



(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 I737630 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 09 月 01 日

(21)申請案號：105131453

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 09 月 30 日

(51)Int. Cl. : C23C16/455 (2006.01)

H01L21/02 (2006.01)

H01L21/285 (2006.01)

(30)優先權：2015/10/02 美國

62/236,780

2015/10/30 美國

14/929,073

(71)申請人：美商蘭姆研究公司 (美國) LAM RESEARCH CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：庫瑪 普魯夏坦 KUMAR, PURUSHOTTAM (IN)；拉芙依 艾里恩 LAVOIE, ADRIEN (US)；錢駿 QIAN, JUN (CN)；康虎 KANG, HU (CN)；可里伊許特克 KARIM, ISHTAK (JP)；歐 芳雄 OU, FUNG SUONG (MY)

(74)代理人：許峻榮

(56)參考文獻：

TW 200716778A

TW 201144475A1

審查人員：李明達

申請專利範圍項數：42 項 圖式數：14 共 60 頁

(54)名稱

原子層沉積用之動態前驅物注入

(57)摘要

本揭露內容揭露用於控制半導體處理工具中前驅物流動的方法及設備。方法可包含：使氣體流過氣體管線；在注入步驟之前打開（複數）安瓿閥，以使前驅物開始從安瓿通過氣體管線流至製程腔室；關閉（複數）安瓿閥，以使前驅物停止從安瓿流出；在注入步驟開始時打開製程腔室閥，以容許前驅物流入製程腔室；以及在注入步驟結束時關閉製程腔室閥，以使前驅物停止流入製程腔室。控制器可包含至少一記憶體及至少一處理器，且該至少一記憶體可儲存用於控制該至少一控制器的指令，以控制半導體處理工具中的前驅物流動。

Methods and apparatuses for controlling precursor flow in a semiconductor processing tool are disclosed. A method may include flowing gas through a gas line, opening an ampoule valve(s), before a dose step, to start a flow of precursor from the ampoule to a process chamber through the gas line, closing the ampoule valve(s) to stop the precursor from flowing out of the ampoule, opening a process chamber valve, at the beginning of the dose step, to allow the flow of precursor to enter the process chamber, and closing the process chamber valve, at the end of the dose step, to stop the flow of precursor from entering the process chamber. A controller may include at least one memory and at least one processor and the at least one memory may store instructions for controlling the at least one processor to control precursor flow in a semiconductor processing tool.

指定代表圖：

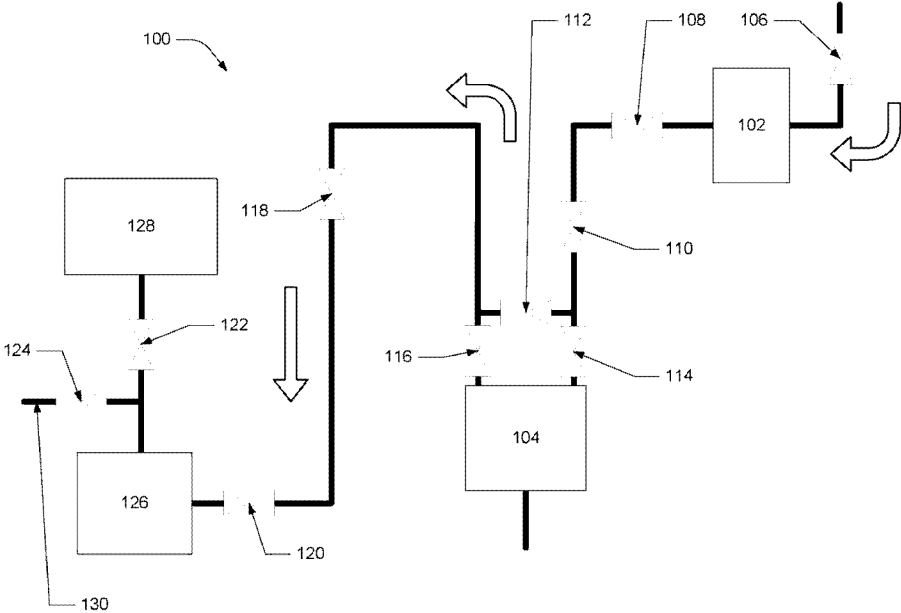


圖 1

符號簡單說明：

- 100 . . . 前驅物輸送系統
- 102 . . . 流動控制器
- 104 . . . 安甌
- 106 . . . 閥
- 108 . . . 閥
- 110 . . . 閥
- 112 . . . 閥
- 114 . . . 閥
- 116 . . . 閥
- 118 . . . 閥
- 120 . . . 閥
- 122 . . . 閥
- 124 . . . 閥
- 126 . . . 混合組件
- 128 . . . 製程腔室
- 130 . . . 前段管線



申請日： 105/09/30

I737630

【發明摘要】

IPC分類： **G23C 16/455** (2006.01)
H01L 21/02 (2006.01)
H01L 21/285 (2006.01)

【中文發明名稱】 原子層沉積用之動態前驅物注入

【英文發明名稱】 DYNAMIC PRECURSOR DOSING FOR ATOMIC LAYER

DEPOSITION

【中文】

本揭露內容揭露用於控制半導體處理工具中前驅物流動的方法及設備。方法可包含：使氣體流過氣體管線；在注入步驟之前打開（複數）安瓿閥，以使前驅物開始從安瓿通過氣體管線流至製程腔室；關閉（複數）安瓿閥，以使前驅物停止從安瓿流出；在注入步驟開始時打開製程腔室閥，以容許前驅物流入製程腔室；以及在注入步驟結束時關閉製程腔室閥，以使前驅物停止流入製程腔室。控制器可包含至少一記憶體及至少一處理器，且該至少一記憶體可儲存用於控制該至少一控制器的指令，以控制半導體處理工具中的前驅物流動。

【英文】

Methods and apparatuses for controlling precursor flow in a semiconductor processing tool are disclosed. A method may include flowing gas through a gas line, opening an ampoule valve(s), before a dose step, to start a flow of precursor from the ampoule to a process chamber through the gas line, closing the ampoule valve(s) to stop the precursor from flowing out of the ampoule, opening a process chamber valve, at the beginning of the dose step, to allow the flow of precursor to enter the process chamber, and closing the process chamber valve, at the end of the dose step, to stop the

flow of precursor from entering the process chamber. A controller may include at least one memory and at least one processor and the at least one memory may store instructions for controlling the at least one processor to control precursor flow in a semiconductor processing tool.

【指定代表圖】：圖 1

【代表圖之符號簡單說明】

- 100 前驅物輸送系統
- 102 流動控制器
- 104 安瓿
- 106 閥
- 108 閥
- 110 閥
- 112 閥
- 114 閥
- 116 閥
- 118 閥
- 120 閥
- 122 閥
- 124 閥
- 126 混合組件
- 128 製程腔室
- 130 前段管線

【發明說明書】

【中文發明名稱】原子層沉積用之動態前驅物注入

【英文發明名稱】 DYNAMIC PRECURSOR DOSING FOR ATOMIC LAYER
DEPOSITION

【技術領域】

【0001】 本揭露內容相關於原子層沉積用之動態前驅物注入，且特別地相關於半導體處理工具中前驅物流動的控制方法及系統。

【先前技術】

【0002】 一些半導體製造製程通常利用電漿及/或第二前驅物，藉由使前驅物流至晶圓上、及隨後引發基板表面之反應而在半導體晶圓上產生膜層。在一如此的製程（原子層沉積(「ALD」)）中，使一或更多汽化前驅物從安瓿流至半導體晶圓上，以此作為一ALD循環期間之一或更多「注入」步驟的一部分。在一些習知的半導體處理工具中，使前驅物輸送至處理腔室的一些方式導致前驅物浪費。

【發明內容】

【0003】 本揭露內容的系統、方法、及裝置各具有若干創新性實施態樣，其中不存在單一的一者係獨立地為本文中所揭露之期望屬性負責。至少以下實施

例係包含在該等實施態樣中，但在實施方式中可提出進一步的實施例，或者進一步的實施例可自本文中所提供之討論內容而明顯。

【0004】 在一些實施例中，本揭露內容提供一種半導體處理工具中前驅物流動的控制方法。該方法可包含：(a)使氣體流過氣體管線；(b)在注入步驟之前，打開安瓿的一或更多閥，以使前驅物開始從安瓿通過氣體管線流至製程腔室；(c)關閉安瓿的一或更多閥，以使前驅物停止從安瓿流出；(d)在注入步驟開始時，打開製程腔室閥，以容許前驅物流入製程腔室；以及(e)在注入步驟結束時，關閉製程腔室閥，以使前驅物停止流入製程腔室。

【0005】 在一些進一步的實施例中，(b)中之打開安瓿的一或更多閥的步驟可發生於注入步驟之前可實質上等於管線填充時間的時間量，其中管線填充時間係前驅物從安瓿流至製程腔室所需的時間。

【0006】 在一些進一步的實施例中，(c)中之關閉安瓿的一或更多閥的步驟可發生於(e)中之製程腔室閥的關閉步驟之前可實質上等於管線填充時間的時間量，其中管線填充時間係前驅物從安瓿流至製程腔室所需的時間。

【0007】 在一些進一步的實施例中，(d)中之打開製程腔室閥的步驟可發生於(b)中之打開安瓿的閥的步驟之後可實質上等於管線填充時間的時間量，其中管線填充時間係前驅物從安瓿流至該製程腔室所需的時間。

