



(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 201535635 A

(43)公開日：中華民國 104 (2015) 年 09 月 16 日

(21)申請案號：104117385

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 02 月 25 日

(51)Int. Cl. : H01L23/34 (2006.01)

(30)優先權：2012/07/20 日本

JP2012-161304

(71)申請人：新川股份有限公司 (日本) SHINKAWA LTD. (JP)

日本

(72)發明人：瀨山耕平 SEYAMA, KOHEI (JP)；千田恭弘 CHIDA, YASUHIRO (JP)；角谷修 KAKUTANI, OSAMU (JP)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：5 項 圖式數：9 共 24 頁

(54)名稱

接合裝置用加熱器及其冷卻方法

(57)摘要

本發明之課題在於更有效地使接合裝置用加熱器冷卻。平板形的接合裝置用加熱器 30 具有供接合工具 40 安裝之下表面 31b、及供隔熱材 20 安裝之上表面 31a，且於上表面 31a 上設有多數毛細狹縫 35，多數毛細狹縫 35 與安裝於上表面 31a 上之隔熱材 20 的對準面 21 形成自空穴 36 延伸至側面 33 的多數毛細冷卻流路 37。

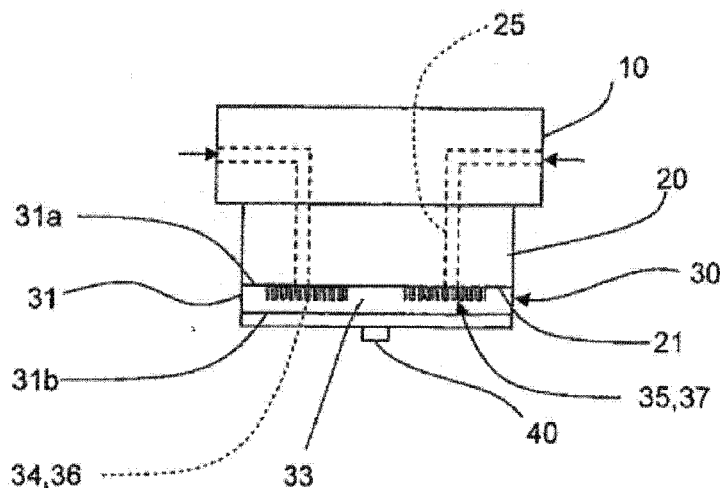


圖 1

10 . . . 基底構件

20 . . . 隔熱材

21 . . . 對準面

25 . . . 冷卻空氣孔

30 . . . 接合裝置用
加熱器

31 . . . 本體

31a . . . 上表面

31b . . . 下表面

33 . . . 側面

34 . . . 凹陷

35 . . . 毛細狹縫

36 . . . 空穴

37 . . . 毛細冷卻流
路

40 . . . 接合工具

201535635

發明摘要

※ 申請案號：104117385 (由102106499分案)
 ※ 申請日：102.2.25 ※IPC 分類：H01L 23/34 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

接合裝置用加熱器及其冷卻方法

【中文】

本發明之課題在於更有效地使接合裝置用加熱器冷卻。平板形的接合裝置用加熱器 30 具有供接合工具 40 安裝之下表面 31b、及供隔熱材 20 安裝之上表面 31a，且於上表面 31a 上設有多數毛細狹縫 35，多數毛細狹縫 35 與安裝於上表面 31a 上之隔熱材 20 的對準面 21 形成自空穴 36 延伸至側面 33 的多數毛細冷卻流路 37。

【英文】

無

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 10 基底構件
- 20 隔熱材
- 21 對準面
- 25 冷卻空氣孔
- 30 接合裝置用加熱器
- 31 本體
- 31a 上表面
- 31b 下表面
- 33 側面
- 34 凹陷
- 35 毛細狹縫
- 36 空穴
- 37 毛細冷卻流路
- 40 接合工具

【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】(中文/英文)

接合裝置用加熱器及其冷卻方法

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種接合裝置用加熱器之構造及其冷卻方法。

【先前技術】

【0002】 作為將半導體晶片構裝於基板上之方法，可使用在電極上形成焊料凸塊，且利用熱壓接將附焊料凸塊之電子零件構裝在基板上的方法；或在電子零件的電極上成形金凸塊，在基板的銅電極的表面設置較薄的焊料皮膜，使金凸塊的金與焊料熱熔融接合的金焊料熔融接合；使用熱可塑樹脂或各向異性導電膜（AFC）等樹脂系之接著材的接合方法。此類接合方法均係對電子零件進行加熱，而在已使電極上之焊料或接著劑熔融的狀態下利用壓接工具將電子零件推壓至基板之後，使焊料或接著材冷卻而固著，從而將電子零件接合在基板上。於此種接合中使用之電子零件構裝裝置中，需要具備用於將焊料加熱至熔融狀態、或者將接著劑加熱至軟化狀態的加熱器、及在接合後使焊料或接著劑冷卻的冷卻機構，且需要進行急速加熱、急速冷卻。

【0003】 在縮短工作時間（take time）方面，相較於急速加熱，如何在短時間內冷卻更是一個問題。因此，提出以下方法：在重疊於板狀陶瓷加熱器上之隔熱材上設置空氣流路，使冷卻空氣在陶瓷加熱器的表面流動而使加熱器及安裝在加熱器上的接合工具冷卻（例如，參照專利文獻1）。

【0004】 而且，提出如下方法：於脈衝加熱器與重疊於脈衝加熱器上

之基底構件之間設置空間，使自基底構件上所設之冷卻孔噴出的空氣噴附於脈衝加熱器的隔熱材側的面，從而使脈衝加熱器急速冷卻（例如，參照專利文獻 2）。

[先行技術文獻]

[專利文獻]

【0005】

[專利文獻 1]日本特開 2002-16091 號公報

[專利文獻 2]日本特開平 10-275833 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

【0006】 然而，一般而言，當流體在狹小的平行平板之間流動時，自平行平板的表面向冷卻媒體之熱傳遞中，與流動垂直之方向上的熱傳導佔支配地位，而伴隨如紊流般的物資移動而產生之熱移動非常小。因此，為了增大平行平板的表面與冷卻媒體之間的熱移動量，重要的是縮短平行平板間的距離、即冷卻媒體中的熱傳導的距離。尤其是，當使用對冷卻媒體之導熱率較小的空氣的情況下（例如，0.1～0.5 Mpa 空氣的導熱率為 0.026 W/(m · K)，與水的導熱率 0.6 W/(m · K)相比非常小），必須進一步縮小平行平板間的距離。因此，如專利文獻 1 記載之先前技術所述，即便空氣在平行平板間的距離為 0.5 mm～2 mm 左右的矩形流路內流動而使其冷卻，亦存在無法有效地使加熱器冷卻的問題。而且，如專利文獻 2 記載之先前技術所述，在藉由對加熱器之表面噴附空氣而使加熱器冷卻的情況下，需要將大量的空氣噴附至基底構件，因此存在因噴出的空氣而擾亂接合環境的問

