



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 201600474 A

(43) 公開日：中華民國 105 (2016) 年 01 月 01 日

(21) 申請案號：104120841

(22) 申請日：中華民國 104 (2015) 年 06 月 26 日

(51) Int. Cl. : C03B25/08 (2006.01) G02F1/1333 (2006.01)

(30) 優先權：2014/06/30 日本 2014-134651

2014/12/27 日本 2014-266873

2015/06/23 日本 2015-125385

(71) 申請人：安瀚視特控股股份有限公司 (日本) AVANSTRATE INC. (JP)

日本

(72) 發明人：濱上耕 HAMAGAMI, KOU (JP)；小山昭浩 KOYAMA, AKIHIRO (JP)；岡本美里

OKAMOTO, MISATO (JP)

(74) 代理人：陳長文

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：8 共 44 頁

(54) 名稱

玻璃基板之製造方法及玻璃基板

(57) 摘要

本發明係一種玻璃基板之製造方法及玻璃基板，該玻璃基板之製造方法可提高生產效率並且減小玻璃基板之熱收縮率，而且可降低玻璃基板之熱收縮率之不均。製造玻璃基板時，進行玻璃基板之熱處理。於該熱處理中，於較應變點低 60°C~260°C 之溫度即熱處理溫度下對玻璃基板整體進行熱處理後，以第 1 速度將玻璃基板整體自熱處理溫度冷卻至較熱處理溫度低 50°C~300°C 之溫度即中間溫度，其後以較第 1 速度快之第 2 速度將玻璃基板整體自中間溫度冷卻至室溫。

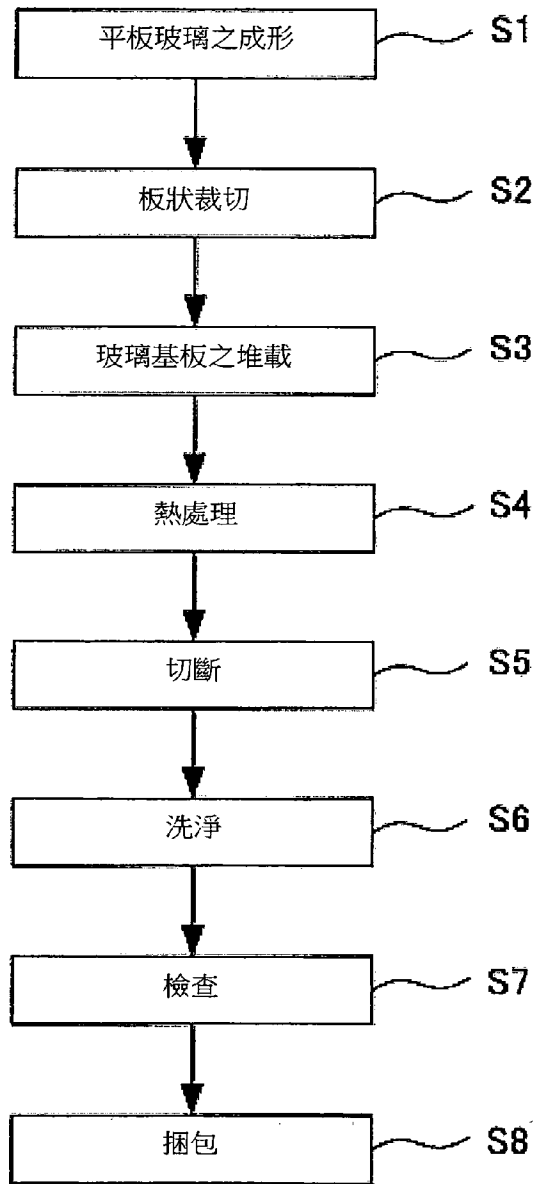


圖 1

發明摘要

※ 申請案號：104120841

※ 申請日：104.6.26

※ IPC 分類：

C03B 25/00 (2006.01)
G02F 1/333

【發明名稱】

玻璃基板之製造方法及玻璃基板

【中文】

本發明係一種玻璃基板之製造方法及玻璃基板，該玻璃基板之製造方法可提高生產效率並且減小玻璃基板之熱收縮率，而且可降低玻璃基板之熱收縮率之不均。製造玻璃基板時，進行玻璃基板之熱處理。於該熱處理中，於較應變點低 $60^{\circ}\text{C} \sim 260^{\circ}\text{C}$ 之溫度即熱處理溫度下對玻璃基板整體進行熱處理後，以第1速度將玻璃基板整體自熱處理溫度冷卻至較熱處理溫度低 $50^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 之溫度即中間溫度，其後以較第1速度快之第2速度將玻璃基板整體自中間溫度冷卻至室溫。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

S1～S8 步驟

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

（無）

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】

玻璃基板之製造方法及玻璃基板

【技術領域】

本發明係關於一種包含玻璃基板之熱處理步驟之玻璃基板之製造方法及玻璃基板。

【先前技術】

近年來，於顯示面板領域，為了提高畫質，像素之高精細化不斷進展。伴隨該高精細化之進展，對顯示面板所使用之玻璃基板亦期望尺寸精度較高。例如，為了於顯示面板之製造步驟中，玻璃基板即便於高溫下進行熱處理，尺寸亦不易發生變化，而要求熱收縮較小之玻璃基板。

一般而言，玻璃基板之熱收縮率係玻璃之應變點越高則其越小。因此，已知有為了抑制熱收縮率而使應變點變高之方式變更玻璃組成之方法(專利文獻1)。然而，若以使應變點變高之方式變更玻璃組成，則有失透溫度變高之傾向，存在難以製造玻璃基板之問題。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻1]日本專利特表2014-503465

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

作為不造成玻璃基板製造之困難性而使玻璃基板之熱收縮減小之方法，有對藉由將利用熔融法等所成形之平板玻璃切斷而獲得之玻璃基板以離線之方式進行熱處理(離線退火)的方法。然而，於離線退

火中，存在如下問題：於使玻璃基板升溫/降溫時，於玻璃基板之面方向產生溫度差，導致熱收縮率於玻璃基板之面方向發生不均。又，於離線退火中，存在如下問題：於使玻璃基板之溫度升溫/降溫時，若加快升溫速度/降溫速度，則玻璃基板之熱收縮率不會減小，若減慢升溫速度、降溫速度，則玻璃基板之生產效率降低。

因此，本發明之目的在於提供一種玻璃基板之製造方法及玻璃基板，該玻璃基板之製造方法可提高玻璃基板之生產效率並且減小玻璃基板之熱收縮率，又，可降低熱收縮率於玻璃基板之面方向上之不均。

[解決問題之技術手段]

本發明之玻璃基板之製造方法及玻璃基板包含以下形態。

(形態1)

一種玻璃基板之製造方法，其特徵在於：其係包含玻璃基板之熱處理步驟者，且

上述熱處理步驟包含以下步驟：

於較應變點低 $60^{\circ}\text{C} \sim 260^{\circ}\text{C}$ 之溫度即熱處理溫度下對上述玻璃基板整體進行熱處理；

以第1速度將上述玻璃基板整體自上述熱處理溫度冷卻至較上述熱處理溫度低 $50^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 之中間溫度；及

上述熱處理步驟後，以較上述第1速度快之第2速度將上述玻璃基板整體自上述中間溫度冷卻至室溫。

(形態2)

一種玻璃基板之製造方法，其特徵在於：其係包含玻璃基板之熱處理步驟者，且

上述熱處理步驟包含以下步驟：

於自室溫起進行熱處理直至成為較應變點低 $60^{\circ}\text{C} \sim 260^{\circ}\text{C}$ 之溫度

即熱處理溫度時，以第3速度將上述玻璃基板整體自上述室溫加熱至較上述熱處理溫度低 $50^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 之中間溫度；

以較上述第3速度慢之第4速度將上述玻璃基板整體自上述中間溫度加熱至上述熱處理溫度；及

以上述熱處理溫度對上述玻璃基板整體進行熱處理。

(形態3)

如形態1之玻璃基板之製造方法，其中上述熱處理步驟包含以下步驟：

於自室溫起進行熱處理直至成為較應變點低 $60^{\circ}\text{C} \sim 260^{\circ}\text{C}$ 之溫度即熱處理溫度時，以第3速度將上述玻璃基板整體自上述室溫加熱至較上述熱處理溫度低 $50^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 之中間溫度；及

以較上述第3速度慢之第4速度將上述玻璃基板整體自上述中間溫度加熱至上述熱處理溫度；且

上述第1速度與上述第2速度之平均速度較上述第3速度與上述第4速度之平均速度慢。

(形態4)

如形態1至3中任一項之玻璃基板之製造方法，其中上述玻璃基板之應變點為 655°C 以上。

(形態5)

如形態1至4中任一項之玻璃基板之製造方法，其中於上述熱處理步驟中，對將上述玻璃基板以夾於片材體之間之狀態於厚度方向積層複數片而成的玻璃基板之積層體進行熱處理。

(形態6)

一種玻璃基板之製造方法，其特徵在於：其係包含平板顯示器用單層玻璃基板之熱處理步驟者，且

上述熱處理步驟包含：

加熱維持步驟，其係將上述玻璃基板加熱至處於 $400^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 之範圍之熱處理溫度，並維持上述熱處理溫度；及

冷卻步驟，其係以 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 以上且未達 $10^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 之第1降溫速度，將上述玻璃基板自上述熱處理溫度冷卻至較上述熱處理溫度低 $50^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 之溫度即中間溫度後，以 $10^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 以上且未達 $25^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 之第2降溫速度將上述玻璃基板冷卻。

(形態7)

如形態6之玻璃基板之製造方法，其中於上述玻璃基板形成由IGZO構成之半導體層。

(形態8)

如形態6或7之玻璃基板之製造方法，其中於上述冷卻步驟中，以上述第2降溫速度將上述玻璃基板冷卻後，以上述第1降溫速度將上述玻璃基板進而冷卻至成為室溫。

(形態9)

如形態6至8中任一項之玻璃基板之製造方法，其中於上述熱處理步驟中，於將上述玻璃基板水平載置於爐內進行上述加熱步驟之前，進行加熱直至上述爐內之環境溫度成為上述熱處理溫度。

於上述熱處理步驟中，亦可為對複數片上述玻璃基板逐片進行熱處理之單片方式之熱處理。

(形態10)

一種玻璃基板，其特徵在於：其係以處於 $400^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 之範圍之熱處理溫度維持5分鐘 \sim 30分鐘而進行熱處理之液晶顯示器用玻璃基板，且

將以 500°C 作為第1評價溫度、以 450°C 作為第2評價溫度、以 550°C 作為第3評價溫度，並將上述玻璃基板以各評價溫度維持30分鐘而再次進行熱處理時的熱收縮率分別設為第1熱收縮率C1、第2熱收縮率

C2、及第3熱收縮率C3，於該情形時，滿足 $|C1-C2|/|C3-C1|<0.28$ 之關係式。

[發明之效果]

根據上述玻璃基板之製造方法及玻璃基板，可提高玻璃基板之生產效率，並且減小玻璃基板之熱收縮率，又，可降低玻璃基板之熱收縮率之不均。

【圖式簡單說明】

圖1係表示本實施形態之玻璃板之製造方法之流程之一例的流程圖。

圖2係表示於本實施形態中進行之熱處理中載置有玻璃基板之積層體之托板之一例的側視圖。

圖3(a)係表示玻璃基板上之位置的圖，(b)係表示於玻璃基板上之各位置之熱歷程之一例的圖。

圖4係表示揭示熱歷程差之面積與應變之關係之一例的圖表。

圖5係表示對玻璃基板進行熱處理時之溫度分佈之一例的圖。

圖6(a)係表示於本實施形態中進行之熱處理時之玻璃基板之載置狀態之一例的側視圖，(b)係自底面側觀察(a)之玻璃基板所得的圖。

圖7係表示玻璃基板之溫度歷程之一例的圖。

圖8係表示利用評價熱處理方法對本實施形態中經熱處理之玻璃基板進行熱處理時玻璃基板之熱收縮率之結果之一例的圖。

【實施方式】

以下，對本發明之玻璃基板之製造方法進行詳細說明。

圖1係表示本實施形態之玻璃板之製造方法之流程之一例的流程圖。所製造之玻璃基板並無特別限制，較佳為例如縱向尺寸及橫向尺寸分別為500 mm～3500 mm。較佳為玻璃基板之厚度為0.1～1.1(mm)、更佳為0.75 mm以下之極薄之矩形形狀之板。