【0008】 在一些進一步的實施例中，(e)中之關閉製程腔室閥的步驟可發生於(c)中之關閉安瓿的一或更多閥的步驟之後可實質上等於管線填充時間的時間量，其中管線填充時間係前驅物從安瓿流至製程腔室所需的時間。

【0009】 在一些進一步的實施例中，(c)中之關閉安瓿的一或更多流動閥的步驟可發生於(b)中之打開安瓿的流動閥的步驟之後可實質上等於吸附時間的時間量。

【0010】 在一些進一步的實施例中，(e)中之關閉製程腔室閥的步驟可發生於(d)中之打開製程腔室閥的步驟之後可實質上等於吸附時間的時間量。

【0011】 在一些如此的實施例中，(b)中之打開安瓿的一或更多閥的步驟可發生於注入步驟開始之前可實質上等於管線填充時間的時間量，其中管線填充時間係前驅物從安瓿流至製程腔室所需的時間；(c)中之關閉安瓿的一或更多流動閥的步驟可發生於(b)中之打開安瓿的流動閥的步驟之後可實質上等於吸附時間的時間量；(d)中之打開製程腔室閥的步驟可發生於(b)中之打開安瓿之閥的步驟之後可實質上等於管線填充時間的時間量；以及(e)中之關閉製程腔室閥的步驟可發生於(d)中之打開製程腔室閥的步驟之後可實質上等於吸附時間的時間量。

【0012】 在一些進一步的如此實施例中，吸附時間可為小於管線填充時間的時間、大於管線填充時間的時間、或等於管線填充時間的時間。

【0013】 在一些進一步的實施例中，可在注入步驟之前打開安瓿的一或更多閥，以使前驅物在注入步驟開始時抵達製程腔室。

【0014】 在一些進一步的實施例中，可在注入步驟之前打開安瓿的一或更多閥，以使前驅物在注入步驟開始時至少部分地填充氣體管線。

【0015】 在一些進一步的實施例中，可在注入步驟結束之前關閉安瓿的一或更多閥，以導致注入步驟結束時，實質上無前驅物殘留於氣體管線中。

【0016】 在一些進一步的實施例中，可在一定量之前驅物係在氣體管線中之後關閉安瓿的一或更多閥，以達成品圓上期望的吸附狀態。

【0017】 在一些進一步的實施例中，可在晶圓上已發生期望吸附狀態之後關閉製程腔室的閥。

【0018】 在一些進一步的實施例中，可在實質上無前驅物殘留於氣體管線中時關閉製程腔室的閥。

【0019】 在一些進一步的實施例中，該方法可更包含判定管線填充時間，其中該管線填充時間係前驅物從安瓿流至製程腔室所需的時間。

【0020】 在一些實施例中，本揭露內容可提供用於半導體處理工具的控制器，該半導體處理工具包含前驅物輸送系統。控制器可包含至少一記憶體及至少一處理器，該至少一處理器可與該至少一記憶體通訊連接，且可配置成與半導體處理工具及前驅物輸送系統通訊連接。至少一記憶體可儲存用以控制至少一處理器進行以下動作的電腦可執行指令：使氣體流過氣體管線；在注入步驟之前，打開安瓿的一或更多閥，以使前驅物開始從安瓿通過氣體管線流至製程腔室；關閉安瓿的一或更多閥，以使前驅物停止從安瓿流出；在注入步驟開始時，打開製程腔室閥，以容許前驅物流入製程腔室，以及在注入步驟結束時，關閉製程腔室閥，以使前驅物停止流入製程腔室。

【0021】 在一些實施例中，記憶體可更儲存用以控制至少一處理器進行以下動作的電腦可執行指令：在注入步驟之前打開安瓿的一或更多閥，以使前驅物在注入步驟開始時抵達製程腔室。

【0022】 在一些實施例中，記憶體可更儲存用以控制至少一處理器進行以下動作的電腦可執行指令：在注入步驟之前關閉安瓿的一或更多閥，以導致在注入步驟結束時，實質上無前驅物殘留於氣體管線中。

【0023】 在一些實施例中，記憶體可更儲存用以控制至少一處理器進行以下動作的電腦可執行指令：在一定量之前驅物係在氣體管線中之後，關閉安瓿的一或更多閥，以達成品圓上期望的吸附狀態。

【圖式簡單說明】

【0024】 圖1描述例示性前驅物輸送系統的示意代表圖。

【0025】 圖2描述圖1中例示性前驅物輸送系統之氣體管線部的範例。

【0026】 圖3描述可用來判定管線填充時間之例示性實驗的圖形代表圖。

【0027】 圖4描述當吸附時間可小於管線填充時間時，前驅物輸送系統之第一例示性實施例之閥操作及時間的圖形代表圖。

【0028】 圖5描述前驅物載入結束時，第一例示性實施例的前驅物輸送系統。

【0029】 圖6描述注入步驟開始時，第一例示性實施例的前驅物輸送系統。

【0030】 圖7描述當吸附時間可大於管線填充時間時，前驅物輸送系統之第二例示性實施例之閥操作及時間的圖形代表圖。

【0031】 圖8描述注入步驟開始時，第二例示性實施例的前驅物輸送系統。

【0032】 圖9描述安瓿閥關閉時，第二例示性實施例的前驅物輸送系統。

【0033】 圖10描述當吸附時間可等於管線填充時間時，前驅物輸送系統之第三例示性實施例之閥操作及時間的圖形代表圖。

【0034】 圖11描述注入步驟開始時，第三例示性實施例的前驅物輸送系統。

【0035】 圖12描述注入步驟結束時，第三例示性實施例的前驅物輸送系統。

【0036】 圖13描述一些示範性資料，其指示使用本文中所討論之實施例至少在一些情形中可使前驅物使用量降低。

【0037】 圖14描述用於半導體處理工具的例示性控制器，該半導體處理工具包含前驅物輸送系統。

【實施方式】

【0038】 在以下描述內容中，提出許多特定的細節，以提供對所呈現之概念的透徹理解。所呈現之概念可在沒有該等特定細節之一些或全部者的情況下實施。在其他情形中，已熟知的製程操作未作詳細描述，以免不必要地模糊所述之概念。儘管一些概念將結合特定的實施例而加以描述，但吾人將理解，該等實施例並非意圖為限制性。

【0039】 有許多概念及實施例在本文中加以描述及說明。儘管本文中所討論之實施例的某些特徵、屬性、及優勢已加以描述及說明，但應理解，本揭露內容之許多其他及不同及/或類似的實施例、特徵、屬性、及優勢係自描述內容及說明內容而明顯。因此，以上實施例僅為例示性。該等實施例不意圖為詳盡無遺，或將本揭露內容限制於所揭露之確切形式、技術、材料、及/或配置。就本揭露內容而言，許多修正及變化係可能的。吾人應理解，在不背離本揭露內容之範疇的情形中，可利用其它的實施例且可作出操作上的改變。由此，因為以上實施例的描述內容已針對說明及描述的目的而呈現，故本揭露內容的範疇並非僅限於以上描述內容。

【0040】 本揭露內容既不受限於任何單一的實施態樣或實施例，亦不受限於如此之實施態樣及/或實施例的任何單一組合及/或置換。再者，本揭露內容之實施態樣及/或其實施例的每一者可單獨使用，或結合本揭露內容之其他實施態樣及/或實施例的一或更多者使用。為簡潔起見，該等置換及組合的許多者在本文中將不再單獨進行討論及/或說明。

【0041】 本文中所揭露的是在一些半導體製造製程期間，用以改善前驅物至製程腔室之輸送的方法及設備，該半導體製造製程在半導體基板或晶圓上使用膜沉積，其中的一些者可涉及複數膜沉積循環，每一循環產生一「分離的」膜厚度。原子層沉積（「ALD」）係一種如此的膜沉積方法，但沉積一或更多薄層的膜的任何技術（包含以重複順序方式使用的技術、以及可視為涉及複數循環之沉積的技術）皆可適用於本揭露內容。在半導體晶圓上沉積薄膜的一些實施例可涉及循環製程，其可包含兩個在晶圓表面上的半反應。第一個半反應可包含一或更多前驅物在晶圓之表面上的吸附，且第二個半反應可包含所吸附之(複數)前驅物轉變成膜或層。

【0042】 舉例而言，ALD由於以下事實而非常適用於沉積保形膜的膜形成技術：單一循環的ALD僅沉積單一膜層的材料，且厚度係由在膜形成化學反應本身之前可吸附至基板表面上（亦即，形成吸附限制層）之一或更多膜前驅物反應物的量所限制。複數「ALD循環」然後可用來建立具有期望厚度的膜，且因為每一層皆係薄且保形的，故所產生的膜實質上保形於下方裝置結構的形狀。在某些實施例中，每一ALD循環包含以下步驟：(1)使基板表面曝露於第一前驅物；(2)沖洗基板位於其中的反應腔室；(3)通常利用電漿及/或第二前驅物引發基板表面的反應；以及(4)沖洗基板位於其中的反應腔室。本文中所列出之第一步驟可稱為「注入步驟」、第二步驟可稱為「沖洗步驟」、第三步驟可稱為「RF步驟」、且第四步驟可稱為「RF沖洗步驟」。