題。

【0007】 本發明的目的在於更有效地使接合裝置用加熱器冷卻。

[解決問題之技術手段]

【0008】 本發明之接合裝置用加熱器係具有供接合工具安裝之第一面、及位於第一面的相反側且供隔熱材安裝之第二面的平板形的接合裝置用加熱器，其特徵在於：具有設在第二面之多數毛細狹縫，且多數毛細狹縫與安裝於第二面之隔熱材的對準面形成多數毛細冷卻流路。

【0009】 本發明之接合裝置用加熱器中，亦適宜為，毛細狹縫之沿第二面的方向上的寬度小於與第二面垂直之方向上的深度。

【0010】 本發明之接合裝置用加熱器中，亦適宜為，於第二面之中央附近設有凹陷，凹陷與安裝於第二面之隔熱材的對準面形成供冷卻空氣流入的空穴（cavity），多數毛細狹縫自空穴延伸至側面，且於隔熱材之對準面的中央附近設有第二凹陷，第二凹陷與第二面形成供冷卻空氣流入的空穴，多數毛細狹縫連通於空穴，且在對向之各側面之間延伸。

【0011】 接合裝置用加熱器之冷卻方法係使接合裝置用加熱器冷卻的方法，該接合裝置用加熱器係呈平板形狀，具有供接合工具安裝之第一面、及位於第一面的相反側且供隔熱材安裝之第二面，且具備設在第二面的多數毛細狹縫，多數毛細狹縫與安裝於第二面之隔熱材的對準面形成多數毛細冷卻流路，該冷卻方法之特徵在於：冷卻空氣流量係使毛細冷卻流路出口之毛細狹縫中央的冷卻空氣溫度成為較毛細狹縫的表面溫度低既定閾值的溫度的流量。

[發明之效果]

【0012】 本發明發揮能更有效地使接合裝置用加熱器冷卻的效果。

【圖式簡單說明】

【0013】

圖 1 係表示本發明之實施形態中的接合裝置用加熱器之構成的說明圖。

圖 2 係本發明之實施形態中的接合裝置用加熱器的俯視圖及剖面圖。

圖 3 係表示本發明之實施形態中的接合裝置用加熱器的毛細狹縫的細節的剖面圖。

圖 4 係表示本發明之實施形態中的接合裝置用加熱器的毛細冷卻流路的立體圖。

圖 5 係表示先前技術之接合裝置用加熱器的冷卻槽的細節的剖面圖。

圖 6 係表示本發明之實施形態中的接合裝置用加熱器的毛細狹縫寬度與熱阻的關係的圖表。

圖 7 係表示本發明之實施形態中的接合裝置用加熱器的毛細冷卻流路的長度與空氣溫度的關係的圖表。

圖 8 係表示本發明之另一實施形態中的接合裝置用加熱器的構成的說明圖。

圖 9 係表示本發明之另一實施形態中的接合裝置用加熱器的俯視圖及剖面圖。

【實施方式】

【0014】 以下，參照圖式說明本發明之實施形態中的接合裝置用加熱器。如圖 1 所示，本實施形態中的接合裝置用加熱器 30 具備平板形本體 31、

供接合工具 40 安裝之第一面即下表面 31b、及供隔熱材 20 安裝之第二面即上表面 31a。於上表面 31a 的中央附近設有大致長方體的凹陷 34，於本體 31 設有自凹陷 34 延伸至側面 33 的多數毛細狹縫 35。該凹陷 34 與對準上表面 31a 之隔熱材 20 的對準面 21 形成供冷卻空氣流入的空穴 36，且多數毛細狹縫 35 與安裝於上表面 31a 之隔熱材 20 的對準面 21 形成自空穴 36 延伸至側面 33 的多數毛細冷卻流路 37。

【0015】 於隔熱材 20 之上部安裝有不銹鋼製之基底構件 10，該基底構件 10 係安裝於未圖示之接合裝置的接合頭，且藉由內藏於接合頭之上下方向的驅動裝置使基底構件 10、隔熱材 20、接合裝置用加熱器 30、及接合工具 40 一體地在上下方向移動。

【0016】 接合裝置用加熱器 30 係例如使由鉑或鎢等所構成的熱敏電阻埋入至氮化鋁等之陶瓷的內部而構成。而且，隔熱材 20 是用於使接合裝置用加熱器 30 的熱不會傳遞至基底構件 10 的材料，例如為 Adceram（註冊商標）等陶瓷製。

【0017】 參照圖 2 對接合裝置用加熱器 30 及隔熱材 20 之構造進行詳細說明。圖 2（a）係表示接合裝置用加熱器 30 的上表面 31a 的俯視圖，圖 2（b）係圖 2（a）所示之 A-A 的剖面圖，圖 2（c）係圖 2（a）所示之 B-B 的剖面圖。

【0018】 如圖 2（a）所示，於接合裝置用加熱器 30 之上表面 31a 的上下方向的中央部設有 2 個凹陷 34，在本體 31 中多數毛細狹縫 35 自各凹陷 34 之上下方向的壁面向各側面 33 延伸。本實施形態的接合裝置用加熱器 30 中，63 條毛細狹縫 35 分別自各凹陷 34 的各上下方向的壁面向本體 31 的

上下方向的各側面 33 延伸。因此，於如圖 2 (a) 所示的上表面 31a，形成有合計 $63 \times 2 \times 2 = 252$ 條毛細狹縫 35。而且，各毛細狹縫 35 的長度為 L_1 。毛細狹縫 35 亦可例如藉由切割裝置進行切削而形成。

【0019】 如圖 3 所示，各毛細狹縫 35 的寬度 W_1 為 0.05 mm，毛細狹縫 35 之間的壁 38 的厚度 D_1 為 0.1 mm，毛細狹縫 35 的深度 H_1 為 0.3 mm。如此，毛細狹縫 35 的寬度 W_1 小於深度 H_1 ，本實施形態中，深度 H_1 相對於寬度 W_1 的比率為（深度 H_1 /寬度 W_1 ）= $(0.3/0.05) = 6.0$ 。而且，凹陷 34 的深度與毛細狹縫 35 的深度同樣為 0.3 mm。

