



(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 I846796 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：109100758

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 01 月 09 日

(51)Int. Cl. : H01L23/525 (2006.01)

H01L23/528 (2006.01)

H01L21/67 (2006.01)

(30)優先權：2019/09/28 美國

62/907,562

2019/01/09 美國

62/790,259

(71)申請人：美商庫利克和索夫工業公司(美國) KULICKE AND SOFFA INDUSTRIES, INC.
(US)

美國

(72)發明人：巴吉瓦 阿迪爾 阿默 BAJWA, ADEEL AHMAD (PK) ; 克羅西摩 湯瑪士 J
COLOSIMO, THOMAS J. (US)

(74)代理人：侯德銘

(56)參考文獻：

TW 570856B

US 2002/0130164A1

US 2015/0048523A1

審查人員：莊嘉紘

申請專利範圍項數：40 項 圖式數：11 共 48 頁

(54)名稱

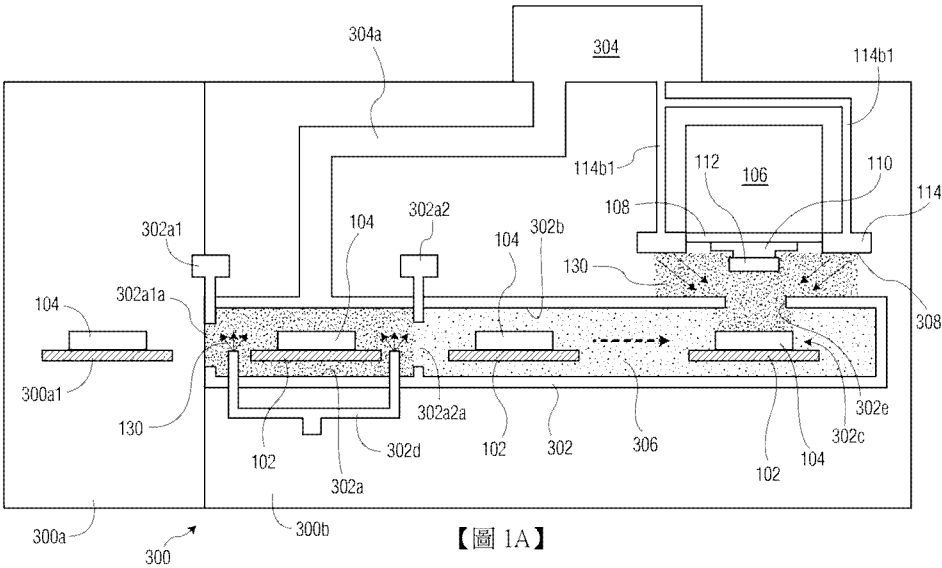
將半導體元件接合至基板的方法及相關接合系統

(57)摘要

本發明提供一種用於將半導體元件接合至基板的接合系統。該接合系統包括配置以接收一基板的一基板氧化還原室。該基板包括複數個第一導電結構。該基板氧化還原室配置以接收一還原氣體，以接觸各個該等第一導電結構。該接合系統亦包括一基板防氧化室，其用於在該還原氣體接觸該等第一導電結構之後接收該基板。當該基板防氧化室接收該基板時，該基板防氧化室具有一惰性環境。該接合系統亦包括一還原氣體輸送系統，其用於在一半導體元件對該基板的接合期間提供一還原氣體環境。

A bonding system for bonding a semiconductor element to a substrate is provided. The bonding system includes a substrate oxide reduction chamber configured to receive a substrate. The substrate includes a plurality of first electrically conductive structures. The substrate oxide reduction chamber is configured to receive a reducing gas to contact each of the plurality of first electrically conductive structures. The bonding system also includes a substrate oxide prevention chamber for receiving the substrate after the reducing gas contacts the plurality of first electrically conductive structures. The substrate oxide prevention chamber has an inert environment when receiving the substrate. The bonding system also includes a reducing gas delivery system for providing a reducing gas environment during bonding of a semiconductor element to the substrate.

指定代表圖：



符號簡單說明：

102,300a1:支撐結構

104:基板

106:接合頭組件(接合頭)

108:加熱器

110:接合工具

112:半導體元件

114:接合頭歧管

114b1,304a,404a:管線

130:還原氣體

300:接合系統

300a:基板供應源

300b:處理系統

302:通道

302a:基板氧化還原室

302a1:入口門

302a1a,302a2a:開口

302a2:出口門

302b:基板防氧化室

302c:接合位置

302d,308:還原氣體輸送系統

302e:開口

304:主要排氣口

306:惰性環境



I846796

【發明摘要】

公告本

【中文發明名稱】

將半導體元件接合至基板的方法及相關接合系統

【英文發明名稱】

METHODS OF BONDING OF SEMICONDUCTOR ELEMENTS TO SUBSTRATES, AND RELATED BONDING SYSTEMS

【中文】

本發明提供一種用於將半導體元件接合至基板的接合系統。該接合系統包括配置以接收一基板的一基板氧化還原室。該基板包括複數個第一導電結構。該基板氧化還原室配置以接收一還原氣體，以接觸各個該等第一導電結構。該接合系統亦包括一基板防氧化室，其用於在該還原氣體接觸該等第一導電結構之後接收該基板。當該基板防氧化室接收該基板時，該基板防氧化室具有一惰性環境。該接合系統亦包括一還原氣體輸送系統，其用於在一半導體元件對該基板的接合期間提供一還原氣體環境。

【英文】

A bonding system for bonding a semiconductor element to a substrate is provided. The bonding system includes a substrate oxide reduction chamber configured to receive a substrate. The substrate includes a plurality of first electrically conductive structures. The substrate oxide reduction chamber is configured to receive a reducing gas to contact each of the plurality of first electrically conductive structures. The bonding system also includes a substrate oxide prevention chamber for receiving the substrate after the reducing gas contacts the plurality of first electrically conductive structures. The substrate oxide prevention chamber has an inert environment when receiving the substrate. The bonding system also includes a reducing gas delivery system for providing a reducing gas environment during bonding of a semiconductor element to the substrate.

【指定代表圖】

圖1A

【代表圖之符號簡單說明】

102, 300a1:支撐結構
104:基板
106:接合頭組件（接合頭）
108:加熱器
110:接合工具
112:半導體元件
114:接合頭歧管
114b1, 304a, 404a:管線
130:還原氣體
300:接合系統
300a:基板供應源
300b:處理系統
302:通道
302a:基板氧化還原室
302a1:入口門
302a1a, 302a2a:開口
302a2:出口門
302b:基板防氧化室
302c:接合位置
302d, 308:還原氣體輸送系統
302e:開口
304:主要排氣口
306:惰性環境

【發明說明書】

【中文發明名稱】

將半導體元件接合至基板的方法及相關接合系統

【英文發明名稱】

METHODS OF BONDING OF SEMICONDUCTOR ELEMENTS TO SUBSTRATES, AND RELATED BONDING SYSTEMS

【技術領域】

【0001】 本發明涉及接合系統及製程（例如，覆晶、熱壓、熱壓超音波之接合系統及製程），更具體地，涉及將半導體元件接合到基板的改進系統及方法。

【先前技術】

【0002】 傳統的半導體封裝通常涉及晶粒（die）連接製程和引線接合製程。先進的半導體封裝技術（例如，覆晶接合、熱壓接合等）持續在產業中受矚目。例如，在熱壓接合（即，TCB）中，熱和/或壓力（有時是超音波能量）被用於（i）在半導體元件上的導電結構與（ii）在基板上的導電結構之間形成多個互連。

【0003】 在特定覆晶接合或熱壓接合應用中，半導體元件和/或基板上的導電結構可包括銅結構（例如，銅柱）或其他材料，其易受氧化和/或其他污染的影響。在這樣的應用中，期望提供一種適合用於接合的環境。通常，這樣的環境可藉由在所述接合區域使用還原氣體來提供，以減少半導體元件或其即將被接合的基板的導電結構的可能的氧化和/或污染。

【0004】 因此，希望提供使用還原氣體將半導體元件接合至基板的改進方法

【發明內容】

【0005】 根據本發明的示例性實施例，提供一種用於將半導體元件接合至基板的接合系統。該接合系統包括：一基板氧化還原室，配置以接收一基板，該基板包括複數個第一導電結構，該基板氧化還原室配置以接收接觸各個該等第一導電結構的一還原氣體；一基板防氧化室，用於在該還原氣體接觸該等第

一導電結構之後接收該基板，在該基板防氧化室接收該基板時，該基板防氧化室具有一惰性環境；以及一還原氣體輸送系統，用於在一半導體元件對該基板的接合期間提供一還原氣體環境，該半導體元件包括複數個第二導電結構，該等第一導電結構配置以被接合至對應的各個該等第二導電結構。

【0006】 根據本發明的另一示例性實施例，提供一種將半導體元件接合至基板的方法。該方法包括以下步驟：將一基板移動至一基板氧化還原室中，該基板包括複數個第一導電結構，該基板氧化還原室配置以接收接觸各個該等第一導電結構的一還原氣體；在該還原氣體接觸該等第一導電結構之後，將該基板移動至一基板防氧化室中，在該基板防氧化室接收該基板時，該基板防氧化室具有一惰性環境；以及在一半導體元件對該基板的接合期間提供一還原氣體環境，該半導體元件包括複數個第二導電結構，該等第一導電結構配置以被接合至對應的各個該等第二導電結構。

【0007】 根據本發明的又一示例性實施例，提供一種將半導體元件接合至基板的方法。該方法包括以下步驟：(a) 以一接合機的一接合工具承載一半導體元件，該半導體元件包括複數個第一導電結構；(b) 以該接合機的一支撐結構支撐一基板，該基板包括複數個第二導電結構；(c) 提供與該等第一導電結構及該等第二導電結構的每一個接觸的一還原氣體；以及(d) 在步驟(c)之後，將對應的各個該等第一導電結構接合至對應的各個該等第二導電結構，其中，該等第一導電結構及該等第二導電結構中的至少其中之一包括一焊料。

【圖式簡單說明】

【0008】 結合附圖閱讀下面的詳細說明可以最好地理解本發明。需要強調的是，根據慣例，附圖的各種特徵不是按比例繪製的。相反地，為了清楚起見，各種特徵的尺寸被任意擴大或縮小。附圖中包含以下的圖式：

圖1A係根據本發明的示例性實施例，說明用於將半導體元件接合至基板的接合系統的方塊圖；

圖1B係根據本發明的示例性實施例，說明用於將半導體元件接合至基板的接合系統的方塊圖；

圖2A至圖2G係圖1A的接合系統的一系列的方塊圖，用於說明根據本發明的示例性實施例之將半導體元件接合至基板的方法；

圖3A至圖3B係圖1A的接合系統的一系列的方塊圖，用於說明根據本發明的示例性實施例，在預備用於接合的另一基板的同时，將半導體元件接合至基板的方法；

圖4係根據本發明的示例性實施例，說明用於將具有包括焊料之導電結構的半導體元件接合至基板的接合系統的方塊圖；

圖5係根據本發明的示例性實施例，說明用於將半導體元件接合至具有包括焊料之導電結構的基板的接合系統的方塊圖；

圖6係根據本發明的示例性實施例，說明用於將具有包括焊料之導電結構的半導體元件接合至具有包括焊料之導電結構的基板的接合系統的方塊圖；

圖7係根據本發明的示例性實施例，說明用於將具有以焊料形成之導電結構的半導體元件接合至基板的接合系統的方塊圖；

圖8係根據本發明的示例性實施例，說明用於將半導體元件接合至具有以焊料形成之導電結構的基板的接合系統的方塊圖；

圖9係根據本發明的示例性實施例，說明用於將具有以焊料形成之導電結構的半導體元件接合至具有以焊料形成之導電結構的基板的接合系統的方塊圖；

圖10A至圖10D係圖4的接合系統的一系列的方塊圖，用於說明根據本發明的示例性實施例之將半導體元件接合至基板的方法；以及

圖11A至圖11D係另一接合系統的一系列的方塊圖，用於說明根據本發明的示例性實施例之將半導體元件接合至基板的方法。

【實施方式】

【0009】 在下文中，「半導體元件」之用語是指任何包括（或配置以在後續步驟中包括）半導體晶片或晶粒的結構。示例性之半導體元件包括半導體裸晶、基板上的半導體晶粒（例如，引線框架、印刷電路板、載件、半導體晶片、半導體晶圓、球狀柵格陣列基板、半導體元件等）、封裝半導體裝置、覆晶半導體裝置、基板中嵌入股粒、半導體晶粒堆疊等。此外，半導體元件可包括配置以被接合之元件或者其他被包括在半導體封裝中的元件（例如，被接合在堆疊晶粒配置中的間隙物、基板等）。

【0010】 在下文中，「基板」之用語是指任何可以接合半導體元件之結構。示例性之基板包括，例如，引線框架、印刷電路板、載件、半導體晶片、半導體晶圓、球狀柵格陣列基板、半導體元件等。

【0011】 依據本發明的特定示例性實施例，提供一種使用一種或複數種還原氣體的無助焊劑（fluxless）接合系統。所述接合系統可為，例如，覆晶接合系統、熱壓接合系統、熱壓超音波接合系統等。

【0012】 本發明的各態樣涉及一種新穎的無助晶片至基板（chip-to-substrate）或者晶片至晶圓（chip-to-wafer）系統，其能在接合期間（例如，熱壓接合期間）避免金屬跟焊墊的氧化。

【0013】 示例性的系統包括「基板氧化還原室」（亦稱為基板清潔室）、「基板防氧化室」（亦稱為基板保護室）、以及「還原氣體輸送系統」（例，區域性晶片及基板氧化還原接合頭罩（bond head shroud）或者其他氣體輸送系統），以避免使用助焊（fluxing）製程。

【0014】 圖1A說明示例性的接合系統300。接合系統300包括：基板供應源300a（例，晶圓裝卸器或其他供應源），用於將複數個基板104（例如，晶圓、印刷電路板等）提供至支撐結構300a1上；以及處理系統300b。基板104係配置以被傳遞至處理系統300b（例，包括通道302，但可為不同類型的結構）。通道302（或者其他所需的結構）包括基板氧化還原室302a、基板防氧化室302b、以及接合位置302c（其為基板防氧化室302b的一部分）。還原氣體輸送系統308亦被包括在處理系統300b中。

【0015】 在圖1A所示的示例中，由於通道302同時包括基板氧化還原室302a以及基板防氧化室302b，因此，基板氧化還原室302a的至少一部分與基板防氧化室302b具有共同的邊界。基板氧化還原室302a係使用入口門302a1（其關閉開口302a1a）以及出口門302a2（其關閉開口302a2a）而關閉。另一個還原氣體輸送系統302d（其可與還原氣體輸送系統308共連，以共同使用同一個還原氣體供應源）係被提供以在基板氧化還原室302a中提供還原氣體（例，甲酸蒸氣）。在基板氧化還原室302a的處理（例，在從基板104的導電結構移除氧化物）之後，基板傳遞系統（其可為包括支撐結構102的材料裝卸系統的一部分）係用於藉由出口門302a2將基板104傳遞至基板防氧化室302b。基板防氧化室302b包括惰性環境306（例，藉由氮氣供應源，為簡明原因未顯示）。材料裝卸系統（例，包括支撐結構102）係用於在基板防氧化室302b中將基板104移動至接合位置302c。在接合位置302c時，藉由還原氣體輸送系統308而提供還原氣體130。

【0016】 圖1A亦說明接合頭組件106，其包括加熱器108以及接合工具

110。圖1A亦說明主要排氣口304，其藉由管線304a及114b1（其中，管線114b1係直接地或間接地耦合至如下描述的中心通道114b）而抽出廢氣（例，如還原氣體等氣體）。接合頭組件106承載接合頭歧管（manifold）114，用於在給定的應用中根據需要接收和分配流體（例如，氣體、蒸氣等）。包括接合頭歧管114之示例性接合頭組件106的細節將在下文中參考圖4-9、10A-10D描述。

【0017】 關於接合操作，半導體元件112係使用接合工具110而接合至基板104。在接合操作期間，相應的導電結構112a中的一些被接合（例如，使用熱、力、超音波能量等）到相應的導電結構104a中的一些。接合頭歧管114在半導體元件112及基板104的區域中提供用於接合操作的還原氣體130（例，還原氣體為蒸氣氣體）。當將還原氣體130分佈在半導體元件112和基板104的區域中之後，還原氣體130接觸半導體元件112及基板104的每個導電結構的表面。

【0018】 圖1B說明示例性的接合系統400，其在許多方面類似於圖1A中的接合系統300（其中，類似的元件具有相同的元件符號，或者元件符號的開頭用「4」取代「3」）。接合系統400包括：基板供應源400a（例，晶圓裝卸器或其他供應源），用於提供將複數個基板104（例如，晶圓、印刷電路板等）提供至支撐結構400a1上。基板104係配置以被傳遞至處理系統400b（例，包括通道402，但可為不同類型的結構）。通道402（或者其他所需的結構）包括基板氧化還原室402a、基板防氧化室402b、以及接合位置402c（其為基板防氧化室402b的一部分）。

【0019】 在圖1B所示的示例中，由於通道402同時包括基板氧化還原室402a以及基板防氧化室402b，因此，基板氧化還原室402a的至少一部分與基板防氧化室402b具有共同的邊界。還原氣體輸送系統408亦被包括在處理系統400b中。基板氧化還原室402a係使用入口門402a1（其關閉開口402a1a）以及出口門402a2（其關閉開口402a2a）而關閉。另一個還原氣體輸送系統402d（其可與還原氣體輸送系統408共連，以共同使用同一個還原氣體供應源）係被提供以在基板氧化還原室402a中提供還原氣體（例，甲酸蒸氣）。在基板氧化還原室402a的處理（例，在從基板104的導電結構移除氧化物）之後，基板傳遞系統（其可為包括支撐結構102的材料裝卸系統的一部分）係用於藉由出口門402a2將基板104傳遞至基板防氧化室402b。基板防氧化室402b包括惰性環境406（例，藉由氮氣供應源，為簡明原因未顯示）。材料裝卸系統（例，包括支撐結構102）係

