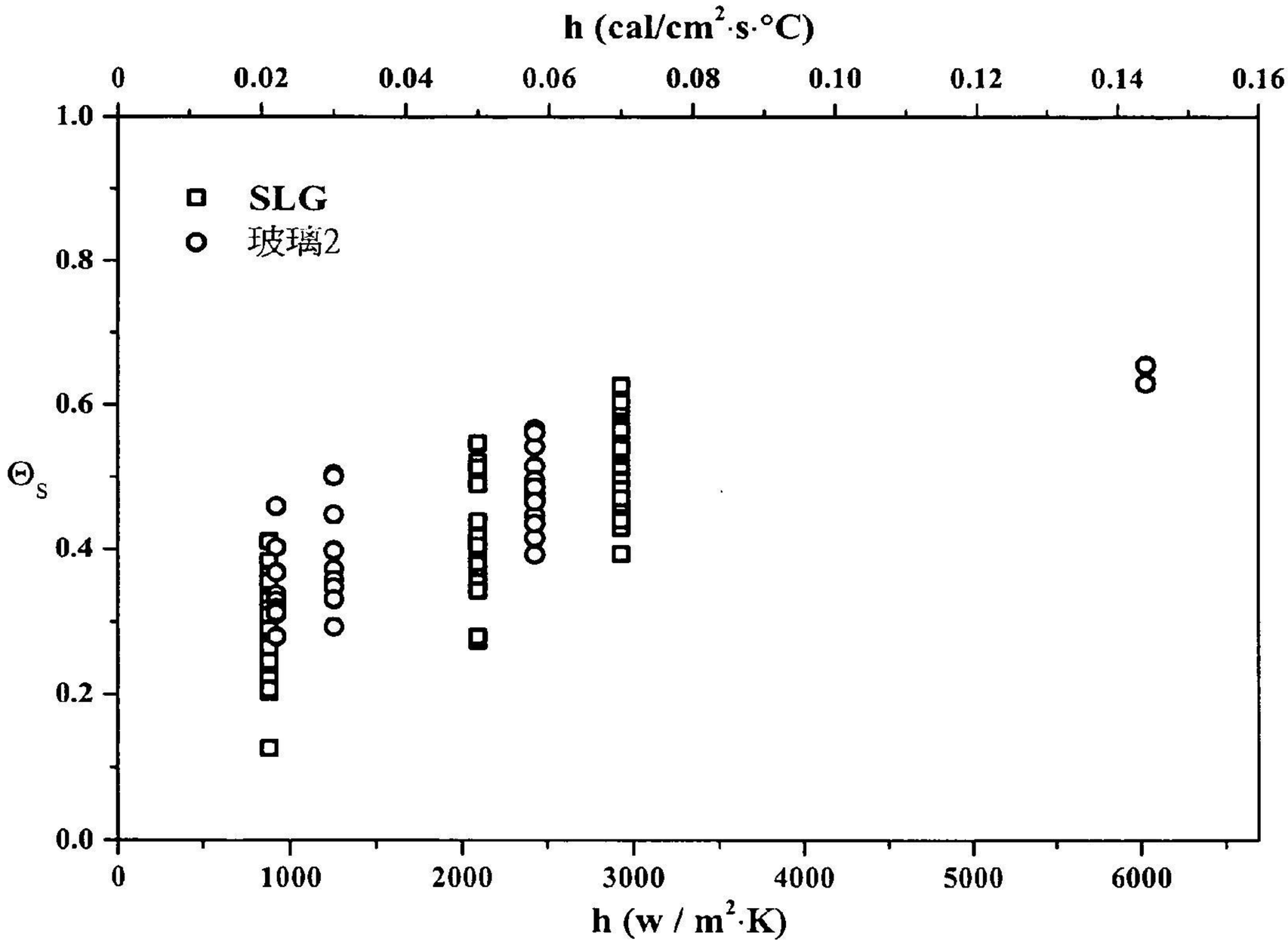
第2圖
(先前技術)



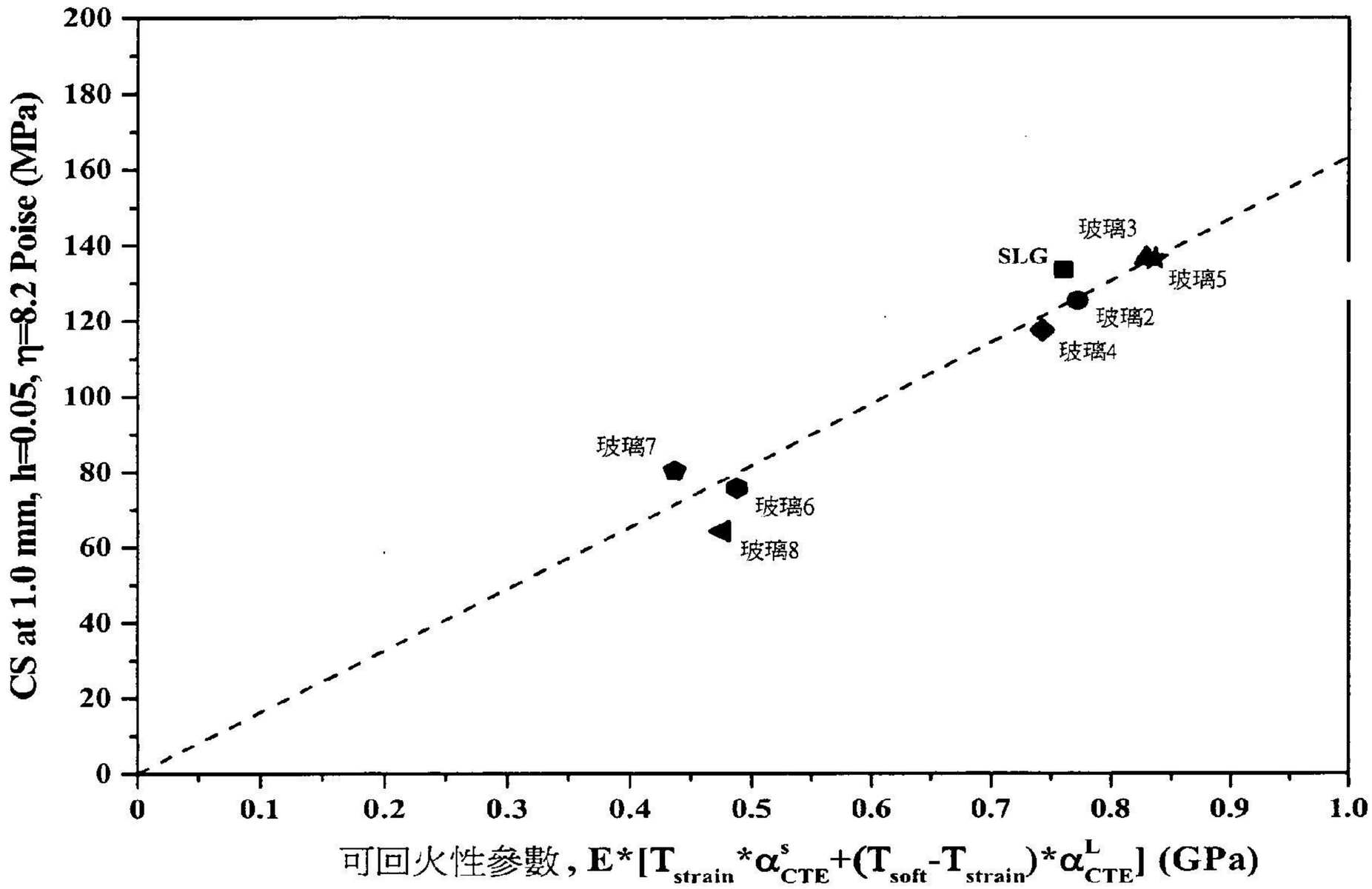
第3圖
(先前技術)