【0020】 如圖 2 (b)、圖 2 (c) 所示，隔熱材 20 重疊於本體 31 的上表面 31a。隔熱材 20 的對準面 21 為平面，且密接於上表面 31a 所設之凹陷 34、毛細狹縫 35 周圍的面。因此，如圖 2 (b) 所示，若隔熱材 20 的對準面 21 重疊於本體 31 的上表面 31a，則大致長方體的凹陷 34 上側的開放面及毛細狹縫 35 的上側的開放面被關閉，各凹陷 34 與對準面 21 形成大致長方體的各空穴 36。同樣，如圖 2 (c) 所示，多數毛細狹縫 35 與對準面 21 形成上下方向上細長的多數毛細冷卻流路 37。而且，如圖 2 (b) 所示，於隔熱材 20 上形成有分別連通於各空穴 36 的 2 個冷卻空氣孔 25。而且，已供給至各冷卻空氣孔 25 的冷卻空氣係如圖 2 (b) 之朝下的箭頭所示，自冷卻空氣孔 25 流入至空穴 36 之後，自各空穴 36 流入至多數毛細冷卻流路 37，且如圖 2 (a) 所示的上下方向的箭頭所示，自各側面 33 側流出至外部，從而使接合裝置用加熱器 30 冷卻。

【0021】 如圖 4 所示，本實施形態之接合裝置用加熱器 30 的毛細冷卻流路 37 係寬度 W_1 、深度 H_1 、長度 L_1 的矩形剖面的流路，冷卻空氣自連

通於空穴 36 的入口 371 進入至流路，且自位於側面 33 上方的出口 372 流出。毛細冷卻流路 37 的寬度 W_1 非常狹窄，為 0.05 mm，另一方面，其深度 H_1 為 0.3 mm，為寬度 W_1 的 6 倍，因此，於毛細冷卻流路 37 中流動的空氣之流動成為狹窄的平行平板間之流動，而且，關於接合裝置用加熱器 30 的本體 31 與空氣間之熱交換，佔支配地位的是構成毛細冷卻流路 37 的兩側面 37a 的毛細狹縫 35 的兩側面 35a，而構成毛細冷卻流路 37 的底面 37b 的毛細狹縫 35 的底面 35b 對於熱交換幾乎無幫助。本實施形態之接合裝置用加熱器 30 中，毛細冷卻流路 37 的數量為 252，因此有效熱交換面積如下所述。

【0022】 有效熱交換面積

$$\begin{aligned} &= \text{毛細狹縫 35 的兩側面 35a 的面積} = H_1 \times L_1 \times 2 \times \text{毛細冷卻流路 37 的數量} \\ &= H_1 \times L_1 \times 504。 \end{aligned}$$

【0023】 而且，毛細冷卻流路 37 的總流路剖面面積成為：

總流路剖面面積

$$= W_1 \times H_1 \times \text{毛細冷卻流路 37 的數量} = W_1 \times H_1 \times 504。$$

【0024】 另一方面，可考慮到如圖 5 所示，於隔熱材 20 的對準面 21 上形成有具有本實施形態之毛細冷卻流路 37 的總流路剖面面積相同的剖面面積的冷卻空氣流路 26 的情況。如圖 5 所示之示例中，冷卻空氣流路 26 係形成為在圖中之橫方向上未隔斷的流路。此情況下，2 個毛細冷卻流路 37 的寬度 W_1 與壁 38 的厚度 D_1 的合計長度、即毛細冷卻流路 37 的 2 間距的寬度係 $(0.05+0.1) \times 2 = 0.3$ mm，與毛細冷卻流路 37 的深度 H_1 相同，因此，若將冷卻空氣流路 26 的高度 H_2 設為毛細冷卻流路 37 的寬度 W_1 的 2 倍即 0.1 mm，則兩者的流路剖面面積相同。而且，圖 5 所示之寬度 W_2 的冷卻空氣流

路 26 的有效熱交換區域僅為面向冷卻空氣流路 26 的上表面 31a 的底面 26b，而側面 26a 對熱交換幾乎無幫助，因此，有效熱交換面積為 $W_2 \times L_1$ ，與此相對，寬度 W_2 的部分的毛細冷卻流路 37 的有效熱交換面積為 $H_1 \times L_1 \times 2$ （雙面） $\times 2$ （2 個流路）。此處，因 $W_2 = H_1$ ，故寬度 W_2 的部分的毛細冷卻流路 37 的有效熱交換面積為寬度 W_2 的冷卻空氣流路 26 的有效熱交換面積的 4 倍。

【0025】 而且，關於自構成毛細冷卻流路 37 的毛細狹縫 35 的兩側面 35a 的各表面向冷卻空氣的熱傳遞，與流動垂直之方向上的熱傳導佔支配地位，且伴隨如紊流般的物資移動而產生的熱移動變得非常小。因此，如圖 6 所示，若毛細狹縫 35 的寬度 W 的大小變大，則熱移動時的熱阻增大。

【0026】 因此，參照圖 1 至圖 4 所說明之本實施形態之接合裝置用加熱器 30 的毛細冷卻流路 37 具有參照圖 5 所說明之先前技術之冷卻空氣流路 26 的 4 倍有效熱交換面積，且熱阻小於冷卻空氣流路 26，因此能進行更大的熱交換，能更有效地使接合裝置用加熱器 30 冷卻。

【0027】 如圖 7 所示，本實施形態之接合裝置用加熱器 30 的毛細冷卻流路 37 的內部的溫度係根據毛細冷卻流路 37 的流動方向上的位置及空氣的流量而變化。圖 7（a）係表示與毛細冷卻流路 37 之寬度方向中央之長度方向距離相應的空氣溫度之變化的圖表，圖 7（b）係表示毛細冷卻流路 37 中之空氣溫度成為壁面（毛細狹縫 35 的壁面）之溫度 T_2 的位置的圖。當空氣流量較少時，如圖 7（a）之線 a、圖 7（b）之線 p 所示，於溫度 T_1 下流入至毛細冷卻流路 37 的入口 371 的空氣的溫度急速上升，在流路的前半部分上升至毛細冷卻流路 37 的壁面（毛細狹縫 35 的壁面）的溫度 T_2 ，直接