用於在基板防氧化室402b中將基板104移動至接合位置402c。在接合位置402c時，藉由還原氣體輸送系統408而提供還原氣體130。

【0020】 圖1B亦說明接合頭組件106，其包括加熱器108以及接合工具110。圖1B亦說明主要排氣口404，其藉由管線404a及404b而抽出廢氣（例，如還原氣體等氣體）。歧管214係用於在給定的應用中根據需要接收和分配流體（例如，氣體、蒸氣等）。示例性接合頭組件106及示例性之歧管214的細節將在下文中參考圖11A-11D描述。

【0021】 關於接合操作，半導體元件112係使用接合工具110而接合至基板104。在接合操作期間，半導體元件112相應的導電結構中的一些被接合（例如，使用熱、力、超音波能量等）到基板104相應的導電結構中的一些。歧管214在半導體元件112及基板104的區域中提供用於接合操作的還原氣體130（例，還原氣體為蒸氣氣體）。當將還原氣體130分佈在半導體元件112和基板104的區域中之後，還原氣體130接觸半導體元件112及基板104的每個導電結構的表面。

【0022】 圖2A至圖2G說明根據本發明的示例性實施例之將半導體元件112接合至基板104的方法，其使用圖1A所示的接合系統300。圖2A說明基板104位於基板供應源300a中，且入口門302a1處於開啟位置。基板氧化還原室302a及基板防氧化室302b具有惰性環境306（例，氮氣環境）。在圖2B中，基板104使用基板裝卸系統（例，材料裝卸系統包括支撐結構102）而通過開口302a1a被移動至基板氧化還原室302a。在圖2C中，入口門302a1被關閉，以及還原氣體130（例，甲酸蒸氣）藉由還原氣體輸送系統302d被提供至基板氧化還原室302a中。還原氣體130從基板104上的金屬及焊墊（即，導電結構）移除殘餘氧化物。在圖2D中，出口門302a2被開啟，以及基板104係如圖2E所示地被從基板氧化還原室302a傳遞至基板防氧化室302b。基板防氧化室302b包括惰性環境306（例，氮氣環境）。在圖2F中，基板104被移動（例，使用包括支撐結構102的材料裝卸系統）至接合位置302c。在處於接合位置302c時，還原氣體130係從接合頭歧管114被導向半導體元件112及基板104。此還原氣體130係在將半導體元件112接合至基板104的期間被提供，以減少/移除半導體元件112上的氧化物及基板104上的任何剩餘殘餘氧化物。在圖2G中，半導體元件112已使用接合頭組件106而被接合至基板104。

【0023】 雖然圖2A至圖2G說明接合系統300，但可理解的是，大致上類

似的製程可被用於圖1B所示的接合系統400，或者符合本案申請專利範圍的其他接合系統。

【0024】 儘管圖2A至圖2G的示例性製程說明單一個基板104，可理解的是，複數個基板104可用於系統300（或者，圖1B的接合系統400）（符合本案申請專利範圍的其他接合系統）。因此，圖3A至圖3B說明複數個基板104。在圖3A中，第一基板104（其已經被基板氧化還原室302a處理過）正在被移動至基板防氧化室302b的接合位置302c。在圖3B中，在所述基板104正處於接合位置302c的同時，另一個基板104係位於基板氧化還原室302a中（例，用於清潔位於另一個基板104上的導電結構）。

【0025】 本發明的示例性態樣提供再加工（rework）基板104的機會（例，將基板傳遞回基板氧化還原室302a）。例如，此手段可能在一些基板暴露至延長加熱無可避免的情況中是有用處的，例如，將小晶粒（例，0.1-1mm的邊緣尺寸）接合至大面積（例，200-300mm直徑的基板）的時候。

【0026】 本發明可提供各種優點，例如：無助焊劑接合（例，在接合前或接合期間不需要半導體元件或基板的助焊）；減少氧化物（例，形成在墊部/凸塊上的金屬氧化物，例如，Cu及Sn氧化物），也同時在長時間的熱暴露期間防止氧化物形成；少量消耗氮氣氣體（或者其他用於提供基板防氧化室的惰性環境的氣體）；以及預清潔室、惰性氣體室、以及原處（in-situ）氧化物清潔接合頭皆被提供在相同的接合系統中。

【0027】 雖然沒有在圖1、圖2A-2G、圖3A-3B中特定地說明，但可理解的是，接合操作可包括在通道（例，通道302/402）中將一個半導體元件112（或者複數個元件）接合至基板104的接合位置（接合區域）的一部分。例如，基板104的該等接合位置（接合區域）的該部分可藉由通道302/402中的開口暴露，在其中，接合工具可藉由開口302e/402e所降低，以完成接合操作。藉由僅逐一暴露基板104的一部分，通道302/402中的環境可被更好地維持。

【0028】 關於將半導體元件112（包括導電結構）對基板104（包括導電結構）的接合（例，熱壓接合），可以藉由接合工具110（例，從接合頭組件106的加熱器）提供熱能。還原氣體亦可被提供，以清潔（半導體元件112及/或基板104）的導電結構的表面上的氧化物及/或其他污染物。

【0029】 在該方法的特定示例中，半導體元件112（例，半導體晶片）從
第 7 頁，共 16 頁(發明說明書)

供應源（例，半導體晶圓）被傳遞至熱壓接合機或者覆晶接合機的接合工具110。在半導體元件112被接合工具110（例，使用真空）承載時，接合頭組件106（承載接合工具110）被移動至所期望之接合位置。半導體元件112係接合至基板104的接合位置（例，在半導體元件112及/或基板104的加熱期間）（例，在其中，接合在還原氣體存在時發生）。個別的半導體元件112及/或基板104的導電結構可包括焊料（例，導電結構可在接觸表面包括焊料、導電結構可由焊料形成等），或者，導電結構可由其他導電材料（例，銅）形成。

【0030】 在各個圖式（包括圖4-9、圖10A-10D、及圖11A-11D）中，除非本說明書有解釋，則相似之元件符號代表類似之元件。

【0031】 現參考圖4，提供接合機100（例，覆晶接合機、熱壓接合機等）。接合機100包括：支撐結構102，用於在接合期間（在其中，基板104包括複數個導電結構104a）支撐基板104。支撐結構102可包括任何適於特定應用的結構。在圖4-9及圖10A-10D中，支撐結構102包括：頂板102a（配置成直接支撐基板104）；接合座（chuck）102c；以及加熱器102b，設置在其兩者之間。在配合接合操作時，需要用於對基板104加熱的熱能的應用中，可以使用加熱器，例如，加熱器102b。

【0032】 圖4亦說明接合頭組件106，可被配置為沿著（且圍繞）接合機100的多軸移動，例如，x軸、y軸、z軸、 θ （旋轉）軸等。接合頭組件106包括加熱器108和接合工具110。也就是說，在特定接合機（例如，熱壓接合機）中，可能需要將接合工具加熱。因此，儘管圖4顯示用於加熱接合工具110的單獨的加熱器108（以用於加熱包括複數個導電結構112a的半導體元件112），應當理解的是，加熱器108和接合工具110可以整合到單一個元件中（例如，加熱接合工具）。

【0033】 關於接合操作，使用接合工具110將半導體元件112接合至基板104。在接合操作期間，相應的導電結構112a被接合（例如，使用熱、力、超音波能量等）至相應的導電結構104a。在圖4中，導電結構112a在各個導電結構112a的接觸部分（例如，配置以接觸基板104的導電結構104a的部分）處包括焊料112a1。

【0034】 在特定接合應用中（例如，具有銅導電結構的覆晶及/或熱壓接合），期望能提供適於接合的環境。通常，這樣的環境可藉由在接合區域處使用還原氣體而提供，以減少半導體元件或其即將被接合的基板的導電結構的可

能的污染。

【0035】 在圖4中，接合頭組件106承載接合頭歧管114，用於在給定的應用中根據需要接收和分配流體（例如，氣體、蒸氣等）。在圖4中，雖然以剖面圖顯示接合頭歧管114，但實際的接合頭歧管114圍繞接合工具110（例如，接合頭歧管114以同軸（coaxial）配置圍繞接合工具110）。當然，接合頭歧管114可以具有與圖4中所示不同的配置。此外，應理解的是，為簡單起見，接合頭歧管114的特定細節（例如，與管道120的互連、用於在接合頭歧管114內分配還原氣體的結構細節、用於在接合頭歧管114內分配遮蔽氣體（shielding gas）的結構細節、通過接合頭歧管114的中心通道抽取真空的結構細節等）被省略。

【0036】 接合頭歧管114包括具有不同功能的三個通道114a、114b、114c。外側通道114a從遮蔽氣體供應源118接收一遮蔽氣體（例如，氮氣）。也就是說，遮蔽氣體從遮蔽氣體供應源118（例如，氮氣供應源）通過管道120（其中，管道120可包括適於承載本文所述之流體的硬管、軟管、兩者的組合、或任何其他結構）被提供至接合頭歧管114的外側通道114a。從接合頭歧管114的外側通道114a，遮蔽氣體128被提供以作為外部環境的遮蔽（例如，參見圖10B-10C）。

【0037】 內側通道114c經由管道120接收還原氣體130（例如，參見圖10B-10C）（例如，其中，還原氣體是飽和蒸氣氣體），並且在接合操作時，在半導體元件112和基板104的區域中提供還原氣體130。還原氣體130由蒸氣產生系統122提供，但是一開始作為還原氣體126。在圖4所示的示例中，蒸氣產生系統122是起泡式（bubbler type）系統，其在起泡式系統的容器122a中包括酸性流體124（例如，甲酸、乙酸等）。承載氣體（例如，氮氣）（通過管道120）提供到容器122a中的酸性流體124中，其中，承載氣體充當酸性流體124的載體。整體地，承載氣體（例如，氮氣）和酸性流體124作為還原氣體126輸送。在管道120內，可以通過管道部分120a將額外的承載氣體（例如，氮氣）添加到還原氣體126（例如，以根據需要改變還原氣體的濃度），從而提供與接合操作相關的在半導體元件112和基板104的區域中的還原氣體130。當將還原氣體130分佈在半導體元件112和基板104的區域中之後，還原氣體130接觸每個導電結構104a和導電結構112a的表面（例，參見圖10B）。接著，導電結構104a/112a的表面可包括一個反應產物（例如，其中，該反應產物是因為下列原因而被提供：（i）導電結構104a/112a上的表面氧化物；以及（ii）來自還原氣體130的還原氣體（以

及，有可能性地，如果需要的話，由加熱器108提供的熱能，且經由導電結構104a接觸已經被加熱的導電結構112a所傳遞）。此反應產物期望地使用真空從接合區域（即，其中，半導體元件112的導電結構112a被接合到相應的基板104的導電結構104a的區域）移除，該真空係藉由出口管道116通過接合頭歧管114的中心通道114b所提供。

【0038】 因此，圖4說明：（i）接合機100的各種元件；（ii）承載氣體從承載氣體供應源118到接合頭歧管114的外側通道114a的路徑；（iii）還原氣體126（其可從管道120接收額外的承載氣體）從蒸氣產生系統122到接合頭歧管114的內側通道114c的路徑，該還原氣體126被釋放到接合區域以作為還原氣體130；以及（iv）通過接合頭歧管114的中心通道114b所抽取的真空的氣體的路徑（其可從導電結構104a/112a的表面攜帶反應產物離開）。雖然氣體在圖4（參見圖10A-10D之示例操作）中不流動，上述各種路徑通過各種箭頭顯示在圖4中。

【0039】 圖5再次說明如圖4所示之接合機100，然而，在圖5中，導電結構112a並不包括如圖4所示之焊料112a1。相對地，在圖5中，導電結構104a在各個導電結構104a的接觸區域（例，配置以接觸半導體元件112的導電結構112a的部分）處包括焊料104a1。

【0040】 圖6再次說明如圖4-6所示之接合機100，然而，在圖6中，導電結構112a包括如圖4所示之焊料112a1，且，導電結構104a包括如圖5所示之焊料104a1。

【0041】 圖7再次說明如圖4所示之接合機100，然而，在圖7中，導電結構112a（如圖4所示）被導電結構112a2所取代，該導電結構112a2係由焊料形成。亦即，與圖4不同的是，圖4之導電結構112a在接觸區域包括焊料112a1，而在圖7中，導電結構112a2係完全由焊料形成。

【0042】 圖8再次說明如圖5所示之接合機100，然而，在圖5中，導電結構104a（如圖5所示）被導電結構104a2所取代，該導電結構104a2係由焊料形成。亦即，與圖5不同的是，圖5之導電結構104a在接觸區域包括焊料104a1，而在圖8中，導電結構104a2係完全由焊料形成。

【0043】 圖9再次說明如圖4-8所示之接合機100，然而，在圖9中，導電結構112a（如圖4、6所示，包括焊料112a1）被如圖7所示之導電結構112a2取代（完全由焊料形成）。此外，在圖9中，導電結構104a（如圖5所示，包括焊料104a1）

被如圖8所示之導電結構104a2取代（完全由焊料形成）。

【0044】 因此，根據本發明之特定態樣，被接合之半導體元件的導電結構、或者在接合期間接收該半導體元件之基板的導電結構可包括焊料。該焊料可被包括於各種不同的配置中。例如，焊料可被包括在導電結構的接觸部分（例，參見圖4-6）處。在其他非限制的示例中，整個導電結構皆可以以焊料形成（例，參見圖7-9）。

【0045】 圖10A-10D以及圖11A-11D為說明將半導體元件接合至基板的方法的方塊圖。在圖10A-10D以及圖11A-11D的各圖中：(i) 半導體元件112（在接觸部分處具有包括焊料112a1的導電結構112a）係如圖4中所示；以及(ii) 基板104（導電結構104a不包括焊料）係如圖4中所示。然而，可理解的是，參考圖10A-10D以及圖11A-11D所示及所描述之方法係可同樣地應用至各個圖4-9的半導體元件及基板，亦可同樣地應用至符合本案申請專利範圍的任意其他半導體元件及基板。

【0046】 在圖10A-10D以及圖11A-11D所示和描述的製程之前，半導體元件112及/或基板104可以被「清潔」。例如，可以使用諸如鹽酸或乙酸的溶液清潔半導體元件112和基板104中的一個或兩個的導電結構112a、104a。例如，可以通過將半導體元件112和/或基板104的至少一部分浸入這種溶液中來執行這種清潔步驟。

【0047】 現參考圖10A，半導體元件112（由接合頭106所承載）係位於基板104上方。如圖10B所示，蒸氣產生系統122已被開啟，以在接合區域處產生還原氣體130。更特定地，圖10B說明還原氣體130被提供至接合區域，同樣地，遮蔽氣體128亦被提供，且，藉由出口管道116通過接合頭歧管114的中心通道114b抽取真空。因此，還原氣體130流動至半導體元件112及基板104的期望部分（例，導電結構112a及導電結構104a），以用於：從導電結構112a及導電結構104a移除污染物；及/或遮蔽導電結構112a及導電結構104a，以避免進一步污染的可能。

【0048】 同時，如圖10B所示，（半導體元件112之）個別的導電結構112a與（基板104之）個別的導電結構104a對齊。在圖10C中，製程進行到接合步驟（例，熱壓接合步驟），例如，藉由降低接合頭106。亦即，導電結構112a被接合至對應的導電結構104a。這可以是藉由熱壓接合製程（例如，包括熱和/或接合力，其中接合力可以是更大的接合力，例如50-300N），並且還可以包括超音

波能量傳遞(例如,來自包括在接合頭組件106中的超音波換能器(transducer))。在圖10D中,接合製程已被完成。亦即,半導體元件112已被接合至基板104,以使導電結構112a被接合至對應的導電結構104a,其中,該接合是藉由提供於導電結構112a及對應的導電結構104a之間的變形的焊料112a1。

【0049】 雖然圖10A-10D(及圖4-9)說明歧管114,其與接合頭整合,以用於:傳遞還原氣體;傳遞遮蔽氣體;以及提供真空。但本發明不限於此。例如,與其藉由將歧管整合至接合頭組件提供該些功能,該些功能可藉由與用於支撐基板的支撐結構提供。此外,該些功能可被分別設置於接合頭組件及支撐結構之間(以及,可能設置於接合機的其他結構)。圖11A-11D為說明接合機”的一系列的方塊圖,在其中,除了歧管功能(傳遞還原氣體;傳遞遮蔽氣體;以及提供真空)被整合至支撐結構202中,特定的類似元件及功能係如圖4及圖10A-10D所示及描述。

【0050】 圖11A說明接合機100”(例,覆晶接合機、熱壓接合機等)。接合機100”包括:支撐結構202,以用於在接合操作(其中,基板104包括複數個導電結構104a)期間支撐基板104。支撐結構202可包括任何用於特定應用之合適結構。在圖11A-11D中,支撐結構202包括:頂板202a(配置成直接支撐基板104);接合座202c;以及加熱器202b,設置在其兩者之間。在配合接合操作時,需要用於對基板104加熱的熱能的應用中,可以使用加熱器,例如,加熱器202b。

【0051】 圖11A亦說明接合頭組件106(包括加熱器108及接合工具110),可被配置為沿著(且圍繞)接合機100”的多軸移動,例如,x軸、y軸、z軸、 θ (旋轉)軸等。在圖11A中,接合頭組件106承載薄板107,以用於部分地容納遮蔽氣體128及還原氣體130的至少其中一者(見下文說明)。