510
530
550
t
520
540
500

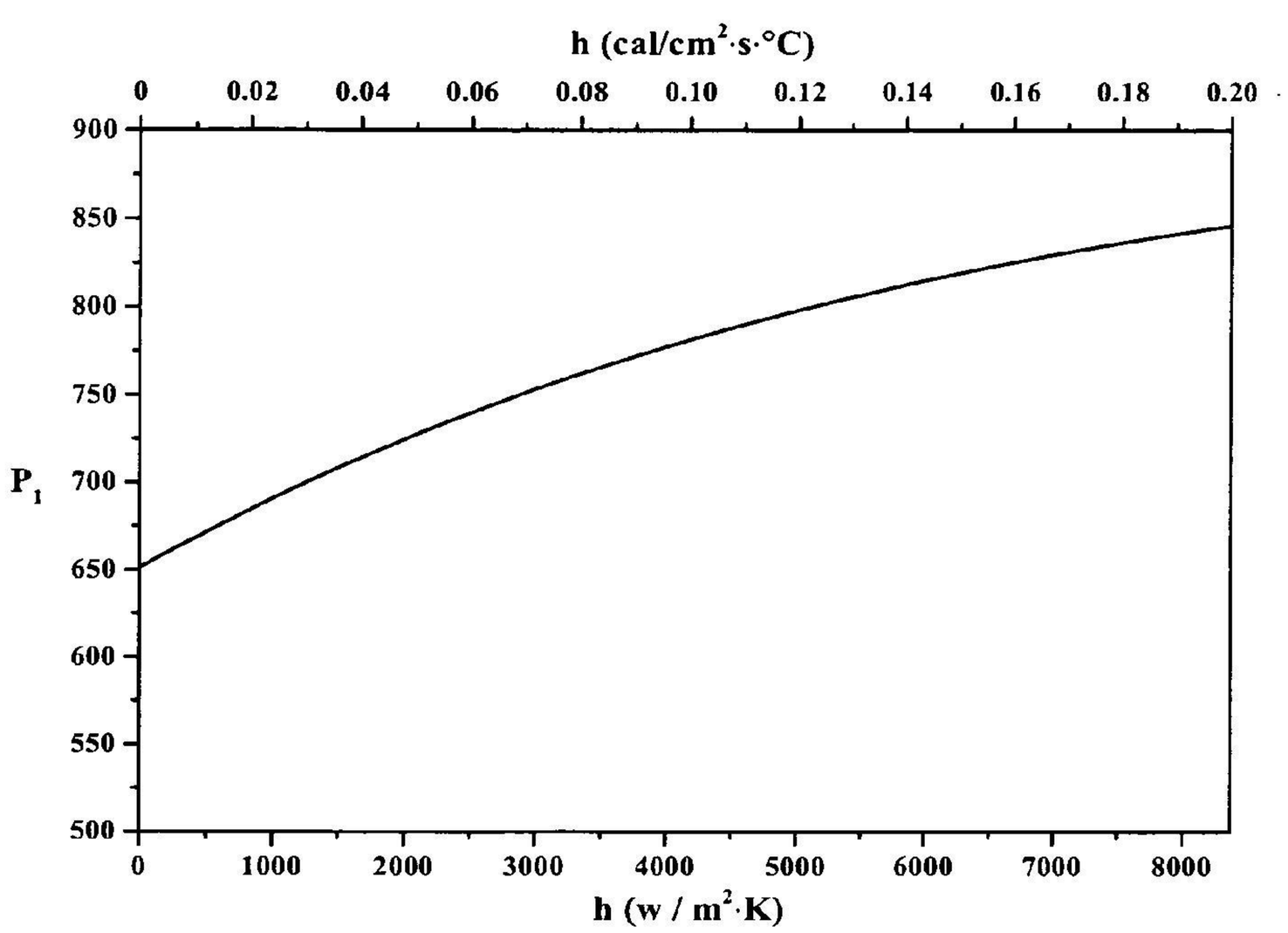
第4圖


h (cal/cm²·s·°C)
0
0.02
0.04
0.06
0.08
0.10
0.12
0.14
0.16
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
Θs
SLG
玻璃2
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
h (w / m²·K)