首先，藉由例如熔融法或浮式法等公知之方法，將熔融後之玻璃成形為特定厚度之帶狀玻璃即平板玻璃(步驟S1)。

其次，將所成形之平板玻璃板狀裁切為特定長度之素板即玻璃基板(步驟S2)。使藉由板狀裁切而獲得之玻璃基板與保護玻璃基板之片材體交替地積層而製作玻璃基板之積層體(步驟S3)。其次，對該玻璃基板之積層體進行熱處理(步驟S4)。該步驟S3之處理及步驟S4之處理為本實施形態之熱處理即退火步驟。關於退火步驟之詳細情況見下文。

熱處理後之玻璃基板被搬送至切斷步驟，並被切斷成製品之尺寸而獲得玻璃基板(步驟S5)。對所獲得之玻璃基板進行包含端面之研削、研磨及切角之端面加工後，將玻璃基板洗淨(步驟S6)。進行光學檢查，確認洗淨後之玻璃基板是否存在包含劃痕、灰塵、污垢或光學缺陷之損傷(步驟S7)。根據檢查而品質適宜之玻璃基板係以與保護玻璃基板之紙交替地積層而成之積層體之形式被堆載於托板而進行捆包(步驟S8)。所捆包之玻璃基板被出貨至交納目的地之業者。

作為此種玻璃基板，可例示以下玻璃組成之玻璃基板。即，以製造如下玻璃組成之玻璃基板之方式調製熔融玻璃之原料。

SiO_2 5~80莫耳%、

Al_2O_3 8~20莫耳%、

B_2O_3 0~12莫耳%、

RO 0~17莫耳%(RO為MgO、CaO、SrO及BaO之合計量)。

就減小熱收縮率之觀點而言， SiO_2 較佳為60~75莫耳%，進而較佳為63~72莫耳%。

RO中，較佳為MgO為0~10莫耳%，CaO為0~10莫耳%，SrO為0~10%，BaO為0~10%。

又，亦可為至少包含 SiO_2 、 Al_2O_3 、 B_2O_3 、及RO且莫耳比

$((2 \times \text{SiO}_2) + \text{Al}_2\text{O}_3) / ((2 \times \text{B}_2\text{O}_3) + \text{RO})$ 為 4.5 以上之玻璃。又，較佳為包含 MgO、CaO、SrO、及 BaO 之至少一者，且莫耳比 $(\text{BaO} + \text{SrO}) / \text{RO}$ 為 0.1 以上。

又，較佳為莫耳%表示之 B_2O_3 之含有率之 2 倍與莫耳%表示之 RO 之含有率的合計為 30 莫耳% 以下，較佳為 10~30 莫耳%。

又，上述玻璃組成之玻璃基板中之鹼金屬氧化物之含有率亦可為 0 莫耳% 以上且 0.4 莫耳% 以下。

又，玻璃中包含合計為 0.05~1.5 莫耳% 之價數變動之金屬之氧化物(氧化錫、氧化鐵)，且並非必須實質上不含 As_2O_3 、 Sb_2O_3 及 PbO 而為任意。

本實施形態中製造之玻璃基板適合作為顯示器用玻璃基板、例如平板顯示器用玻璃基板、液晶顯示器用玻璃基板、或有機 EL 顯示器用玻璃基板。

進而，本實施形態中製造之玻璃基板尤其適合作為高精細顯示器所使用之 LTPS(Low-temperature poly silicon，低溫多晶矽)-TFT(Thin Film Transistor，薄膜電晶體)顯示器用玻璃基板、或 IGZO(Indium-Gallium-Zinc-Oxide，銦鎵鋅氧化物)等氧化物半導體-TFT顯示器用玻璃基板。

作為本實施形態中之由熔融玻璃成形平板玻璃之方法，使用浮式法或熔融法等，但於本實施形態之包含玻璃基板之以離線方式進行之熱處理的玻璃基板之製造方法中，就於熔融法(溢流下拉法)中難以使生產線上之緩冷裝置較長之方面而言，適合熔融法。藉由本實施形態之熱處理而減小熱收縮率之前之玻璃基板之熱收縮率為 80 ppm 以下，更佳為 40 ppm~60 ppm。

以下，對於本實施形態之退火步驟(第 1、第 2 實施形態)進行說明。本實施形態中所述之離線退火係指脫離製造玻璃基板之生產線而

對所製造之玻璃基板進行退火。

(第1實施形態之退火步驟)

繼而，對第1實施形態之退火步驟進行詳細說明。

首先，將步驟S2中所板狀裁切之複數片玻璃基板11與複數個片材體12交替地逐片積層而製作玻璃基板之積層體10(步驟S3)。於本實施形態中，記載了對積層複數片玻璃基板11而成之玻璃基板之積層體10進行熱處理之情形，但亦可為一面逐片地搬送玻璃基板11一面進行熱處理之單片方式之熱處理。又，亦可為如下方法：不積層玻璃基板11而使複數片玻璃基板11彼此隔開特定距離，從而對各玻璃基板11進行熱處理。

圖2係表示載置有玻璃基板之積層體10(以下，稱為積層體10)之托板20之一例的側視圖。此處，將圖2之紙面左方向設為托板20之前方向，將圖2之紙面右方向設為托板20之後方向。將圖2之紙面上方向設為上方向，將紙面下方向設為下方向。於托板20，以積層方向作為大致前後方向而載置積層體10。載置有積層體10之托板20被搬送至爐40內，並於爐40內對積層體10進行熱處理。爐40中設置有用以對爐40之環境(空氣)進行加熱之發熱裝置41，發熱裝置41成為熱源而對爐40之環境進行加熱。進行熱處理時，爐40內成為封閉空間，環境之熱被傳遞至積層體10，而使積層體10(玻璃基板11)之熱處理得以進行。此處，積層體10之積層方向無須與前後方向完全一致。例如於圖2所示般傾斜地立起玻璃基板11之情形時，積層方向與前後方向所成之角對應於玻璃基板11相對於上下方向傾斜之角。又，亦可以積層體10之積層方向成為上下方向之方式，將積層體10平放而載置於托板20。

托板20具備基台部21、載置部22、及背面板23等。

基台部21、載置部22及背面板23例如包含鋼鐵等金屬，且藉由焊接等而一體地形成。

基台21為大致長方形之板狀，於端面設置有用以供堆高機之爪插入之開口21a。

載置部22係固定於基台21之上部，且於載置部22之上部載置玻璃基板之積層體10。此處，載置部22之上表面無須完全水平。例如於圖2所示般將玻璃基板11傾斜地立起之情形時，亦可使載置部22之上表面對應於玻璃基板11之立起角度而傾斜。

背面板23為大致長方形之板狀，且於基台21之上部，與載置部22大致垂直地固定於載置部22之後端。背面板23支持載置於載置部22之上部之積層體10之積層方向之後端部。此處，背面板23無須完全垂直。例如於圖2所示般將玻璃基板11傾斜地立起之情形時，亦可使背面板23對應於玻璃基板11之立起角度而傾斜。

其次，對積層體10進行說明。積層體10具備複數片玻璃基板11、及複數個片材體12。

片材體12係夾於玻璃基板11彼此之間。片材體12發揮防止所積層之玻璃基板11彼此密接之作用。因此，藉由將玻璃基板11以夾於片材體之間之狀態於厚度方向積層複數片而形成玻璃基板之積層體10。片材體12可使用具有能耐受對積層體10進行熱處理時之溫度之耐熱性的材料。片材體12較佳為具有高於玻璃基板11之熱導率。

作為此種片材體12之材料，例如可選擇選自碳石墨、氧化鋁纖維、氧化矽纖維、及多孔質陶瓷中的一種、或其等之組合。

為了提高玻璃基板11之面內方向之熱導率，較佳為片材體12之厚度較厚。另一方面，為了減小積層體10之體積，較佳為片材體12之厚度較薄。因此，片材體12之厚度較佳為0.02 mm~2 mm左右。就防止玻璃基板11彼此之密接之作用而言，片材體12之面積較佳為與玻璃基板11相同程度或大於玻璃基板11之面積。

再者，亦可於任意複數片玻璃基板11之間，介置用以加熱積層體

10之加熱板來代替片材體12，或者將加熱板與片材體12一併介置。作為加熱板，例如可使用藉由電流之流動而發熱之電極板。於此情形時，電極板之電阻值根據電極板之溫度而發生變化，因此流過電極板之電流量根據電極板之溫度而發生變化。因此，可基於流過電極板之電流量而控制加熱板之溫度。藉此，可均等地調整複數片玻璃基板11間之熱分佈。

又，作為片材體12，亦可使用再生紙、紙漿紙。

於本實施形態中，於由1對絕熱板15a、15b夾持上述積層體10之狀態下對積層體10進行熱處理。

1對絕熱板15a、15b係配置於積層體10之積層方向之兩端部。圖2中，將絕熱板15a配置於後端部，將絕熱板15b配置於前端部。絕熱材15a、15b包含熱導率低於玻璃基板之材料。作為熱導率低於玻璃基板之材料，例如可選擇選自陶瓷、氧化鋁、氧化矽、及岩絨中之一種、或其等之組合。

為了維持絕熱性能，絕熱板15a、15b之熱阻較佳為 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 以上。另一方面，為了不妨礙對配置於積層體10之端部之玻璃基板11進行之加熱及冷卻，絕熱板15a、15b之熱阻較佳為 $10^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 以下。為了維持絕熱性能，較佳為絕熱板15a、15b之厚度較厚。另一方面，為了減小積層體10之體積，較佳為絕熱板15a、15b之厚度較薄。因此，絕熱板15a、15b之厚度較佳為 $10\sim 50\text{ mm}$ 左右。就防止自積層體之積層方向之外側朝端部之玻璃基板11彼此密接之作用而言，絕熱板15a、15b之面積較佳為與玻璃基板11相同程度或大於玻璃基板11之面積。

若由絕熱板15a、15b將積層體10之積層方向之兩端部夾入，則位於積層體10之前端(前端部)之玻璃基板11會抑制自環境經由該玻璃基板11之主表面流至玻璃基板11之熱，可設為與自位於玻璃基板11之積層方向中央之玻璃基板11之主表面之面方向外側流動之熱傳導的形態

相同之形態。即，於所積層之所有玻璃基板11中，熱自玻璃基板11之包含邊緣之端部區域進入，並朝向由端部區域包圍之中央區域傳遞熱。其結果，對所積層之複數片玻璃基板11，可於厚度方向使熱分佈均等。

其次，對步驟S4之熱處理進行說明。

以脫離生產線之離線之方式對利用步驟S3之處理所製作之積層體10進行熱處理。該熱處理中，一面使玻璃基板之積層體旋轉一面於特定之溫度環境下放置特定時間，使玻璃基板之端部區域至由端部區域包圍之中央區域之熱分佈一致，藉此以使端部區域至中央區域之應變分佈變得一致之方式進行調整。

具體而言，將載置有上述積層體10之托板20搬入至進行熱處理之爐40，並控制發熱裝置41之動作而對爐40內之空氣(環境)進行加熱，藉此對玻璃基板11進行熱處理。

就降低熱收縮率、使玻璃基板之應變分佈一致之方面而言，熱處理之溫度較佳為處於玻璃基板11之應變點-60°C之溫度至應變點-260°C之溫度的溫度範圍。此處，所謂應變點係指普通玻璃之應變點，為相當於 $10^{14.5}$ 泊之黏度之溫度。熱處理之時間例如為0.5~120小時。熱處理時之環境中之溫度之時間歷程並無特別限制，環境之溫度處於應變點-560°C之溫度至處於應變點之溫度範圍的時間至少為0.5小時、較佳為1小時以上即可。若未達0.5小時1小時，則熱收縮率不會充分減小，若長於120小時，則雖然熱收縮率充分減小，但玻璃基板11之生產效率降低。

再者，應變點根據玻璃之種類而不同，為了減小熱收縮，玻璃基板11較佳為具有應變點較高之玻璃組成，玻璃基板11之玻璃之應變點較佳為600°C以上，更佳為655°C以上，例如為661°C。於此情形時，熱處理溫度為應變點(661°C)-(60°C~260°C)=601°C~401°C。為

了減小玻璃基板11之熱收縮而製成高精細顯示器用玻璃基板，並不限定於上述溫度範圍，例如，熱處理時之最高溫度、即熱處理溫度可為 $250^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$ ，又，亦可為 $300^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ ，又，可為 $350^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ ，亦可為 $400^{\circ}\text{C} \sim 550^{\circ}\text{C}$ 。