【0052】 相較於由接合頭組件106承載之接合頭歧管114(如圖10A-10D所示),圖11A-11D說明歧管214,其由支撐結構202承載及/或與支撐結構202整合。歧管214用於在給定的應用中根據需要接收和分配流體(例如,氣體、蒸氣等)。在圖11A中,雖然以剖面圖顯示歧管214,但實際的歧管214至少部分地圍繞基板104。當然,歧管214可以具有與圖11A中所示不同的配置。此外,應理解的是,為簡單起見,歧管214的特定細節(例如,與管道120的互連、用於在歧管214內分配還原氣體的結構細節、用於在歧管214內分配遮蔽氣體的結構細節、通過歧管214的中心通道抽取真空的結構細節等)被省略。

【0053】 歧管214包括具有不同功能的三個通道214a、214b、214c。外側通道214a通過管道120從遮蔽氣體供應源118接收遮蔽氣體（例如，氮氣）。從歧管214的外側通道214a，遮蔽氣體128被提供以作為外部環境的遮蔽（例如，參見圖11B-11C）。內側通道214c經由管道120接收還原氣體130（例如，參見圖11B-11C）（例如，其中，還原氣體是飽和蒸氣氣體），並且在接合操作時，在半導體元件112和基板104的區域中提供還原氣體130。還原氣體130由蒸氣產生系統122提供，但是一開始作為還原氣體126（例如，參見圖4以作為說明）。當將還原氣體130分佈在半導體元件112和基板104的區域中之後，還原氣體130接觸每個導電結構104a和導電結構112a的表面。接著，導電結構104a/112a的表面可包括一個反應產物（例如，其中，該反應產物是因為下列原因而被提供：（i）導電結構104a/112a上的表面氧化物；以及（ii）來自還原氣體130的還原氣體（以及，有可能性地，如果需要的话，由加熱器108提供的熱能）。此反應產物期望地使用真空從接合區域（即，其中，半導體元件112的導電結構112a被接合到相應的基板104的導電結構104a的區域）移除，該真空係藉由出口管道216通過歧管214的中心通道214b所提供。

【0054】 因此，圖11A說明：（i）接合機100”的各種元件；（ii）承載氣體從承載氣體供應源118到歧管214的外側通道214a的路徑；（iii）還原氣體126（其可從管道120a接收額外的承載氣體）從蒸氣產生系統122到歧管214的內側通道214c的路徑，該還原氣體126被釋放到接合區域以作為還原氣體130；以及（iv）通過歧管214的中心通道214b所抽取的真空的氣體的路徑（其可從導電結構104a/112a的表面攜帶反應產物離開）。雖然氣體在圖11A中不流動，上述各種路徑通過各種箭頭顯示在圖11A中。

【0055】 現參考圖11A，半導體元件112（由接合頭106所承載）係位於基板104上方。如圖11B所示，蒸氣產生系統122已被開啟，以在接合區域處產生還原氣體130。更特定地，圖11B說明還原氣體130被提供至接合區域，同樣地，遮蔽氣體128亦被提供，且，藉由出口管道116通過歧管214的中心通道214b抽取真空。因此，還原氣體130流動至半導體元件112及基板104的期望部分（例，導電結構112a及導電結構104a），以用於：從導電結構112a及導電結構104a移除污染物；及/或遮蔽導電結構112a及導電結構104a，以避免進一步污染的可能。

【0056】 同時，如圖11B所示，（半導體元件112之）個別的導電結構112a

與（基板104之）個別的導電結構104a對齊。在圖11C中，製程進行到接合步驟（例，熱壓接合步驟），例如，藉由降低接合頭106。亦即，導電結構112a被接合至對應的導電結構104a。這可以是藉由熱壓接合製程（例如，包括熱和/或接合力，其中接合力可以是更大的接合力，例如50-300N），並且還可以包括超音波能量傳遞（例如，來自包括在接合頭組件106中的超音波換能器（transducer））。在圖11D中，接合製程已被完成。亦即，半導體元件112已被接合至基板104，以使導電結構112a被接合至對應的導電結構104a，其中，該接合是藉由提供於導電結構112a及對應的導電結構104a之間的變形的焊料112a2。

【0057】 儘管本發明說明的歧管114、214主要係用於引導：（i）還原氣體130的流動；（ii）遮蔽氣體128的流動；以及（iii）真空的抽取，可理解的是，用於引導流動型態的結構可以不同於所說明的。亦即，用於提供以及引導流體130、128（以及用於抽取真空）的結構配置可以與所說明的有相當大的差異。

【0058】 在本文參考圖4-9、圖10A-10D、圖11A-11D所描述之本發明可提供各種優勢，例如：無助焊劑接合（例，在接合前或接合期間不需要半導體元件或基板的助焊）；在半導體元件及基板的兩者上減少氧化物等。

【0059】 熟悉本領域的技術人員可理解的是，接合機100（見圖4-9、圖10A-10D）及/或接合機100”（見圖11A-11D）的特定元件可整合至圖1、圖2A-2G、圖3A-3B的系統之中，以取代接合頭室中的元件的至少一部分（例，接合頭、頭罩、特定管道等）。

【0060】 雖然在本文中本發明參照示例性實施例進行說明和描述，但熟悉本領域的技術人員可理解的是，可以在申請專利範圍的精神和均等範圍內，對其做出上述及各種其他變化、省略、及增加。相反地，可以在申請專利範圍的均等範圍和領域內並且在不脫離本發明的情況下對細節進行各種修改。

【0061】 本申請主張2019年1月9日提交的美國臨時申請案第 62/790,259 號以及2019年9月28日提交的美國臨時申請案第62/907,562號的優先權權益，其內容通過引用併入本文。

【符號說明】

【0062】

100, 100”:接合機

102, 202, 300a1, 400a1:支撐結構
 102a, 202a:頂板
 102b, 202b:加熱器
 102c, 202c:接合座
 104:基板
 104a, 104a2, 112a, 112a2:導電結構
 104a1, 112a1:焊料
 106:接合頭組件（接合頭）
 107:薄板
 108:加熱器
 110:接合工具
 112:半導體元件
 114:接合頭歧管
 114a, 214a:外側通道（通道）
 114b, 214b:中心通道（通道）
 114c, 214c:內側通道（通道）
 114b1, 304a, 404a, 404b:管線
 116, 216:出口管道
 118:遮蔽氣體供應源
 120, 120a:管道
 122:蒸氣產生系統
 122a:容器
 124:酸性流體
 126, 130:還原氣體（流體）
 128:遮蔽氣體（流體）
 214:歧管
 300, 400:接合系統（系統）
 300a, 400a:基板供應源
 300b, 400b:處理系統
 302, 402:通道

302a, 402a:基板氧化還原室

302a1, 402a1:入口門

302a1a, 302a2a, 402a1a, 402a2a:開口

302a2, 402a2:出口門

302b, 402b:基板防氧化室

302c, 402c:接合位置

302d, 308, 402d, 408:還原氣體輸送系統

302e, 402e:開口

304, 404:主要排氣口

306, 406:惰性環境

【發明申請專利範圍】

【請求項 1】一種用於將半導體元件接合至基板的接合系統，該接合系統包括：

一基板氧化還原室，配置以接收一基板，該基板包括複數個第一導電結構，該基板氧化還原室配置以接收接觸各個該等第一導電結構的一還原氣體；

一基板防氧化室，用於在該還原氣體接觸該等第一導電結構之後接收該基板，在該基板防氧化室接收該基板時，該基板防氧化室具有一惰性環境；

一還原氣體輸送系統，用於在一半導體元件對該基板的接合期間提供一還原氣體環境，該半導體元件包括複數個第二導電結構，該等第一導電結構配置以被接合至對應的各個該等第二導電結構；

一接合頭，用於將該半導體元件接合至該基板；以及

一基板支撐結構，用於在該半導體元件對該基板的接合期間支撐該基板，

其中，該還原氣體輸送系統整合至該接合頭及該基板支撐結構的至少其中之一。

【請求項 2】如請求項 1 之接合系統，進一步包括：

一基板傳遞系統，用於從該基板氧化還原室將該基板傳遞至該基板防氧化室。

【請求項 3】如請求項 1 之接合系統，其中，該基板防氧化室提供氮氣以產生該惰性環境。

【請求項 4】如請求項 1 之接合系統，進一步包括：

一材料裝卸系統，用於在該基板防氧化室中移動該基板。

【請求項 5】如請求項 1 之接合系統，其中，該基板防氧化室包括一接合位置，該接合位置用於在該半導體元件對該基板的接合期間接收該基板。

【請求項 6】如請求項 1 之接合系統，其中，該接合頭包括用於將該半導體元件接合至該基板的一接合工具，以及

其中，該還原氣體輸送系統與該接合頭整合。

【請求項 7】如請求項 1 之接合系統，其中，該還原氣體輸送系統與該基板支撐結構整合。

【請求項 8】如請求項 1 之接合系統，其中，該半導體元件為一半導體晶粒。

【請求項 9】如請求項 8 之接合系統，其中，該基板為一半導體晶圓。

【請求項 10】如請求項 1 之接合系統，其中，該基板可在由該基板防氧化室接收之後返回該基板氧化還原室。

【請求項 11】如請求項 1 之接合系統，其中，該基板氧化還原室的至少一部分與該基板防氧化室具有一共同的邊界。

【請求項 12】如請求項 1 之接合系統，其中，在該基板被移動至該基板防氧化室之後，該基板氧化還原室配置以接收另一個基板。

【請求項 13】一種將半導體元件接合至基板的方法，該方法包括以下步驟：
以一基板支撐結構支撐一基板；

將該基板移動至一基板氧化還原室中，該基板包括複數個第一導電結構，該基板氧化還原室配置以接收接觸各個該等第一導電結構的一還原氣體；

在該還原氣體接觸該等第一導電結構之後，將該基板移動至一基板防氧化室中，在該基板防氧化室接收該基板時，該基板防氧化室具有一惰性環境；以及

在一半導體元件對該基板的接合期間提供一還原氣體環境，該半導體元件包括複數個第二導電結構，該等第一導電結構配置以被接合至對應的各個該等第二導電結構，

其中，該還原氣體環境係由一還原氣體輸送系統所提供，該還原氣體輸送系統整合至該基板支撐結構及用於將該半導體元件接合至該基板的一接合頭的至少其中之一。

【請求項 14】一種將半導體元件接合至基板的方法，該方法包括以下步驟：

(a) 以一接合機的一接合工具承載一半導體元件，該半導體元件包括複數個第一導電結構；

(b) 以該接合機的一基板支撐結構支撐一基板，該基板包括複數個第二導電結構；

(c) 使用一還原氣體輸送系統提供與該等第一導電結構及該等第二導電結構的每一個接觸的一還原氣體，該還原氣體輸送系統整合至該基板支撐結構及用於將該半導體元件接合至該基板的一接合頭的至少其中之一，該接合頭包括該接合工具；以及

(d) 在步驟(c)之後，將對應的各個該等第一導電結構接合至對應的各個該等第二導電結構，

其中，該等第一導電結構及該等第二導電結構中的至少其中之一包括一焊料。

【請求項 15】如請求項 14 之方法，其中，該等第一導電結構及該等第二導電結構的每一個包括焊料。

【請求項 16】如請求項 14 之方法，其中，該等第一導電結構及該等第二導電結構中的至少其中之一在其兩者之一接觸部分處包括焊料。

【請求項 17】如請求項 14 之方法，其中，該等第一導電結構在該等第一導電結構之一接觸部分處包括焊料。

【請求項 18】如請求項 14 之方法，其中，該等第二導電結構在該等第二導電結構之一接觸部分處包括焊料。

【請求項 19】如請求項 14 之方法，其中，該等第一導電結構及該等第二導電結構皆在其兩者之一接觸部分處包括焊料。

【請求項 20】如請求項 14 之方法，其中，該等第一導電結構及該等第二導電結構中的至少其中之一以焊料形成。

【請求項 21】如請求項 14 之方法，其中，該等第一導電結構以焊料形成。

【請求項 22】如請求項 14 之方法，其中，該等第二導電結構以焊料形成。

【請求項 23】如請求項 14 之方法，其中，該等第一導電結構及該等第二導電結構皆以焊料形成。

【請求項 24】如請求項 14 之方法，其中，該還原氣體包括一承載氣體以及一酸類。

【請求項 25】如請求項 24 之方法，其中，該酸類包括一甲酸及一乙酸中的其中之一。

【請求項 26】如請求項 14 之方法，其中，該還原氣體為藉由包括於該接合機中的一蒸氣產生系統提供的一飽和蒸氣氣體。

【請求項 27】如請求項 14 之方法，其中，該半導體元件對該基板的該接合包括在該半導體元件及該基板之間施加超音波能量。

【請求項 28】如請求項 14 之方法，其中，該半導體元件對該基板的該接合包括藉由一熱壓接合製程將對應的各個該等第一導電結構接合至對應的各個該等第二導電結構。

【請求項 29】如請求項 14 之方法，其中，該步驟（c）包括藉由整合至該接合頭的一歧管提供與該等第一導電結構及該等第二導電結構的每一個接觸的該還原氣體。

【請求項 30】如請求項 14 之方法，其中，該還原氣體係藉由整合至該基板支撐結構的一歧管所提供。

【請求項 31】一種用於將半導體元件接合至基板的接合系統，該基板包括複數個第一導電結構，該接合系統包括：

一基板防氧化室，用於接收該基板，在該基板防氧化室接收該基板時，該基板防氧化室具有一惰性環境；

一還原氣體輸送系統，用於在一半導體元件對該基板的接合期間提供一還原氣體環境，該半導體元件包括複數個第二導電結構，該等第一導電結構配置以被接合至對應的各個該等第二導電結構；