【0043】 使用前驅物之半導體處理的一些實施例可包含硬體，且可執行方法以輸送前驅物至處理腔室。在半導體處理的某些實施例中，液體前驅物在被運送及/或沉積於半導體晶圓上之前可能需要進行汽化（亦即，轉變為蒸汽）。液體

前驅物可容納於安甌及載體氣體中，該載體氣體可為惰性氣體（如，氬）、非惰性氣體（如，氧）、或非惰性的混合物（如，氧及氬），該載體氣體可流過安甌，以載送汽化前驅物至半導體處理腔室。可將載體氣體「推過」（其中，氣體被迫使通過管線）或「拉過」（其中，氣體可能經由真空被拉動通過管線）安甌，以載送汽化前驅物。在本揭露內容的全部範圍內，用語「前驅物」可用來描述處於液體及蒸汽狀態二者的前驅物。

【0044】圖1描述例示性前驅物輸送系統的示意代表圖。如可見，例示性前驅物輸送系統100包含連接至一序列管路及閥（例如液體及/或氣體的流體可流過該序列管路及閥）的流動控制器102、安甌104、混合組件126、及製程腔室128。一般而言，流體流動的方向可為從圖1的右側向圖1的左側，且如此之大致方向藉由白色的三個箭頭而指示。例如，流動控制器102可考量為安甌104及混合組件126的上游。在圖1中，例示性前驅物輸送系統100的氣體管線及/或管路係以線條（例如，可為實線、斷線、或點線）描繪，同時閥係以「領結」（如兩個相反的三角形）描繪。打開的閥係無陰影的，而關閉的閥係有陰影的。圖1中所有的閥皆顯示為打開。

【0045】流動控制器102係連接在閥106的下游及系統之其餘部分的上游。推進氣體或其他流體可流入系統且可流過流動控制器102。在一些實施例中，流動控制器102控制推進氣體或其他流體的流動。流動控制器102係在閥108的上游，閥108係在閥110的上游，其後有閥112及閥114之間的連接處。安甌104包含兩個閥：閥114及閥116，其容許氣體流入及/或流出安甌104。閥112係旁通閥，其容許氣體略過或繞過安甌104（包含當閥114及/或116可為關閉狀態時）。另一連接點係在閥116及112之間，其後（如下游）為閥118及閥120，接著是混合組件

126。混合組件126的下游係閥122及124之間的第三連接處。閥124流至前段管線130，該前段管線130可不流入製程腔室128，而閥122容許流至製程腔室128。針對本揭露內容之目的，詞組「氣體管線部」及/或「氣體管線」可用來描述例示性前驅物輸送系統的一或更多部位，其可將安瓿104連接至混合組件126且可包含閥116、118、及120。在一些實施例中，氣體管線部亦可考量成包含混合組件126與閥122之間的管線、及/或閥122與製程腔室128之間的管線。圖2描述圖1中之例示性前驅物輸送系統的例示性氣體管線部。如可見，該氣體管線部包含從安瓿104至製程腔室128的氣體管線。

【0046】針對本揭露內容之目的，詞組「安瓿閥114/116」及/或「安瓿閥」可用來描述閥116及114，使得當「安瓿閥114/116」為打開狀態時，閥114及116打開且前驅物可從安瓿流出並進入氣體管線部，且使得當「安瓿閥114/116」為關閉狀態時，閥116及114關閉而使得無前驅物可流入氣體管線部。在一些配置中，當「安瓿閥114/116」可為打開狀態時，閥112因此可為關閉狀態；類似地，當「安瓿閥114/116」可為關閉狀態時，閥112可為打開狀態。同樣地，閥122可考量為「製程腔室閥122」，因為其可容許或阻止進入製程腔室128的流動，同時閥124可考量為「前段管線閥124」，因為其可容許或阻止進入前段管線130的流動。閥112可考量為「旁通閥112」，因為其容許或允許流體流入安瓿104，或繞過或略過安瓿104。

【0047】一些其他的前驅物輸送系統可具有一些不同的元件及/或配置，但本文中所討論之實施例仍可適用於如此之其他系統。如圖1中所描述之前驅物輸送系統可為半導體處理工具的一部分，且可連接至一或更多製程腔室。針對說明

的目的，本文中所討論之前驅物輸送系統涉及一製程腔室，但在一些實施例中，其可涉及多於一個製程腔室。

【0048】 前驅物輸送系統可以許多方法加以實施，以輸送前驅物至製程腔室128。在一些實施例中，當使推進氣體（例如氬的惰性氣體、或例如氧的非惰性氣體）例如流經流動控制器102、通過已打開之閥108及110及114、進入安瓿104時，可使前驅物流入前驅物輸送系統。在如此之情形中，閥112可為關閉狀態。安瓿104中的汽化前驅物可藉由推進氣體從安瓿104推出來，且通過已打開之閥116及118進入混合組件126。在一些如此的情形中，可使前驅物流過已打開之閥122進入製程腔室128，在此期間，閥112及124可為關閉狀態。

【0049】 汽化前驅物從安瓿104流至製程腔室128所花費的時間可考量為「管線填充時間」。但管線填充時間亦可考量為前驅物從安瓿104流至可在製程腔室128上游的另一位置處（例如，製程腔室閥122處）所花費的時間。氣體管線的填充可考量為將前驅物載入氣體管線的過程，使得部分填充的氣體管線係可包含一些而非全部前驅物的氣體管線，而完全填充的氣體管線可包含實質上所有的前驅物。晶圓吸附一定量或百分比之前驅物所花費的時間可考量為「吸附時間」。吸附時間可為飽和時間、小於飽和時間、或大於飽和時間。飽和時間係利用前驅物使工件（例如，晶圓或基板）表面完全飽和所需的時間。飽和可考量為額外前驅物無法吸附至工件表面、且無法以其他物理及/化學方式與工件表面相關聯的程度。

【0050】 現在將討論前驅物輸送的一些現行的通常實施例。在一現行通常實施例中，在ALD循環之一個以上的步驟期間，可使推進氣體持續流動，例如經由流動控制器102、進入安瓿104，使得汽化前驅物持續地從安瓿104往下游流動，

但在不期望前驅物被輸送至製程腔室128的步驟期間，使該持續流動的前驅物轉而離開製程腔室128，且當製程腔室128中需要前驅物時（如在注入步驟期間），將該持續流動的前驅物引入製程腔室128。例如，在不使前驅物輸送至製程腔室128的步驟中（如在RF步驟期間），可關閉閥122並打開閥124，藉以使前驅物轉至前段管線130。相反地，當在製程腔室128中需要前驅物時，可關閉閥124並打開閥122。然而，如此持續流動的汽化前驅物呈現許多缺點，包含但不限於顯著的前驅物使用量及/或前驅物浪費。

【0051】 在一些其他現行的通常實施例中，安瓿閥的啟動可與製程中步驟的開始及/或停止相關聯（例如，耦合），及/或取決於製程中步驟的開始及/或停止。例如，安瓿閥114/116可在注入步驟或RF沖洗步驟開始時打開，且安瓿閥114/116可在注入步驟結束時關閉。在一些如此之實施例中，從安瓿104向製程腔室128的前驅物流動可在製程步驟（如RF沖洗步驟）開始的同時開始，且該前驅物流動可在注入步驟結束時停止。如此之方法具有許多缺點，包含但不限於前驅物浪費及/或額外的時間使用量（這可能降低晶圓產能）。

【0052】 舉例而言，在於注入步驟開始時使前驅物從安瓿104流至製程腔室128的一些現行實施例中，總注入步驟時間至少包含管線填充時間加吸附時間。再者，在注入步驟之後，前驅物可能殘留於安瓿104與製程腔室128之間的氣體管線部中，這可稱為「塞流(slug)」。可使該塞流轉離製程腔室128而轉向前段管線130（亦即，「棄置(dumped)」），因為若在後續晶圓處理步驟中使用塞流，則在氣體管線部中可能發生凝結，這可能導致不需要的晶圓缺陷。該範例的一些缺點包含除其他者以外之長注入時間及前驅物浪費，其中該長注入時間可能有損於產能（亦即，製程效率及總製程時間）。

【0053】 另一範例涉及在RF沖洗步驟（其在注入步驟之前）開始時，前驅物開始從安瓿104流向製程腔室128。在RF沖洗步驟花費時間小於管線填充時間的一些如此之情形中，可能導致RF沖洗步驟比所必需的時間長，以容許前驅物抵達製程腔室128。這可能不利地影響產能、晶圓均勻性，且可能浪費RF沖洗步驟期間所使用的額外材料。在RF沖洗步驟花費時間大於管線填充時間的一些其他情形中，前驅物可能在RF沖洗步驟結束之前抵達製程腔室128，這可能需要使一些前驅物轉而離開程腔室128，並被棄置，從而浪費前驅物。此外，如以上所討論，在注入步驟完成之後，前驅物可能殘留於安瓿及製程腔室128之間的氣體管線中，且可能被棄置，從而浪費額外的前驅物。

【0054】 在如此之現行例示性實施例、及未在本文中進行討論的其他現行實施例中，前驅物輸送系統並非配置成使管線填充時間及注入時間最佳化、同時亦降低前驅物使用量。如此之系統具有顯著的缺點，包含但不限於不利地影響管線填充時間、注入步驟時間、產能，及導致晶圓缺陷。