暴露玻璃基板之積層體之高溫環境並無特別限制，可為含氧率為5~50%之環境，亦可為例如由空氣構成之大氣環境。

圖3(a)、(b)係表示於玻璃基板11上之各位置之熱歷程之一例的圖。此處，熱歷程係表示因熱處理而發生變化之玻璃基板11之溫度之歷程。若將玻璃基板11之積層體10搬入至進行熱處理之爐40，並使爐40內之環境溫度上升，則環境之熱自積層體10之積層方向之外側傳遞至玻璃基板11。玻璃基板11之包含邊緣之邊緣區域11a自高溫之環境接受熱傳導，而較玻璃基板11之由邊緣區域11a包圍之中央區域11b更快地升溫。又，對環境降溫，將高溫狀態之玻璃基板11之邊緣區域11a暴露於成為低溫之環境而散熱，從而較玻璃基板11之中央區域11b更快地降溫。因此，如圖3(a)、(b)所示，於玻璃基板11上，點A周邊較點B周邊更快地升溫、降溫。若如此於熱歷程中產生差值，則自邊緣區域11a至中央區域11b(自點A周邊至點B周邊)，熱收縮率不同而產生拉伸及壓縮應力，因此產生應變。為了使於玻璃基板11面內之熱收縮率均勻而抑制應變之產生，而必須消除玻璃基板11之邊緣區域11a至中央區域11b之溫度變化差，即，需要減小熱歷程差。

此處，將由LTPS、IGZO構成之半導體層形成於玻璃基板11之溫度為 $400^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ (於應變點為 661°C 之情形時為較應變點低約 $60^{\circ}\text{C} \sim 260^{\circ}\text{C}$ 之溫度)，因此只要能降低該溫度範圍內之玻璃基板11之熱收縮率即可。因此，於本實施形態中，以使玻璃基板11之點A及點B周邊之最高溫度成為 $400^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 之溫度範圍之方式進行熱處理。熱收縮率不僅隨著對玻璃基板11進行熱處理時之最高溫度發生變化，亦隨著

熱歷程而變化。尤其是如圖3(b)所示，自作為熱處理時之最高溫度之熱處理溫度(例如， 500°C)至較熱處理溫度低 $50^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 之溫度(例如， $450^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$)的熱歷程對熱收縮率之影響較大。關於熱收縮率，藉由以評價熱收縮率之溫度、此處為將由LTPS、IGZO構成之半導體層形成於玻璃基板11之溫度即例如 $400^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$ 進行熱處理，而於該溫度區域中減小熱收縮率。又，於該溫度區域 $400^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$ 以下之溫度區域中，熱收縮亦降低。即，於接近評價熱收縮率之溫度的溫度下，對熱收縮率之影響較大，越偏離該溫度，對熱收縮率之影響越小。因此，於本實施形態中，於作為熱處理時之最高溫度之熱處理溫度至成為低 $50^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 之溫度之溫度區域中進行熱處理以使玻璃基板11之面方向上之熱歷程差得以抑制。圖3(b)示出了 $300^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$ 之溫度範圍內之熱歷程差。藉由減小玻璃基板11之邊緣區域11a(點A周邊)與中央區域11b(點B周邊)之熱歷程差(圖3(b)中之面積D)，可抑制玻璃基板11面上之熱收縮率之不均，而抑制應變之產生。

由點A之熱歷程與點B之熱歷程之差所形成之面積D越小，則應變之值越小。圖4係表示揭示熱歷程差之面積與應變之關係之一例的圖表。如該圖所示，於使應變為 2 kgf/cm^2 以下之情形時，以面積成為D1以下之方式對玻璃基板11進行熱處理。又，於使應變為 4 kgf/cm^2 以下之情形時，以使面積成為D2以下之方式對玻璃基板11進行熱處理，於使應變為 9 kgf/cm^2 以下之情形時，以使面積成為D3以下之方式對玻璃基板11進行熱處理。面積D1~D3之值對應於時間×溫度之單位。面積D1~D3之值可根據玻璃基板11之大小、厚度、組成等而任意地變更。藉此，亦可根據製造高精細顯示器之面板時所要求之應變之容許值而適當變更玻璃基板11於熱處理中之溫度、時間。

又，以使玻璃基板11之中央區域11b(點B周邊)之溫度達到與邊緣區域11a(點A周邊)之溫度相同之最高溫度之方式進行熱處理。藉由玻

玻璃基板11之中央區域11b(點B周邊)之溫度達到最高溫度，邊緣區域11a(點A周邊)與中央區域11b(點B周邊)之熱收縮率差變小，可減少應變之產生。中央區域11b(點B周邊)之溫度持續(保持)最高溫度之時間為任意，例如為0.5小時~4小時，更佳為1小時~2小時。為了達成特定之熱收縮率，以使邊緣區域11a(點A周邊)至中央區域11b(點B周邊)之玻璃基板11之溫度達到最高溫度之方式進行熱處理，為了抑制應變之產生，以使玻璃基板11中之面方向上之熱歷程差變小之方式進行熱處理。

圖5係表示對玻璃基板進行熱處理時之溫度分佈之一例的圖。如上所述，熱處理時之最高溫度即熱處理溫度(例如，較應變點低 60°C ~ 260°C 之溫度)至較上述熱處理溫度低 50°C ~ 300°C 之中間溫度的熱歷程對熱收縮率之影響較大。為了於所積層之玻璃基板11中抑制該溫度範圍內之熱歷程差，需要使中間溫度至最高溫度之速度(溫度梯度)較室溫至中間溫度之速度(溫度梯度)慢(平緩)。圖5中，對熱收縮之影響較小之溫度區域 T_{m1} ~ T_{m2} 中之升溫速度 S_1 為 $(T_{m2}-T_{m1})/(t_1-t_0)$ ，對熱收縮之影響較大之溫度區域 T_{m2} ~ T_{m3} 中之升溫速度 S_2 為 $(T_{m3}-T_{m2})/(t_2-t_1)$ ，最高溫度區域 T_{m3} 中之速度 S_3 為 $(T_{m3}-T_{m3})/(t_3-t_2)=0$ ，對熱收縮之影響較大之溫度區域 T_{m3} ~ T_{m2} 中之降溫速度 S_4 為 $(T_{m2}-T_{m3})/(t_4-t_3)$ ，對熱收縮之影響較小之溫度區域 T_{m2} ~ T_{m1} 中之降溫速度 S_5 為 $(T_{m1}-T_{m2})/(t_5-t_4)$ 。此處，溫度為 $T_{m1}<T_{m2}<T_{m3}$ ， T_{m1} =室溫(例如， 25°C)， T_{m2} =中間溫度(例如， 300°C)， T_{m3} =最高溫度(例如， 500°C)。此處，室溫並不限定於 25°C ，例如為 1°C ~ 30°C 。又，最高溫度並不限定於 500°C ，可為應變點-(60°C ~ 260°C)之任意溫度，中間溫度並不限定於 300°C ，可為最高溫度-(50°C ~ 300°C)之任意溫度。中間溫度隨最高溫度而變化，但亦可將最高溫度設為應變點-(60°C ~ 260°C)之範圍之溫度，將中間溫度固定為 300°C 。於此情形時，最高溫度至 300°C 之升溫

/冷卻速度較300°C至25°C之升溫/冷卻速度慢。又，升溫速度/降溫速度係對玻璃基板11整體進行升溫/降溫之平均速度。

於升溫時間 $t_0 \sim t_2$ ，以使對熱收縮之影響較大之溫度區域 $T_{m2} \sim T_{m3}$ 內之升溫速度 S_2 成為升溫速度 $S_1 > S_2$ 之方式對積層體10進行加熱處理。對熱收縮之影響較小之溫度區域內之升溫速度 S_1 例如為60°C/h \sim 300°C/h，更佳為80°C/h \sim 250°C/h，對熱收縮之影響較大之溫度區域內之升溫速度 S_2 例如為20°C/h \sim 60°C/h，更佳為20°C/h \sim 40°C/h。維持最高溫度 T_{m3} 之時間 $t_3 - t_2$ 例如為0.5小時 \sim 4小時，較佳為1 \sim 4小時，更佳為1小時 \sim 2小時。又，於降溫時間 $t_3 \sim t_5$ ，以使對熱收縮之影響較大之溫度區域 $T_{m2} \sim T_{m3}$ 內之降溫速度 S_4 以降溫速度之絕對值計成為降溫速度 $S_5 > S_4$ 之方式對積層體10進行冷卻(散熱)處理。對熱收縮之影響較大之溫度區域內之降溫速度 S_4 例如為-20°C/h \sim -60°C/h，更佳為-20°C/h \sim -40°C/h，對熱收縮之影響較小之溫度區域內之降溫速度 S_5 例如為-60°C/h \sim -300°C/h，更佳為-80°C/h \sim -250°C/h。又，關於熱收縮，降溫時之影響較升溫時之影響大，因此亦可將速度之絕對值設為 $S_2 > S_4$ ，而使降溫速度 S_4 較升溫速度 S_2 慢。又，亦可以使升溫速度 S_1 與升溫速度 S_2 之平均速度 AS_1 較降溫速度 S_3 與降溫速度 S_4 之平均速度 AS_2 快之方式、即以成為平均速度 $AS_1 > AS_2$ 之方式使降溫速度變慢。於因對熱收縮之影響較小而不易產生應變之 T_{m2} 至 T_{m1} (室溫)之溫度區域內使升溫速度、降溫速度變快而縮短升溫時間、降溫時間，藉此縮短對積層體10進行熱處理、冷卻處理之時間。藉此，於對熱收縮率降低之影響較小之溫度區域 $T_{m1} \sim T_{m2}$ 中，可縮短熱處理時間，提高玻璃基板11之生產效率。另一方面，於因對熱收縮之影響較大而容易產生應變之中間溫度至熱處理時之最高溫度即熱處理溫度之溫度區域 $T_{m2} \sim T_{m3}$ 中，使升溫速度、降溫速度變慢而延長升溫時間、降溫時間，藉此抑制應變之產生。藉此，可減少玻璃

基板11之熱收縮率之不均並且抑制應變之產生，進而，可提高玻璃基板11之生產效率。

於熱自設置於爐40內之熱源傳遞至玻璃基板11之邊緣區域11a(點A周邊)之時間、及熱自熱源傳遞至中央區域11b(點B周邊)為止之時間內，如圖3(b)所示，熱自熱源經由邊緣區域11a(點A周邊)而傳遞至中央區域11b(點B周邊)為止之時間更為耗時。因此，於熱傳遞至邊緣區域11a(點A周邊)之時間後、即邊緣區域11a(點A周邊)成為中間溫度300℃後，使升溫速度較邊緣區域11a(點A周邊)自室溫成為中間溫度300℃為止之升溫速度慢(使溫度梯度平緩)。藉由使升溫速度變慢，而抑制邊緣區域11a(點A周邊)被熱源所加熱之速度，確保熱自邊緣區域11a(點A周邊)傳遞至中央區域11b(點B周邊)之時間，藉此，點A之熱歷程與點B之熱歷程之差變小。又，關於散熱，亦為自中央區域11b(點B周邊)經由邊緣區域11a(點A周邊)散熱之散熱時間較自區域11a(點A周邊)散熱之時間長。因此，邊緣區域11a(點A周邊)冷卻(散熱)至中間溫度300℃後，使降溫速度較邊緣區域11a(點A周邊)自最高溫度成為中間溫度300℃為止之降溫速度慢。藉由此種加熱處理/冷卻處理，可確保熱自邊緣區域11a(點A周邊)傳遞至中央區域11b(點B周邊)之時間，又，可確保將中央區域11b(點B周邊)冷卻之時間，可抑制對熱收縮造成之影響較大之中間溫度至最高溫度(300℃～500℃)之溫度區域內之熱歷程差。

藉由此種熱處理，可將玻璃基板11之熱收縮率設為0～15 ppm。玻璃基板11之熱收縮率較佳為設為0～12 ppm，更佳為設為0～6 ppm。此種熱收縮率可藉由對玻璃基板之玻璃組成、熱處理之溫度及熱處理時間進行調整而達成。

於本實施形態中，於由熱導率低於玻璃基板11之1對絕熱板15a、15b，於積層方向夾著玻璃基板11之積層體10之狀態下，將積層體10

搬入至進行熱處理之爐40，並使爐40內之環境溫度上升。關於爐40內之環境之溫度梯度，藉由使300°C至500°C之溫度梯度較室溫至300°C之溫度梯度平緩，可使複數片玻璃基板11間之熱分佈一致。因此，可降低熱處理後之各玻璃基板11之熱收縮率之不均。

此處，亦可將加熱板配置於積層體10之積層方向之任意位置，並以使複數片玻璃基板11間之熱分佈變得一致之方式利用加熱板對積層體10進行加熱。

進而，藉由使用具有高於玻璃基板11之熱導率之材料作為片材體12，可促進玻璃基板11之面內方向之傳熱，而使玻璃基板11之端部區域及中央區域之熱分佈一致。因此，玻璃基板11之面方向上之熱收縮率之不均得到抑制，因熱收縮率之差而產生之應變之產生亦得到抑制，可使玻璃基板之應變分佈一致。