自出口 372 流出。此情況下，於流路的後半部分，空氣溫度達到壁面的溫度 T_2 ，因此，無法自本體 31 奪取熱，而無法充分地發揮冷卻能力。

【0028】 相反，當流量較多時，如圖 7 (a) 之線 c、圖 7 (b) 之線 r 所示，以溫度 T_1 流入至入口 371 的空氣的溫度為壁面的溫度 T_2 的一半左右，且自出口 372 流出至外部。此情況下，毛細冷卻流路 37 的整個長度方向上的空氣與壁面（毛細狹縫 35 的壁面）的溫度差較大，因此冷卻能力變大，但按冷卻空氣流量來看，冷卻能力卻並未變大。

【0029】 因此，於本實施形態之接合裝置用加熱器 30 中，調整空氣流量，以使自毛細冷卻流路 37 的出口 372 流出之空氣的溫度成為略微低於壁面（毛細狹縫 35 的壁面）的溫度 T_2 的溫度、或較壁面的溫度 T_2 低既定閾值 ΔT 的溫度。該流量係由試驗等而預先決定，為了成為該流量，可調整供給至冷卻空氣孔 25 的空氣的壓力，或藉由設在冷卻空氣孔 25 的入口側之流量調節閥或調節器（regulator）而調節流量。藉由如此調整冷卻空氣流量，能以較少的冷卻空氣流量來有效地使接合裝置用加熱器 30 冷卻。

【0030】 參照圖 8 至圖 9 對本發明之另一實施形態進行說明。對於與之前參照圖 1 至圖 7 所說明之實施形態相同的部分標注相同的符號，且省略說明。如圖 8 所示，本實施形態中，於隔熱材 20 的對準面 21 的中央附近設有凹陷 134 作為第二凹陷，且如圖 9 (a) 所示，設在本體 31 中之毛細狹縫 35 係自一側面 33 延伸至對向的另一側面 33。冷卻空氣孔 25 連接至凹陷 134。毛細狹縫 35 的條數、寬度、深度係與之前參照圖 1 至圖 7 所說明的實施形態相同。

【0031】 如圖 8、圖 9 (b) 所示，若使隔熱材 20 的對準面 21 對準本

體 31 的上表面 31a，則隔熱材 20 的對準面 21 上所設的凹陷 134 密接於本體 31 的上表面 31a 的未設毛細狹縫 35 的面，而構成供來自冷卻空氣孔 25 的空氣進入的空穴 136。如圖 9 (c) 所示，狹縫 35 與隔熱材 20 的對準面 21 構成毛細冷卻流路 37。如圖 9 (a) 所示，毛細冷卻流路 37 的長度為 L_1 。而且，如圖 9 (b) 所示，空穴 136 的下表面係與多數狹縫 35 上側的開放端連通。而且，自冷卻空氣孔 25 進入空穴 136 的空氣於自空穴 136 流入至下側的狹縫 35 之後，如圖 9 (a) 所示，沿毛細冷卻流路 37 向側面 33 流動，而使接合裝置用加熱器 30 冷卻。

【0032】 本實施形態除了具有與之前參照圖 1 至圖 7 所說明之實施形態相同的效果之外，亦具有陶瓷製之本體 31 的加工較簡單、成為更簡便的構成的效果。

【0033】 以上所說明之實施形態中，係對毛細狹縫 35 的寬度 W_1 為 0.05 mm 的情況進行說明，但毛細狹縫 35 的寬度 W_1 只要為 0.5 mm~0.01 mm 之範圍內便可自由地選擇。更佳為在 0.1 mm~0.02 mm 之範圍，進而更佳為在 0.05 mm~0.02 mm 之範圍內。而且，以毛細狹縫 35 的深度 H_1 為 0.3 mm、毛細狹縫 35 的寬度 W_1 與毛細狹縫 35 的深度 H_1 之比率為 1:6 的情況進行了說明，但毛細狹縫 35 的深度 H_1 只要比毛細狹縫 35 的寬度 W_1 深、例如在 1.0 mm~0.1 mm 之範圍內，便可自由地選擇。而且，毛細狹縫 35 的寬度 W_1 與毛細狹縫 35 的深度 H_1 之比率並不限於 1:6，只要在 1:3~1:10 之範圍內便可自由地選擇。

【符號說明】

【0034】

- 10 基底構件
- 20 隔熱材
- 21 對準面
- 25 冷卻空氣孔
- 26 冷卻空氣流路
 - 26a 側面
 - 26b 底面
- 30 接合裝置用加熱器
- 31 本體
 - 31a 上表面
 - 31b 下表面
- 33 側面
- 34 凹陷
- 35 毛細狹縫
 - 35a 側面
 - 35b 底面
- 36 空穴
- 37 毛細冷卻流路
 - 37a 側面
 - 37b 底面
- 38 壁
- 40 接合工具

- 134 凹陷
- 136 空穴
- 371 入口
- 372 出口



申請專利範圍

1. 一種接合裝置用加熱器，其係具有供接合工具安裝之第一面、及位於上述第一面的相反側且供隔熱材安裝之第二面的平板形的接合裝置用加熱器，其特徵在於：

具有設在上述第二面之多數毛細狹縫，且

多數上述毛細狹縫與安裝於上述第二面之上上述隔熱材的對準面形成多數毛細冷卻流路。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之接合裝置用加熱器，其中

上述毛細狹縫之沿上述第二面之方向的寬度小於與上述第二面垂直之方向的深度。
3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之接合裝置用加熱器，其中

於上述第二面之中央附近設有凹陷，

上述凹陷與安裝於上述第二面之上上述隔熱材的對準面形成供冷卻空氣流入的空穴，

多數上述毛細狹縫自上述空穴延伸至側面。
4. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之接合裝置用加熱器，其中

於上述隔熱材之上上述對準面的中央附近設有第二凹陷，

上述第二凹陷與上述第二面形成供冷卻空氣流入之空穴，

多數上述毛細狹縫係連通於上述空穴，且在對向之各側面之間延伸。
5. 一種接合裝置用加熱器之冷卻方法，該接合裝置用加熱器係呈平板形狀，具有供接合工具安裝之第一面、及位於上述第一面之相反側且供隔熱材安裝之第二面，且具備設在上述第二面上之多數毛細狹縫，多