【0055】 本揭露內容的發明人已發展新的方法、實施例、設備、及技術，以動態地輸送並有效地利用前驅物，同時在半導體處理中達成低缺陷率。在一些實施例中，如以上所述，安瓿閥114/116的打開及關閉可與製程步驟的開始及/或停止解耦(decoupled)而不發生在製程步驟開始及/或停止時，使得安瓿閥114/116可獨立於處理步驟的開始及停止而打開及/或關閉。在一些如此的實施例中，安瓿閥114/116的操作可獨立於製程腔室中的ALD步驟。在一些實施例中，前驅物亦可不持續地流動。如以下更詳細討論，為在注入步驟開始時輸送期望量的前驅物至製程腔室，本實施例及技術可調整除其他因素以外的以下因素：(A)安瓿閥

114/116為打開狀態的時間長度、及/或(B) 安瓿閥114/116於注入步驟前打開的時間點。

【0056】 舉例而言，使用圖1，安瓿閥114/116可在注入步驟前的特定時間點打開，以在注入步驟前填充或部分填充氣體管線部，使得前驅物在注入步驟開始時到達製程腔室128。安瓿閥114/116在注入步驟之前可打開的時間點可取決於除其他方面以外的以下者：前驅物輸送系統及/或半導體處理工具的硬體；如推進氣體流動、安瓿溫度、及/或上部空間壓力的一或更多製程參數；蒸汽管線填充時間；及/或期望的吸附時間。安瓿閥114/116可保持為打開狀態持續一特定時間，以針對晶圓吸附的期望量及/或氣體管線部內所需前驅物的量從安瓿104牽引（亦即，載入）適當及/或期望量的前驅物。

【0057】 安瓿閥114/116亦可在適當及/或期望量的前驅物已從安瓿104流出之後關閉。在一些實施例中，期望量的前驅物可足夠用於晶圓之飽和、低於飽和之吸附，或者可多於期望吸附狀態及/或飽和所需的量。該量可係可變的、可在循環與循環之間改變、及/或可由使用者控制。注入步驟可結束（例如，製程腔室閥122可關閉）於所有或大部分前驅物已流至製程腔室128之後，使得直至注入步驟結束，已發生期望量的吸附，且實質上無前驅物殘留於氣體管線部中。在一些如此的實施例中，可有持續的推進氣體流動，例如，在一循環期間可不停止的流動、及/或在安瓿閥114/116打開之前可開始且在製程腔室閥122關閉之後可停止的流動。

【0058】 在一些新的實施例中，閥的時間可相關於某些沉積操作的開始及/或停止，例如ALD注入步驟的開始及停止。打開安瓿閥114/116及開始注入步驟之間的時間可等於或基於氣體管線填充時間（該氣體管線填充時間如以上所討論

可為氣體從安瓿104流至製程腔室128之入口所需的時間）。進一步講，安瓿閥114/116可保持為打開狀態持續等於或基於符合製程需求所需之時間的時間長度，以使前驅物吸附至工件表面（如以上所討論，該時間長度可為飽和時間或飽和時間之一百分比）。

【0059】如以上所提及，安瓿閥114/116打開的時間點、及/或安瓿閥114/116打開所持續的時間長度可取決於吸附時間及/或管線填充時間。管線填充時間可由許多不同的方法加以判定。圖3描述可用來判定管線填充時間之例示性實驗的圖形代表圖。圖3包含除其他者以外的一些參數、資料、及如此之例示性實驗的結果。如可見，整個注入步驟332係利用X軸作為以秒為單位的注入時間、且Y軸作為沉積速率而加以描述。RF沖洗步驟334係顯示在圖3的左側，以指示該步驟可發生於注入步驟332之前，而沖洗步驟336係顯示在圖3的右側，以指示該步驟可發生在注入步驟332之後。在如此之實驗中，晶圓的沉積速率係針對注入步驟332之變化的時間長度而加以量測，以判定管線填充時間及吸附時間（在此情形中量測飽和時間）。圖3的注入步驟332具有三部分，第一部分係管線填充時間338，其可發生於約點344與約點346之間，第二部分係吸附時間340（其可為飽和時間），其可發生於約點346與約點348之間，且第三部分係後飽和342，其可發生於約點348與350之間。

【0060】在圖3所描述的實驗中、並參考圖1中之例示性前驅物輸送系統，在注入步驟332即將開始之前，安瓿閥114/116係關閉的，閥106、108、110、112、118、120、及124係打開的，且閥122係關閉的，使得無前驅物從安瓿104流出，但推進氣體係正流穿系統並通過閥112而繞開安瓿104。在注入步驟332的時間零點（亦即，點344處），打開安瓿閥114/116，並關閉閥112，以使前驅物開始從

安甌104流至製程腔室128。如圖3中可見，沉積速率保持在大約為零，直到約0.16秒時（以點346指示），在該0.16秒時沉積開始，意味著前驅物到達製程腔室128，並開始前驅物在晶圓上的沉積，從而產生具有約0.16s的管線填充時間338。圖3中注入步驟332中的第二部分（吸附時間340）描述晶圓達成期望吸附狀態(此處為飽和狀態，在飽和之後，無進一步的材料被晶圓吸附)的時間點，且該時間點發生在注入步驟332開始後約0.3秒時（亦即，在點348處）。因此，就該範例而言，飽和時間約為0.15s。在注入步驟332的第三部分（後飽和342）期間，前驅物流入製程腔室128，但不發生進一步吸附。

【0061】 在圖3中所顯示的範例中，管線填充時間（約0.16秒）與吸附（如飽和）時間（約0.15秒）大約相同。基於該等發現，本發明人判定，在一些情形中，完全填充或實質上填充之管線中的蒸汽（例如，從約閥116至約製程腔室128之氣體管線部中的前驅物）可輸送期望吸附狀態及/或飽和可所需的所有或大部分前驅物。然而，在可使用不同製程條件的一些其他實施例中，這可能並不正確。再者，本發明人判定可精準地開始管線填充，以避免或減少前驅物浪費，並且本發明人判定例如藉由在注入步驟結束之前關閉安甌閥114/116，可使例如從安甌104進入氣體管線部的前驅物流停止，使得已填充有前驅物的氣體管線部可用於其餘的注入步驟，及/或本發明人判定前驅物流動可與腔室中的ALD步驟解耦。

【0062】 在一些實施例中，可進行如上述的量測步驟，以判定循環、步驟、或製程的管線填充時間、及/或飽和/吸附時間。後續可使用如此之訊息，以判定安甌閥打開及關閉的時間及時間長度（如參考ALD製程的注入步驟）。在一些實施例中，該量測可發生於ADL循環之前、期間、及/或之後，且可在循環、步驟、及/或半導體製造製程的整個過程中重複。

【0063】現在將討論一些例示性實施例，其顯示關於注入步驟之安瓿閥打開及關閉、及製程腔室閥打開及關閉的時間。如以上所述，安瓿閥打開及/或關閉的時間點可取決於吸附時間及/或管線填充時間。討論三種例示性情形，其涉及可小於管線填充時間的吸附時間、可大於管線填充時間的吸附時間、以及實質上可等於管線填充時間的吸附時間。在該等例示性實施例的討論中使用圖1之相同的例示性前驅物輸送系統。然而，該等例示性實施例不限於圖1的前驅物輸送系統。該等例示性實施例可應用於任何半導體處理工具的任何前驅物輸送系統。再者，在如此之例示性實施例中，推進氣體可持續地流穿系統。

【0064】在第一例示性實施例中，吸附時間可小於管線填充時間。圖4描述當吸附時間可小於管線填充時間時，前驅物輸送系統之第一例示性實施例之閥操作及時間的圖形代表圖。在圖4中所描繪的圖表中，時間係在X軸上，且從左向右行進，但沒有特定的單位，這是因為單位可取決於包含但不限於以下者的許多因素而變化：製程步驟、前驅物、推進氣體、及製程條件。Y軸包含閥操作（亦即，四個閥的「打開」或「關閉」，該四個閥包含製程腔室閥122、前段管線閥124、安瓿閥114/116、及旁通閥112）。如可見，在任何前驅物被載入系統之前（亦即，在第一時間點452之前），製程腔室閥122係關閉的、前段管線閥124係打開的、安瓿閥114/116係關閉的、且旁通閥係打開的，這可容許推進氣體從除其他者外的流動控制器102流過旁通閥112，不進入安瓿104，而是進入混合組件126，並通過前段管線130。

【0065】在圖4中約第一時間點452處，安瓿閥114/116打開，且旁通閥112關閉，從而容許推進氣體流入安瓿104，且使前驅物開始流入系統。在該例示性實施例中，安瓿閥114/116可在製程腔室閥122打開之前打開，且安瓿閥114/116

可為打開狀態持續等於或實質上等於吸附時間460之時間的時間段。安瓿閥114/116可在約第二時間點454時關閉，這亦可在製程腔室閥122打開之前。在圖4中，在約第一時間點452與約第二時間點454之間，氣體管線部可載有前驅物，但在類似如圖4中所描述之實施例的一些如此實施例中，在約第二時間點454處載入結束時，安瓿104及製程腔室128之間的氣體管線部可非完全地填充有或載有前驅物。這可容許期望量的前驅物被發送至氣體管線部、及/或製程腔室128中。