又，於對玻璃基板11逐片地進行熱處理之單片方式之情形時，與對將玻璃基板11積層而成之積層體10進行熱處理之情形相比，可提高升溫速度、降溫速度。於單片方式中可縮短熱處理時間，因此例如亦可設為升溫速度 $S1=120^{\circ}\text{C}/\text{h}\sim 400^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，升溫速度 $S2=40^{\circ}\text{C}/\text{h}\sim 120^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，維持最高溫度 $Tm3$ 之時間 $t3-t2=0.5$ 小時 ~ 2 小時，降溫速度 $S4=-40^{\circ}\text{C}/\text{h}\sim -120^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，降溫速度 $S5=-120^{\circ}\text{C}/\text{h}\sim -400^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。

又，亦可根據積層體10之積層方向上之厚度，變更升溫速度、降溫速度。例如，於積層體10之積層方向上之厚度為50 cm以下之情形時，熱於積層方向上迅速地傳遞，因此亦可設為升溫速度 $S1=90^{\circ}\text{C}/\text{h}\sim 300^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，升溫速度 $S2=30^{\circ}\text{C}/\text{h}\sim 90^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，維持最高溫度 $Tm3$ 之時間 $t3-t2=0.5$ 小時 ~ 3 小時，降溫速度 $S4=-30^{\circ}\text{C}/\text{h}\sim -90^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，降溫速度 $S5=-90^{\circ}\text{C}/\text{h}\sim -300^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。積層體10之積層方向上之厚度越薄，越提高升溫速度、降溫速度，於在積層方向上積層之玻璃基板11為1片、即單片方式之情形時，亦可以上述升溫速度、降溫速度進行熱處理。即₅

便積層體10之積層方向上之厚度變薄，亦可不改變升溫速度、降溫速度之大小關係而進行熱處理。

(第2實施形態之退火步驟)

其次，對第2實施形態之退火步驟進行詳細說明。第2實施形態為對玻璃基板逐片地進行熱處理之單片方式之熱處理之形態。第2實施形態中之玻璃基板之製造方法亦以圖1所示之流程進行。於此情形時，於步驟S3之玻璃基板之堆載時，以由下述圖6(a)所示之支持玻璃基板之支持構件支持之方式載置玻璃基板11。

圖6(a)係表示爐內之玻璃基板11之載置狀態之一例的側視圖，圖6(b)係自底面側觀察圖6(a)之玻璃基板11所得之圖。玻璃基板11係水平載置於設置於爐140內之支持構件112上，且於爐140內進行熱處理。首先，將利用圖1所示之步驟S2所板狀裁切之玻璃基板11以由支持構件112支持之方式載置於支持構件112上(步驟S3)，並於玻璃基板11載置於支持構件112上之狀態下進行熱處理(退火處理)(步驟S4)。於本實施形態中，不使複數片玻璃基板11積層，而以將一片(單層)玻璃基板11載置於支持構件112上之狀態進行熱處理。再者，亦可進行一面將載置於支持構件112上之玻璃基板11逐片搬送一面進行熱處理之單片方式之熱處理。又，可於爐內設置複數片載置於支持構件112上之玻璃基板11而對各玻璃基板11進行熱處理，又，亦可將玻璃基板11與支持構件112交替地積層，藉由支持構件112將玻璃基板11彼此隔開特定距離而對各玻璃基板11進行熱處理。

支持構件112例如由具有耐熱性之纖維構件、碳纖維、氧化鋁纖維、氧化矽纖維、多孔質陶瓷、碳石墨、碳氫、金屬構件、磚構件所構成，並於爐140內設置複數個。支持構件112係以使玻璃基板11大致水平之方式支持玻璃基板11之下表面(底面)。

再者，支持玻璃基板11之支持構件112之數量、各支持構件112之

間隔、支持玻璃基板11之位置為任意。又，當對玻璃基板11進行熱處理時，玻璃基板11會膨脹而變形，因此支持構件112較佳為具有柔軟性。

於爐140設置有複數個用以對爐140之環境(空氣)進行加熱之發熱裝置141，發熱裝置141成為熱源而對爐140之環境進行加熱。發熱裝置141例如由陶瓷加熱器、遠紅外線加熱器、鹵素加熱器所構成，並以使玻璃基板11之溫度成為下述熱歷程之方式對玻璃基板11及爐140之環境進行加熱。環境之熱傳遞至玻璃基板11，又，藉由遠紅外線、紅外線對玻璃基板11進行加熱，從而進行熱處理以使玻璃基板11之溫度成為 $400^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 之範圍之溫度。進行熱處理時，爐140內成為封閉空間，不易受到爐140外之影響。發熱裝置141係以使爐140內之溫度分佈變得大致一致之方式對發熱量、發熱時間進行控制。只要爐140內之溫度分佈變得大致一致即可，將發熱裝置141設置於爐140內之位置、數量為任意。玻璃基板11係由支持構件112支持，並於玻璃基板11之下表面設置有特定之空間。由於爐140內之溫度分佈大致一致，故而於玻璃基板11之上表面、及由支持構件112支持之玻璃基板11之下表面，熱歷程相同。若於玻璃基板11之上表面與下表面之間產生熱歷程差，則熱收縮率於上表面及下表面不同而產生拉伸及壓縮應力，故而產生翹曲。因此，消除玻璃基板11之上表面與下表面之溫度變化之差，即，減小熱歷程之差。

其次，對步驟S4之熱處理進行說明。

首先，控制發熱裝置141，以使爐140內之環境溫度成為熱處理溫度之方式進行處理。此處，所謂熱處理溫度係指將高精細顯示器所使用之由LTPS、IGZO構成之半導體層形成於玻璃基板11之形成溫度，具體而言為 $400^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 之範圍之溫度。製造高精細顯示器時之玻璃基板11之加工處理溫度為低於玻璃之應變點(相當於 $10^{14.5}$ 泊之黏 η

度之溫度、例如 6601°C)之溫度。若於較該加工處理溫度低之溫度區域中，玻璃基板之熱收縮率較大，則玻璃基板不適合作為用以製造高精細顯示器之玻璃基板。因此，於與製造高精細顯示器之玻璃基板之加工處理溫度大致相等之溫度區域即 $400^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 之範圍之熱處理溫度下，對玻璃基板11進行熱處理，於熱處理溫度以下之溫度區域中，使熱收縮率成為 $0 \sim 15 \text{ ppm}$ ，較佳為成為 $0 \sim 10 \text{ ppm}$ ，更佳為成為 $0 \sim 6 \text{ ppm}$ ，進而較佳為成為 $0 \sim 3 \text{ ppm}$ 。

其次，於爐140內之環境溫度成為熱處理溫度後，將玻璃基板11大致水平載置於爐140內之支持構件112上，並將爐140中之玻璃基板11之投入口封閉而使爐140內成為封閉空間。於使爐140內之環境溫度成為熱處理溫度之狀態下，將玻璃基板11投入至爐140內，藉此能以短時間對玻璃基板11進行加熱。

再者，於存在玻璃基板11之溫度與爐140內之環境溫度之差，導致將玻璃基板11載置於爐140內時玻璃基板11急遽地熱變形(熱膨脹)之情形時，亦可預先對玻璃基板11進行加熱後再載置於爐140內。藉由預先對玻璃基板11進行加熱，可抑制玻璃基板11急遽地熱變形，可減少產生於玻璃基板11之應變、翹曲、凹處等。又，亦可抑制因玻璃基板11與支持構件112摩擦而產生於玻璃基板11之損傷。

其次，控制發熱裝置141，以 $20^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 以上～未達 $120^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 之升溫速度對玻璃基板11進行加熱，直至成為處於 $400^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 之範圍之熱處理時之最高溫度即熱處理溫度。將玻璃基板11之溫度加熱至熱處理溫度之步驟為加熱步驟。經由加熱步驟後，將玻璃基板11之溫度以熱處理溫度維持5分鐘～120分鐘。以熱處理溫度之狀態持續維持玻璃基板11之溫度之步驟為維持步驟。於維持步驟中，玻璃基板11之溫度可於 $400^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 之範圍內發生變化，玻璃基板11之溫度亦可不固定。例如，亦可以較 $20^{\circ}\text{C}/\text{分鐘} \sim 120^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 之升溫速度慢之速度、或

較 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{分鐘} \sim 10^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 之第1降溫速度慢之速度，以使玻璃基板11之溫度成為 $400^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 之範圍之方式加以維持。經由維持步驟後，以 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 以上 \sim 未達 $10^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 之第1降溫速度，將玻璃基板11自熱處理溫度冷卻至較熱處理溫度低 $50^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 之第1中間溫度。以第1降溫速度將玻璃基板11冷卻之後，以 $10^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 以上 \sim 未達 $25^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 之第2降溫速度，將玻璃基板11自第1中間溫度冷卻至第2中間溫度。以第2降溫速度將玻璃基板11冷卻後，以第1降溫速度進而將玻璃基板11自第2中間溫度冷卻至室溫。將玻璃基板11之溫度自熱處理溫度冷卻至室溫之步驟為冷卻步驟，熱處理溫度至第1中間溫度之冷卻為第1冷卻步驟，第1中間溫度至第2中間溫度之冷卻為第2冷卻步驟，第2中間溫度至室溫之冷卻為第3冷卻步驟。

圖7係表示玻璃基板11之熱歷程之圖。此處，熱歷程係表示隨著爐140內之熱處理而變化之玻璃基板11之溫度之歷程。圖中所示之溫度為 $T_{m1} < T_{m2} < T_{m3} < T_{m4}$ ， T_{m1} =室溫(例如， 25°C)， T_{m2} =第2中間溫度(例如， 200°C)， T_{m3} =第1中間溫度(例如， 400°C)， T_{m4} =熱處理溫度(例如， 500°C)。

將加熱步驟、維持步驟、各冷卻步驟中之速度、時間之範圍示於下文。

(1)加熱步驟： $t_1 - t_0 = 5\text{分鐘} \sim 20\text{分鐘}$ 、 $T_{m4} - T_{m1} = 400^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 、升溫速度 $S_1 = (T_{m4} - T_{m1}) / (t_1 - t_0) = 20^{\circ}\text{C}/\text{分鐘} \sim 120^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ ；

(2)維持步驟： $t_2 - t_1 = 5\text{分鐘} \sim 120\text{分鐘}$ 、 $T_{m4} - T_{m4} = 0$ 、速度 $S_2 = (T_{m4} - T_{m4}) / (t_2 - t_1) = 0^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ ；

(3)第1冷卻步驟： $t_3 - t_2 = 15\text{分鐘} \sim 100\text{分鐘}$ 、 $T_{m4} - T_{m3} = 50^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 、降溫速度 S_3 (第1降溫速度) $= (T_{m4} - T_{m3}) / (t_3 - t_2) = 0.5^{\circ}\text{C}/\text{分鐘} \sim 10^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ ；

(4)第2冷卻步驟： $t_4 - t_3 = 10\text{分鐘} \sim 15\text{分鐘}$ 、 $T_{m3} - T_{m2} = 150^{\circ}\text{C} \sim 250^{\circ}\text{C}$ 、 S_4

降溫速度S4(第2降溫速度)為 $(Tm3-Tm2)/(t4-t3)=10^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}\sim 25^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ ；

(5)第3冷卻步驟： $t5-t4=15\text{分鐘}\sim 100\text{分鐘}$ 、 $Tm2-Tm1=50^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 、降溫速度S5(第1降溫速度) $= (Tm2-Tm1)/(t5-t4)=0.5^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}\sim 10^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 。

此處，室溫並不限定於 25°C ，例如為 $0^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。又，熱處理溫度並不限定於 500°C ，可為 $400^{\circ}\text{C}\sim 600^{\circ}\text{C}$ 之任意溫度，第1中間溫度並不限定於 400°C ，可為熱處理溫度 $-(50^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C})$ 之任意溫度。第2中間溫度為 $150^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$ 之範圍之溫度，亦可固定為 200°C 。又，升溫速度/降溫速度係對玻璃基板11整體進行升溫/降溫之平均速度。

若將加熱步驟與維持步驟、冷卻步驟加以比較，則對玻璃基板11之熱收縮之影響較小，不易產生因熱收縮率之不均而產生之應變，因此處理時間 $(=Tm4-Tm1)$ 亦可較短，亦可使升溫速度較快。於加熱步驟中，藉由縮短處理時間而提高升溫速度，可提高玻璃基板11之生產效率。