數上述毛細狹縫與安裝於上述第二面上之上述隔熱材的對準面形成多數毛細冷卻流路，該冷卻方法之特徵在於：

冷卻空氣流量係使上述毛細冷卻流路出口之毛細狹縫中央的冷卻空氣溫度成為較上述毛細狹縫的表面溫度低既定閾值的溫度的流量。

圖式

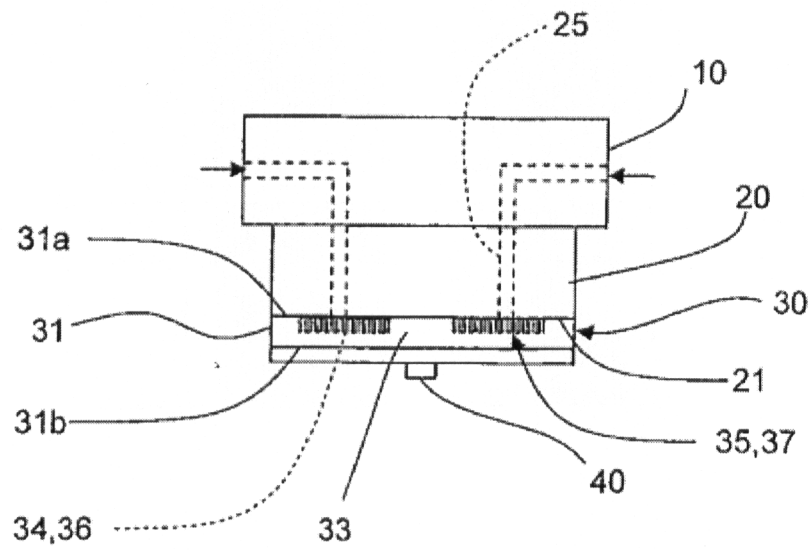


圖 1

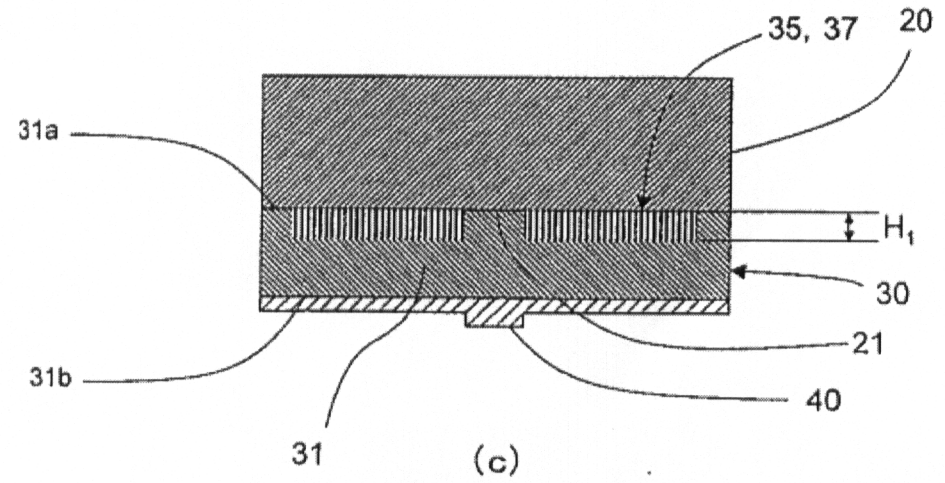
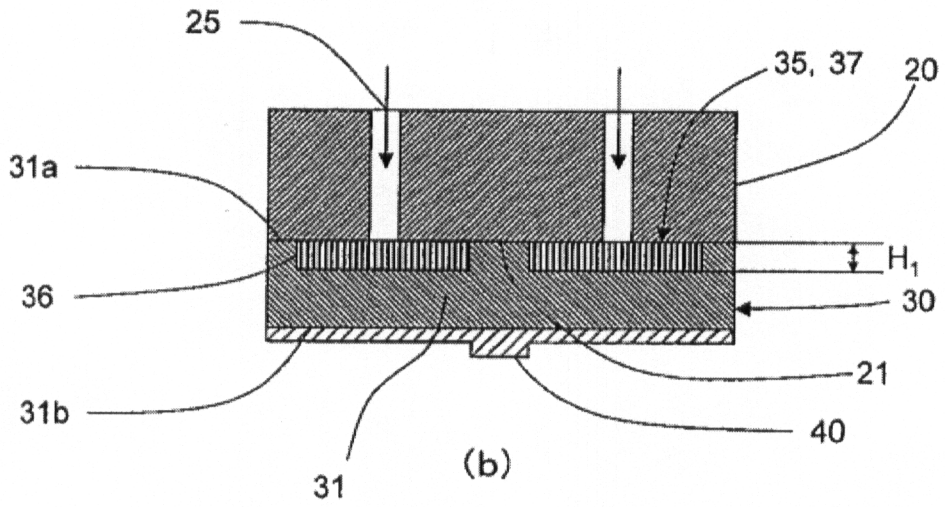
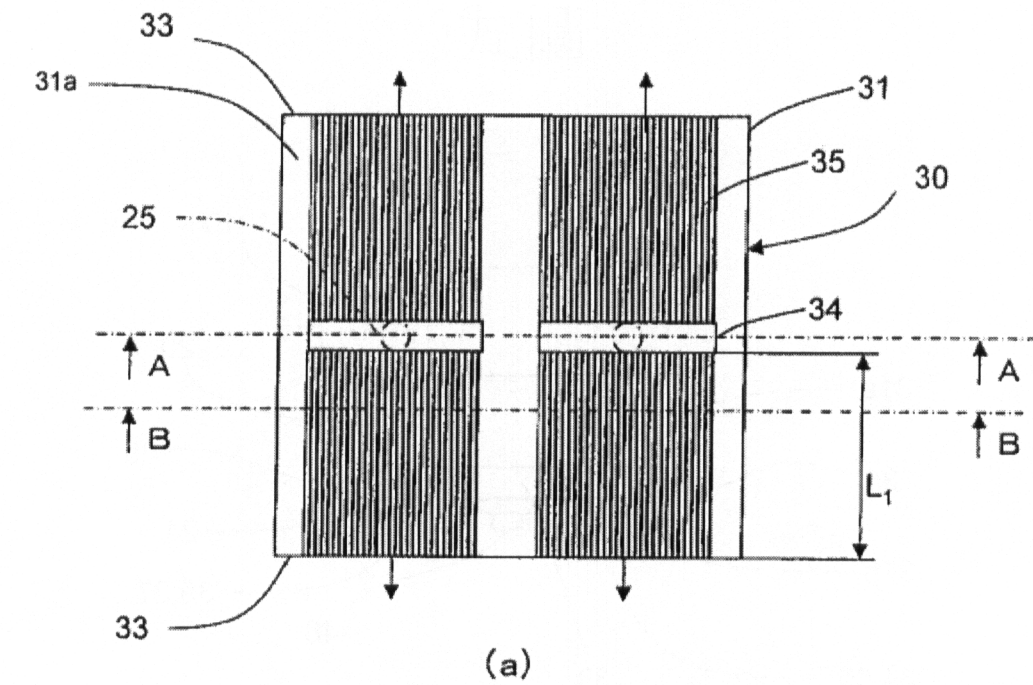