一接合頭，用於將該半導體元件接合至該基板；以及

一基板支撐結構，用於在該半導體元件對該基板的接合期間支撐該基板，

其中，該還原氣體輸送系統整合至該接合頭及該基板支撐結構的至少其中之一。

【請求項 32】如請求項 31 之接合系統，進一步包括：
一基板傳遞系統，用於將該基板傳遞至該基板防氧化室。

【請求項 33】如請求項 31 之接合系統，其中，該基板防氧化室提供氮氣以產生該惰性環境。

【請求項 34】如請求項 31 之接合系統，進一步包括：
一材料裝卸系統，用於在該基板防氧化室中移動該基板。

【請求項 35】如請求項 31 之接合系統，其中，該基板防氧化室包括一接合位置，該接合位置用於在該半導體元件對該基板的接合期間接收該基板。

【請求項 36】如請求項 31 之接合系統，其中，該還原氣體輸送系統與該接合頭整合。

【請求項 37】如請求項 31 之接合系統，其中，該還原氣體輸送系統與該基板支撐結構整合。

【請求項 38】如請求項 31 之接合系統，其中，該半導體元件為一半導體晶粒。

【請求項 39】如請求項 38 之接合系統，其中，該基板為一半導體晶圓。

【請求項 40】一種將半導體元件接合至基板的方法，該基板包括複數個第一導電結構，該方法包括以下步驟：

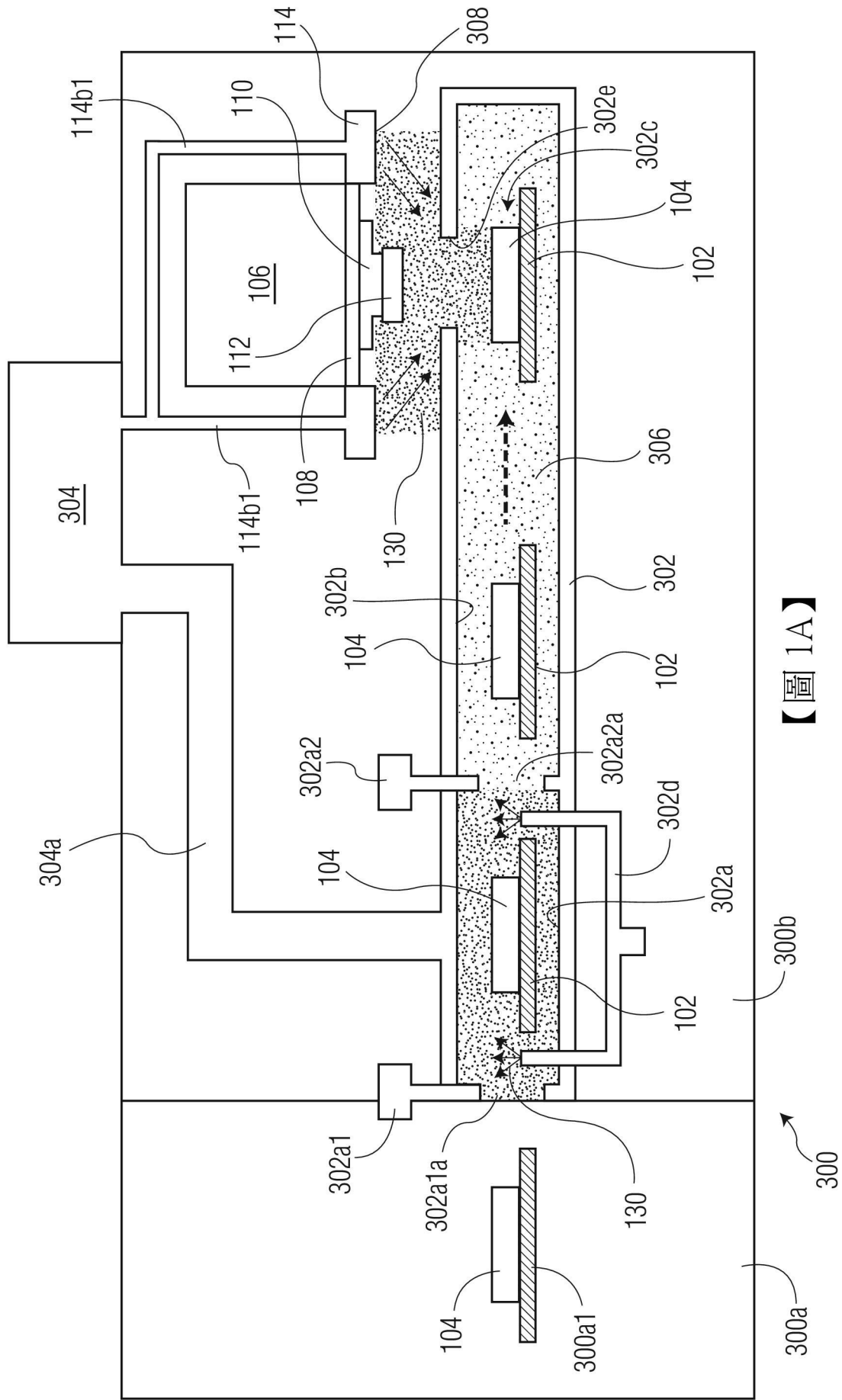
以一基板支撐結構支撐一基板；

將該基板移動至一基板防氧化室中，在該基板防氧化室接收該基板時，該基板防氧化室具有一惰性環境；以及

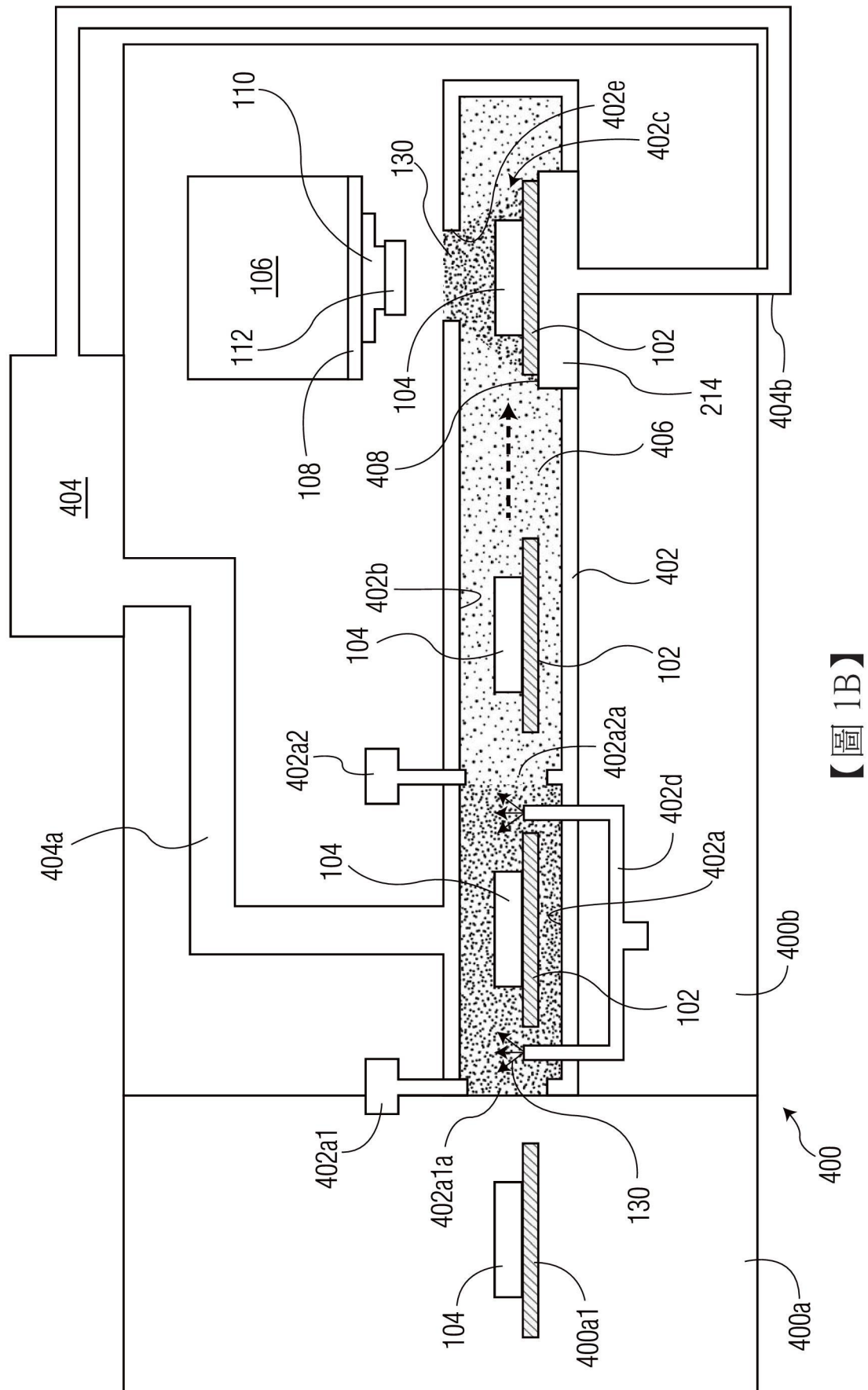
在一半導體元件對該基板的接合期間提供一還原氣體環境，該半導體元件包括複數個第二導電結構，該等第一導電結構配置以被接合至對應的各個該等第二導電結構，

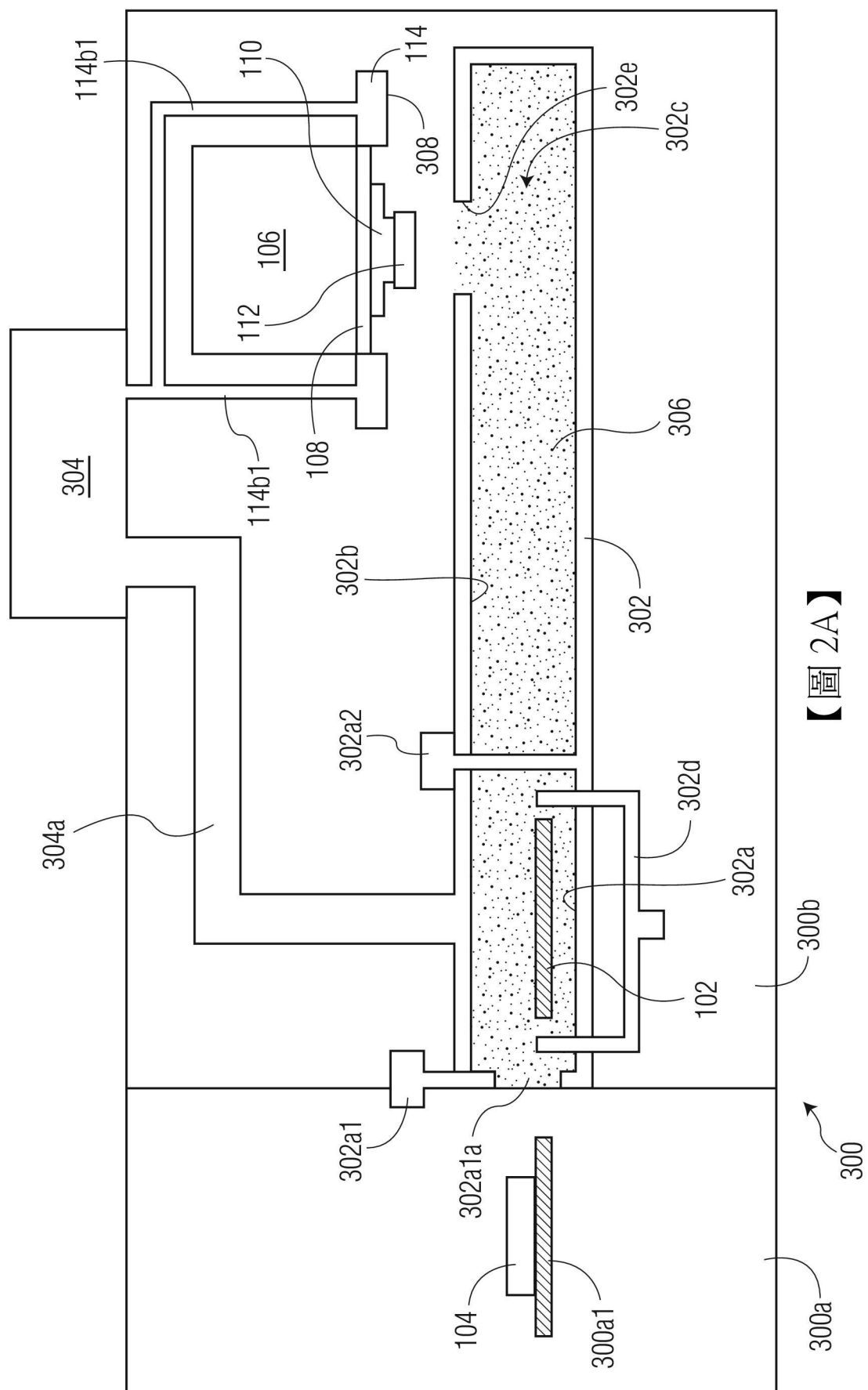
其中，該還原氣體環境係由一還原氣體輸送系統所提供，該還原氣體輸送系統整合至該基板支撐結構及用於將該半導體元件接合至該基板的一接合頭的至少其中之一。