【0066】圖5描繪前驅物載入結束時，第一例示性實施例的前驅物輸送系統。參考圖4的圖表，圖5顯示即將在約第二時間點454之前的例示性前驅物輸送系統100。在圖5（及圖6、8、9、11、及12）中，如圖右下角中之圖例所指示，實線指示無流動、點線指示推進氣體、且斷線指示前驅物。如圖5中可見，氣體管線部（例如，從閥112及116之間的連接處至閥122及124的連接處）容納前驅物及推進氣體兩者。在該例示性實施例中，可載入氣體管線部中之前驅物的量可不完全地填充氣體管線部，但可足夠用於期望吸附狀態或期望製程。圖5亦顯示旁通閥112係關閉的，從而容許推進氣體進入安瓿104，且亦顯示製程腔室閥122為關閉且前段管線124為打開，藉此使推進氣體轉至前段管線130而不進入製程腔室128。

【0067】返回參考圖4，在約下一時間點處（第三時間點456），注入步驟開始。在約第二時間點454處載入結束及約第三時間點456處注入步驟開始之間，安瓿閥114/116可為關閉的、旁通閥112可為打開的、前段管線閥124可為打開的、且製程腔室閥122可為關閉的。在一些例示性實施例中，注入步驟可在前驅物載入開始（亦即，第一時間點452）後的一段時間開始，該段時間等於或實質上等於管線填充時間462的時間。如之前所述，管線填充時間462可考量為前驅物從安

甌104行進至製程腔室128的時間。該時間可使前驅物在約第三時間點456時抵達製程腔室128，該第三時間點456可為注入（例如，注入步驟）的開始。

【0068】 該第三時間點456時的前驅物輸送系統在圖6中可見。圖6描述注入步驟開始時第一例示性實施例的前驅物輸送系統。如可見，安甌閥114/116係關閉的、旁通閥112係打開的、前段管線閥124係關閉的、且製程腔室閥122係打開的，該等狀態使得氣體管線部中的前驅物能夠進入製程腔室128。

【0069】 返回參考圖4，腔室閥122可為打開狀態持續一時間量，該時間量可容許期望量的前驅物進入製程腔室128。該時間量可等於或實質上等於吸附時間460，如圖4中所示，吸附時間460可介於約第三時間點456與約第四時間點458之間。一旦製程腔室閥122已為打開狀態持續期望的時間量（可為吸附時間460），則如約第四時間點458處所述，製程腔室閥122可關閉且前段管線閥124可打開。該第四時間點458可考量為注入步驟的結束。在一些實施例中，此時可有少許或無前驅物殘留於氣體管線部中。

【0070】 在第二例示性實施例中，吸附時間可大於管線填充時間。圖7描述當吸附時間可大於管線填充時間時，前驅物輸送系統之第二例示性實施例之閥操作及時間的圖形代表圖。類似於圖4中的圖表，在圖7中，時間係在X軸上、且從左向右行進，並且Y軸包含閥操作（亦即，相同四個閥的「打開」或「關閉」，該四個閥包含製程腔室閥122、前段管線閥124、安甌閥114/116、及旁通閥112）。如可見，在任何前驅物被載入系統中之前（亦即，在第一時間點752之前），製程腔室閥122係關閉的、前段管線閥124係打開的、安甌閥114/116係關閉的、且旁通閥係打開的，這可容許推進氣體從除其他者外的流動控制器102流過旁通閥112，並且不進入安甌104，而進入混合組件126，並通過前段管線130。

【0071】在圖7中約第一時間點752時，安瓿閥114/116可打開且旁通閥112可關閉，從而容許推進氣體流入安瓿104，並使前驅物開始流入系統。在該第二例示性實施例中，安瓿閥114/116可在製程腔室閥122打開前打開，且安瓿閥114/116可打開持續等於或實質上等於吸附時間760之時間的時間段。安瓿閥114/116可在約第三時間點756時關閉，這可在製程腔室閥122在約第二時間點754時打開之後（這與第一例示性實施例不同）。在一些如此之實施例中，安瓿閥114/116在前驅物抵達並進入製程腔室128之後可保持為打開狀態，使得安瓿閥114/116及腔室閥122二者一起皆為打開狀態持續某一時間段。

【0072】在圖7中約第二時間點754時，注入步驟開始。第二時間點754可在第一時間點752後一時間量發生，該時間量可等於或實質上等於管線填充時間762。如圖7中可見，氣體管線部可完全填充有前驅物，例如，在約第二時間點754時，從約安瓿104處至約製程腔室128處的氣體管線部可容納前驅物。製程腔室閥122亦在第二時間點754時或約在第二時間點754時打開，這可約為前驅物到達製程腔室閥122的時間。

【0073】圖8描述注入步驟開始時，第二例示性實施例的前驅物輸送系統。圖8描述在圖7約第二時間點754時的系統。如可見，旁通閥112係關閉的，前驅物係正從安瓿104流過打開的製程腔室閥122、並進入製程腔室128。

【0074】返回參考圖7，在約第二時間點754及約第三時間點756之間，製程腔室閥122及安瓿閥114/116二者皆係打開的。如以上所述，在第三時間點756時，安瓿閥114/116可關閉，而製程腔室閥122可保持為打開狀態，且安瓿閥114/116的關閉可在安瓿閥114/116已打開（亦即，在約第一時間點752時）等於或實質上

等於吸附時間760之時間的時間量後發生。如圖7中進一步可見，第三時間點756可發生於製程腔室閥122關閉之前等於或實質上等於管線填充時間762的時間量。

【0075】圖9描述安瓿閥關閉時，第二例示性實施例的前驅物輸送系統。圖9描述約圖7之第三時間點756時的系統。如可見，安瓿閥114/116係關閉的，而旁通閥112係打開的。

【0076】約於圖7之第四時間點758時，製程腔室閥122關閉、且前段管線閥124打開。如以上所述，因為安瓿閥114/116可在製程腔室閥122關閉之前等於或實質上等於管線填充時間762的時間量時關閉，故在製程腔室閥122於第四時間點758關閉時，氣體管線部可容納少許或無前驅物。

【0077】在第三例示性實施例中，吸附時間可等於管線填充時間。圖10描述當吸附時間可等於管線填充時間時，前驅物輸送系統之第三例示性實施例之閥操作及時間的圖形代表圖。類似於圖4及7中的圖表，時間係在X軸上、且從左向右行進，並且Y軸包含閥操作（亦即，相同四個閥的「打開」或「關閉」，該四個閥包含製程腔室閥122、前段管線閥124、安瓿閥114/116、及旁通閥112）。如可見，在任何前驅物被載入系統中之前（亦即，在第一時間點1052之前），製程腔室閥122係關閉的、前段管線閥124係打開的、安瓿閥114/116係關閉的、且旁通閥係打開的，這可容許推進氣體從除其他者外的流動控制器102流過旁通閥112，並且不進入安瓿104，而進入混合組件126，並通過前段管線130。

【0078】在圖10中第一時間點1052時，安瓿閥114/116可打開且旁通閥112可關閉，從而容許推進氣體流入安瓿104，並使前驅物開始流入系統。在該第三例示性實施例中，安瓿閥114/116可在製程腔室閥122打開之打開，且安瓿閥114/116可打開持續等於或實質上等於吸附時間1060之時間的時間段，該吸附時

間1060可與管線填充時間1062相同。圖10說明以下內容：安甌閥114/116係打開持續等於或實質上等於吸附時間1060的時間量，該吸附時間1060等於或實質上等於管線填充時間1062。

【0079】 在或約在第二時間點1054時，發生兩件事。如以上所提及，安甌閥114/116可在或約在第二時間點1054時關閉，且腔室閥122可在或約在第二時間點1054時打開。圖11描述注入步驟開始時，第三例示性實施例的前驅物輸送系統。圖11描述約圖10之第二時間點1054時的系統。如可見，旁通閥112係關閉的，且前驅物係正從安甌104流過打開的製程腔室閥122、並進入製程腔室128。

【0080】 類似於安甌閥114/116，腔室閥122可保持為打開狀態持續等於或實質上等於吸附時間1060及管線填充時間1062的時間量，該吸附時間1060及管線填充時間1062係彼此相等。腔室閥122亦可在約第三時間點1056時關閉。在如此之實施例中，在注入步驟於約第二時間點1054開始之前，氣體管線部進行完全填充。圖12描述注入步驟結束時，第三例示性實施例的前驅物輸送系統。圖12描述約圖10之第三時間點1056時的系統。如可見，旁通閥112係打開的、安甌閥114/116係關閉的、製程腔室閥122係關閉的、且前段管線閥124係打開的，使得推進氣體係正流過系統，並且流過前段管線130。在注入步驟結束時（亦即，在時間點1056時），所有或實質上所有的前驅物從氣體管線部排放。

【0081】 在該第三例示性實施例中，第一時間點1052可考量為前驅物載入至系統中的開始，第二時間點1054可考量為前驅物載入之結束及注入步驟之開始二者，且第三時間點1056可考量為注入步驟的結束。

【0082】 在所有如此之實施例中，推進氣體可持續流動。該持續流動可確保前驅物的持續流動以及氣體管線的持續驅淨(purging)。當安瓿閥114/116關閉時，推進氣體可通過旁通閥112而繞過安瓿，使得推進氣體持續流向製程腔室128。