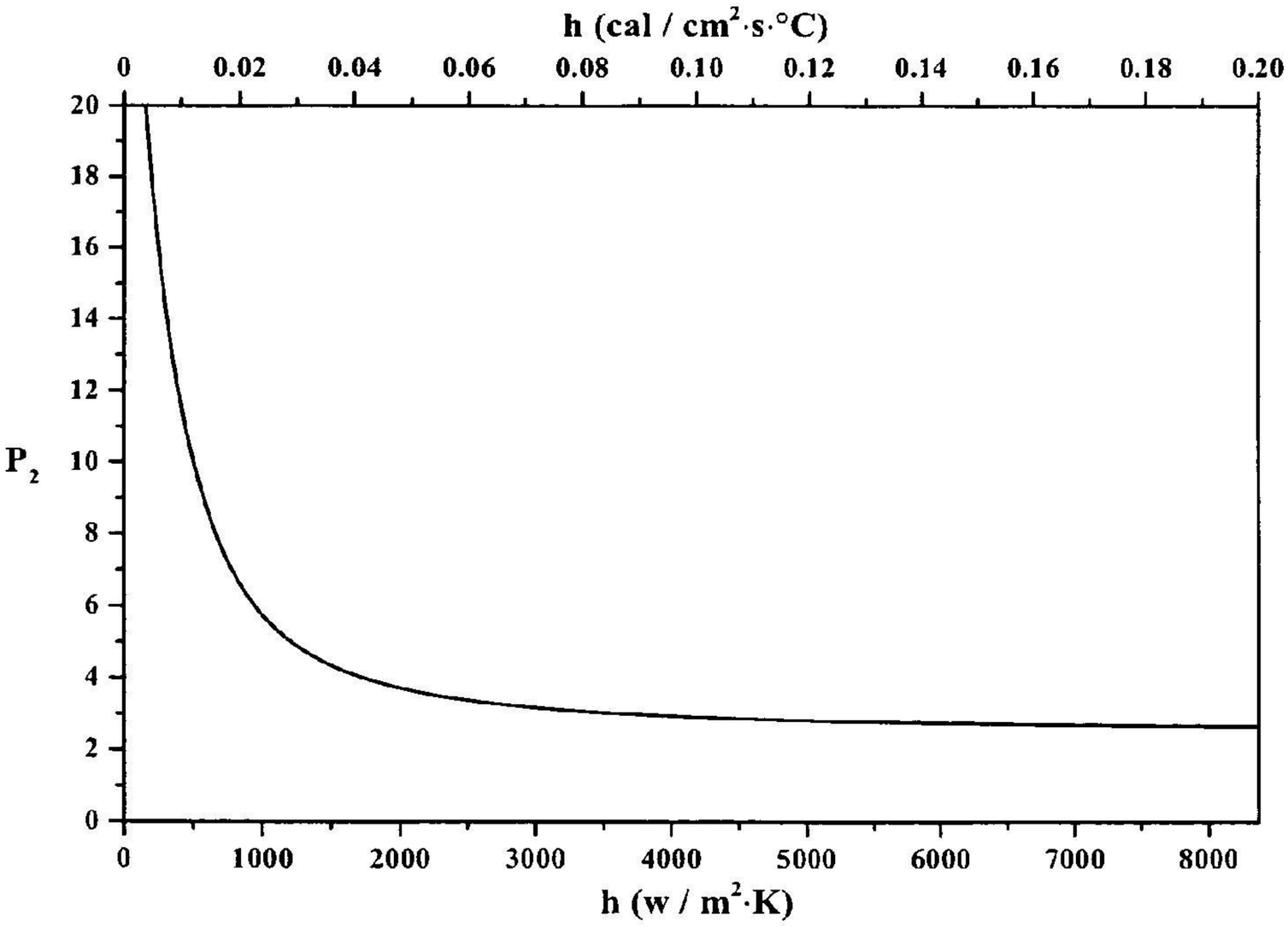
第5圖


CS at 1.0 mm, h=0.05, η=8.2 Poise (MPa)
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0
可回火性參數, E*[T_strain*α^s_CTE+(T_soft-T_strain)*α^L_CTE] (GPa)
SLG
玻璃2
玻璃3
玻璃4
玻璃5
玻璃6
玻璃7
玻璃8

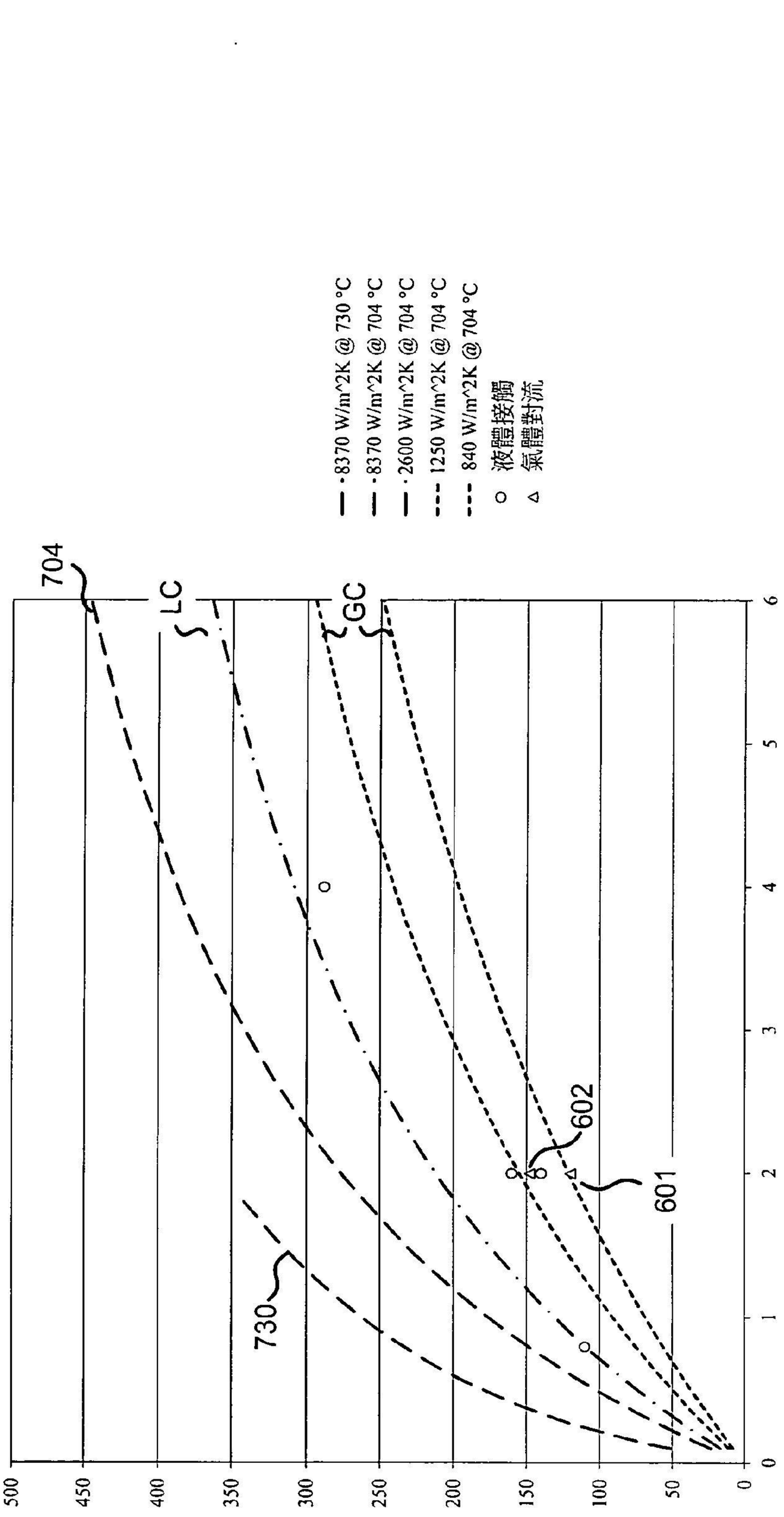
第6圖


h (cal/cm²·s·°C)
0
0.02
0.04
0.06
0.08
0.10
0.12
0.14
0.16
0.18
0.20
900
850
800
750
700
650
600
550
500
P1
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
h (w / m²·K)