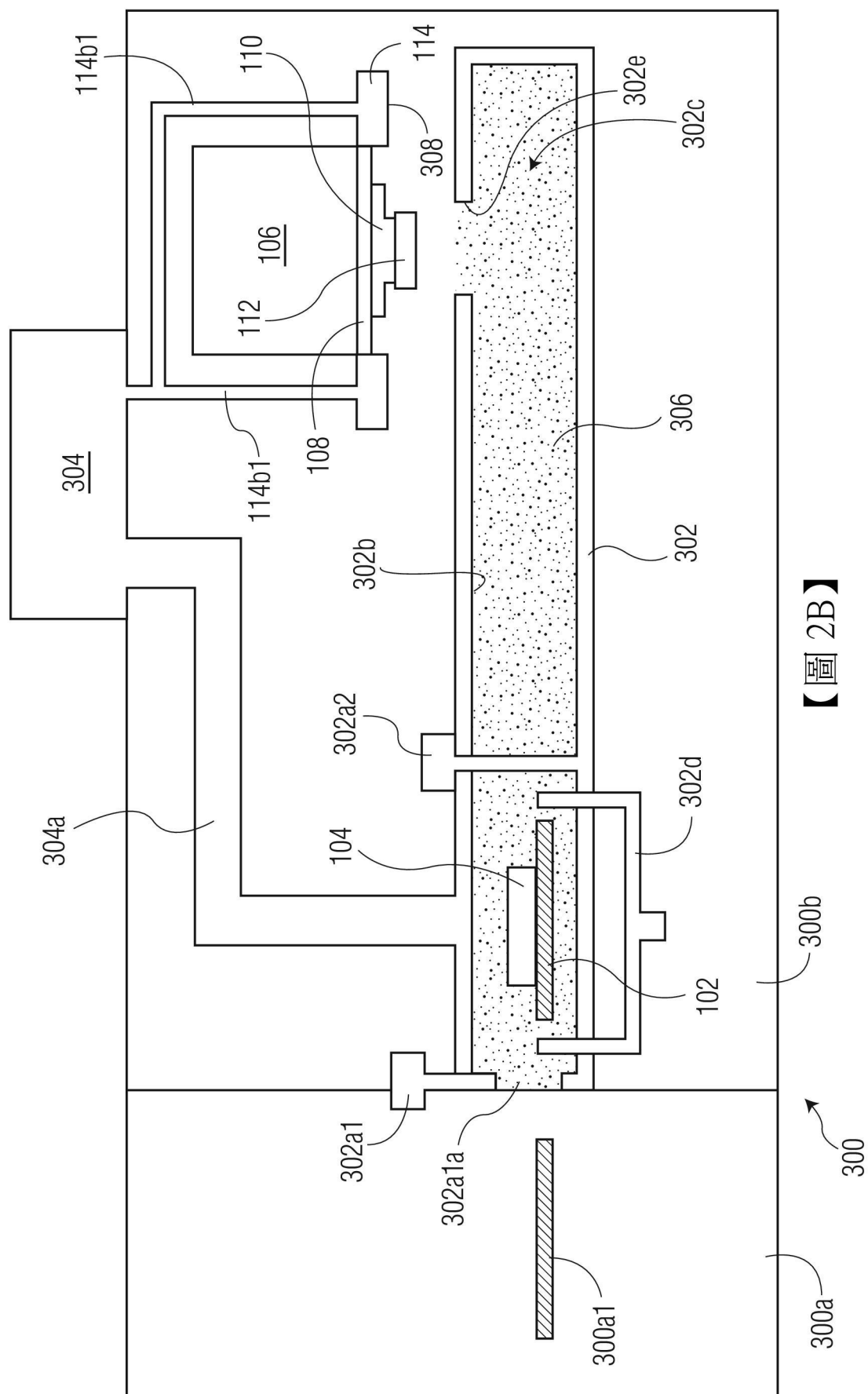
【發明圖式】

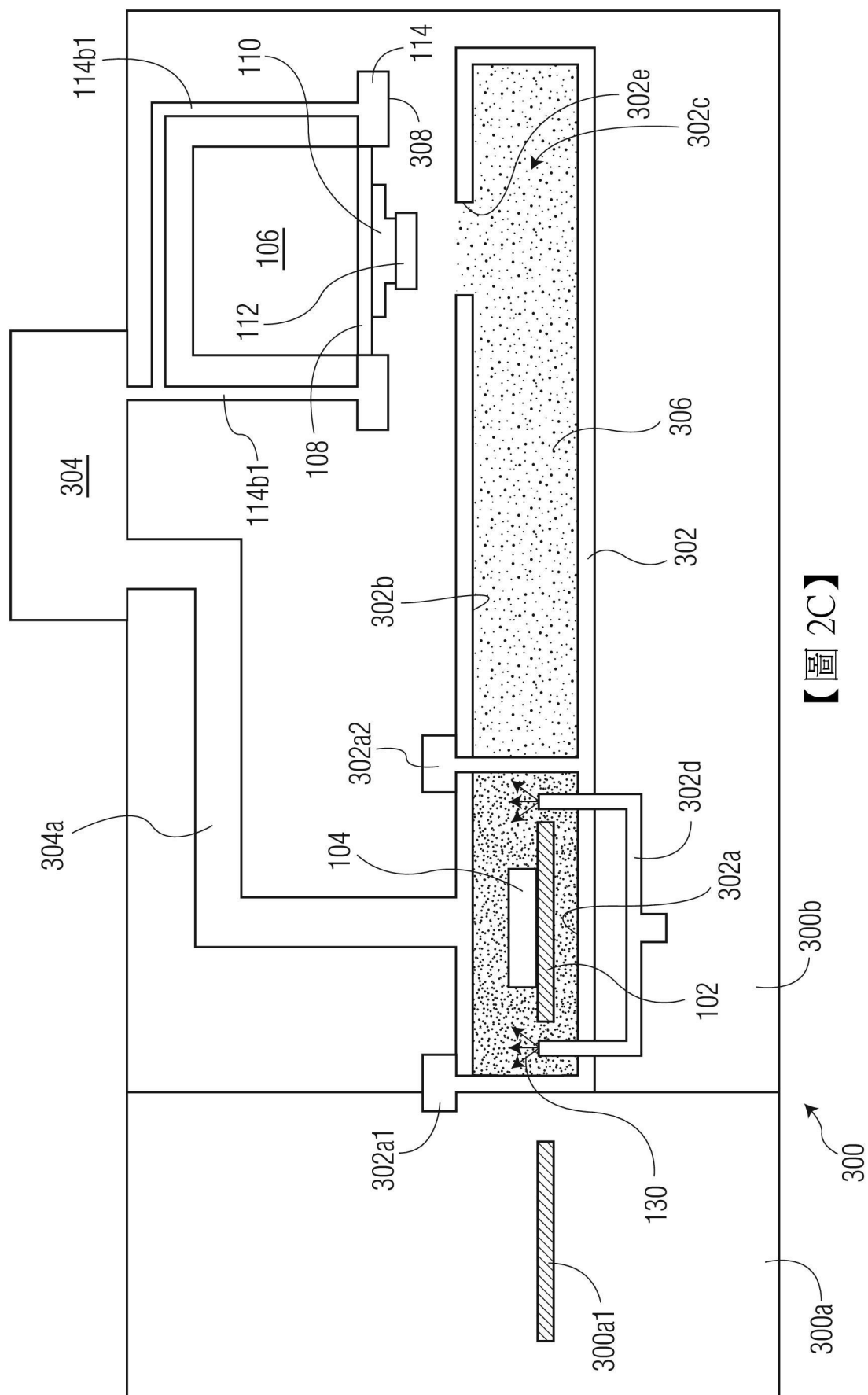


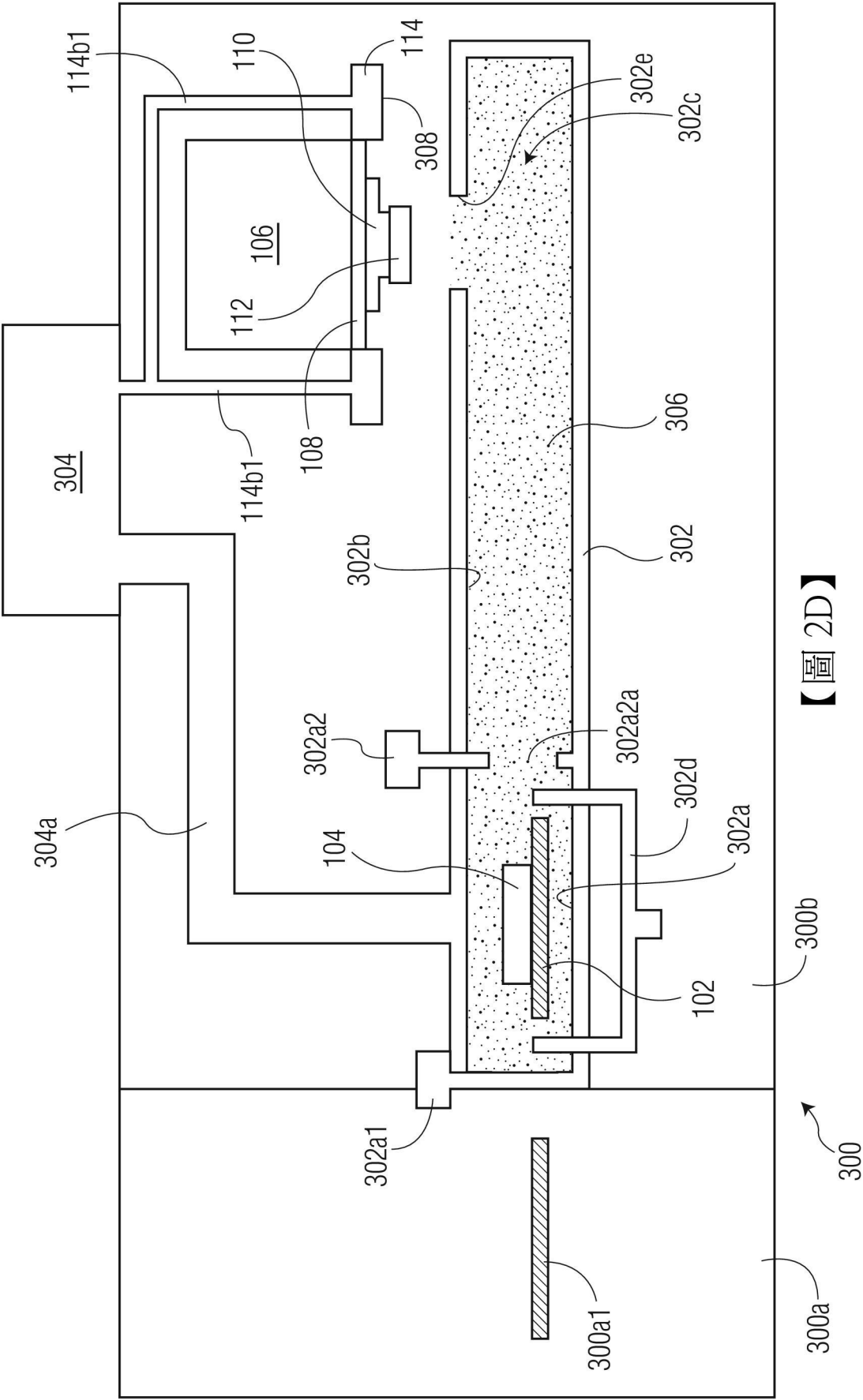
【圖 1A】



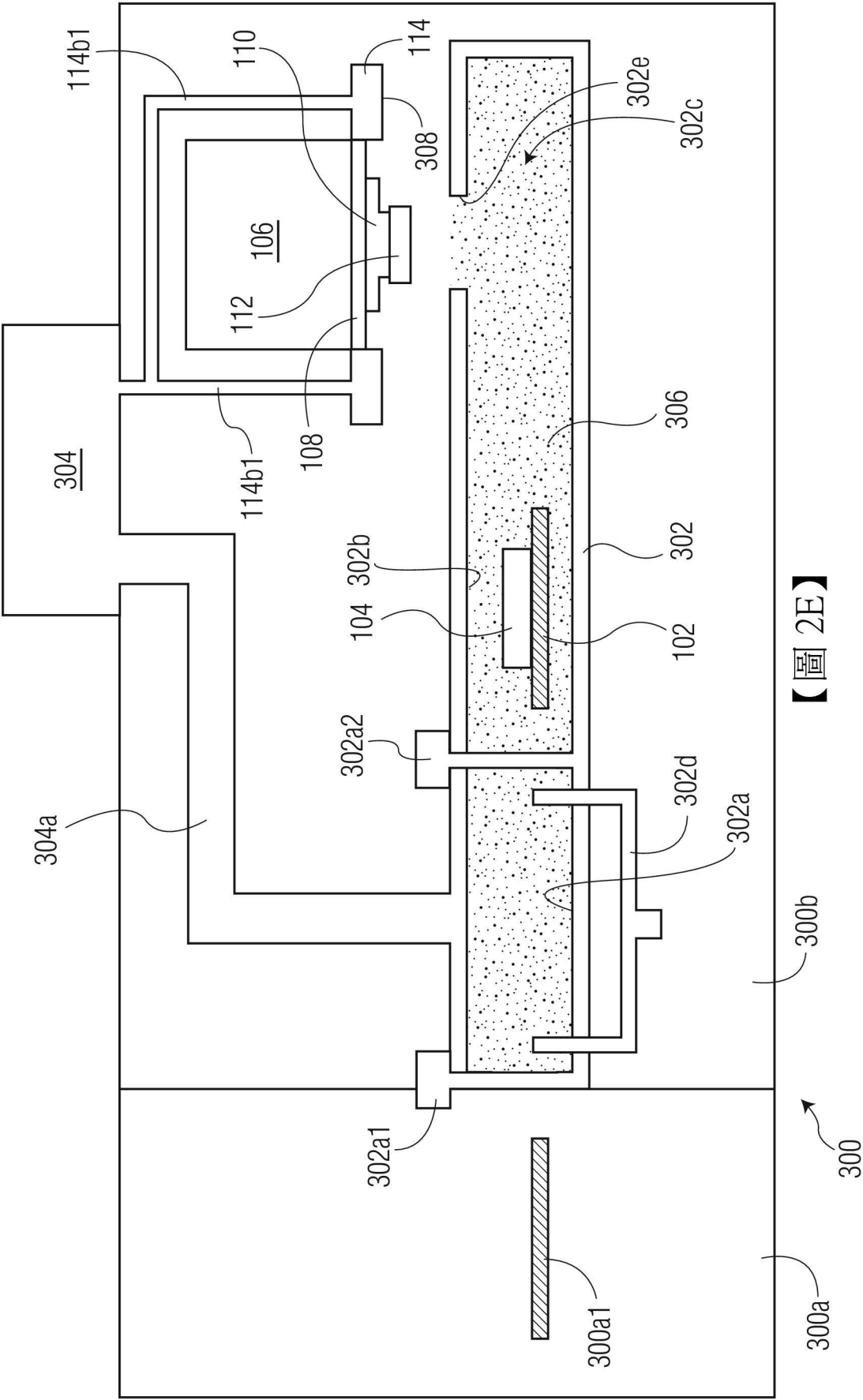




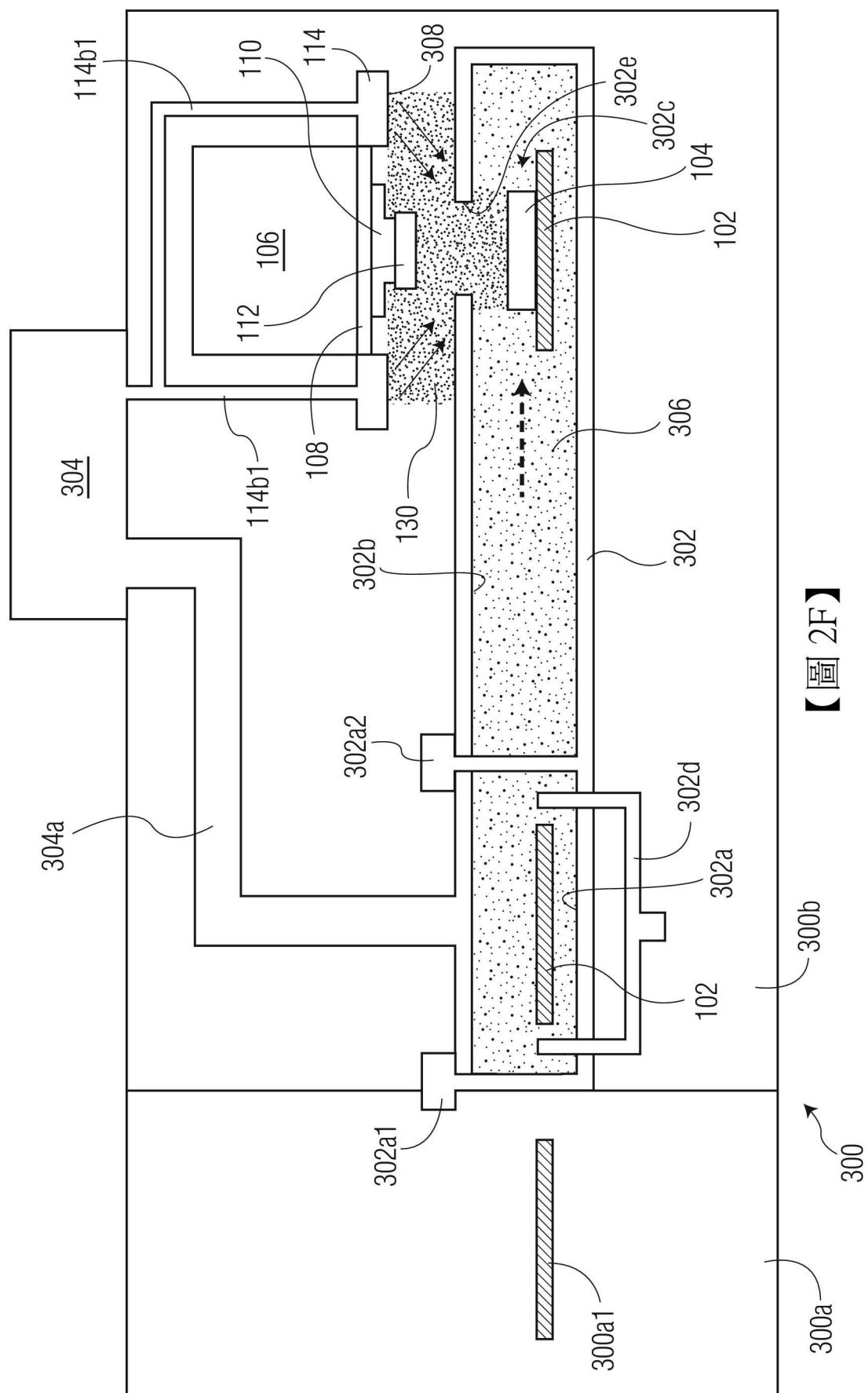


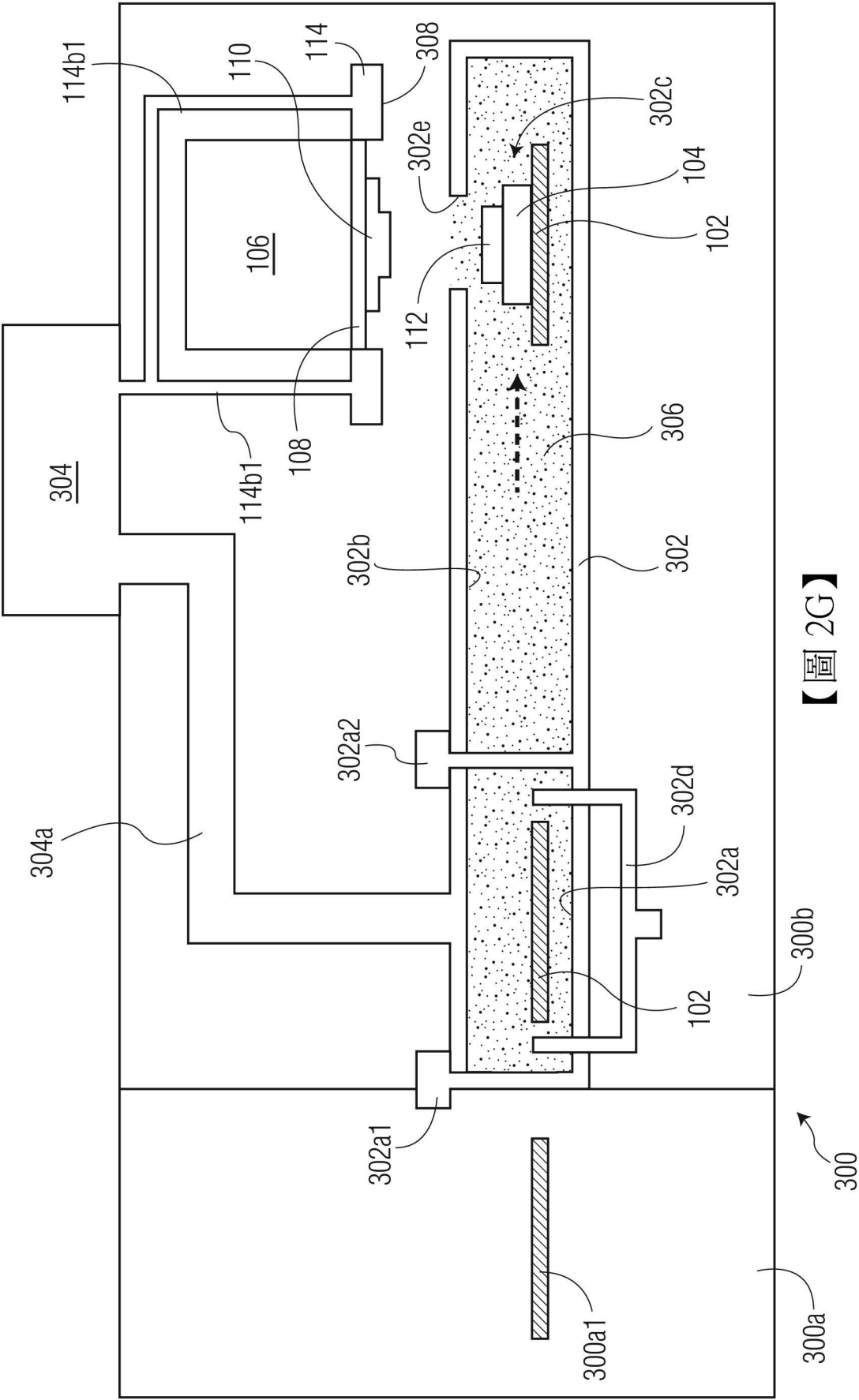