【0083】 在一些實施例中，在注入步驟結束時，氣體管線部可排盡實質上所有的前驅物，而在一些實施例中，一些前驅物可殘留於氣體管線部中。

【0084】 在一些實施例中，安瓿閥114/116可為打開狀態的時間段可大於或小於飽和時間及/或吸附時間。

【0085】 如以上所討論，在一些實施例中，閥操作的時間可使用管線填充時間、吸附時間、或某些其他時間而加以設定。再者，閥操作的參考架構可為注入步驟的開始、注入步驟的停止、注入步驟期間的任何其他事件、及/或ALD循環期間的任何事件。

【0086】 在一些實施例中，包含以上所討論的三個例示性實施例，通過氣體管線可傳送可比期望吸附量所必需之量多的前驅物量。亦可傳送如此之額外的前驅物，使得該額外的前驅物到達於注入步驟開始之前、注入步驟之後、及/或已達成期望吸附/飽和之後。在一些如此之實施例中，在注入步驟前及/或後，一些前驅物可能被倒至前段管線。在一些如此之實施例中，安瓿閥可為打開狀態所持續的時間段、安瓿閥可打開及/或關閉的時間、腔室閥可為打開狀態所持續的時間段、及/或腔室閥可打開的時間可與本文中以上所討論之內容（包含圖4-12中之內容）不相同。然而，為減少浪費，多餘的前驅物可被限制在吸附/飽和所需量的約20%或更少（或約10%或更少）。

【0087】 再者，在一些實施例中，每一事件（例如，安瓿閥的打開、腔室閥的關閉）可並非精確地發生於所欲的時間點。此外，每一時間點時前驅物的位

置可並非如上述討論般精確。在一些例子中，已至少相關於時間及數量使用詞語「實質上」，且該詞語可意指參考項目（例如，時間或數量）的 $\pm 15\%$ 範圍內。例如，若吸附時間係0.1秒，則實質上等於該吸附時間的時間可介於約0.09秒與約0.11秒之間。

【0088】再者，閥的時間可並非精確等於管線填充時間及/或吸附時間。亦可能有導致系統延遲的時間延遲，例如，閥打開或關閉所花費的時間。在一些實施例中，可使用可具有25毫秒之時間延遲的ALD閥。在本文中的實施例中，亦可有誤差範圍(margin of error)，其亦可為25毫秒。

【0089】此外，就如ALD循環的每一製程循環而言，安瓿閥打開的時間、及/或其為打開狀態的時間段可並非恆定。在一些實施例中，可建立動態反饋迴路，以輸送每一循環所期望之完全相同的每循環前驅物莫耳數，其可低於、等於、或大於吸附量。於如本文中所述之經由蒸汽流動系統(flow-over-vapor system)中所輸送之前驅物的量可取決於若干因素，包含安瓿溫度、上部空間壓力、及推進氣體流動。若該等參數的一或更多者在沉積期間的過程中（例如由於安瓿中前驅物位準變化）偏離所欲設定點，則每安瓿閥打開時間的所輸送之前驅物量將因此而有所偏差。反饋迴路可藉由除其他者以外之例如來自以下者的感測器資料（例如，量測結果）而建立：安瓿熱電偶、壓力表、及MFC、及控制器。在一範例中，壓力表（例如，壓力計(manometer)）位於製程腔室的入口處（例如，靠近閥122）。前驅物到達製程腔室可以壓力表所偵測到壓力變化為訊號。藉由基於如此之反饋迴路動態地控制安瓿打開/關閉時間，可使前驅物輸送更強而有力、並在循環之間更具可重複性。在注入/沉積步驟期間、循環的複數步驟之間、複數循環之間、及/或複數製程之間，可作出反饋迴路、量測動作、及/或調整。

【0090】如以上所提及，在一或更多處理循環之前，可進行量測及/或校正步驟（例如，以上所述內容及圖3中所示內容），以判定吸附時間及/或管線填充時間。例如基於感測器或監控設備（該感測器或監控設備可偵測影響前驅物輸送及/或製程參數的一或更多因素）、及/或實驗步驟（例如，類似以上所討論內容），可使如此之判定類似於以上所述內容。所收集之資訊可用來對安瓿閥打開的時間、及/或該打開狀態的時間段（如，其關閉的時間）作出調整或改變。這可發生於複數注入步驟之間、一注入步驟期間、複數循環之間、或複數製程之間。

【0091】本文中所討論之方法、實施方式、及實施例提供許多對半導體處理的改進及益處。半導體處理的一些重要目標可包含例如提升晶圓產能、降低包含前驅物之材料的浪費/使用量、以及增加或維持晶圓均勻性。例如，圖13描述一些示範性資料，其指示使用本文中所討論之實施例至少在一些情形中可導致前驅物使用量的降低。如可見，表格之標以「化學物使用量」的右手邊欄位中的結果顯示前驅物從0.323公克/晶圓降低至0.225公克/晶圓。頂列說明顯示於中間及底列中的資料。標以「典型製程」的中間列顯示使用典型常見前驅物注入次序之特定半導體製程的化學物使用量，而標以「新製程」的底列顯示相同半導體製程、但利用至少部分根據本文中所討論之實施例的前驅物輸送的化學物使用量。底列顯示針對相同的0.15秒的注入時間，安瓿閥114/116打開的時間從0.3秒減少至0.2秒，卻對沉積速率及膜層均勻性沒有不利影響。使用新製程改善了沉積速率(depR)及不均勻度(NU%)(R/2, 半範圍不均勻度)，這可因為較長的安瓿閥114/116關閉時間，其導致安瓿104中改善的前驅物更新速率。較短的安瓿閥114/116打開時間導致減少的前驅物消耗。新製程減少了前驅物浪費。

【0092】 本發明的一些其他優勢包含但不限於：減少前驅物浪費；降低晶圓缺陷率；及/或減少注入時間及/或注入步驟從而提升產能，其中降低晶圓缺陷率可由消除停滯氣體管線容積、具有完全驅淨之氣體管線部（這可起因於恆定流動的推進氣體）、及/或前驅物存在時不進行腔室閥操作所導致。

【0093】 在一些實施例中，控制器係系統的一部分，而系統可為本文所述之範例的一部分。控制器可包含「邏輯」，例如以上所述之（複數）安瓿閥、打開及關閉邏輯、或本文中所討論的其他控制邏輯。邏輯可實施為軟體（具有或沒有用以執行軟體指令的相關硬體）、設計或配置成執行某些操作的硬體、及其組合。如此之系統可包含半導體處理裝備，該半導體處理裝備包含（複數）處理工具、（複數）處理腔室、（複數）處理平臺、及/或特定的處理元件（包含但不限於晶圓基座、氣體流動系統、前驅物輸送系統、氣體管線、管路、閥、安瓿等）。該等系統可與電子設備（例如，邏輯）整合，以在半導體晶圓或基板的處理之前、期間、以及之後，控制該等系統的運作。電子設備（或邏輯）可稱為「控制器」，其可控制（複數）系統的各種元件或子部件，包含但不限於可配置成透過（複數）系統之一或更多部件（可包含透過氣體管線、安瓿、管路、及/或製程腔室）而控制流體之流動的閥。

【0094】 取決於處理需要及/或系統類型，控制器可編程、設計、及/或配置成控制本文中所揭露之製程的任何者，包含處理氣體的輸送、溫度設定（例如，加熱及/或冷卻）、壓力設定、真空設定、功率設定、射頻(RF, radio frequency)產生器設定、RF匹配電路設定、頻率設定、流速設定、流體輸送設定、位置和操作設定、安瓿的再填充、進出工具及其他轉移工具之晶圓轉移、流體（例如，

前驅物或推進氣體)的流動,該流體流動係通過氣體管線、安瓿、混合組件、及/或製程腔室、及/或連接至特定系統或與特定系統接合的裝載室。

【0095】 廣泛地講,控制器可定義為具有用以接收指令、發佈指令、控制操作、啟動清洗操作、啟動終點量測以及類似者之各種積體電路、邏輯、記憶體、及/或軟體的電子設備。積體電路可包含:儲存程式指令之韌體形式的晶片、數位訊號處理器(DSP, digital signal processor)、定義為特殊用途積體電路(ASIC, application specific integrated circuit)的晶片、及/或一或更多微處理器、或執行程式指令(例如,軟體)的微控制器。程式指令可為以各種單獨設定(或程式檔案)之形式而傳達至控制器或系統的指令,該單獨設定(或程式檔案)為執行特定的製程(在半導體晶圓上,或針對半導體晶圓)而定義操作參數。在一些實施例中,操作參數可以是由製程工程師為了在一或更多以下者的製造期間實現一或更多處理步驟而定義之配方的一部分:覆層、材料、金屬、氧化物、矽、二氧化矽、表面、電路、以及/或者晶圓的晶粒。

【0096】 在一些實施例中,控制器可為電腦的一部分,或耦接至電腦,該電腦係與系統整合、耦接至系統、以其他網路的方式接至系統、或其組合的方式而接至系統。舉例而言,控制器可在能容許遠端存取晶圓處理之「雲端」或廠房主機電腦系統的全部、或部分中。電腦可使系統能夠遠端存取,以監控製造操作的目前進度、檢查過去製造操作的歷史、自複數的製造操作而檢查其趨勢或效能度量,以改變目前處理的參數、設定目前處理之後的處理步驟、或開始新的處理。在一些範例中,遠端電腦(例如,伺服器)可通過網路提供製程配方至系統,該網路可包含局域網路或網際網路。遠端電腦可包含使得可以進入參數及/或設定、或對參數及/或設定進行編程的使用者介面,然後該參數及/或設定自遠端電