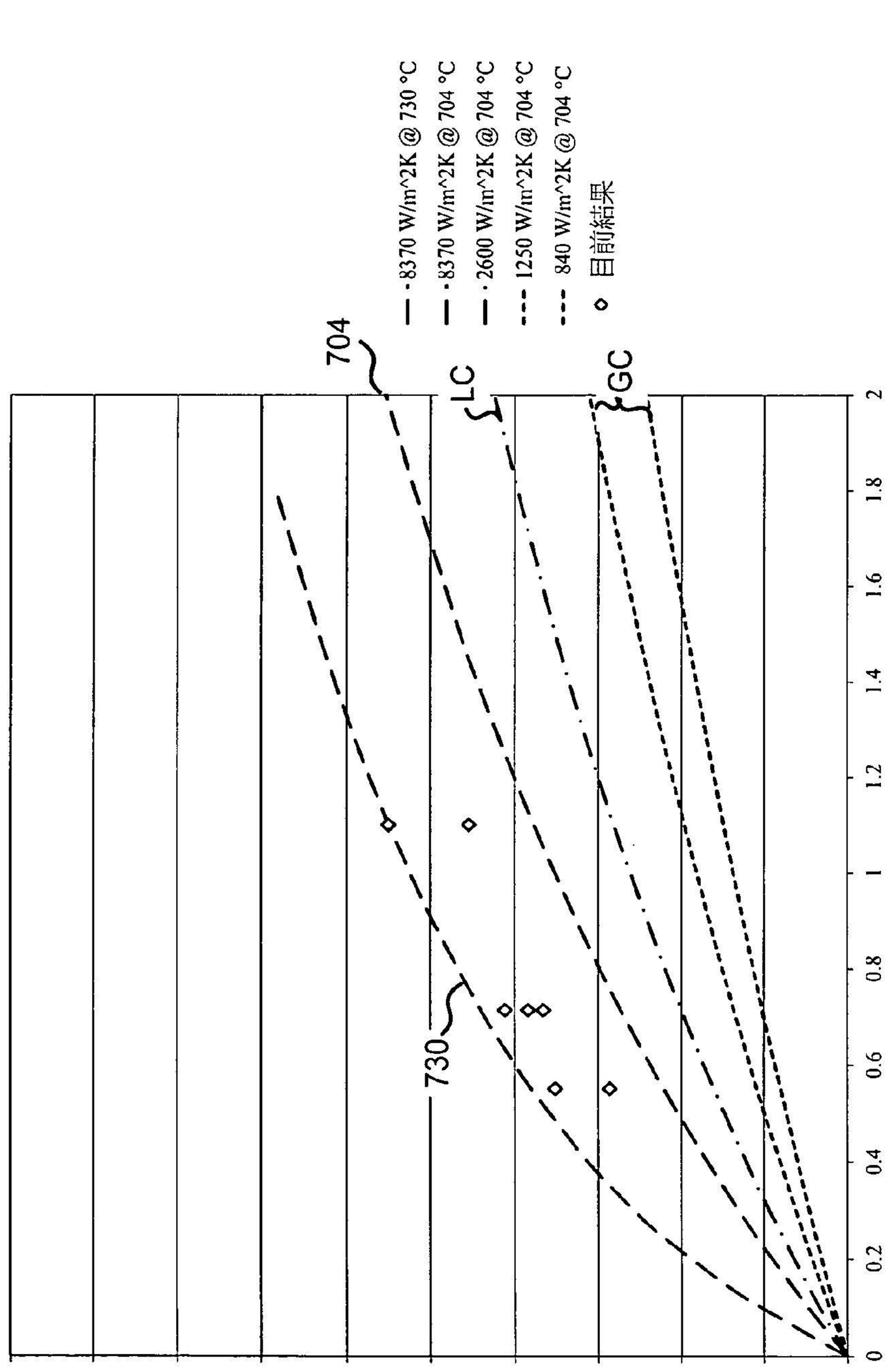
第7圖


h (cal / cm²·s·°C)
0
0.02
0.04
0.06
0.08
0.10
0.12
0.14
0.16
0.18
0.20
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
P2
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
h (w / m²·K)

第8圖


704
LC
GC
730
602
601
·8370 W/m^2K @ 730 °C
·8370 W/m^2K @ 704 °C
·2600 W/m^2K @ 704 °C
1250 W/m^2K @ 704 °C
840 W/m^2K @ 704 °C
液體接觸
氣體對流
CS (MPa)
厚度 (mm)
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
0
1
2
3
4
5
6

第9圖


704
LC
GC
730
— ·8370 W/m^2K @ 730 °C
— ·8370 W/m^2K @ 704 °C
— · 2600 W/m^2K @ 704 °C
--- 1250 W/m^2K @ 704 °C
--- 840 W/m^2K @ 704 °C
◇ 目前結果
CS (MPa)
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
厚度 (mm)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2

第10圖

160

至少部分藉由氣體來支撐玻璃板材，板材包括玻璃，且板材(最初)高於玻璃的轉變溫度，而同時冷卻板材：
1.透過至散熱器的氣體，藉由傳導多過於藉由對流
2.足以完成該強化處理