圖 2

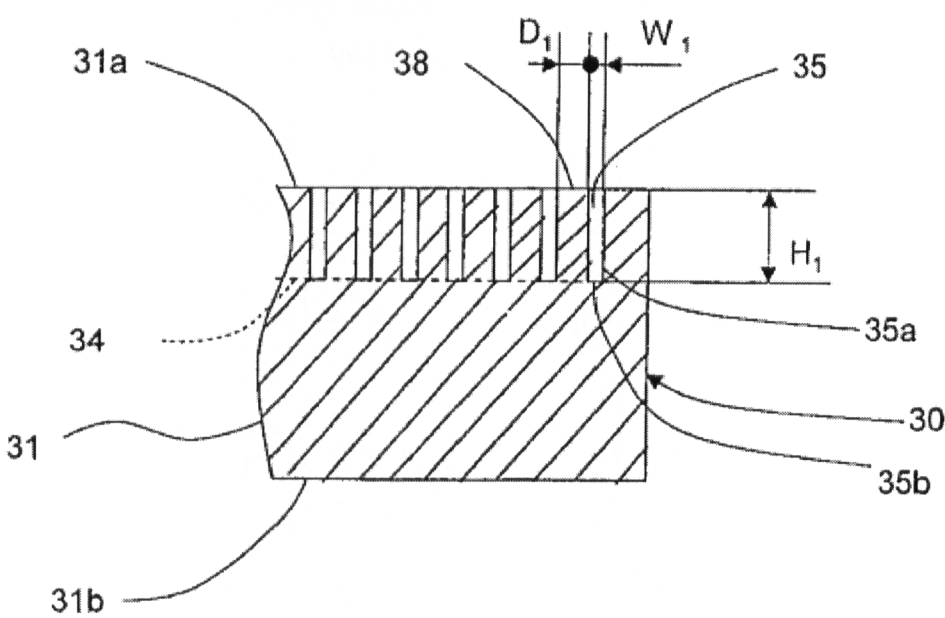


圖 3

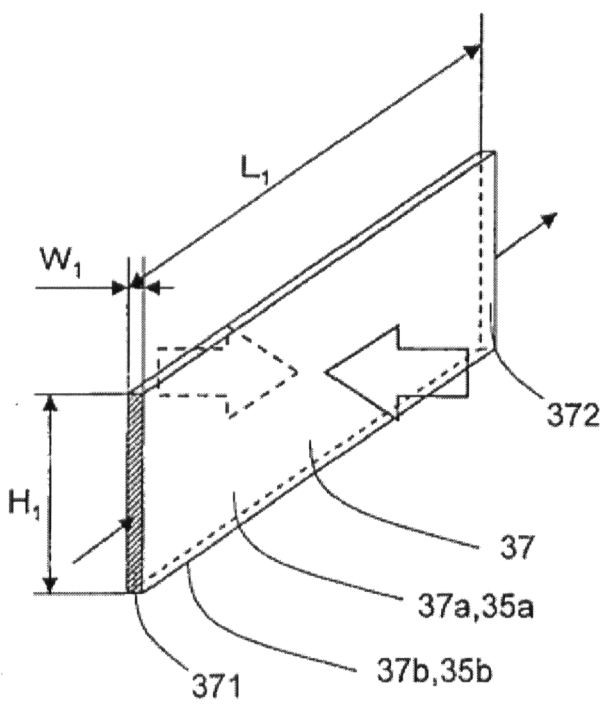


圖 4