維持步驟與冷卻步驟同樣地對玻璃基板11之熱收縮之影響較大，藉由使冷卻步驟之處理時間 $(=t5-t2)$ 較維持步驟之處理時間 $(=t2-t1)$ 長，可減小熱收縮率。因此，藉由使維持步驟之處理時間較冷卻步驟之處理時間短，可提高玻璃基板11之生產效率。藉由延長維持步驟之處理時間，可實現玻璃基板11之低熱收縮率，因此，根據對玻璃基板11所要求之熱收縮率而任意地變更維持步驟之處理時間，藉此可實現玻璃基板11之生產效率之提高、熱收縮率之減小。又，玻璃基板11之板厚越薄，則熱越快地傳遞至玻璃基板11之內部，因此可根據玻璃基板11之板厚之薄度而縮短維持步驟之處理時間。又，維持步驟之溫度、即熱處理溫度係基於將高精細顯示器使用之由LTPS、IGZO構成之半導體層形成於玻璃基板11之形成溫度而設定的溫度，因此只要為

與形成溫度同等之溫度範圍即可，亦可為低於玻璃之應變點之溫度。由於無需使爐40內之溫度上升至玻璃之應變點，故而加熱成本變得較低，可以低成本減小玻璃基板11之熱收縮率。

再者，應變點根據玻璃之種類而不同，為了減小熱收縮，玻璃基板11較佳為具有應變點較高之玻璃組成，玻璃基板11之玻璃之應變點較佳為600°C以上，更佳為655°C以上，例如為661°C。

第1冷卻步驟對玻璃基板11之熱收縮之影響較大，因此，處理時間(=t3-t2)較第2冷卻步驟之處理時間(=t4-t3)長，降溫速度S3較第2冷卻步驟之降溫速度S4慢。於對玻璃基板11之熱收縮之影響較大的熱處理溫度至第1中間溫度(例如，400°C)之熱處理中，使處理時間較其他步驟長而使降溫速度變慢，藉此可減少玻璃基板11之熱收縮率之不均，可抑制應變之產生。

第2冷卻步驟對玻璃基板11之熱收縮之影響較小，因此處理時間(=t4-t3)較第1冷卻步驟之處理時間(=t3-t2)短，降溫速度S4較第1冷卻步驟之降溫速度S3快。與熱處理溫度至第1中間溫度之溫度區域相比，第1中間溫度至第2中間溫度之區域對玻璃基板11之熱收縮之影響較小，不易產生因熱收縮率之不均而產生之應變。因此，於第2冷卻步驟中，使處理時間較第1冷卻步驟短而提高降溫速度，藉此可提高玻璃基板11之生產效率。

第3冷卻步驟對玻璃基板11之熱收縮之影響較小，因此可藉由任意之降溫速度將玻璃基板11冷卻。藉由使第3冷卻步驟之降溫速度S5較第2冷卻步驟之降溫速度S4慢，可抑制玻璃基板11之熱變形，從而抑制因玻璃基板11與支持構件12摩擦而產生於玻璃基板11之損傷。

再者，第3冷卻步驟對玻璃基板11之熱收縮之影響較小，因此亦可以第2冷卻步驟之降溫速度S4將玻璃基板11冷卻。藉由在第3冷卻步驟中以降溫速度S4進行冷卻，可提高玻璃基板11之生產效率。

S

藉由此種熱處理，可將玻璃基板11之熱收縮率設為0~15 ppm。玻璃基板11之熱收縮率較佳為設為0~10 ppm，更佳為設為0~6 ppm。此種熱收縮率可藉由對玻璃基板之玻璃組成、熱處理之溫度及熱處理時間進行調整而達成。又，於對玻璃基板之熱收縮之影響較小之溫度區域中，縮短處理時間而提高升溫速度/降溫速度，藉此可提高玻璃基板11之生產效率。又，於單片玻璃基板11之情形時，熱容易於玻璃基板11之面方向均等地傳遞，因此，藉由利用本實施形態之熱處理步驟對玻璃基板11進行處理，可提高玻璃基板11之生產效率，並且減小熱收縮率。

其次，對上述第1實施形態或第2實施形態之經熱處理(離線退火)之玻璃基板11之評價及評價結果進行說明。此時之玻璃基板11係將以處於400°C~600°C之範圍之熱處理溫度維持5分鐘~30分鐘而進行熱處理之液晶顯示器用玻璃基板作為對象。

於熱處理結束之玻璃基板11之評價中，投入至熱處理爐而再次進行熱處理。評價之溫度為(1)500°C即第1評價溫度、(2)較第1評價溫度低50°C之第2評價溫度(450°C)、(3)較第1評價溫度高50°C之第3評價溫度(550°C)。離線退火後之熱收縮率視情形存在不適用於將高精細顯示器使用之由LTPS、IGZO構成之半導體層形成於玻璃基板11之情況。尤其，重要的是抑制於與製造高精細顯示器之玻璃基板11之半導體層形成時之溫度(將該溫度稱為加工處理溫度)大致相等之溫度區域即400°C~600°C之範圍附近的玻璃基板11之熱收縮率。因此，於與製造高精細顯示器之玻璃基板11中之半導體層形成時之溫度相等之溫度區域中對玻璃基板11之熱收縮率進行評價。

關於用以評價玻璃基板11之評價熱處理方法，以使熱處理爐內之溫度成為第1評價溫度、第2評價溫度、第3評價溫度之方式進行設定，將玻璃基板11投入至已設定為各評價溫度之熱處理爐，於熱處理

爐內進行30分鐘之熱處理後，自熱處理爐取出而自然冷卻。將藉由該方法進行評價熱處理時之玻璃基板11之熱收縮率分別設為第1熱收縮率C1、第2熱收縮率C2、第3熱收縮率C3。此時，適於製造高精細顯示器之玻璃基板11為滿足以下關係式之玻璃基板。

$$\text{關係式：}|C1-C2|/|C3-C1|<0.28$$

其中，C1=以第1評價溫度維持30分鐘時之第1熱收縮率，C2=以第2評價溫度維持30分鐘時之第2熱收縮率，C3=以第3評價溫度維持30分鐘時之第3熱收縮率。

圖8係表示利用評價熱處理方法對第1實施形態中經熱處理之玻璃基板11進行熱處理時玻璃基板11之熱收縮率之結果之一例的圖。於適於製造高精細顯示器之玻璃基板中，於高精細顯示器之加工處理溫度以下，熱收縮率較小。因此，藉由使第1評價溫度至第2評價溫度之溫度區域內之熱收縮率(C1~C2)小於第1評價溫度至第3評價溫度之溫度區域內之熱收縮率(C1~C3)，可實現適於製造高精細顯示器之玻璃基板。玻璃基板11於第1實施形態之熱處理中係以熱處理溫度Tm3(400℃~600℃)進行處理，因此，如圖8所示，自第1評價溫度至第2評價溫度之熱處理溫度以下之溫度區域內之熱收縮率減小至15 ppm以下。然而，自第1評價溫度至第3評價溫度之熱處理溫度以上之溫度區域內之熱收縮率之降低較小，成為接近熱處理前之熱收縮率(例如，80 ppm)之熱收縮率。玻璃基板11由於對製造高精細顯示器造成影響之溫度區域內之熱收縮率與不影響高精細顯示器之製造之溫度區域相比變得極低，因此適於製造高精細顯示器。又，於超過熱處理溫度之溫度區域中，藉由抑制玻璃基板11之熱收縮率之降低，可抑制熱收縮之不均、玻璃基板11內之應變。

(第1實施形態之實驗例)

為了確認第1實施形態之效果，藉由作為熔融法之1種之溢流下

拉法而製作複數片具有下述玻璃組成之玻璃基板。玻璃基板之應變點為660°C。

•玻璃組成

SiO₂ 67.0莫耳%、

Al₂O₃ 10.6莫耳%、

B₂O₃ 11.0莫耳%、

RO 11.4莫耳%(RO為MgO、CaO、SrO及BaO之合計量)。

•退火

利用第1實施形態之方法對該玻璃基板進行熱處理(亦稱為退火)。實施例中，將玻璃基板積層，以於300°C至熱處理溫度之最高溫度500°C之溫度區域中，使升溫速度、降溫速度較300°C至室溫之溫度區域中慢而使升溫時間、降溫時間變長之方式進行熱處理。比較例中，形成玻璃基板之積層體，不使升溫速度、降溫速度根據溫度區域發生變化、即將升溫速度及降溫速度分別固定為一定速度而進行熱處理(先前例)。

•熱收縮率之測定

於熱處理前將玻璃基板切割成特定尺寸之長方形，於長邊兩端部劃出標記線，並於短邊中央部切斷成兩半而獲得2個玻璃樣品。對其中一個玻璃樣品進行熱處理(升溫速度為10°C/分鐘，於450°C下放置1小時)。對不進行熱處理之另一玻璃樣品之長度進行測定。進而，使經熱處理之玻璃樣品與未經處理之玻璃樣品緊挨，利用雷射顯微鏡測定標記線之偏移量，從而求出玻璃樣品之長度之差量，藉此可求出樣品之熱收縮量。使用作為該熱收縮量之差量、及熱處理前之玻璃樣品之長度，藉由下式求出熱收縮率。將該玻璃樣品之熱收縮率設為玻璃基板之熱收縮率。

$$\text{熱收縮率(ppm)} = (\text{差量}) / (\text{熱處理前之玻璃樣品之長度}) \times 10^6$$

對退火前之玻璃基板之熱收縮率進行研究，結果為50 ppm。

對退火後之玻璃基板之熱收縮率進行研究，結果於實施例中，積層方向之端部之玻璃基板之熱收縮率為2 ppm，積層方向之中央部之玻璃基板之熱收縮率為3 ppm。另一方面，於先前例中，積層方向之端部之玻璃基板之熱收縮率為10 ppm，積層方向之中央部之玻璃基板之熱收縮率為18 ppm。

又，實施例中，玻璃基板之邊緣區域與中央區域之熱歷程差減小，邊緣區域之熱收縮率為2 ppm，中央區域之熱收縮率為3 ppm。另一方面，於先前例中，邊緣區域之熱收縮率為11 ppm，中央區域之熱收縮率為18 ppm。

如此，藉由根據溫度區域使升溫速度、降溫速度發生變化，而於熱處理步驟中均等地調整複數片玻璃基板間之熱分佈，藉此可減小熱處理後之玻璃基板之熱收縮率之不均。

(第2實施形態之實驗例)

為了確認第2實施形態之效果，藉由溢流下拉法制作複數片具有與第1實施形態之實驗例相同之玻璃組成之玻璃基板。玻璃基板之板厚為0.5 mm，玻璃基板之應變點為660°C。

•退火

利用第2實施形態之熱處理之方法對該玻璃基板進行熱處理。實施例中，將一片玻璃基板載置於支持構件上，並以與第1中間溫度至第2中間溫度之溫度區域相比，熱處理溫度500°C至第1中間溫度之溫度區域之降溫速度變慢之方式進行熱處理。比較例中，與實施例同樣地將一片玻璃基板載置於支持構件上，並以與第1中間溫度至第2中間溫度之溫度區域相比，熱處理溫度500°C至第1中間溫度之溫度區域之降溫速度變快之方式進行熱處理。

熱收縮率之測定係利用與第1實施形態中之熱收縮率之測定相同

之方法進行。熱處理前之玻璃樣品之熱收縮率為40~50 ppm。

設為熱處理溫度=500℃、第1中間溫度=400℃、第2中間溫度=200℃、維持時間=10分鐘，使升溫速度、第1降溫速度、第2降溫速度變化，並將玻璃樣品之熱收縮率進行比較。將其結果示於表1。

[表1]

	升溫速度 (°C/分鐘)	第1降溫速度 (°C/分鐘)	第2降溫速度 (°C/分鐘)	熱收縮率 (ppm)
實施例1	20	3	13	6±1
實施例2	120	3	13	6±1
實施例3	50	0.5	10	5±1
實施例4	50	9.5	10.5	8±1
實施例5	50	9.5	24	8±1
實施例6	50	1	7	12±3
實施例7	50	1	30	10±3
比較例1	50	10	5	18±4
比較例2	50	30	1	20±5
比較例3	50	30	10	21±5

如表1之實施例1、2所示，於第1降溫速度較第2降溫速度慢且升溫速度為20°C/分鐘以上~未達120°C/分鐘之範圍內，可減小玻璃基板之熱收縮率，熱收縮率之不均亦較小。又，如實施例1~6所示，於第1降溫速度為0.5°C/分鐘以上~未達10°C/分鐘、第2降溫速度為10°C/分鐘以上~未達25°C/分鐘之範圍內，可將玻璃基板之熱收縮率減小至15 ppm以下，熱收縮率之不均亦較小。而且，藉由使對熱收縮率之影響較大之第1降溫速度更慢，可進一步減小熱收縮率。又，如比較例1~3所示，於本實施形態之速度範圍外且第1降溫速度>第2降溫速度之情形時，雖然玻璃基板之熱收縮率減小，但超過15 ppm，因此判明並非有效之熱處理。