腦傳達至系統。在一些範例中，控制器以資料的形式接收指令，該指令為即將於一或更多操作期間進行執行之處理步驟的每一者而指定參數。應理解，參數可特定地針對待執行之製程的類型、以及控制器與之接合或加以控制之工具的類型。因此如上所述，控制器可為分散式，例如藉由包含以網路的方式接在一起、且朝向共同之目的（例如，本文中所述之製程及控制）而運作的一或更多分離控制器。用於如此目的之分散式控制器的範例將是腔室上與位於遠端的一或更多積體電路（例如，在作業平臺位準處、或作為遠端電腦的一部分）進行通訊的一或更多積體電路，兩者相結合以控制腔室上之製程。

【0097】 例示性系統可包含但不限於以下者：電漿蝕刻腔室或模組、沉積腔室或模組、旋轉淋洗腔室或模組、金屬電鍍腔室或模組、清洗腔室或模組、斜角緣部蝕刻腔室或模組、物理氣相沉積(PVD)腔室或模組、化學氣相沉積(CVD)腔室或模組、原子層沉積(ALD)腔室或模組、原子層蝕刻(ALE)腔室或模組、離子植入腔室或模組、徑跡腔室(track chamber)或模組、以及可在半導體晶圓的加工及/或製造中相關聯或使用的任何其他半導體處理系統。

【0098】 如以上所提及，取決於即將藉由工具而執行之（複數）製程步驟，控制器可與半導體製造工廠中之一或更多的以下者進行通訊：其他工具電路或模組、其他工具元件（例如，前驅物輸送系統）、叢集工具(cluster tools)、其他工具介面、鄰近的工具、相鄰的工具、遍及工廠而分布的工具、主電腦、另一控制器、或材料運輸中使用之工具，該材料運輸中使用之工具攜帶晶圓容器往返工具位置及/或裝載埠。

【0099】 在一些實施例中，控制器可具有至少一記憶體及一或更多處理器，且該記憶體可包含用以執行操作本文中所討論之實施例所必需之功能的指

令。在其他實施例中，控制器包含特殊設計的處理器，其可或可不運作於軟體指令的控制之下。控制器可配置成控制前驅物輸送系統及/或半導體處理工具（其可包含半導體處理系統）的一或更多實施態樣。圖14描述用於包含前驅物輸送系統之半導體處理工具的例示性控制器。如可見，控制器1464包含記憶體1466及處理器1468，且前驅物係通訊連接至半導體處理工具1470及前驅物輸送系統1400（其係半導體處理工具1470的一部分）。如之前所述，記憶體1466可包含除用於其他方面外用以控制前驅物輸送系統1400的指令，例如，記憶體1466可包含用以控制一或更多以下者的指令：安瓿閥、安瓿、一或更多製程腔室閥、一或更多前段管線閥、及前驅物輸送系統的任何其他實施態樣（包含但不限於前驅物及/或推進氣體通過系統的流動）。

【0100】 如以上所述，在一些實施例中，用於前驅物輸送的系統可包含以上元件的一或更多者，包含但不限於：配置成容納前驅物且配置成基板處理設備（例如，半導體處理工具）之元件的安瓿、流動控制器、管路（例如，氣體管線、閥、限制器），該管路可將安瓿、流動控制器、混合組件、及製程腔室流體連接，且可配置成控制通過如此之系統的流體流動。控制器亦可為該系統的一部分，且可配置成控制該系統的一或更多實施態樣，包含但不限於如上所述之前驅物輸送系統。

【0101】 除非本揭露內容之上下文以其他方式明確要求，不然在描述內容及實施例的全部範圍內，詞語「包含」、「包括」、及類似者應以包含性意義（相對於排除性或耗盡性意義）加以解讀。亦即，以「包含但不限於」的意義進行解讀。使用單數或複數的詞語一般來講亦分別包含複數或單數。此外，詞語「本文中」、「以下」、「以上」、「之下」、及具有類似含義的詞語是指本申請案整

體，且不是指本申請案的任何特定部分。當參照兩個或更多項目之列表使用詞語「或」時，該詞語涵蓋該詞語的所有以下解釋：列表中項目的任何者、列表中項目的所有者、及列表中項目的任何組合。用語「實施例」是指以下者的實施例：本文中所述的技術及方法、以及實施該結構及/或包含本文所述技術及/或方法的實物。

【0102】 有許多概念及實施例在本文中加以描述及說明。儘管本文中所討論之實施例的某些特徵、屬性、及優勢已加以描述說明，但應理解，本揭露內容之許多其他、及不同及/或類似實施例、特徵、屬性、及優勢係自說描述內容及說明內容而明顯。因此，以上實施例僅係例示性。該等實施例不意圖為詳盡無遺的，或將本揭露內容限制於所揭露之確切形式、技術、材料、及/或配置。就本揭露內容而言，許多修正及變化係可能的。吾人應理解，在不背離本揭露內容之範疇的情形中，可利用其它的實施例且可作出操作性的改變。由此，因為以上實施例的描述內容已針對說明及描述的目的而呈現，故本揭露內容的範疇並不是唯一地受限於以上描述內容。

【0103】 重要地，本揭露內容既不受限於任何單一的實施態樣或實施例，亦不受限於如此之實施態樣及/或實施例的任何單一的組合及/或置換。再者，本揭露內容之實施態樣及/或其實施例的每一者可單獨使用，或結合本揭露內容之其他實施態樣及/或實施例的一或更多者使用。為簡潔起見，該等置換及組合的許多者將不在本文中單獨地進行討論及/或說明。

【0104】 待審請求項均未包含以「手段功能用語(means-plus-function)」或「步驟功能用語(steps-plus-function)」方式呈現的限制（見 35 USC §112(f)）。申

請人意在使請求項限制皆不在 35 U.S.C. §112(f)下或不根據 35 U.S.C. §112(f)進行解釋。

【符號說明】

【0105】

- 100 前驅物輸送系統
- 102 流動控制器
- 104 安瓿
- 106 閥
- 108 閥
- 110 閥
- 112 閥
- 114 閥
- 116 閥
- 118 閥
- 120 閥
- 122 閥
- 124 閥
- 126 混合組件
- 128 製程腔室
- 130 前段管線
- 332 注入步驟
- 334 RF沖洗步驟
- 336 沖洗步驟

338	管線填充時間
340	吸附時間
342	後飽和
344	點
346	點
348	點
350	點
452	第一時間點
454	第二時間點
456	第三時間點
458	第四時間點
460	吸附時間
462	管線填充時間
752	第一時間點
754	第二時間點
756	第三時間點
758	第四時間點
760	吸附時間
762	管線填充時間
1052	第一時間點
1054	第二時間點
1056	第三時間點
1060	吸附時間
1062	管線填充時間

- 1400 前驅物輸送系統
- 1464 控制器
- 1466 記憶體
- 1468 處理器
- 1470 半導體處理工具

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，該方法包含：

- (a)使氣體流過一氣體管線；
- (b)在一注入步驟之前實質上等於一管線填充時間的時間量，打開一安瓿的一或更多閥，以使前驅物開始從該安瓿通過該氣體管線流至一製程腔室，其中該管線填充時間係前驅物從該安瓿流至該製程腔室所需的時間；
- (c)關閉該安瓿的該一或更多閥，以使該前驅物停止從該安瓿流出；
- (d)在該注入步驟開始時，打開一製程腔室閥，以容許前驅物流入該製程腔室；以及
- (e)在該注入步驟結束時，關閉該製程腔室閥，以使前驅物停止流入該製程腔室。

【第2項】 如申請專利範圍第1項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中(c)中之關閉該安瓿的該一或更多閥的步驟發生於(e)中之該製程腔室閥的關閉步驟之前實質上等於一管線填充時間的時間量，其中該管線填充時間係前驅物從該安瓿流至該製程腔室所需的時間。

【第3項】 如申請專利範圍第1項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中(d)中之打開該製程腔室閥的步驟發生於(b)中之打開該安瓿的該一或更多閥的步驟之後實質上等於一管線填充時間的時間量，其中該管線填充時間係前驅物從該安瓿流至該製程腔室所需的時間。

【第4項】 如申請專利範圍第1項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中(e)中之關閉該製程腔室閥的步驟發生於(c)中之關閉該安瓿的該一或更

多閥的步驟之後實質上等於一管線填充時間的時間量，其中該管線填充時間係前驅物從該安瓿流至該製程腔室所需的時間。

【第5項】如申請專利範圍第1、3及4項之任一項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中(c)中之關閉該安瓿的該一或更多閥的步驟發生於(b)中之打開該安瓿的該一或更多閥的步驟之後實質上等於一吸附時間的時間量。

【第6項】如申請專利範圍第1-3項之任一項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中(e)中之關閉該製程腔室閥的步驟發生於(d)中之打開該製程腔室閥的步驟之後實質上等於該吸附時間的時間量。

【第7項】如申請專利範圍第1項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中：

(b)中之打開該安瓿的該一或更多閥的步驟發生於該注入步驟開始之前實質上等於一管線填充時間的時間量，其中該管線填充時間係前驅物從該安瓿流至該製程腔室所需的時間；

(c)中之關閉該安瓿的該一或更多閥的步驟發生於(b)中之打開該安瓿的該一或更多閥的步驟之後實質上等於一吸附時間的時間量；

(d)中之打開該製程腔室閥的步驟發生於(b)中之打開該安瓿的該一或更多閥的步驟之後實質上等於該管線填充時間的時間量；以及

(e)中之關閉該製程腔室閥的步驟發生於(d)中之打開該製程腔室閥的步驟之後實質上等於該吸附時間的時間量。

【第8項】如申請專利範圍第7項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中該吸附時間係選自以下者組成的群組：小於該管線填充時間的一時間、大於該管線填充時間的一時間、及等於該管線填充時間的一時間。