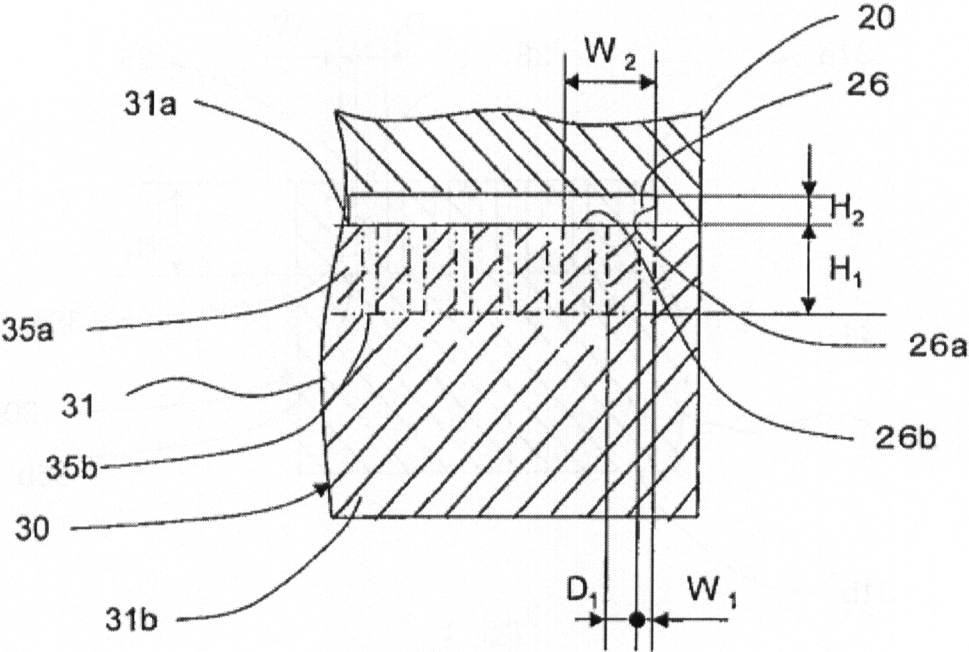


圖 5

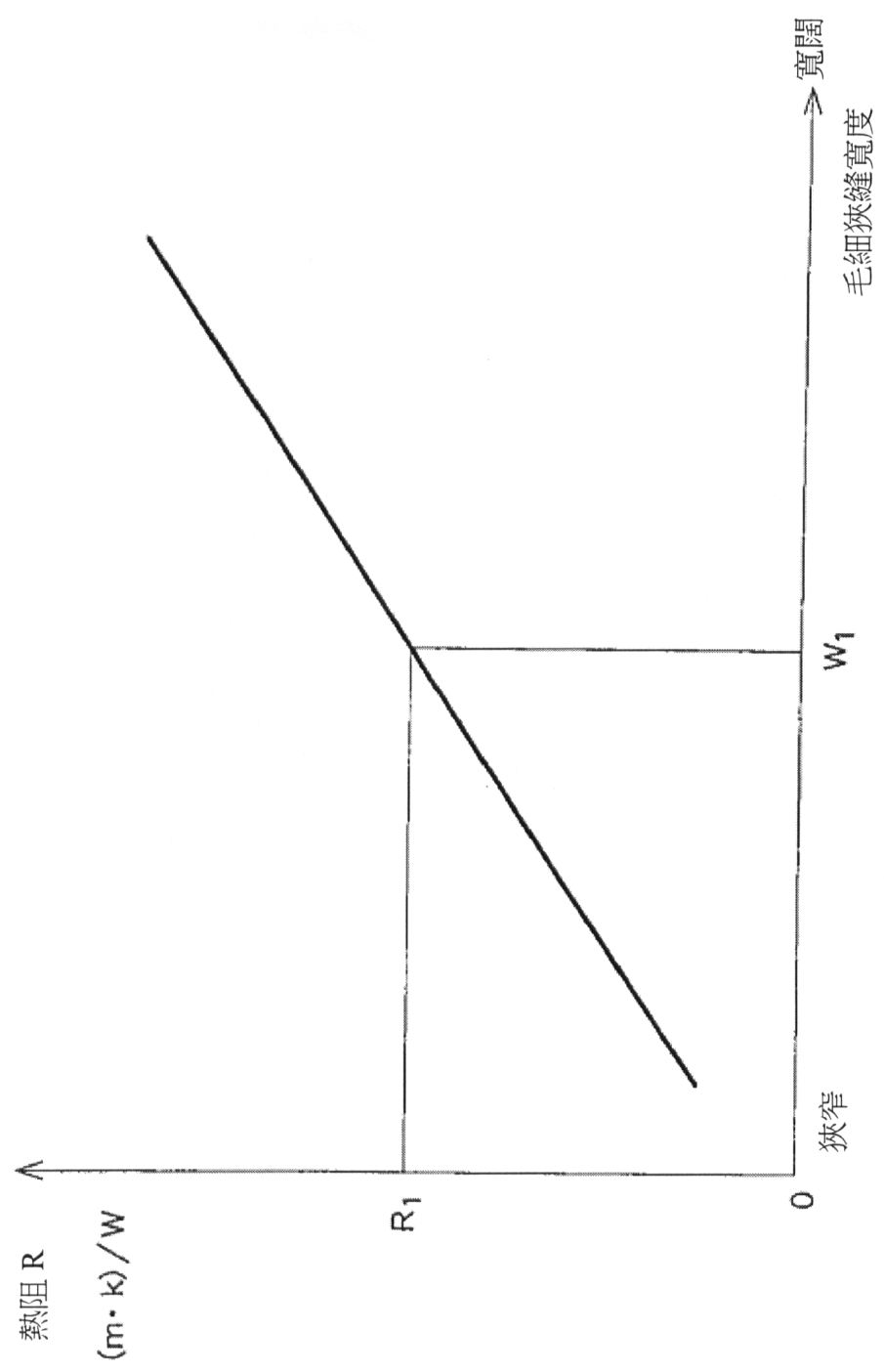


圖 6

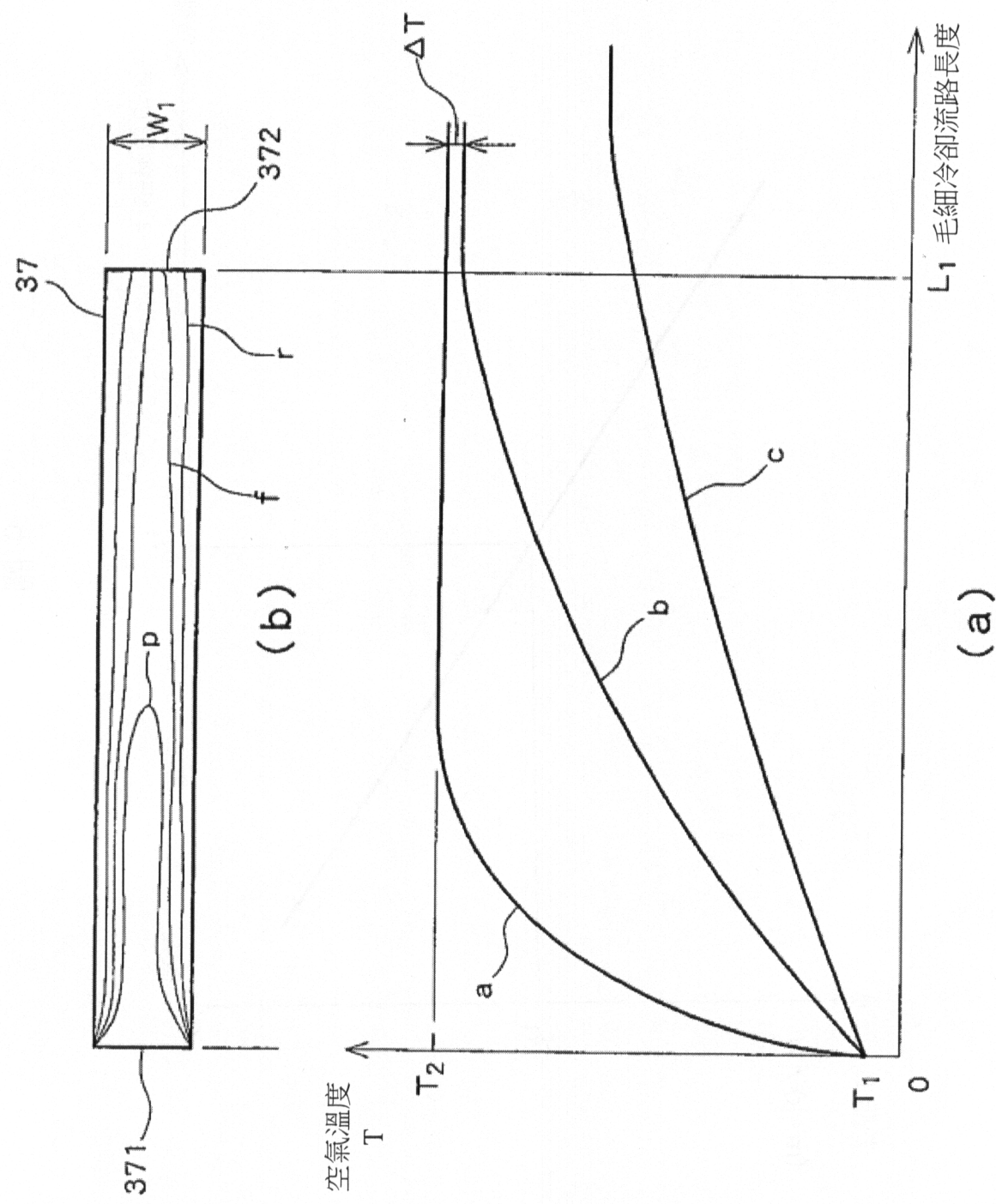