【圖 2D】

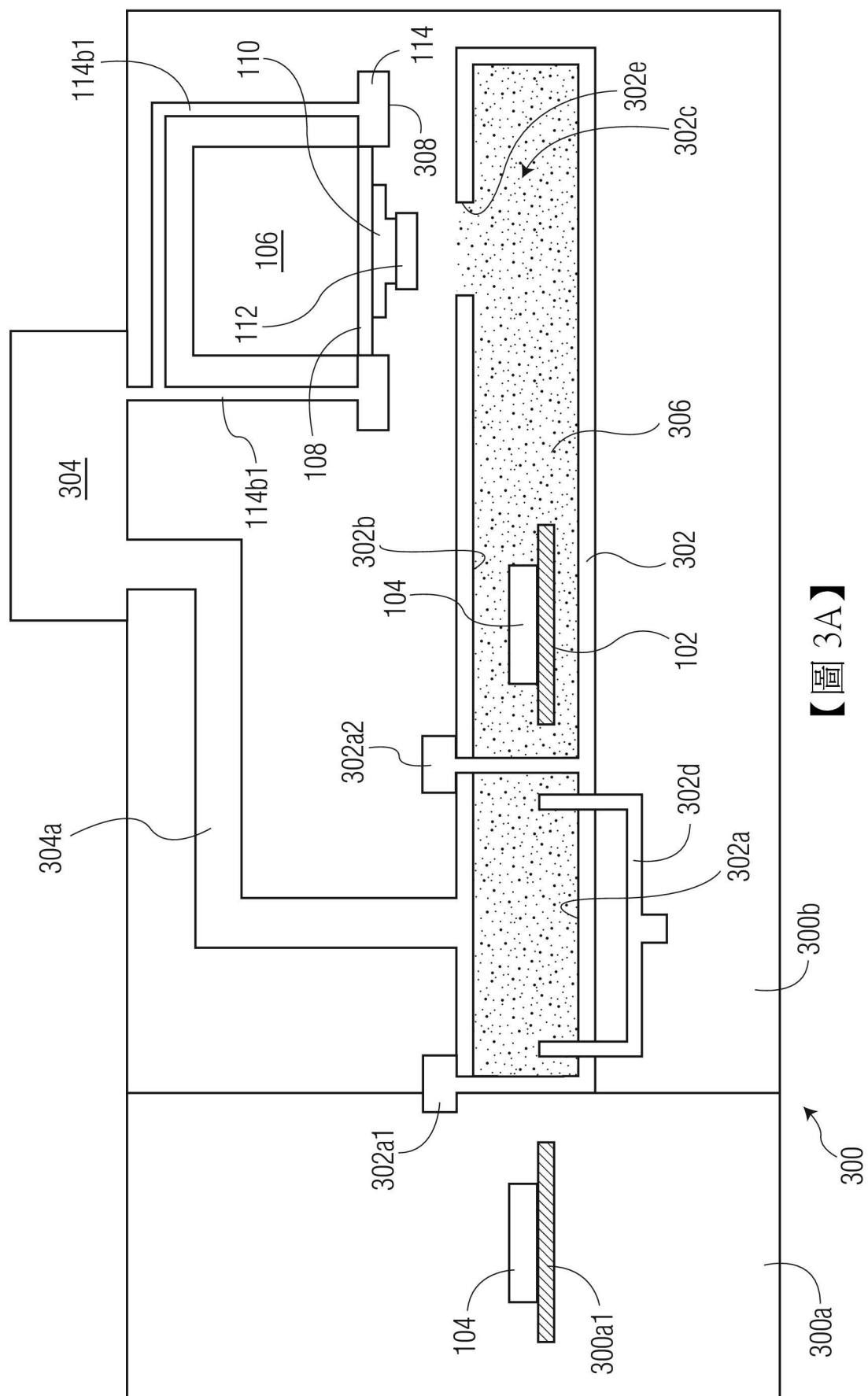


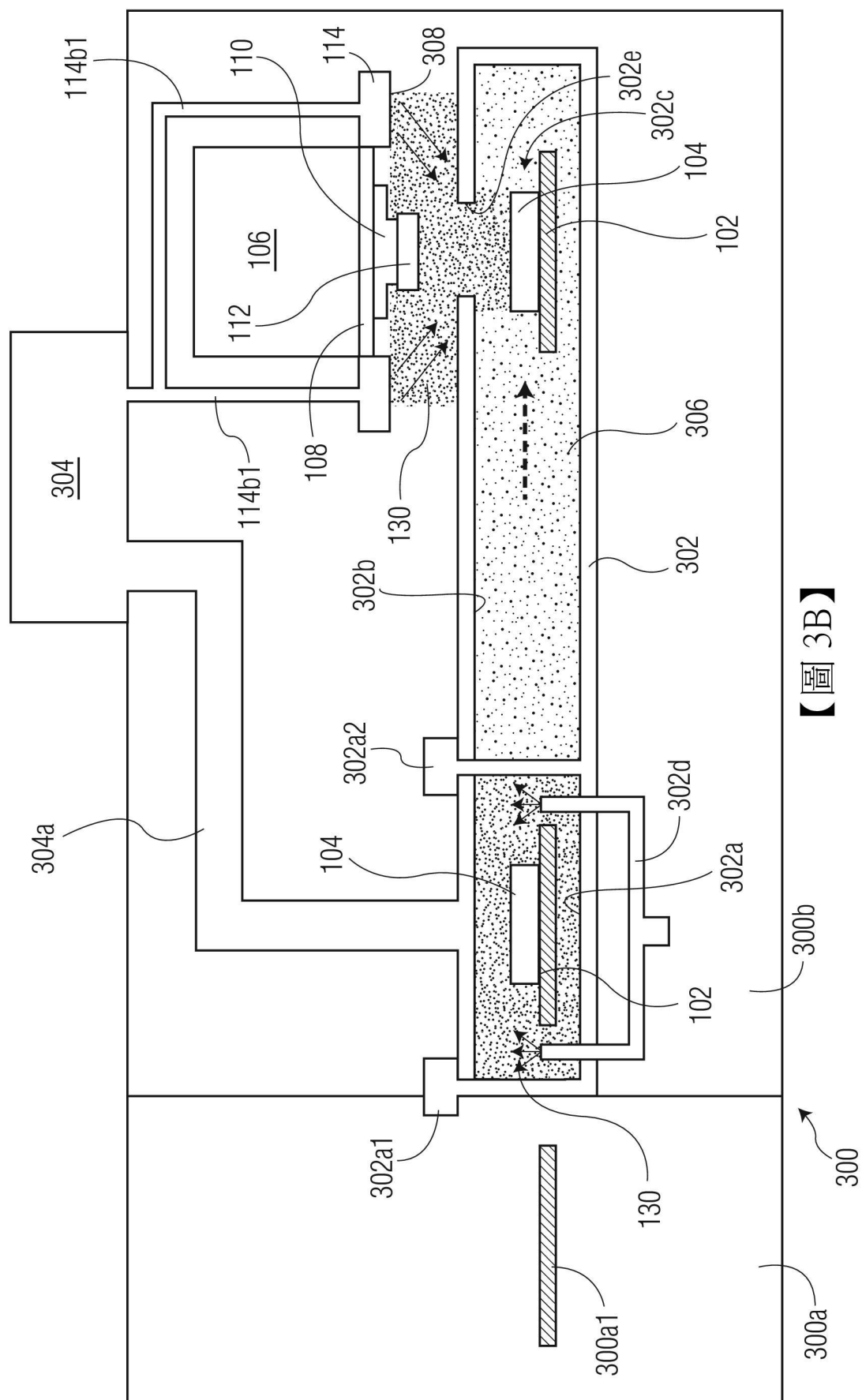
【圖 2E】

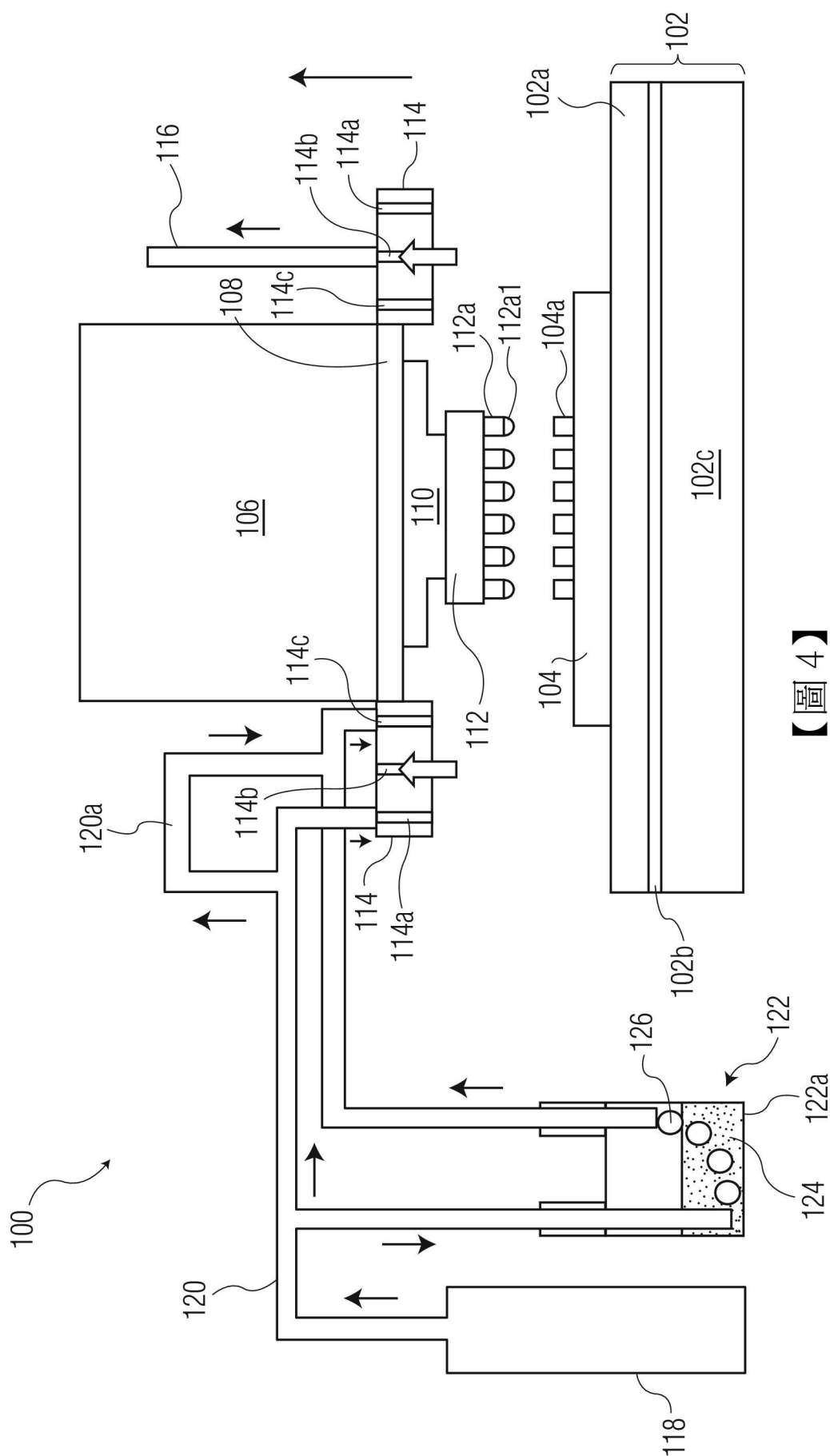




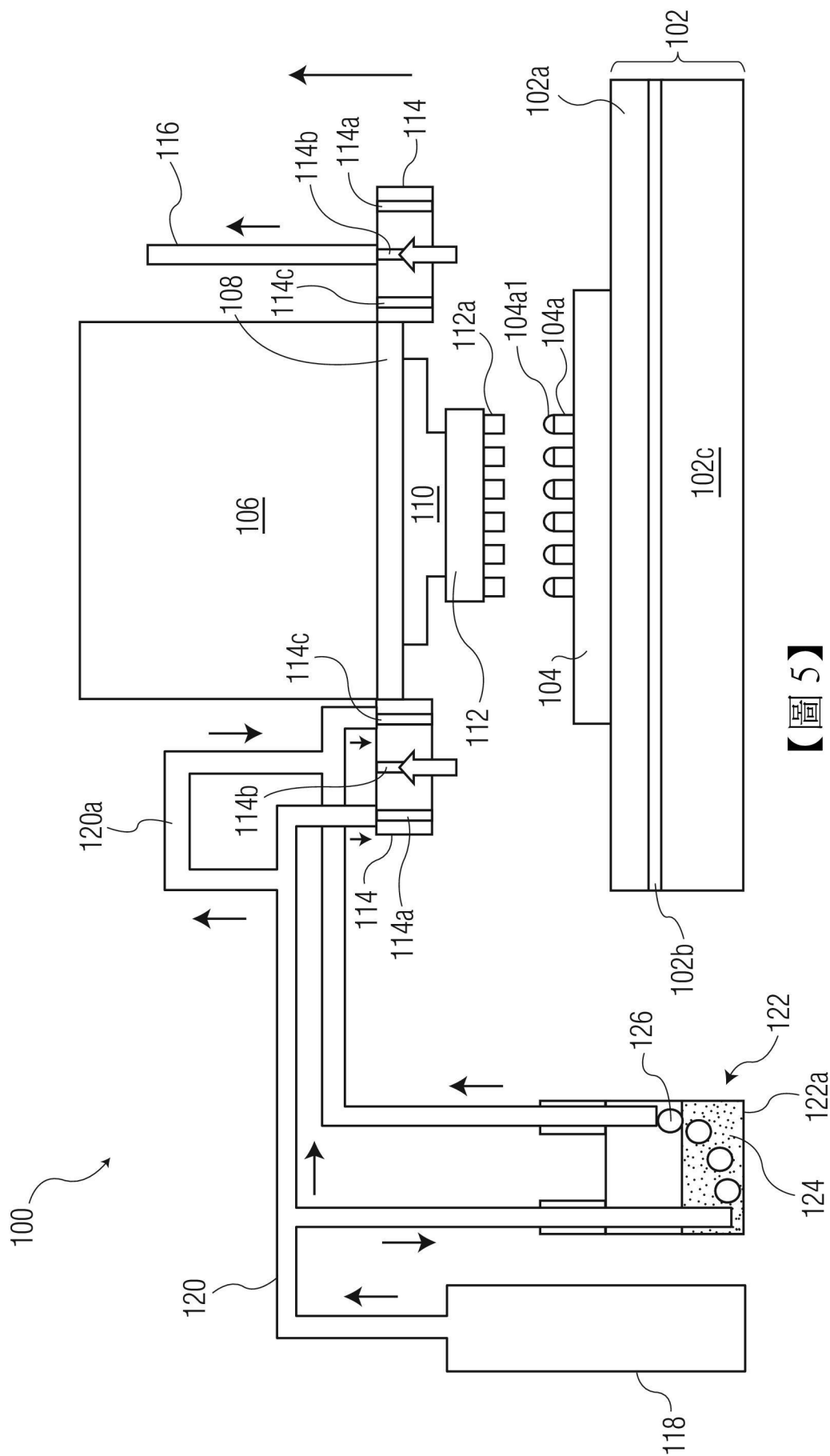
【圖 2G】



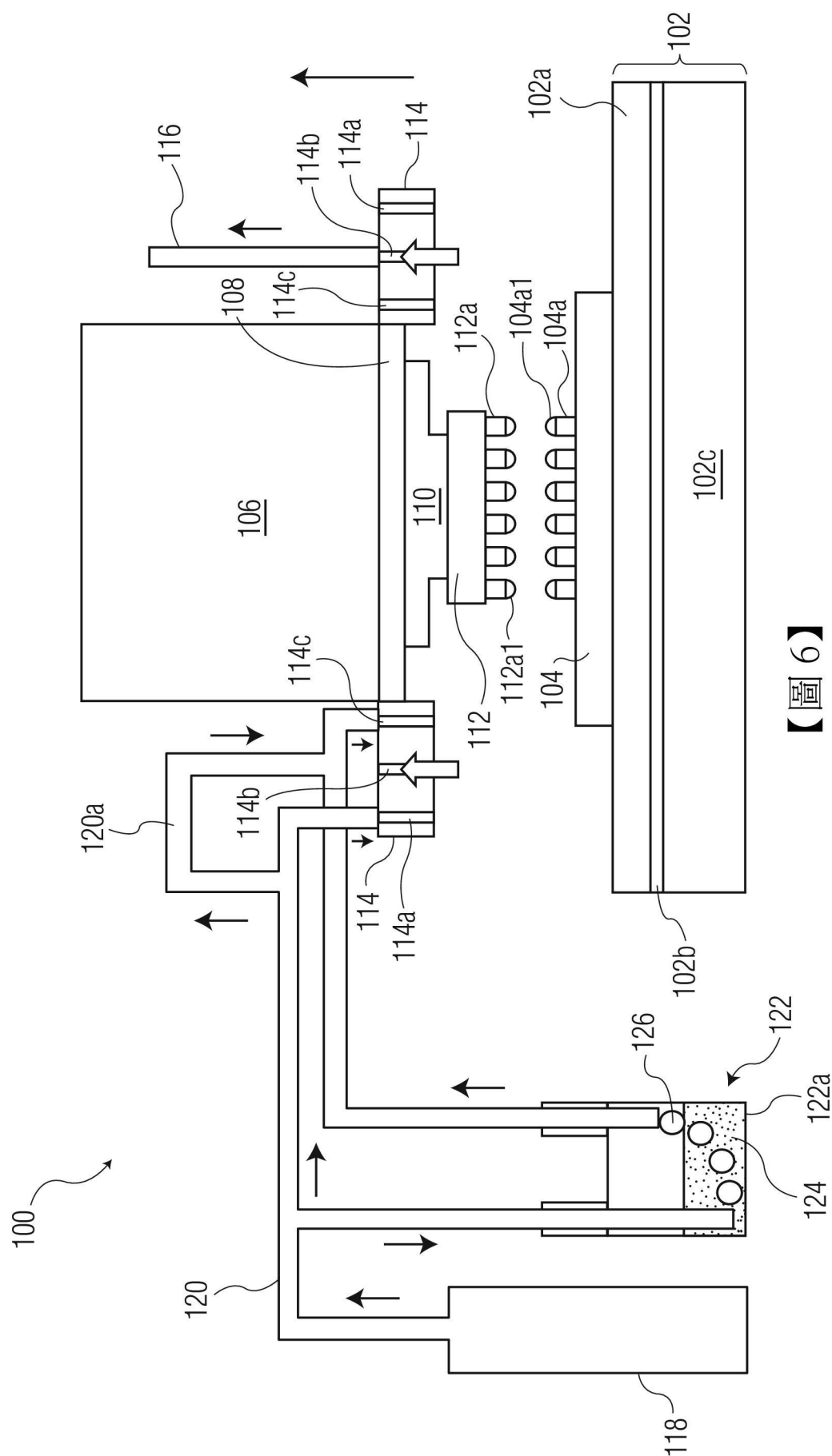