其次，對將第2實施形態之熱處理中之維持時間設定為0分鐘、2分鐘、5分鐘、30分鐘、60分鐘、120分鐘、150分鐘之情形時的玻璃樣品之熱收縮率進行比較。再者，設為熱處理溫度=500℃、第1中間溫度=400℃、第2中間溫度=200℃、升溫速度=50°C/分鐘、第1降溫速

度=3°C/分鐘、第2降溫速度=13°C/分鐘。將其結果示於表2。

[表2]

	維持時間(分鐘)	熱收縮率(ppm)
比較例1	0	18±3
實施例1	2	13±2
實施例2	5	8±1
實施例3	30	7±1
實施例4	60	6±1
實施例5	120	6±1
實施例6	150	8±1

如表2之實施例1~6所示，藉由設置維持時間，可使玻璃基板之熱收縮率為10 ppm以下，熱收縮率之不均亦較小。藉由將維持時間設為5~150分鐘，可使熱收縮率降低至10 ppm以下。尤其是於維持時間為20~120分鐘之實施例3~5中，顯示出熱收縮率為7±1 ppm以下之優異之效果。

其次，對將第2實施形態之熱處理時之熱處理溫度設定為350°C、400°C、500°C、600°C、650°C之情形時的玻璃樣品之熱收縮率進行比較。再者，設為維持時間=10分鐘、第1中間溫度=400°C、第2中間溫度=200°C、升溫速度=50°C、第1降溫速度=3°C/分鐘、第2降溫速度=13°C/分鐘。將其結果示於表3。

[表3]

	熱處理溫度(°C)	熱收縮率(ppm)
比較例1	350	16±4
實施例1	400	9±2
實施例2	500	6±1
實施例3	600	8±1
比較例2	650	12±2

如表3之實施例1~3所示，藉由使熱處理溫度為400°C以上至600°C以下，可使玻璃基板之熱收縮率大致為10 ppm以下，熱收縮率之不均亦較小。另一方面，如比較例1所示，於熱處理溫度為350°C之情形時，玻璃基板之熱收縮率超過15 ppm，因此判明為並非有效之熱處

理。又，如比較例2所示，於熱處理溫度為650°C之情形時，雖然可使玻璃基板之熱收縮率為15 ppm以下，但認為就熱效率之觀點而言並非有效之熱處理。

如上所示，藉由使降溫速度根據溫度區域發生變化，可減小熱處理後之玻璃基板之熱收縮率。

以上，對本發明之玻璃基板之製造方法進行了詳細說明，當然，本發明並不限定於上述實施形態及實施例等，亦可於不脫離本發明之主旨之範圍內進行各種改良或變更。

【符號說明】

10	積層體
11	玻璃基板
11a	邊緣區域
11b	中央區域
12	片材體
15a	絕熱板
15b	絕熱板
20	托板
21	基台部
21a	開口
22	載置部
23	背面板
40	爐
41	發熱裝置
112	支持構件
140	爐
141	發熱裝置

A	點
B	點
C1	第1熱收縮率
C2	第2熱收縮率
C3	第3熱收縮率
D、D1~D3	面積
S1~S8	步驟
S1、S2	升溫速度
S3、S4、S5	降溫速度
t0~t5	時間
Tm1~Tm4	溫度

申請專利範圍

1. 一種玻璃基板之製造方法，其特徵在於：其係包含玻璃基板之熱處理步驟者，且

上述熱處理步驟包含以下步驟：

於較應變點低 $60^{\circ}\text{C} \sim 260^{\circ}\text{C}$ 之溫度即熱處理溫度下對上述玻璃基板整體進行熱處理；

以第1速度將上述玻璃基板整體自上述熱處理溫度冷卻至較上述熱處理溫度低 $50^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 之中間溫度；及

上述熱處理步驟後，以較上述第1速度快之第2速度將上述玻璃基板整體自上述中間溫度冷卻至室溫。

2. 一種玻璃基板之製造方法，其特徵在於：其係包含玻璃基板之熱處理步驟者，且

上述熱處理步驟包含以下步驟：

於自室溫起進行熱處理直至成為較應變點低 $60^{\circ}\text{C} \sim 260^{\circ}\text{C}$ 之溫度即熱處理溫度時，以第3速度將上述玻璃基板整體自上述室溫加熱至較上述熱處理溫度低 $50^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 之中間溫度；

以較上述第3速度慢之第4速度將上述玻璃基板整體自上述中間溫度加熱至上述熱處理溫度；及

以上述熱處理溫度對上述玻璃基板整體進行熱處理。

3. 如請求項1之玻璃基板之製造方法，其中上述熱處理步驟包含以下步驟：

於自室溫起進行熱處理直至成為較應變點低 $60^{\circ}\text{C} \sim 260^{\circ}\text{C}$ 之溫度即熱處理溫度時，以第3速度將上述玻璃基板整體自上述室溫加熱至較上述熱處理溫度低 $50^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 之中間溫度；及

以較上述第3速度慢之第4速度將上述玻璃基板整體自上述中

間溫度加熱至上述熱處理溫度；且

上述第1速度與上述第2速度之平均速度較上述第3速度與上述第4速度之平均速度慢。

4. 如請求項1至3中任一項之玻璃基板之製造方法，其中上述玻璃基板之應變點為 655°C 以上。
5. 如請求項1至4中任一項之玻璃基板之製造方法，其中於上述熱處理步驟中，對將上述玻璃基板以夾於片材體之間之狀態於厚度方向積層複數片而成的玻璃基板之積層體進行熱處理。
6. 一種玻璃基板之製造方法，其特徵在於：其係包含平板顯示器用單層玻璃基板之熱處理步驟者，且

上述熱處理步驟包含：

加熱維持步驟，其係將上述玻璃基板加熱至處於 $400^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 之範圍之熱處理溫度，並維持上述熱處理溫度；及

冷卻步驟，其係以 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 以上且未達 $10^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 之第1降溫速度，將上述玻璃基板自上述熱處理溫度冷卻至較上述熱處理溫度低 $50^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 之溫度即中間溫度後，以 $10^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 以上至未達 $25^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 之第2降溫速度將上述玻璃基板冷卻。

7. 如請求項6之玻璃基板之製造方法，其中於上述玻璃基板形成由IGZO構成之半導體層。
8. 如請求項6或7之玻璃基板之製造方法，其中於上述冷卻步驟中，以上述第2降溫速度將上述玻璃基板冷卻後，以上述第1降溫速度將上述玻璃基板進而冷卻至室溫。
9. 如請求項6至8中任一項之玻璃基板之製造方法，其中於上述熱處理步驟中，於將上述玻璃基板水平載置於爐內進行上述加熱步驟之前，進行加熱直至上述爐內之環境溫度成為上述熱處理溫度。

10. 一種玻璃基板，其特徵在於：其係以處於 $400^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 之範圍之熱處理溫度維持5分鐘 \sim 30分鐘而進行熱處理之液晶顯示器用玻璃基板，且

將以 500°C 作為第1評價溫度、以 450°C 作為第2評價溫度、以 550°C 作為第3評價溫度，並將上述玻璃基板以各評價溫度維持30分鐘而再次進行熱處理時的熱收縮率分別設為第1熱收縮率 $C1$ 、第2熱收縮率 $C2$ 、及第3熱收縮率 $C3$ ，於該情形時，滿足 $|C1-C2|/|C3-C1|<0.28$ 之關係式。