圖 7

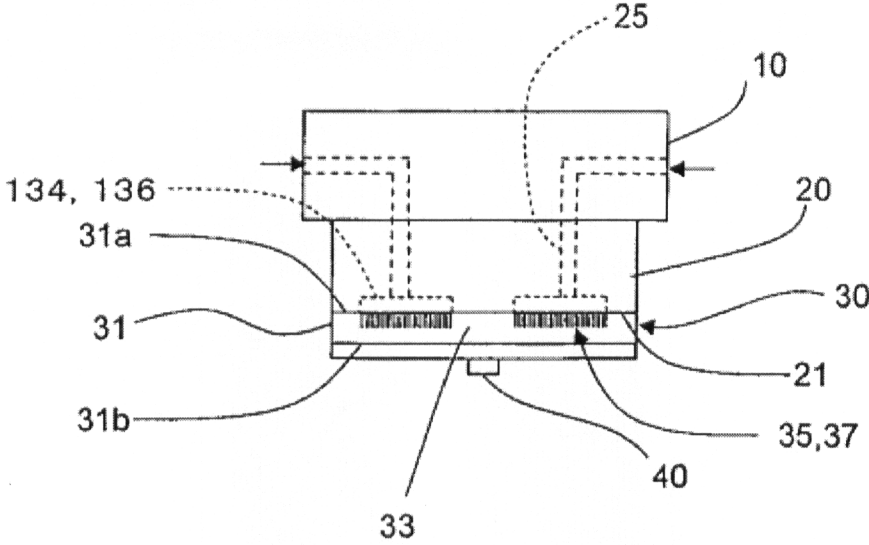


圖 8

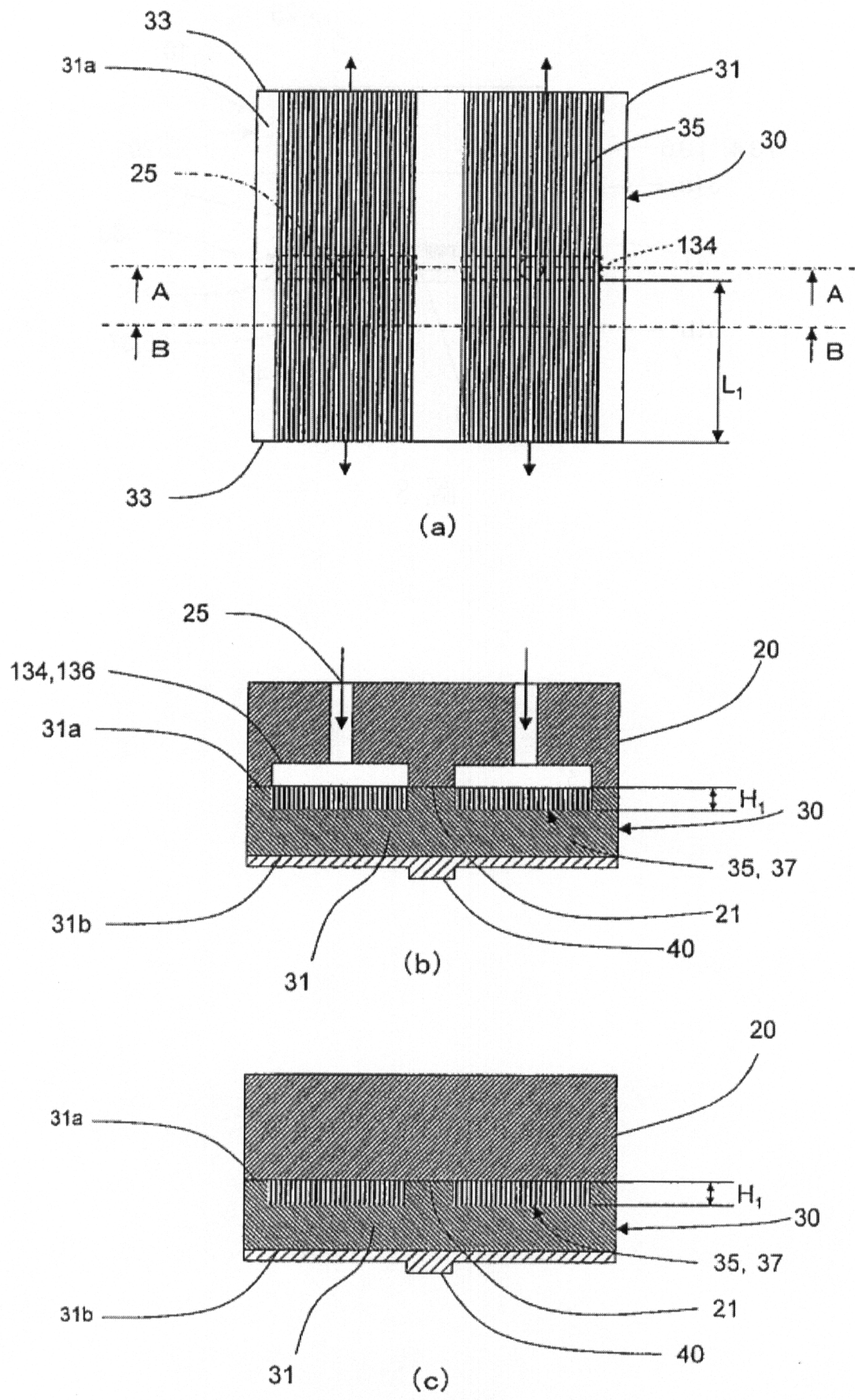


圖 9