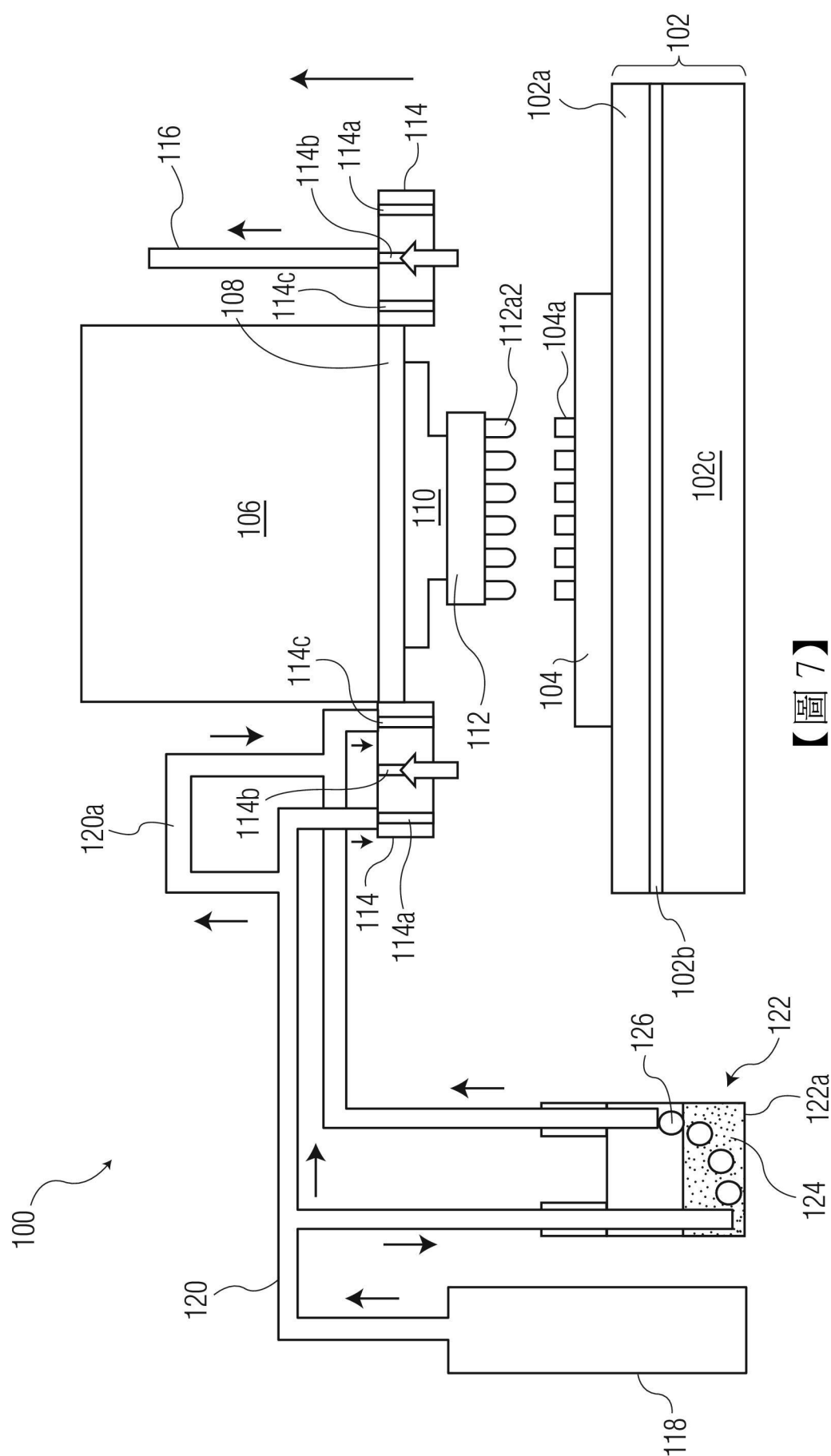
【圖 4】



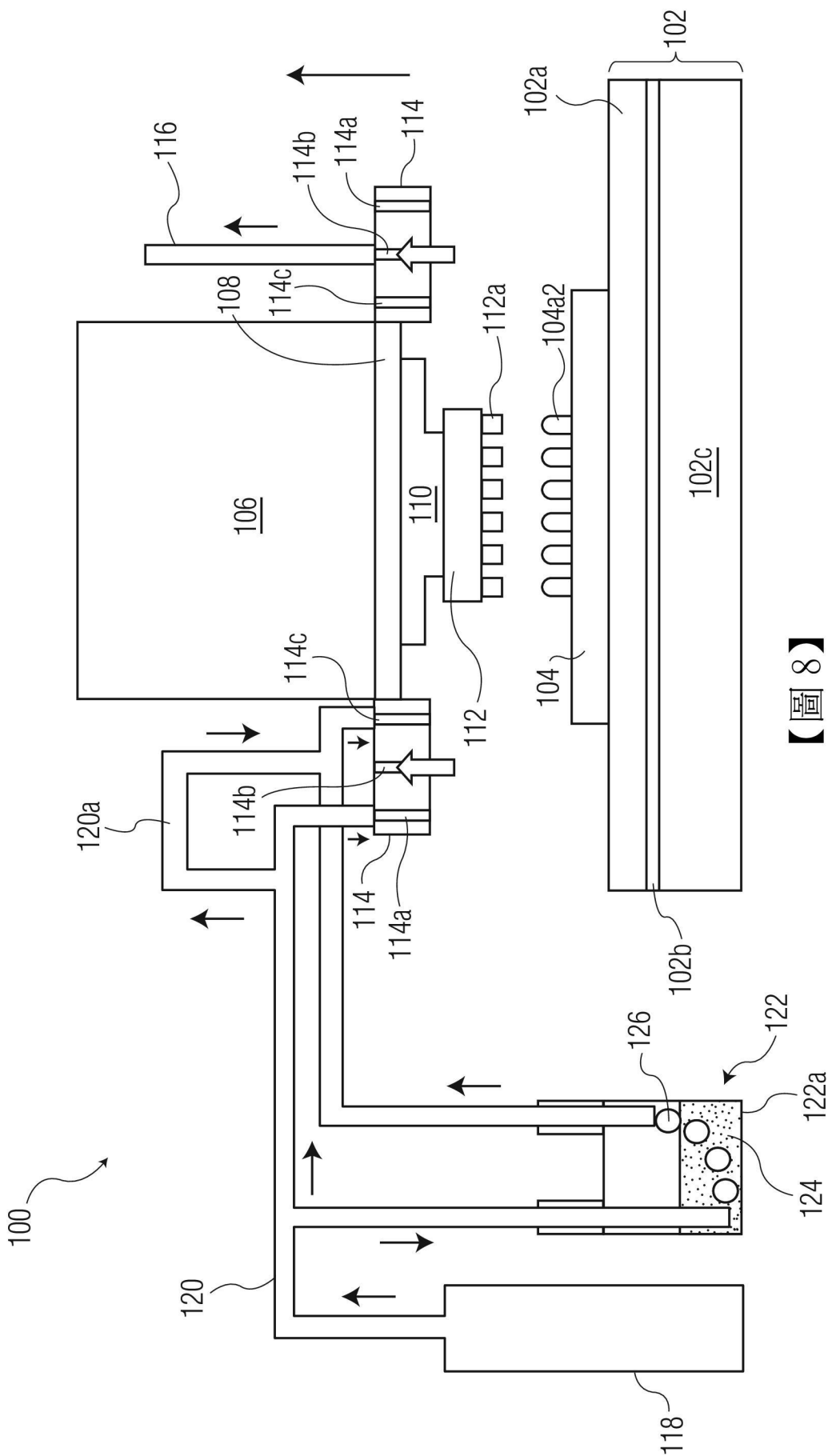
【圖 5】



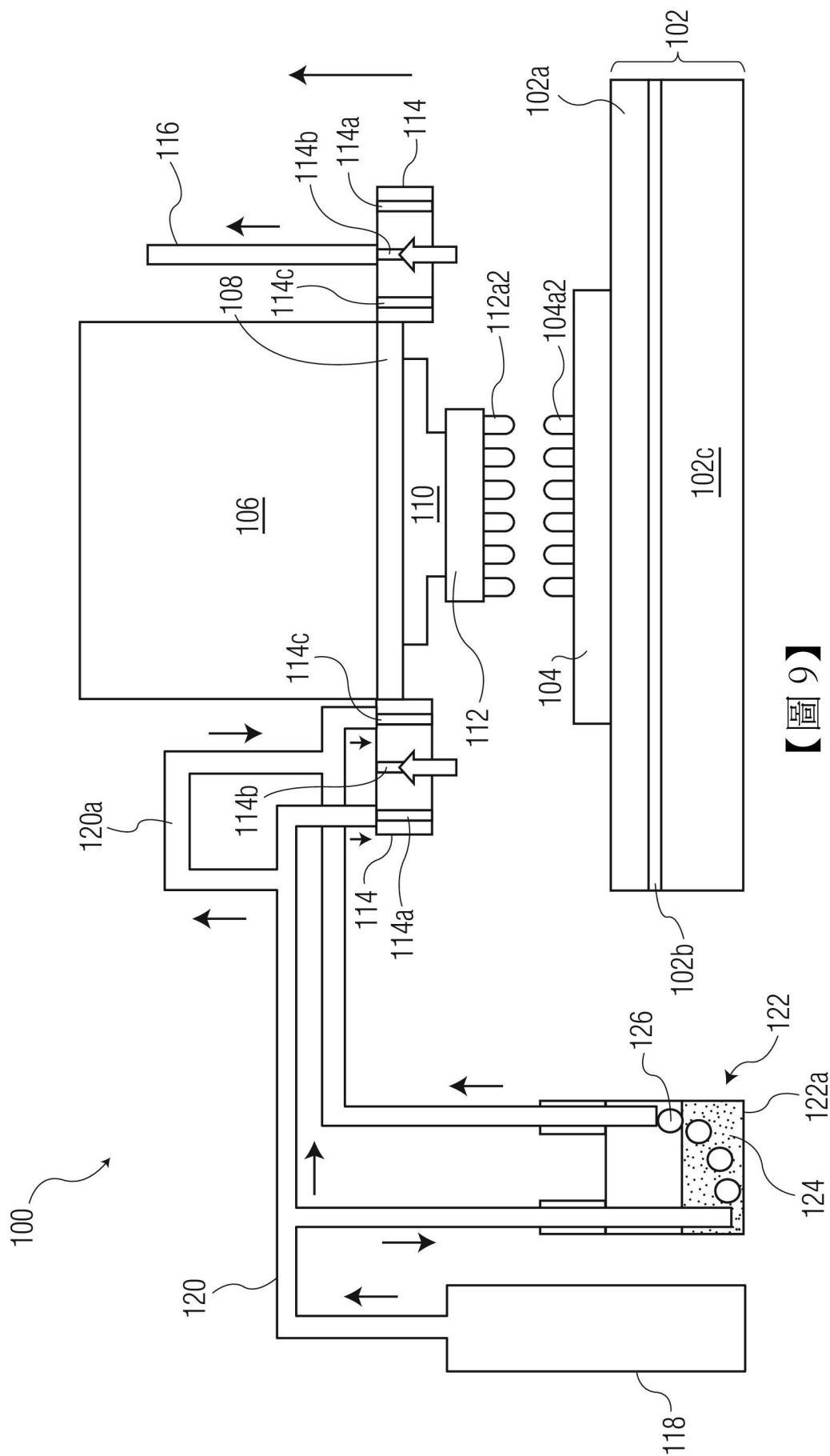
【9】回



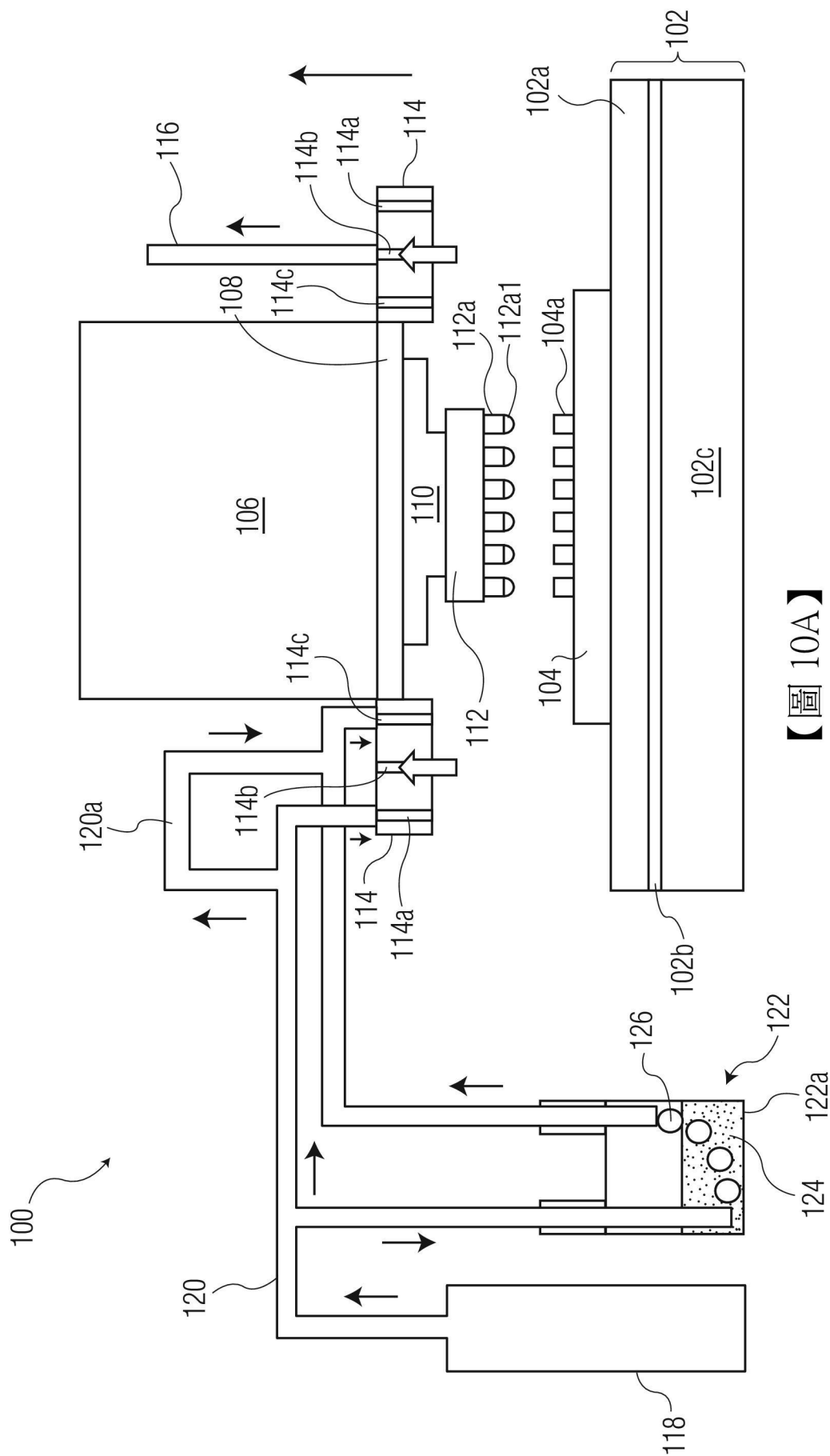
【回】7



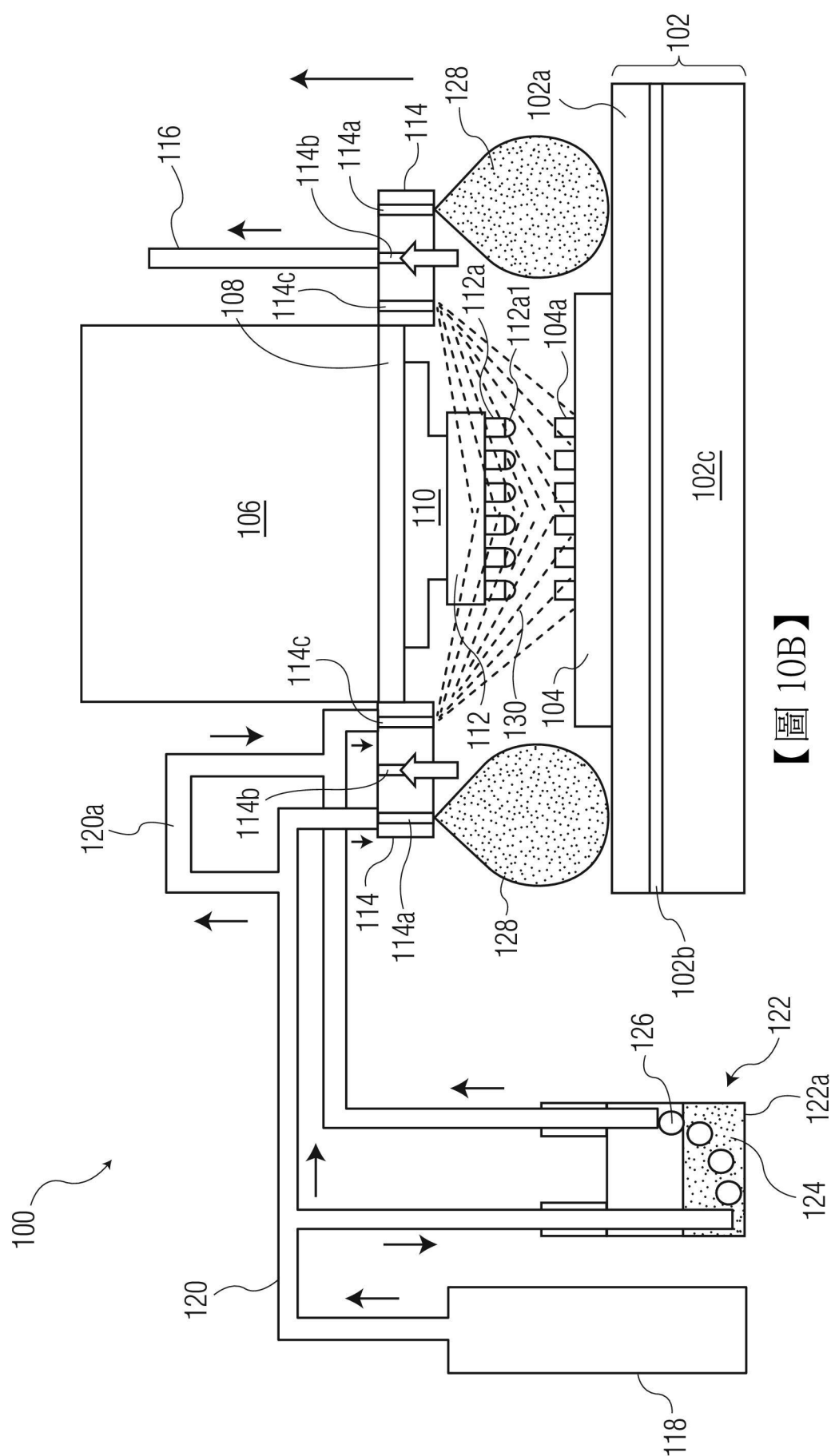
【圖 8】