100

第11圖

110

加熱玻璃板材而足以使得板材高於玻璃的轉變溫度

130A

定位第一板材表面橫越第一間隙面向第一散熱器表面，第一散熱器表面具有縫隙在其中

130B

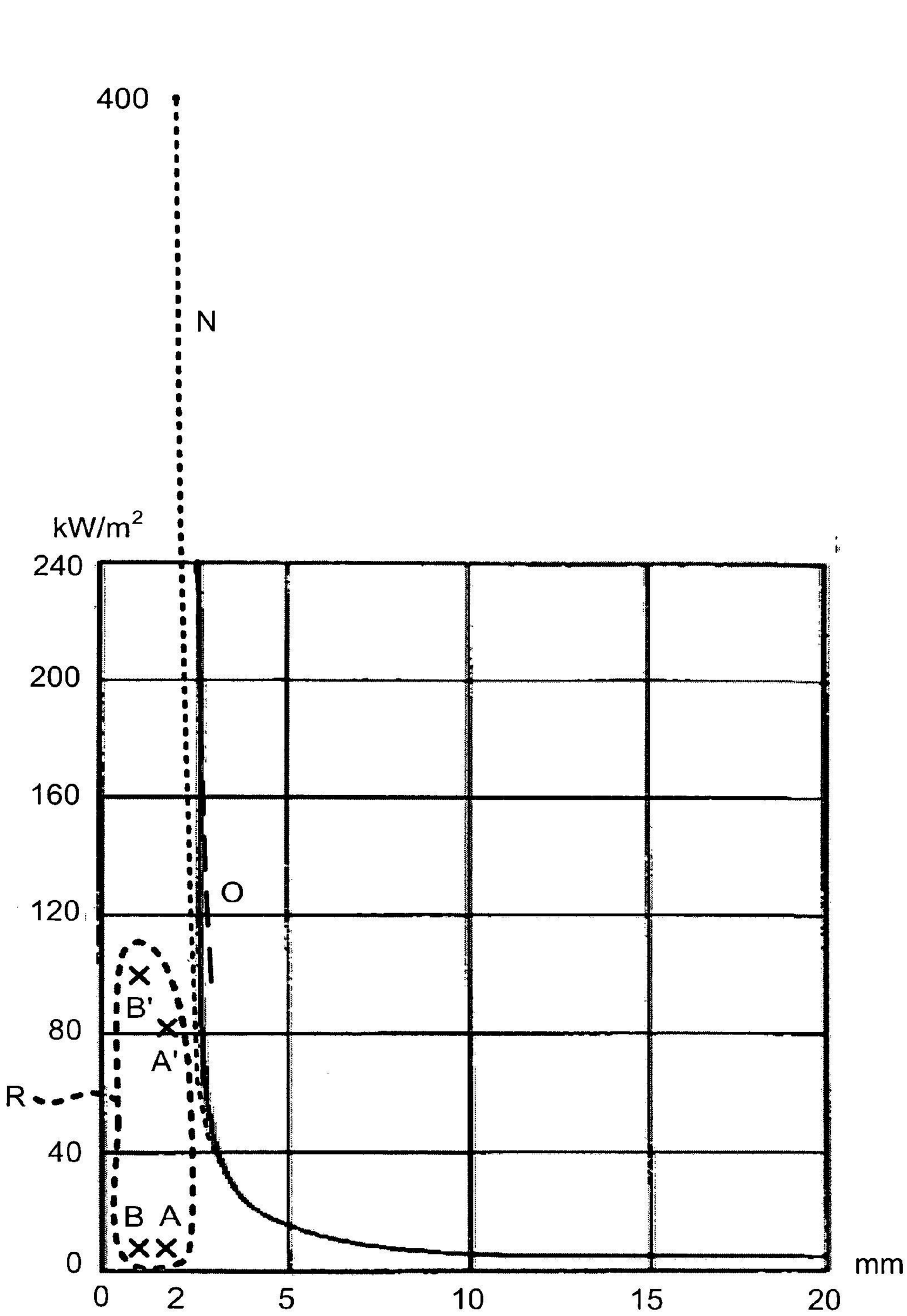
定位第二板材表面橫越第二間隙面向第二散熱器表面，第二散熱器表面具有縫隙在其中

160

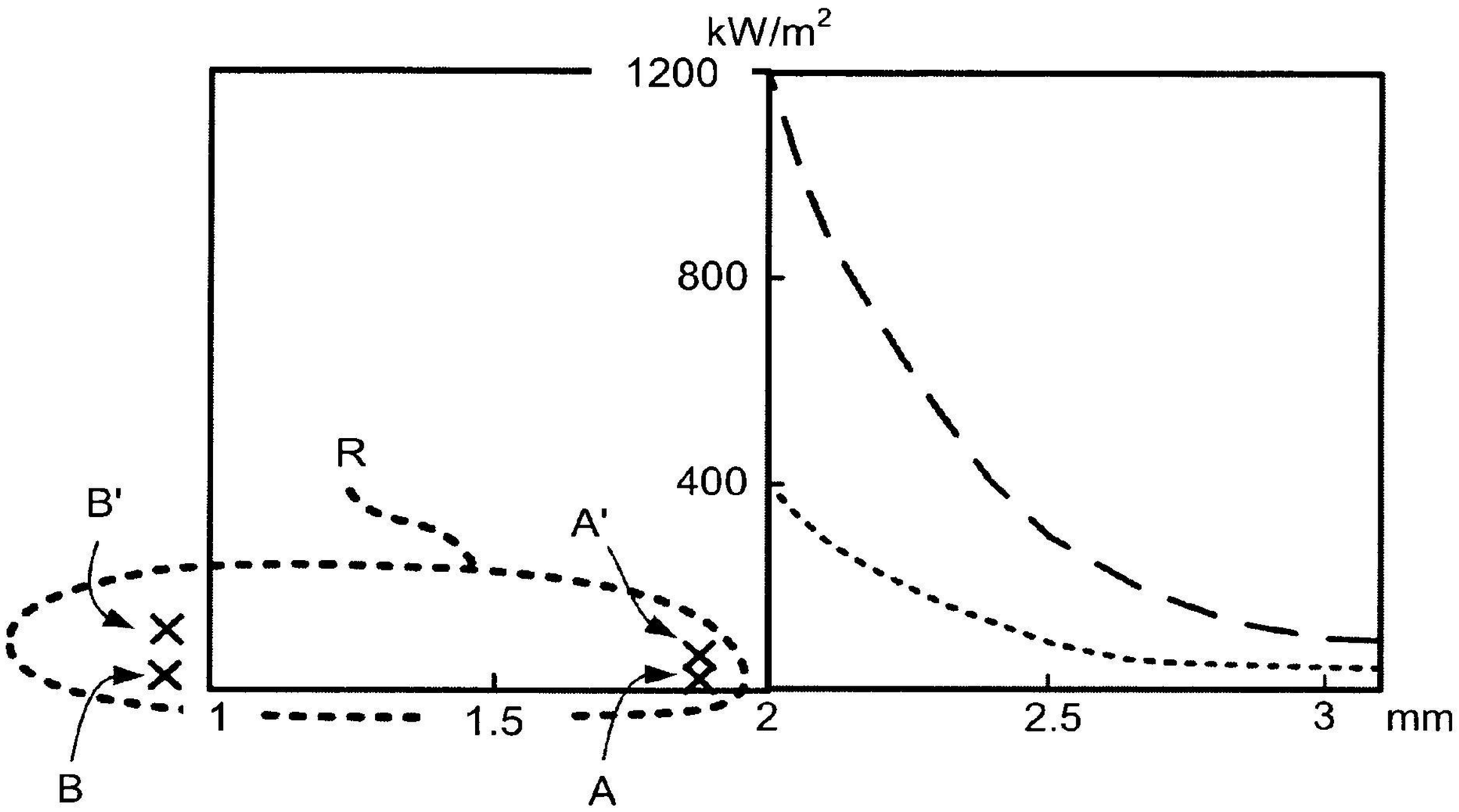
冷卻板材
1.藉由傳導多過於藉由對流，透過至個別散熱器表面的氣體
2.足以完成該強化處理
3.同時(僅)通過縫隙將氣體饋送至第一與第二間隙

100'