圖式

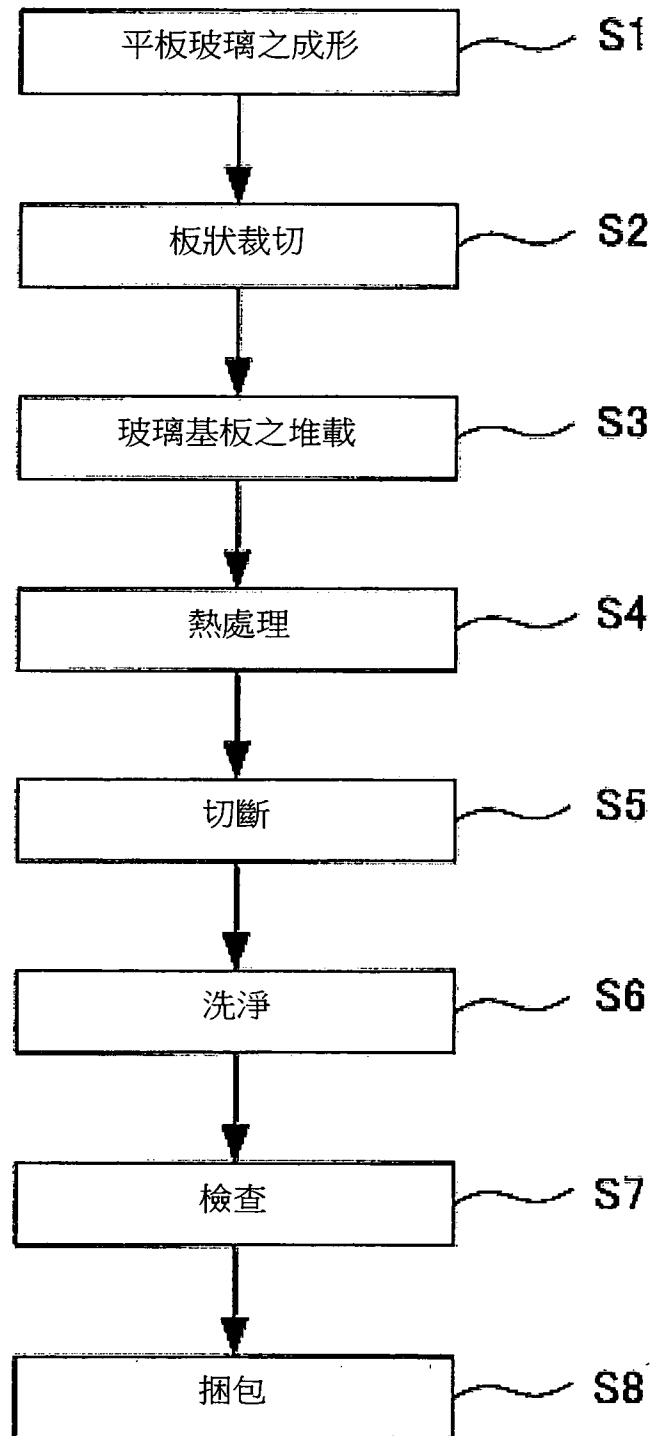


圖 1

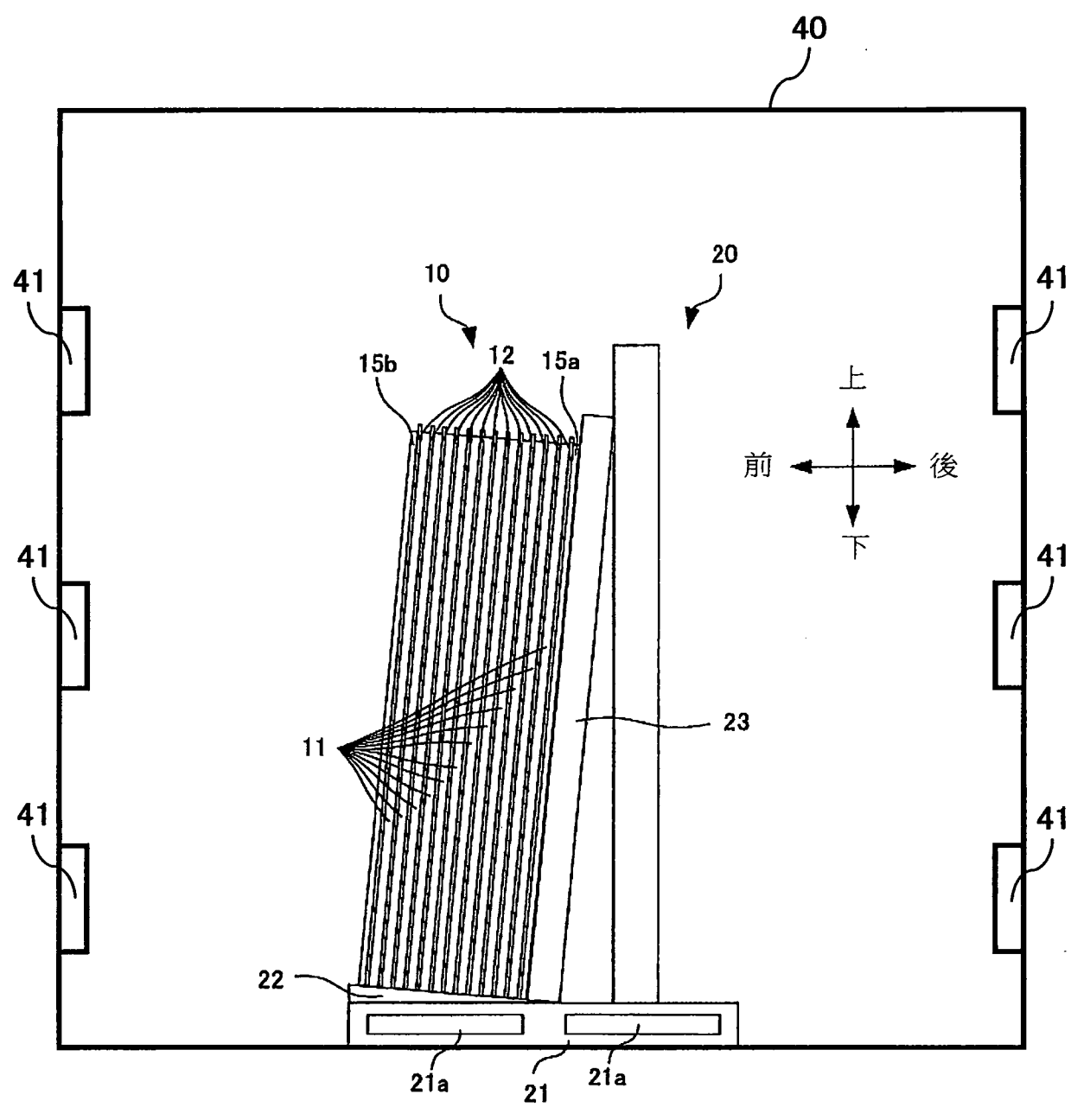


圖 2



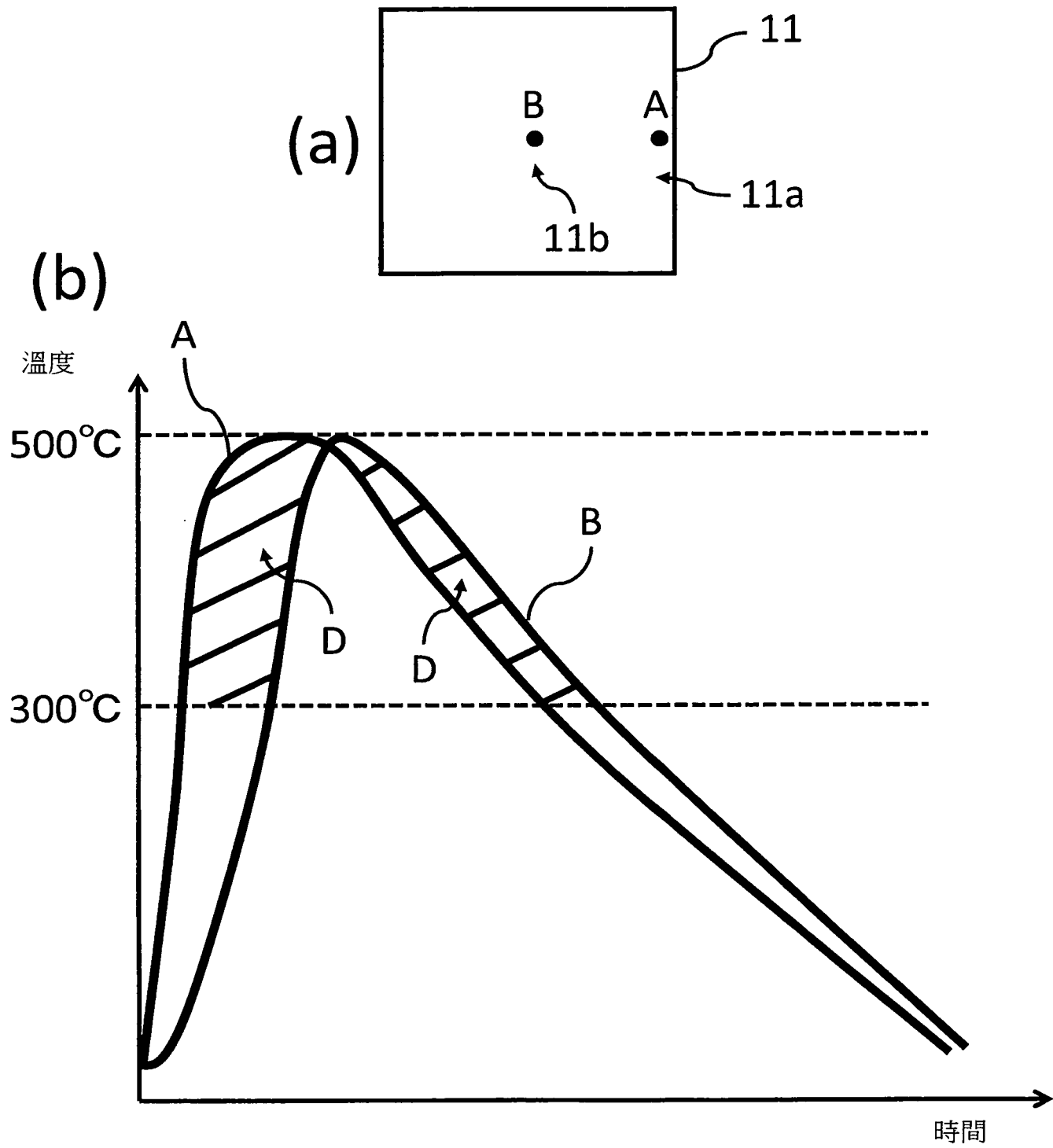


圖 3

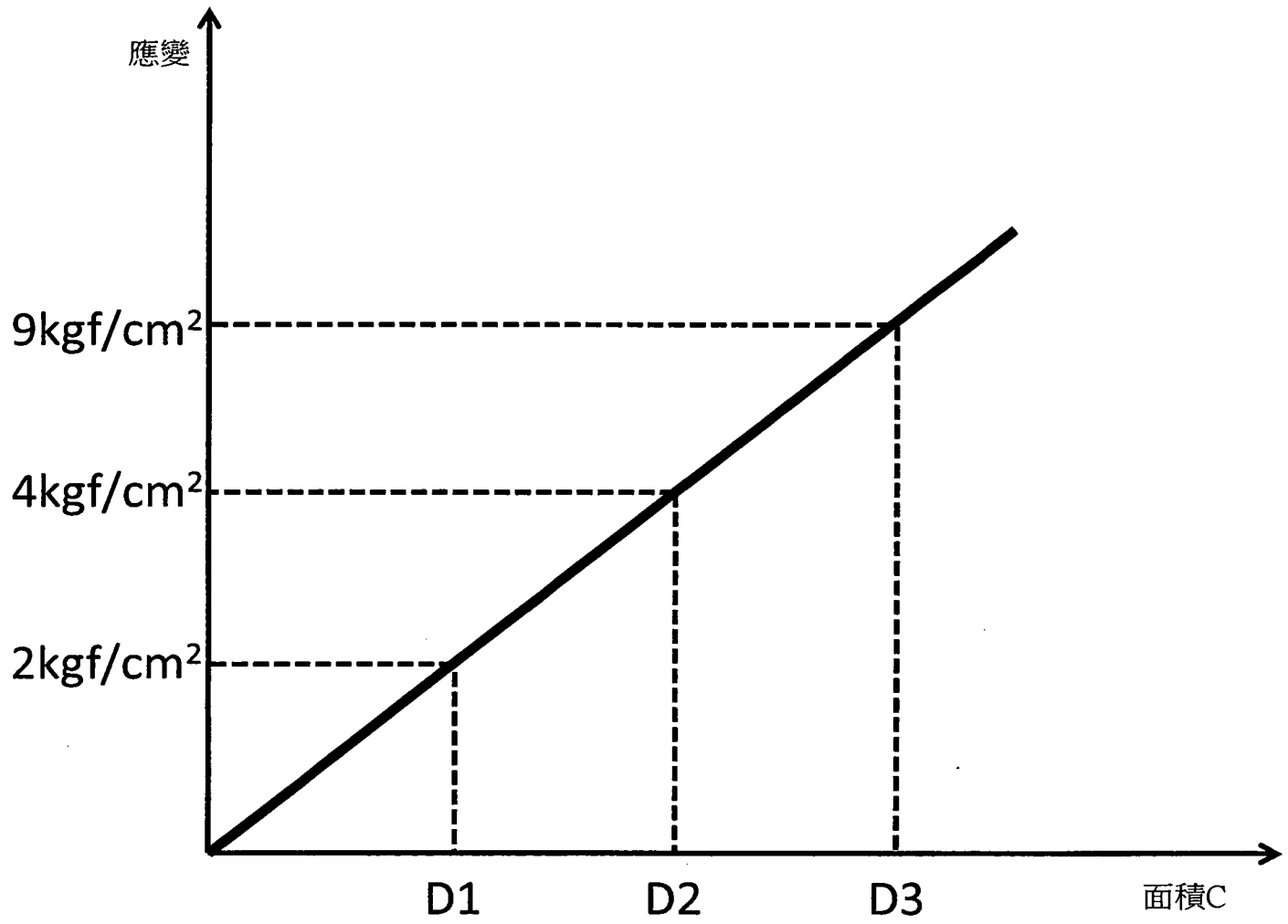


圖 4