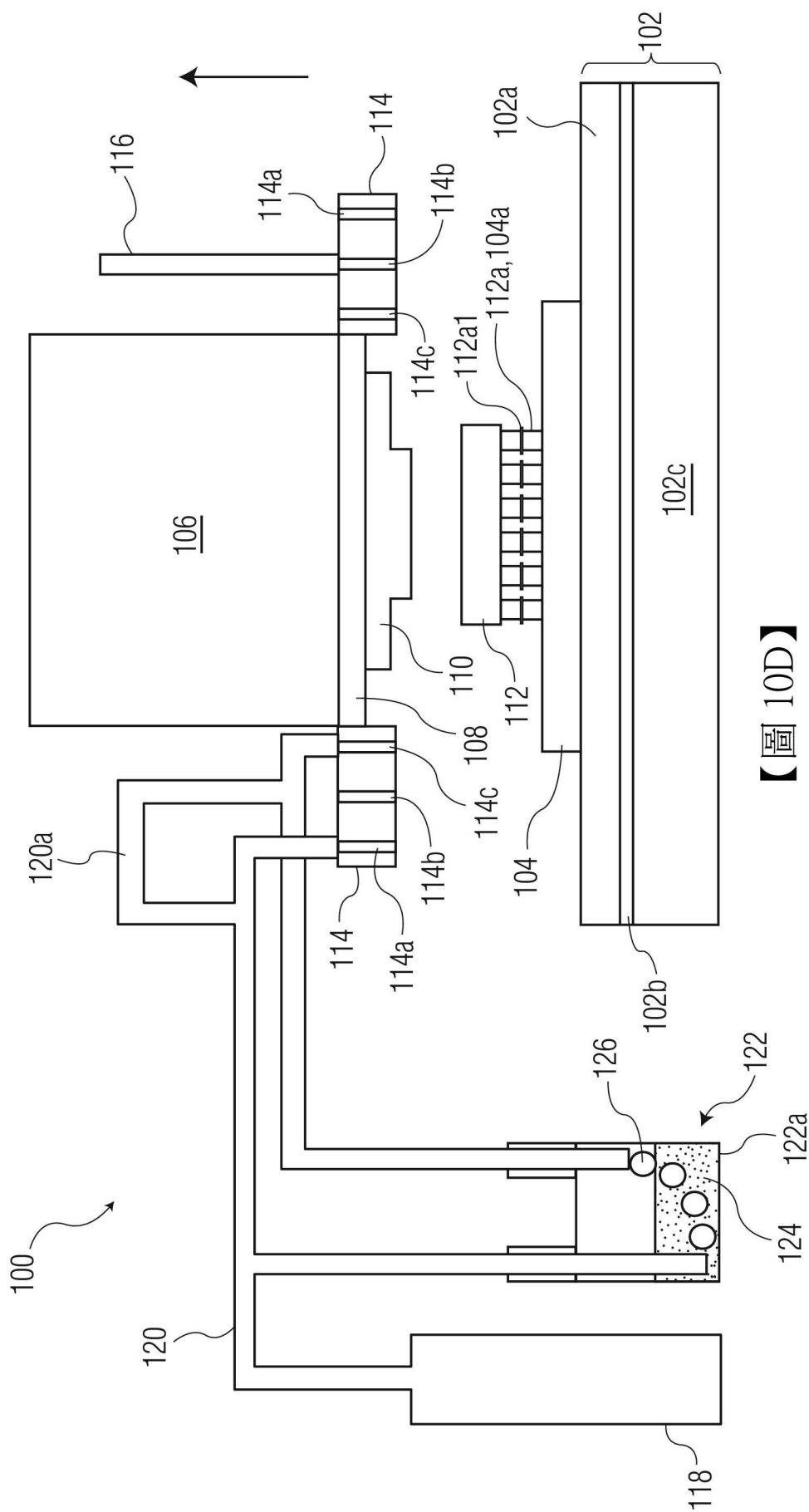
【圖 9】



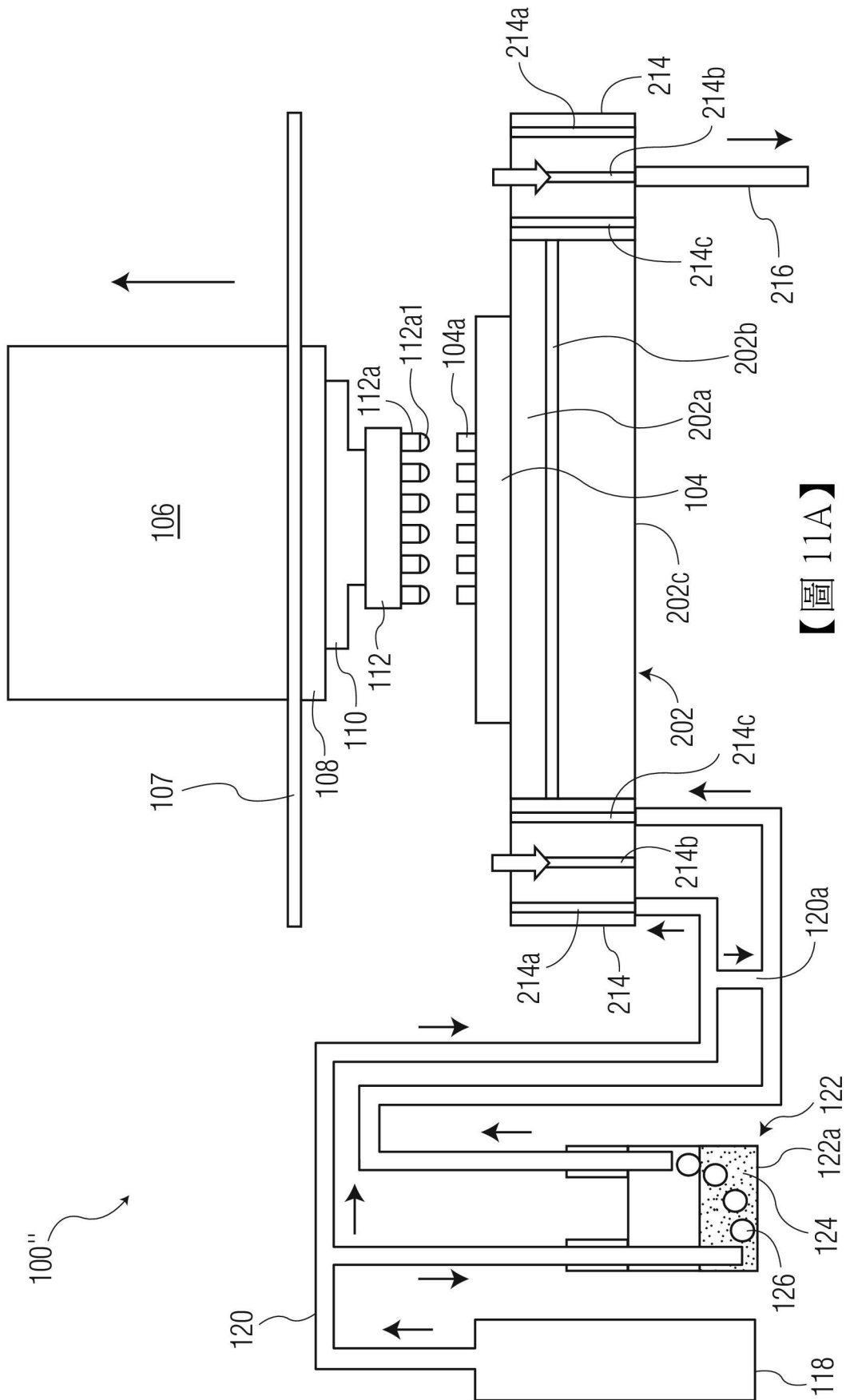
【圖 10A】



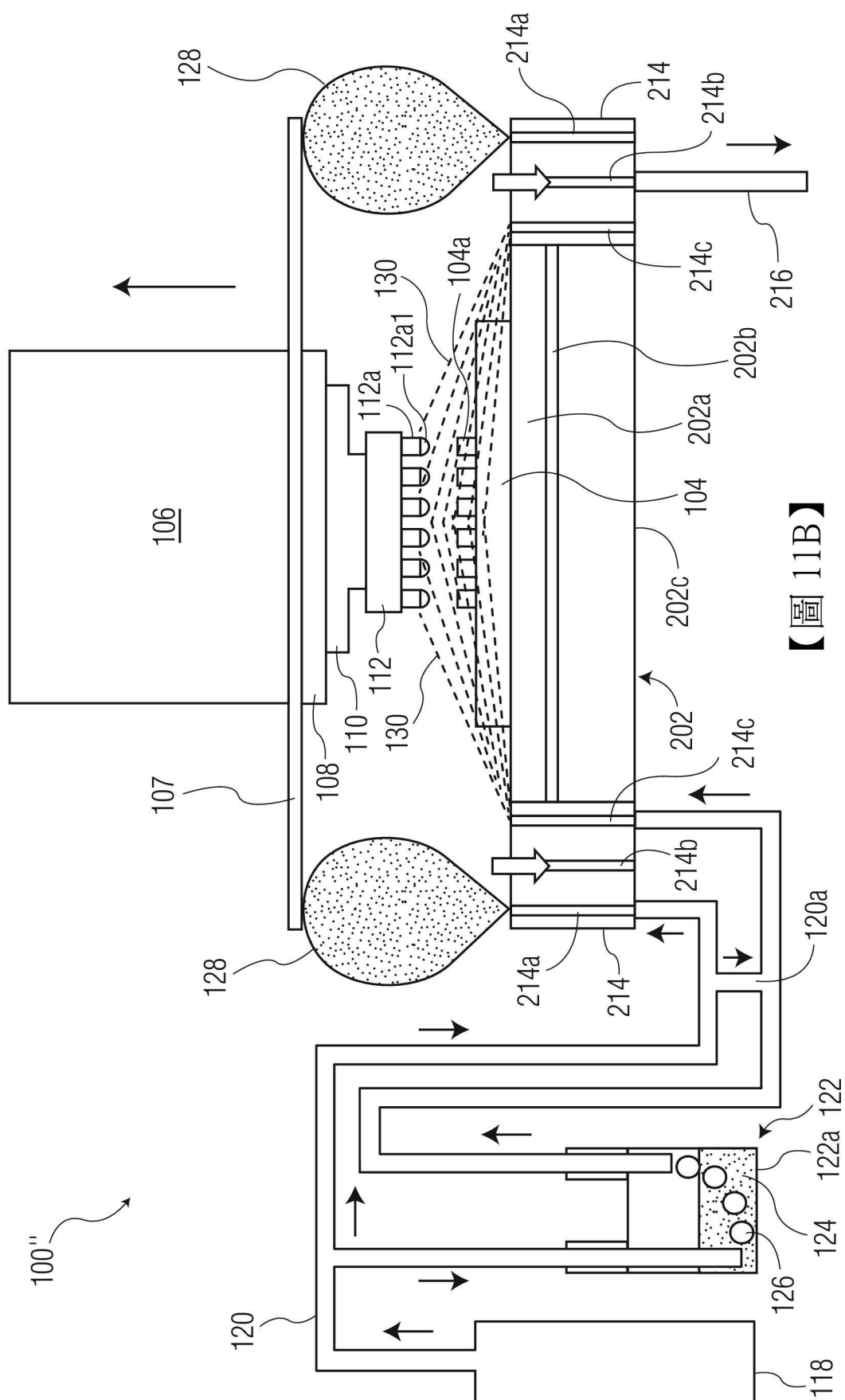
【圖 10B】



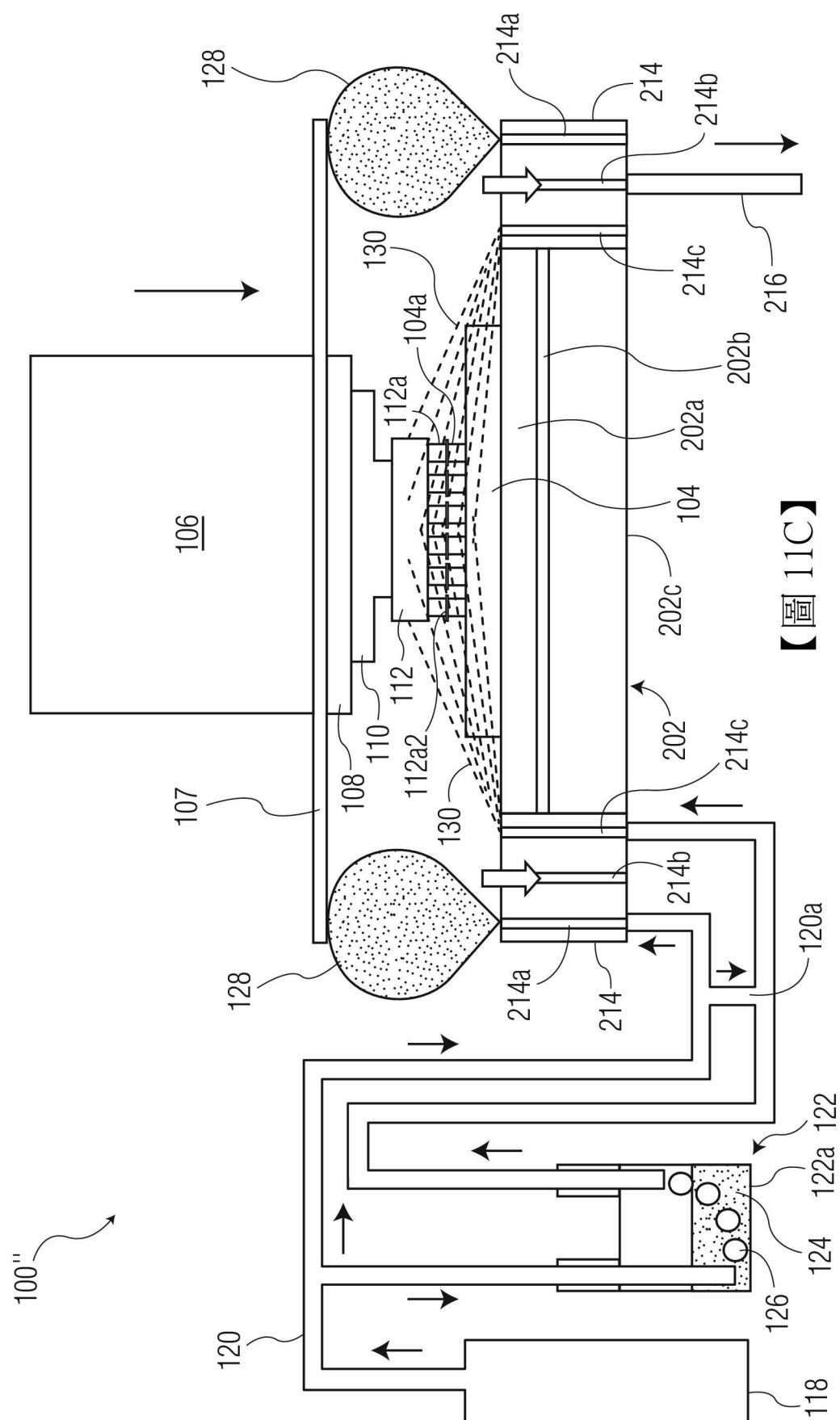
【圖 10D】

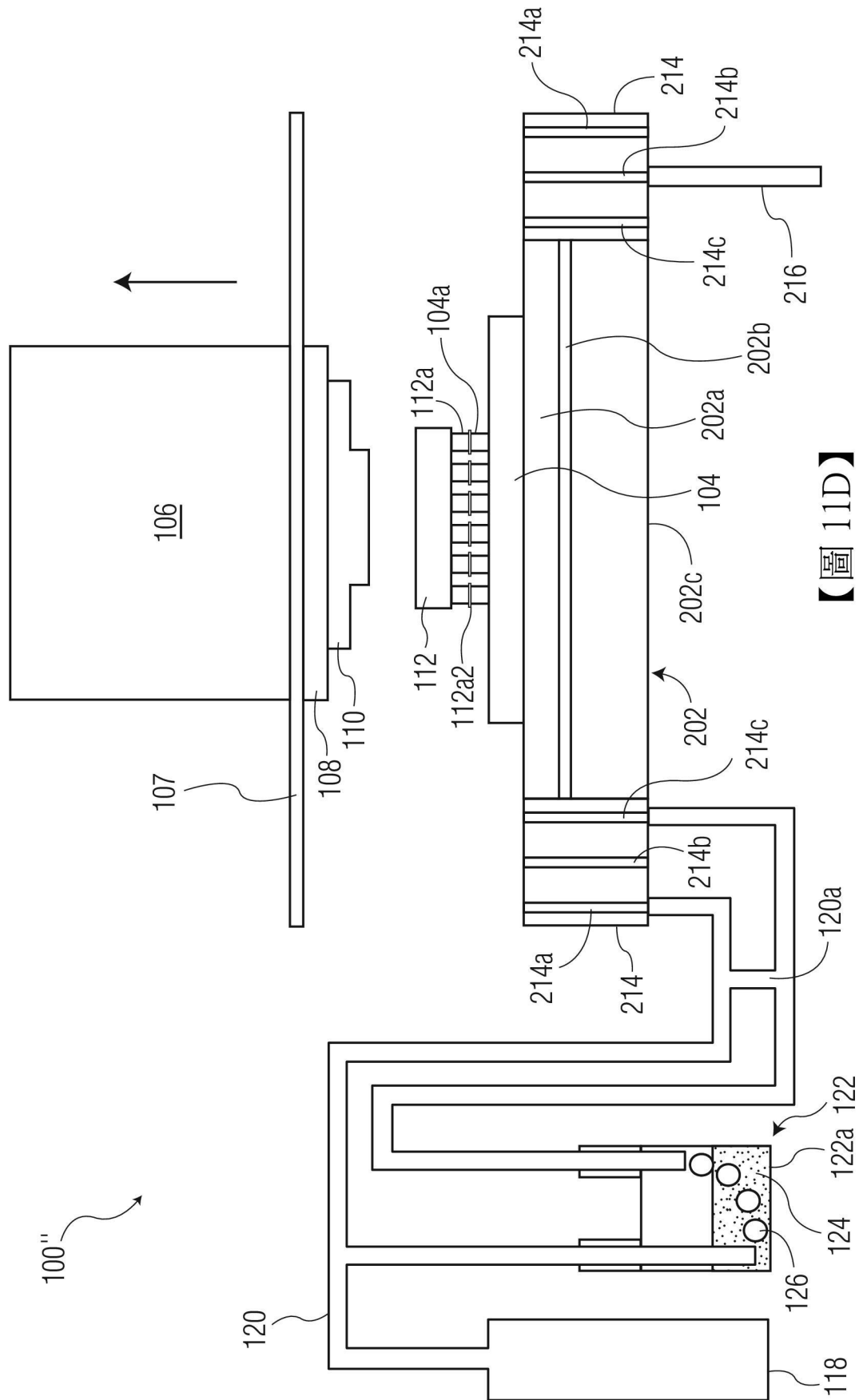


【圖 11A】



【圖 11B】





【圖 11D】