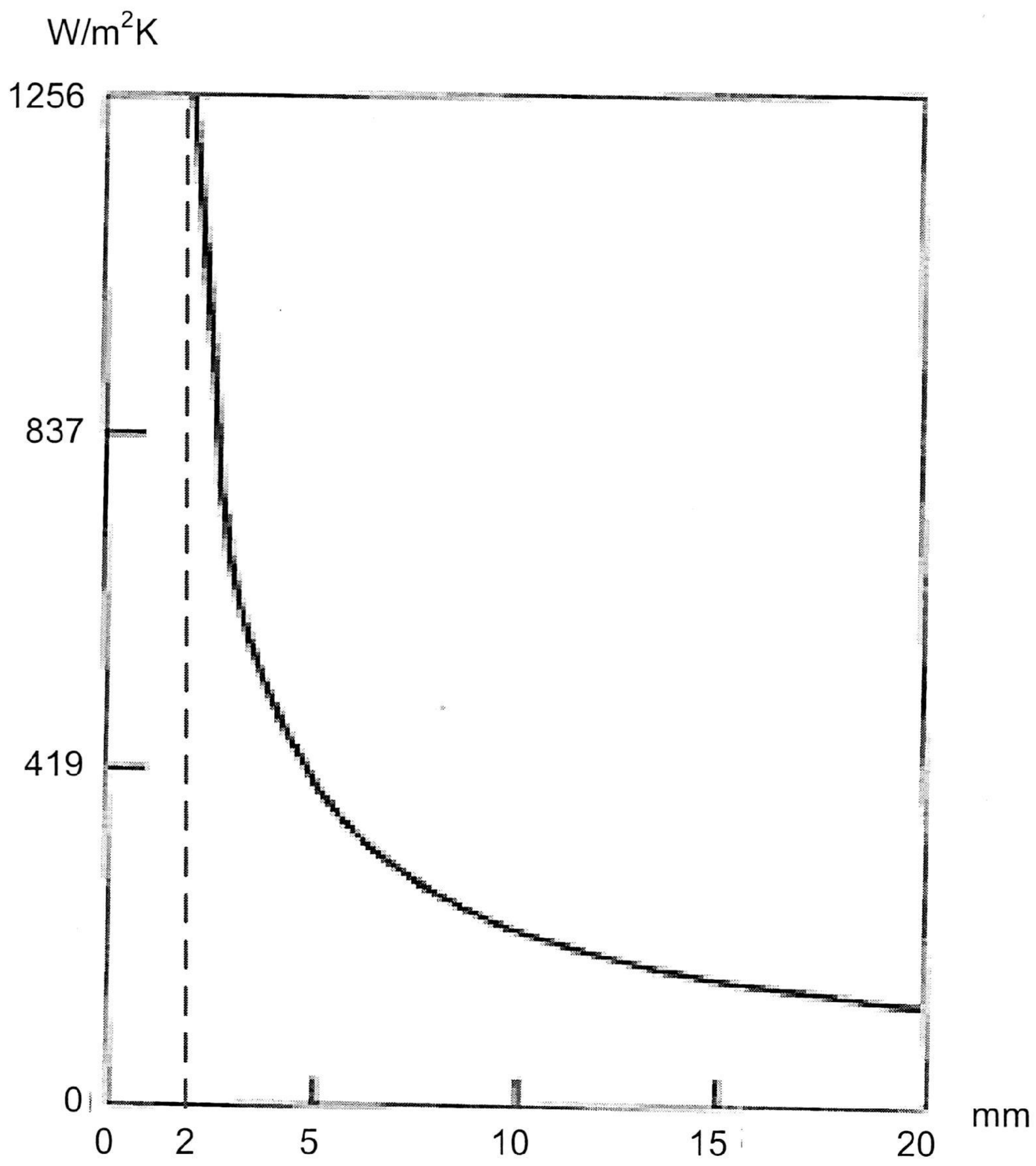
第12圖



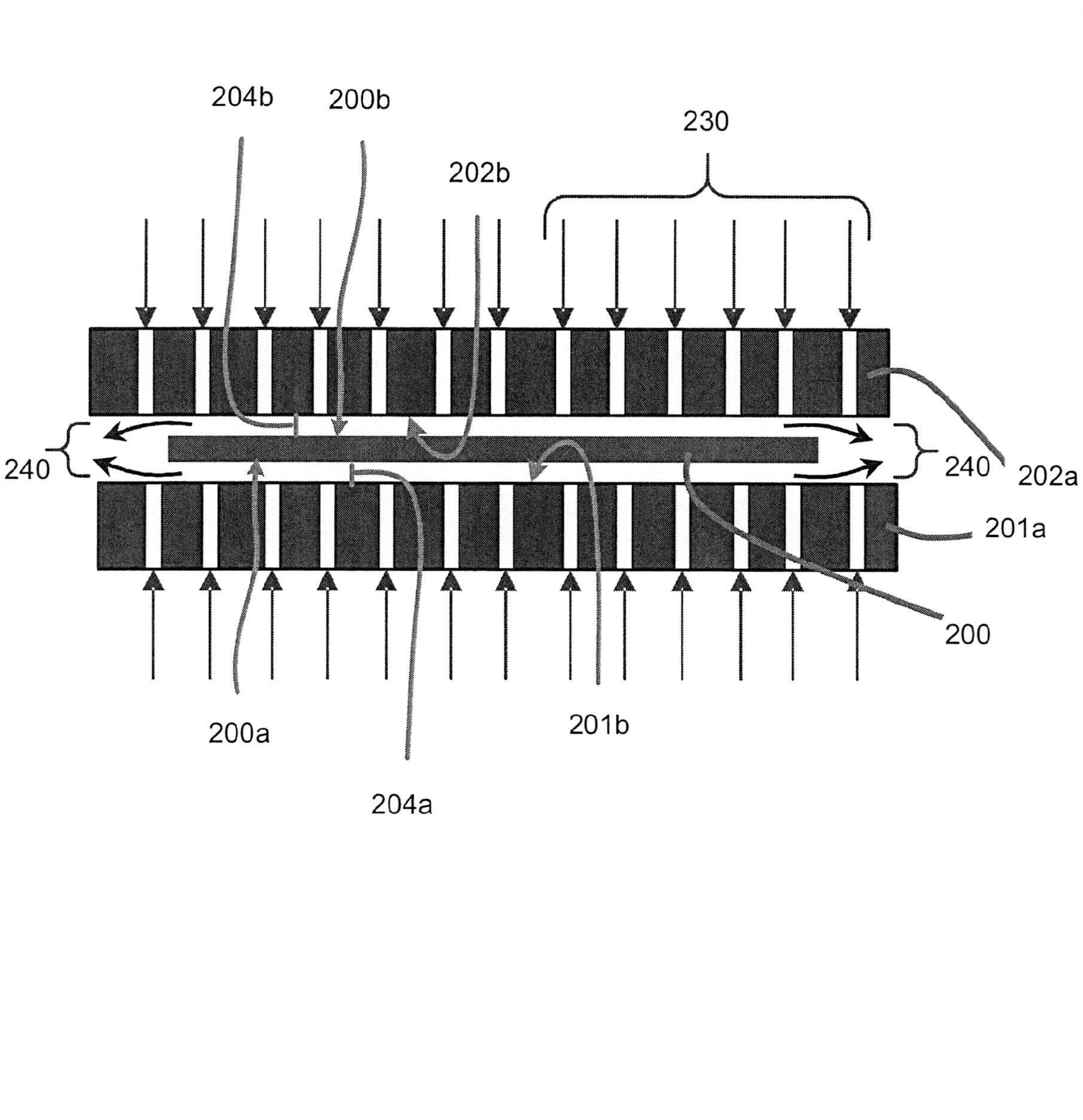
第13A圖



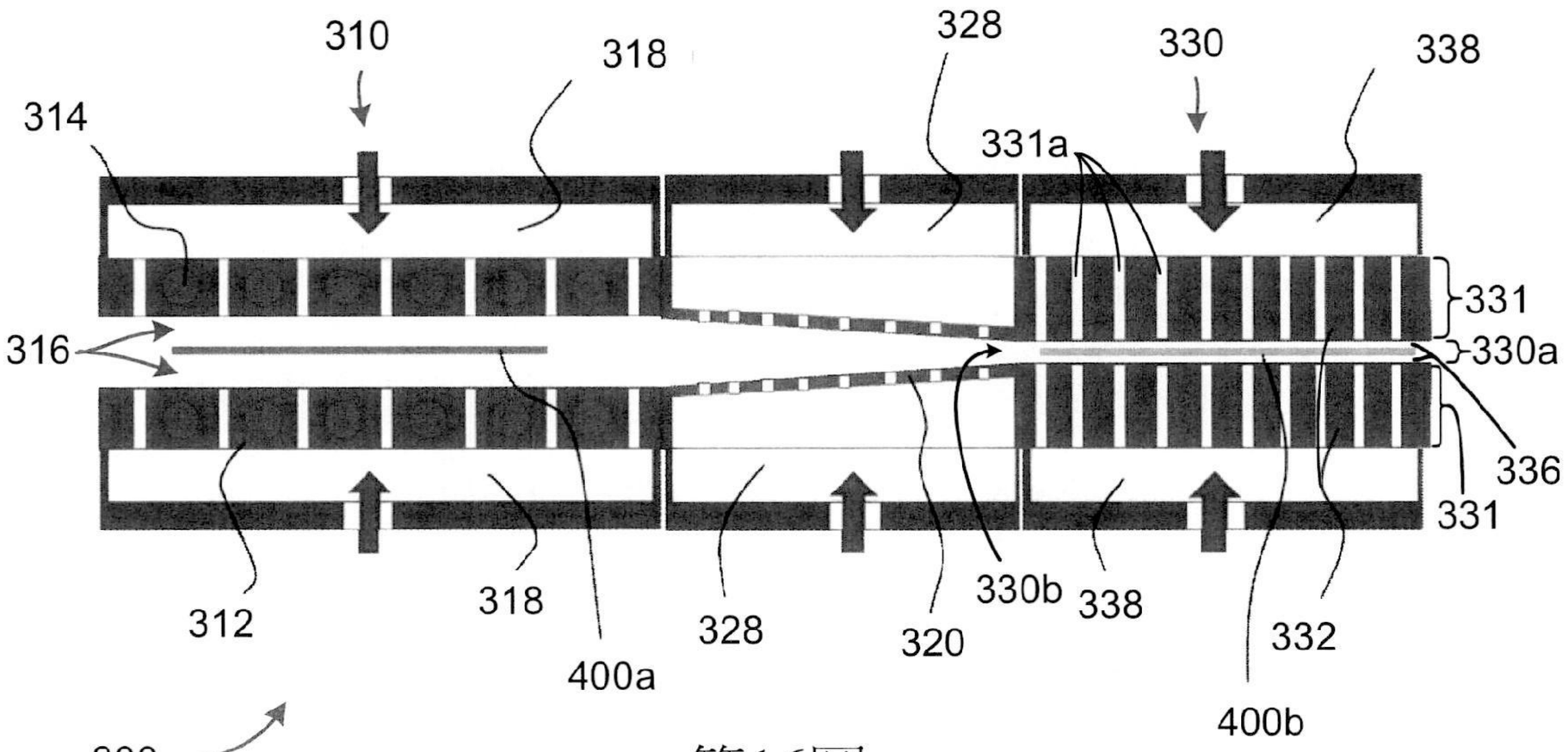
第13B圖



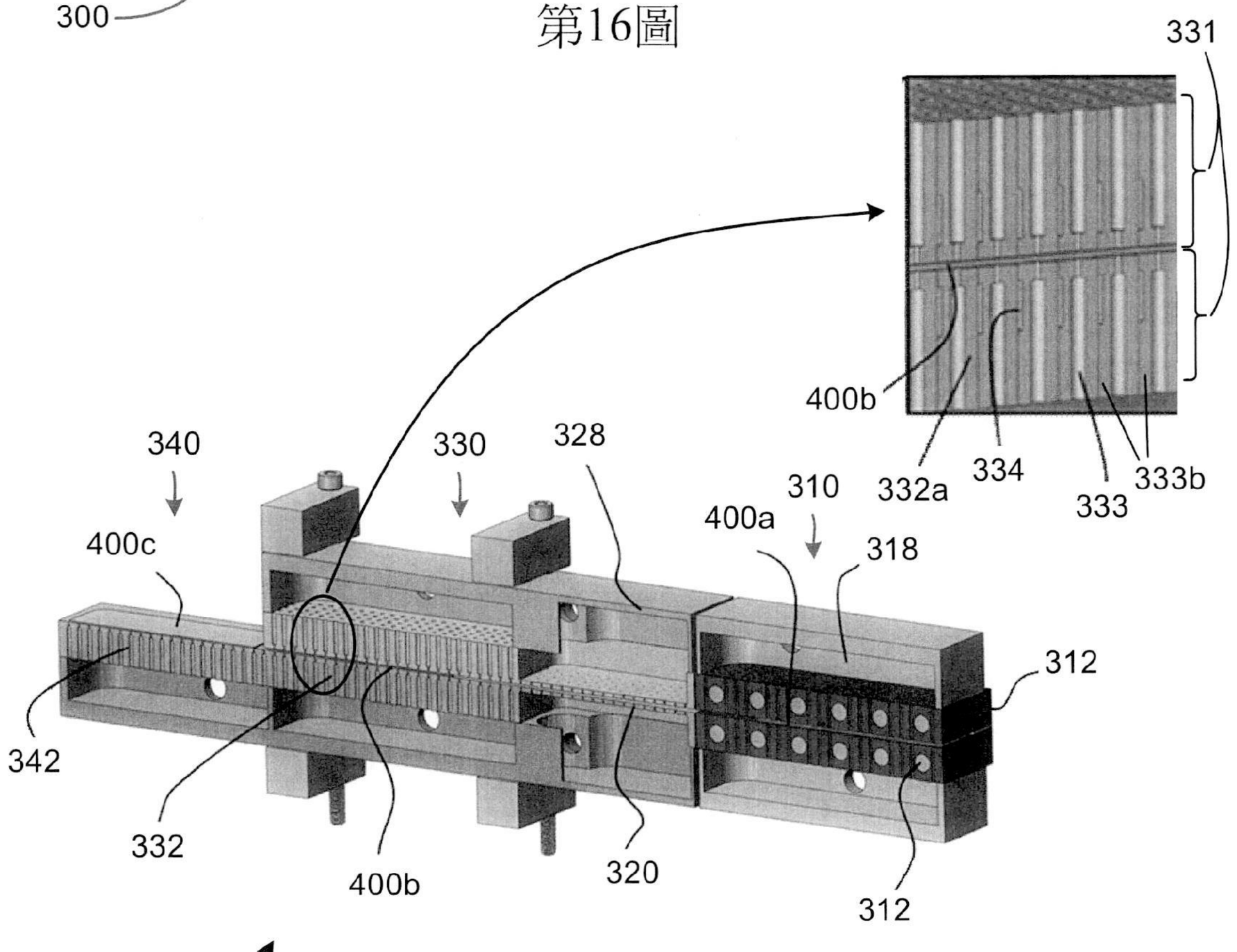