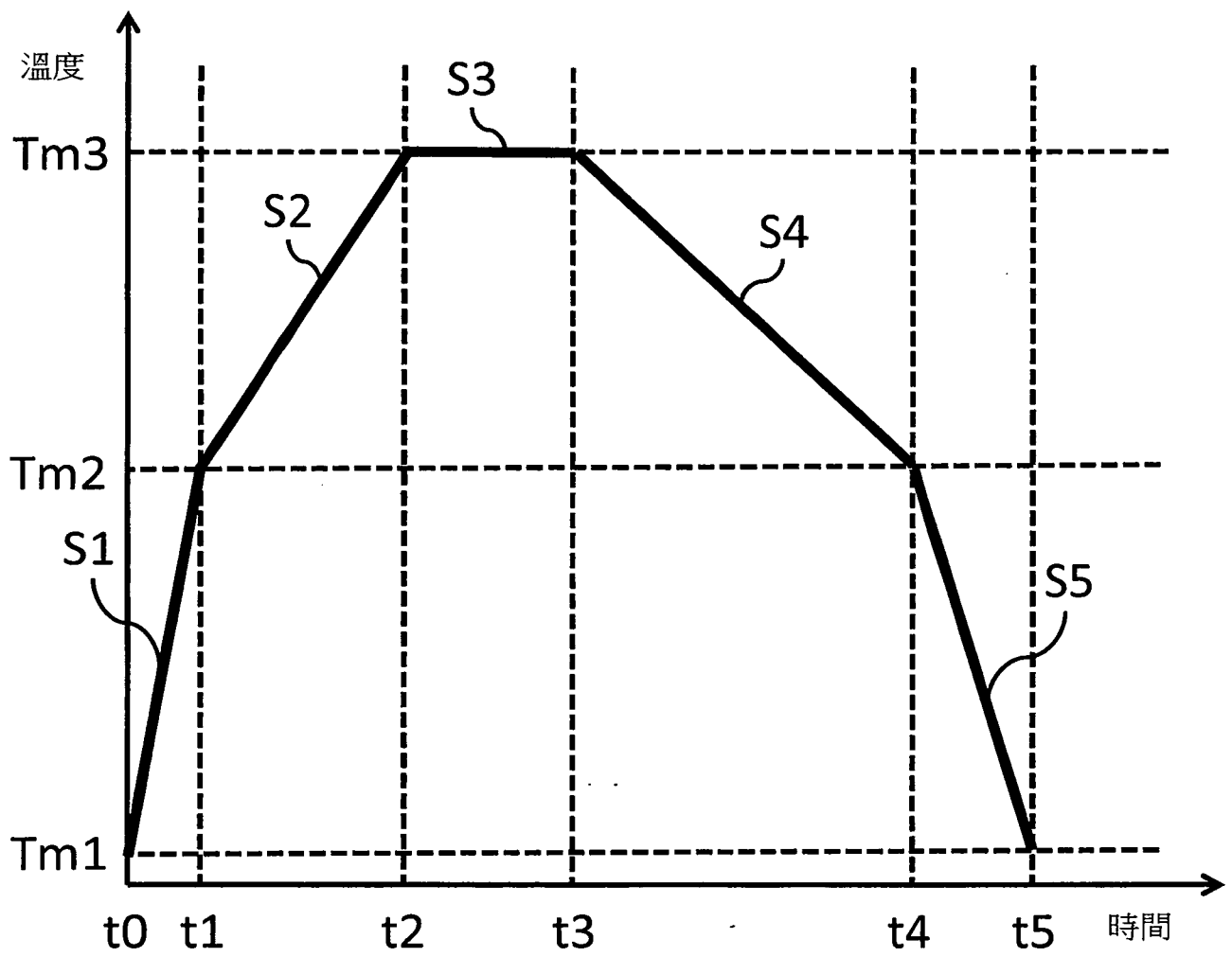


圖 5

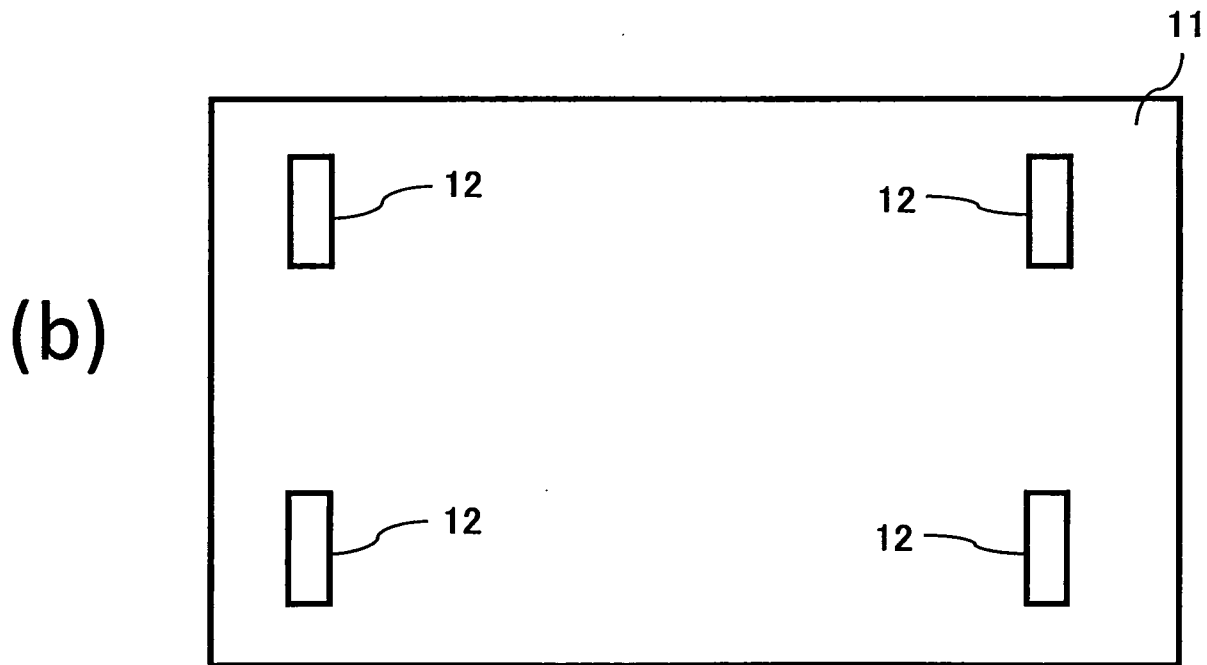
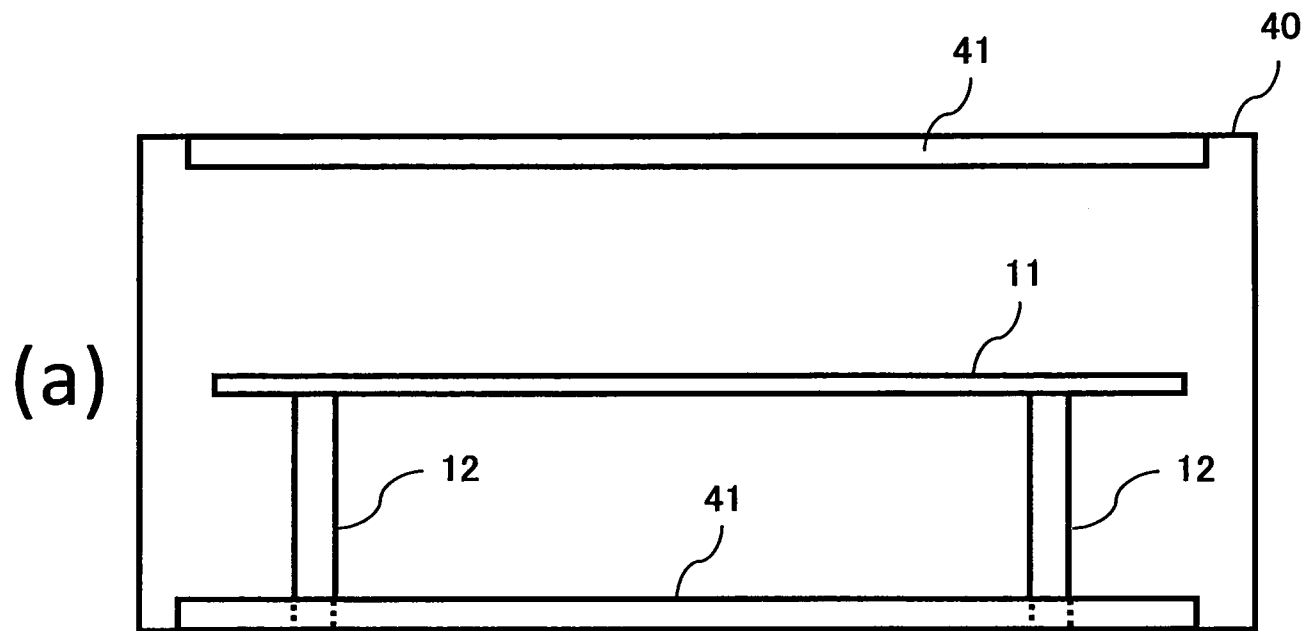


圖 6

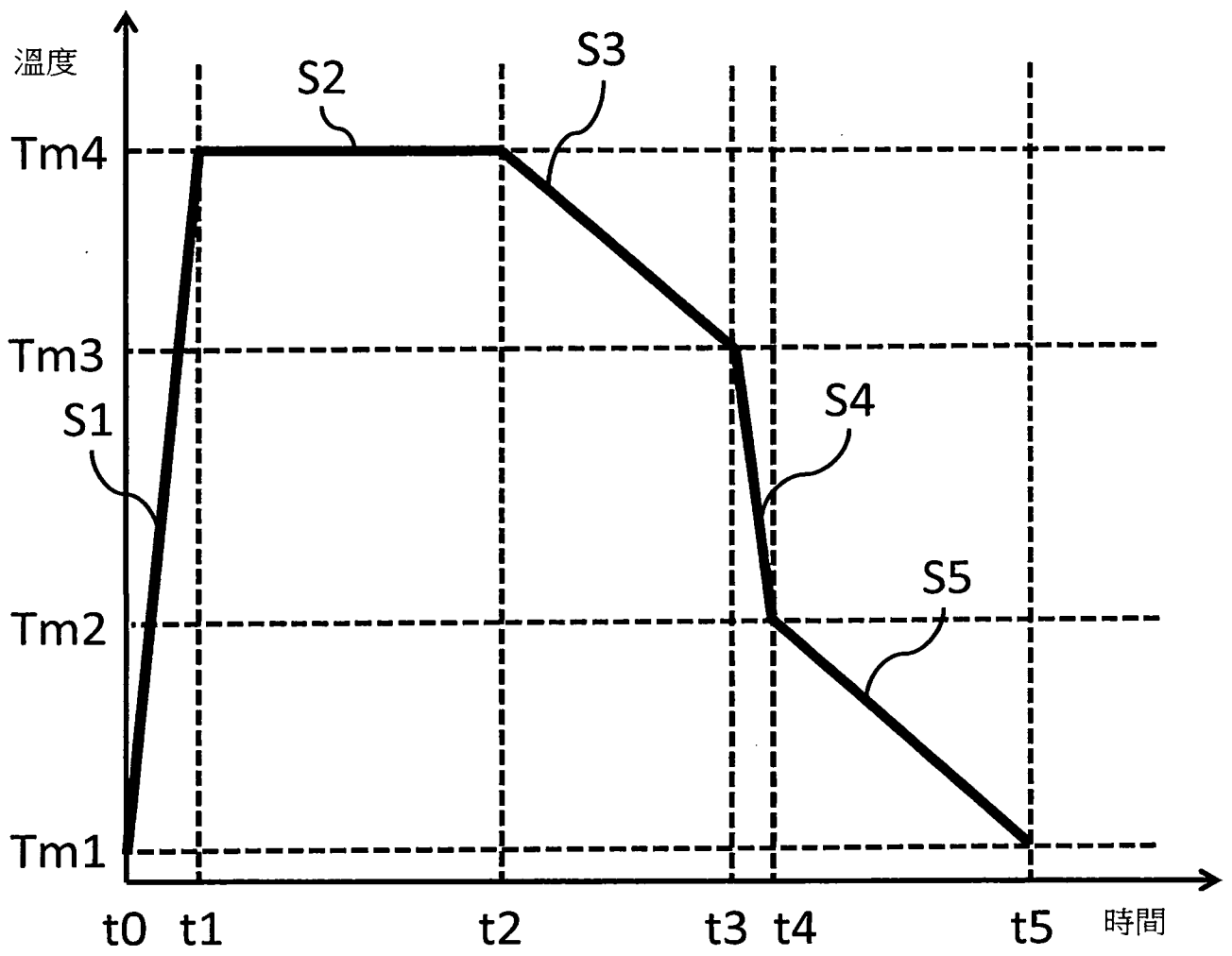


圖 7

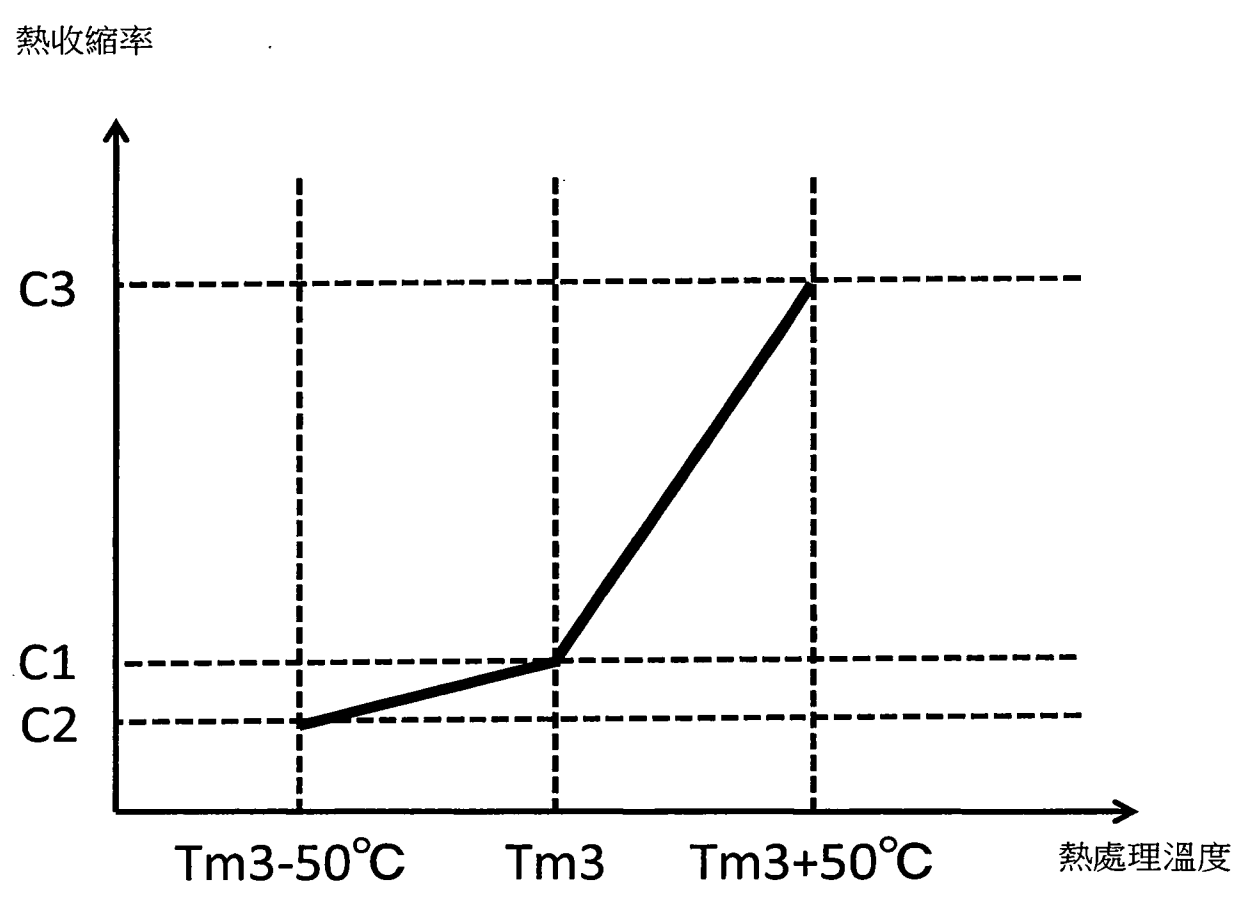


圖 8