第14圖
(先前技術)



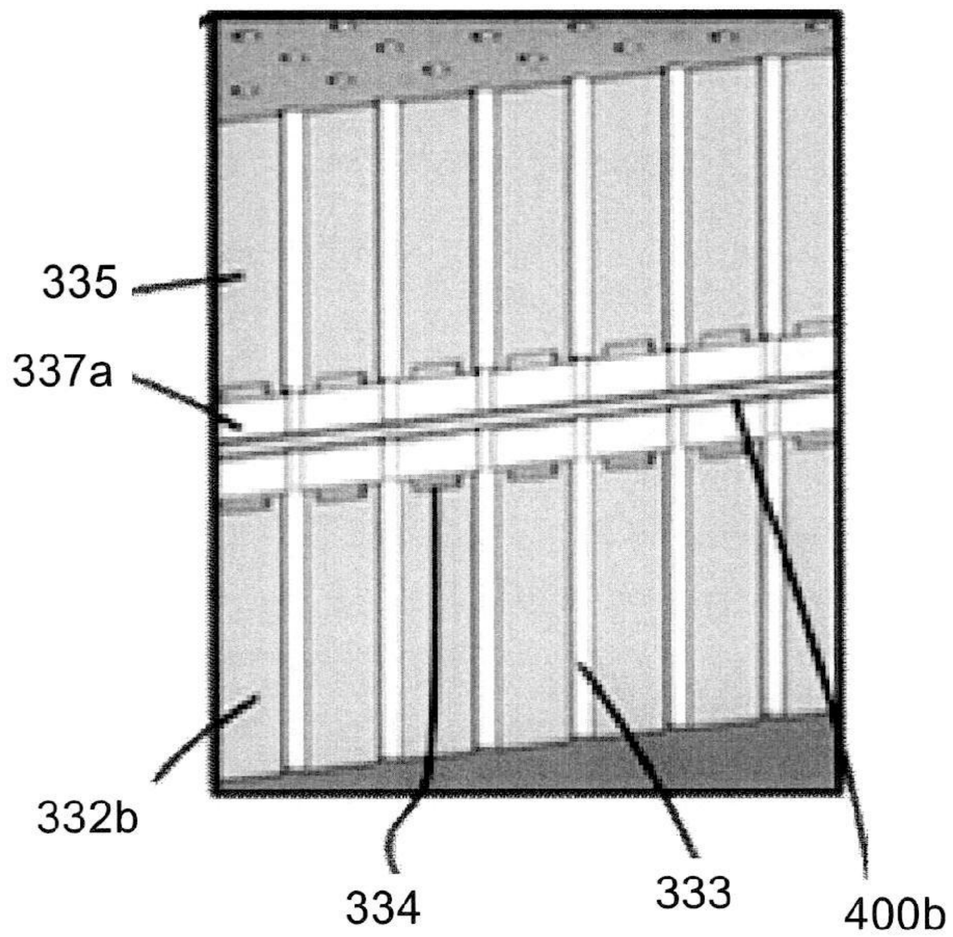
第15圖


310
318
328
330
338
314
331a
331
316
330a
336
331
312
318
328
320
330b
338
332
400a
400b
300

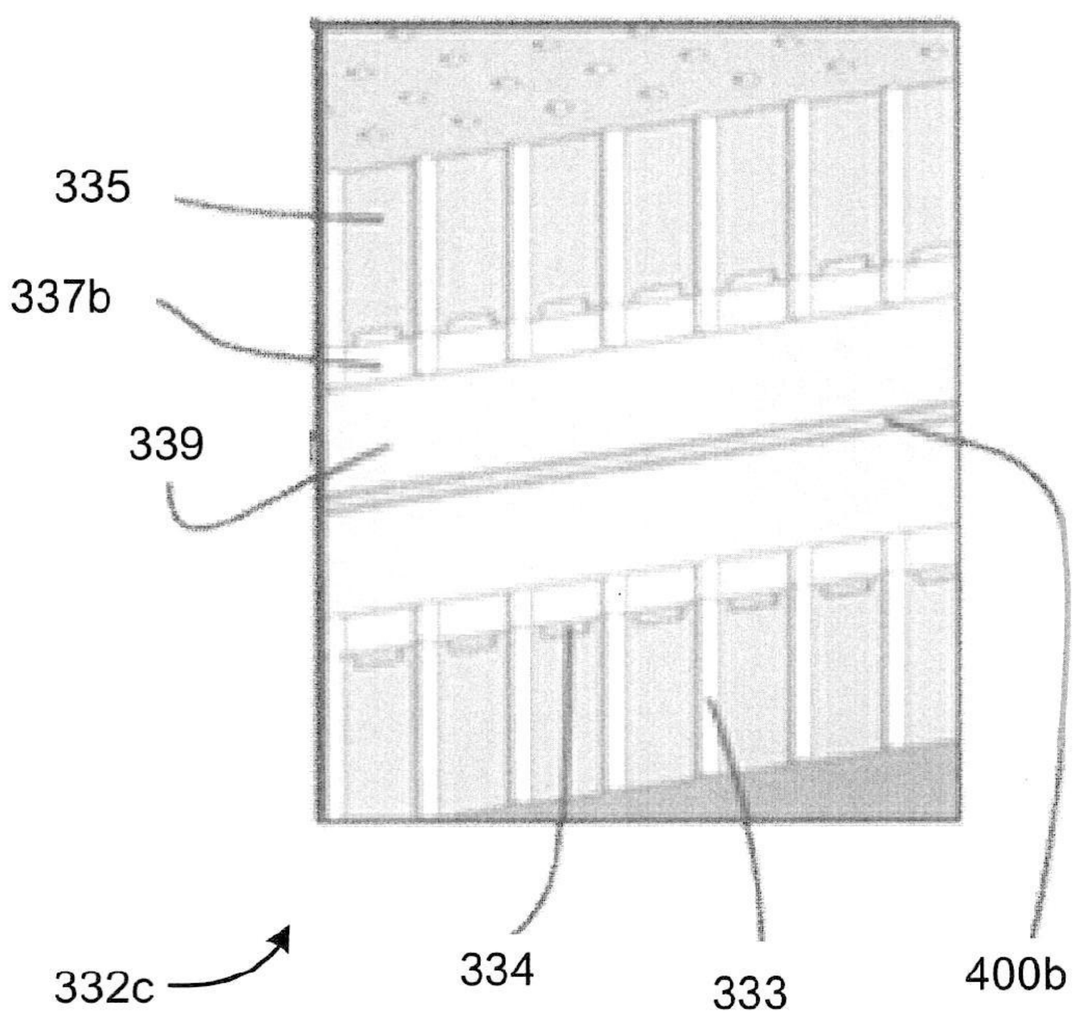
第16圖


331
400b
332a
334
333
333b
340
330
328
310
400a
318
400c
312
342
332
400b
320
300

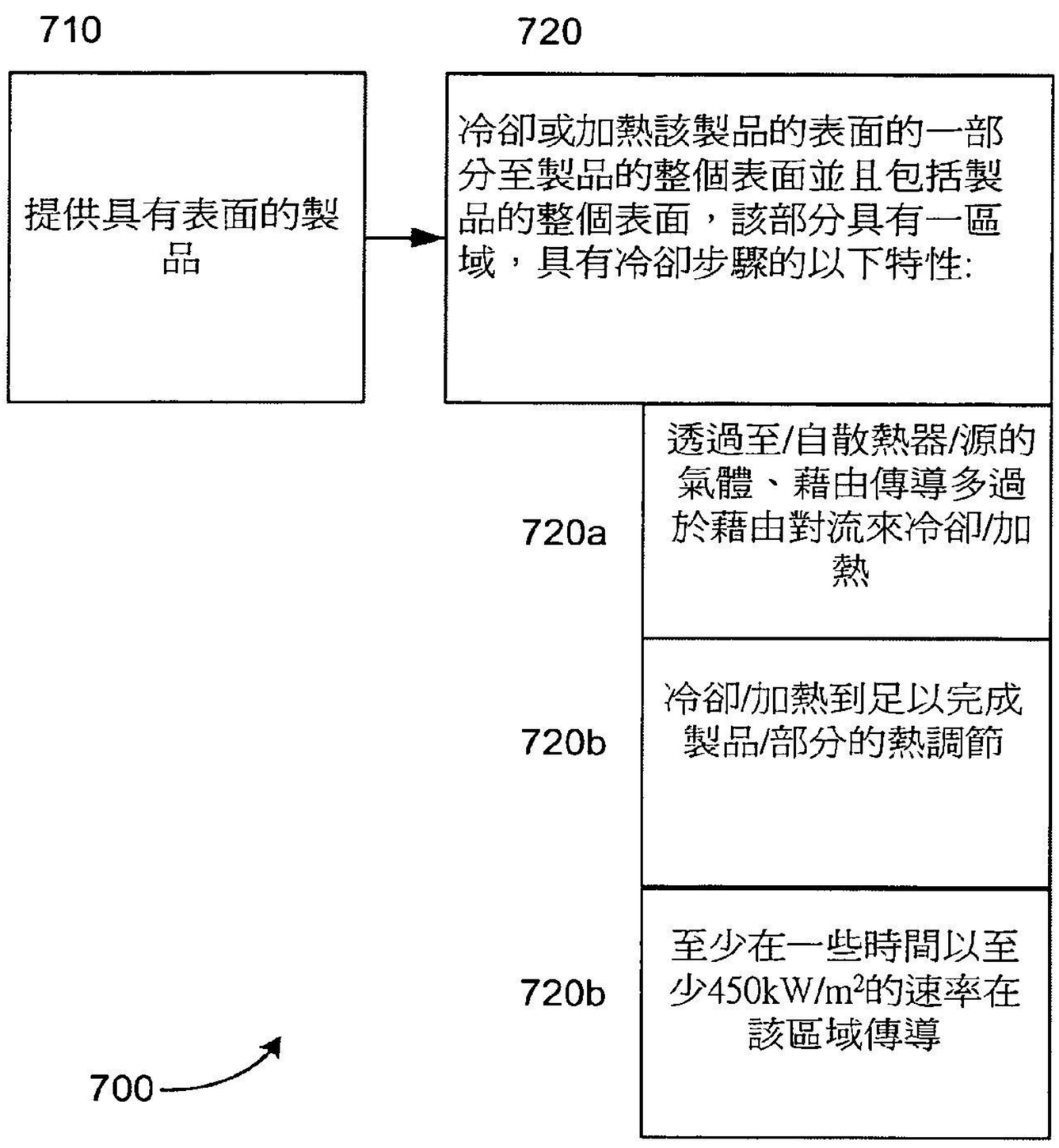
第17A圖



第17B圖



第17C圖


710
提供具有表面的製品
720
冷卻或加熱該製品的表面的一部分至製品的整個表面並且包括製品的整個表面，該部分具有一區域，具有冷卻步驟的以下特性:
720a
透過至/自散熱器/源的氣體、藉由傳導多過於藉由對流來冷卻/加熱
720b
冷卻/加熱到足以完成製品/部分的熱調節
720b
至少在一些時間以至少450kW/m²的速率在該區域傳導
700

第18圖