【第9項】 如申請專利範圍第1-4項之任一項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中該安瓿的該一或更多閥係在該注入步驟之前被打開，以使該前驅物在該注入步驟開始時抵達該製程腔室。

【第10項】 如申請專利範圍第1-4項之任一項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中該安瓿的該一或更多閥係在該注入步驟之前被打開，以使該前驅物在該注入步驟開始時至少部分地填充該氣體管線。

【第11項】 如申請專利範圍第1、3及4項之任一項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中該安瓿的該一或更多閥係在該注入步驟結束之前被關閉，以導致在該注入步驟結束時，實質上無前驅物殘留於該氣體管線中。

【第12項】 如申請專利範圍第1、3及4項之任一項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中該安瓿的該一或更多閥係在一定量之前驅物在該氣體管線中之後被關閉，以在一晶圓上達成一期望吸附狀態。

【第13項】 如申請專利範圍第1-3項之任一項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中該製程腔室閥係在一晶圓上已發生一期望吸附狀態之後被關閉。

【第14項】 如申請專利範圍第1-3項之任一項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中該製程腔室閥係在實質上無前驅物殘留於該氣體管線中時被關閉。

【第15項】 如申請專利範圍第1-4項之任一項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，更包含：

判定一管線填充時間，其中該管線填充時間係前驅物從該安瓿流至該製程腔室所需的時間。

【第16項】一種用於半導體處理工具的控制器，該半導體處理工具包含一前驅物輸送系統，該控制器包含：

至少一記憶體；以及

至少一處理器，其係與該至少一記憶體通訊連接，且係配置成與該半導體處理工具及該前驅物輸送系統通訊連接，其中該至少一記憶體儲存用以控制該至少一處理器進行以下動作的電腦可執行指令：

使一氣體流通過一氣體管線，

在一注入步驟之前實質上等於一管線填充時間的時間量，打開一安瓿的一或更多閥，以使前驅物開始從該安瓿通過該氣體管線流至一製程腔室，其中該管線填充時間係前驅物從該安瓿流至該製程腔室所需的時間，

關閉該安瓿的該一或更多閥，以使該前驅物停止從該安瓿流出，

在該注入步驟開始時，打開一製程腔室閥，以容許前驅物流入該製程腔室，以及

在該注入步驟結束時，關閉該製程腔室閥，以使前驅物停止流入該製程腔室。

【第17項】如申請專利範圍第16項之用於半導體處理工具的控制器，其中該至少一記憶體更儲存用以控制該至少一處理器進行以下動作的電腦可執行指令：

在該注入步驟之前，打開該安瓿的該一或更多閥，以使該前驅物在該注入步驟開始時抵達該製程腔室。

【第18項】 如申請專利範圍第16項或第17項之用於半導體處理工具的控制器，其中該至少一記憶體更儲存用以控制該至少一處理器進行以下動作的電腦可執行指令：

在該注入步驟之前，關閉該安瓿的該一或更多閥，以導致在該注入步驟結束時，實質上無前驅物殘留於該氣體管線中。

【第19項】 如申請專利範圍第16項或第17項之用於半導體處理工具的控制器，其中該至少一記憶體更儲存用以控制該至少一處理器進行以下動作的電腦可執行指令：

在一定量之前驅物係在該氣體管線中之後，關閉該安瓿的該一或更多閥，以在一晶圓上達成一期望吸附狀態。

【第20項】 一種前驅物輸送系統，該系統包含：

一安瓿；

複數氣體管線，用以流體連接至該安瓿及一處理腔室；

複數閥，其係配置成控制以下流體流動：通過該複數氣體管線之至少一者的流體流動、進出該安瓿的流體流動、以及進入該處理腔室的流體流動；以及

一控制器，用以控制該前驅物輸送系統中的流體流動，該控制器包含控制邏輯，用以：

使一氣體流通過一氣體管線，

在一注入步驟之前實質上等於一管線填充時間的時間量，打開一安瓿的一或更多閥，以使前驅物開始從該安瓿通過該氣體管線流至一

製程腔室，其中該管線填充時間係前驅物從該安瓿流至該製程腔室所需的時間，

關閉該安瓿的該一或更多閥，以使該前驅物停止從該安瓿流出，

在該注入步驟開始時，打開一製程腔室閥，以容許前驅物流入該製程腔室，以及

在該注入步驟結束時，關閉該製程腔室閥，以使前驅物停止流入該製程腔室。

【第21項】 一種半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，該方法包含：

(a)使氣體流過一氣體管線；

(b)在一注入步驟之前，打開一安瓿的一或更多閥，以使前驅物開始從該安瓿通過該氣體管線流至一製程腔室；

(c)關閉該安瓿的該一或更多閥，以使該前驅物停止從該安瓿流出；

(d)在該注入步驟開始時並且在(b)中之打開該安瓿的該一或更多閥的步驟之後實質上等於一管線填充時間的時間量，打開一製程腔室閥，以容許前驅物流入該製程腔室，其中該管線填充時間係前驅物從該安瓿流至該製程腔室所需的時間；以及

(e)在該注入步驟結束時，關閉該製程腔室閥，以使前驅物停止流入該製程腔室。

【第22項】 一種半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，該方法包含：

(a)使氣體流過一氣體管線；

(b)在一注入步驟之前實質上等於一管線填充時間的時間量，打開一安瓿的一或更多閥，以使前驅物開始從該安瓿通過該氣體管線流至一製程腔室，其中該管線填充時間係前驅物從該安瓿流至該製程腔室所需的時間；

(c)在(b)中之打開該安瓿的該一或更多閥的步驟之後實質上等於該注入步驟之一期望吸附時間的時間量，關閉該安瓿的該一或更多閥，以使該前驅物停止從該安瓿流出；

(d)在該注入步驟開始時並且在(b)中之打開該安瓿的該一或更多閥的步驟之後實質上等於該管線填充時間的時間量，打開一製程腔室閥；以及

(e)在該注入步驟結束時並且在(d)中之打開該製程腔室閥的步驟之後實質上等於該期望吸附時間的時間量，關閉該製程腔室閥，以使前驅物停止流入該製程腔室。

【第23項】 一種半導體處理工具中前驅物輸送的控制方法，該方法包含：

(a)在一注入步驟之前實質上等於一管線填充時間的時間量，使前驅物開始從一前驅物源流至一製程腔室，其中該管線填充時間係前驅物從該前驅物源流至該製程腔室所需的時間；

(b)使該前驅物停止從該前驅物源流出；

(c)在該注入步驟開始時，打開一製程腔室閥，以容許前驅物流入該製程腔室；以及

(d)在該注入步驟結束時，關閉該製程腔室閥，以使前驅物停止流入該製程腔室。

【第24項】 如申請專利範圍第23項之半導體處理工具中前驅物輸送的控制方法，其中該前驅物係處於液體狀態。

【第25項】 如申請專利範圍第23項之半導體處理工具中前驅物輸送的控制方法，其中該前驅物係處於蒸汽狀態。

【第26項】 如申請專利範圍第23項之半導體處理工具中前驅物輸送的控制方法，其中(a)更包含使氣體流動，該氣體使該前驅物通過一氣體管線移動至該製程腔室。

【第27項】 如申請專利範圍第26項之半導體處理工具中前驅物輸送的控制方法，其中該氣體包含下列一或更多者：惰性氣體或非惰性氣體。

【第28項】 如申請專利範圍第23項之半導體處理工具中前驅物輸送的控制方法，其中該前驅物包含用以沉積金屬、氧化物、矽、以及二氧化矽之層的一或更多材料。

【第29項】 一種半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，該方法包含：

(a)使氣體流過一氣體管線；

(b)在於其期間前驅物被輸送至一製程腔室中之一晶圓的一製程步驟之前實質上等於一管線填充時間的時間量，打開一安瓿的一或更多閥，以使前驅物開始從該安瓿通過該氣體管線流至該製程腔室，其中該管線填充時間係前驅物從該安瓿流至該製程腔室所需的時間；

(c)關閉該安瓿的該一或更多閥，以使該前驅物停止從該安瓿流出；

(d)在於其期間前驅物被輸送至該製程腔室中之該晶圓的該製程步驟開始時，打開一製程腔室閥，以容許前驅物流入該製程腔室；以及

(e)在於其期間前驅物被輸送至該製程腔室中之該晶圓的該製程步驟結束時，關閉該製程腔室閥，以使前驅物停止流入該製程腔室。

【第30項】 如申請專利範圍第29項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中該製程步驟包含該前驅物在該晶圓上的吸附。

【第31項】 如申請專利範圍第29項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中該製程步驟包含該前驅物轉變成膜或層。

【第32項】 如申請專利範圍第31項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中該製程步驟更包含使用電漿引發該前驅物的反應。

【第33項】 如申請專利範圍第31項之半導體處理工具中前驅物流動的控制方法，其中：

該製程步驟更包含使第二製程氣體流至該製程腔室，以及
該第二製程氣體使該前驅物的反應引發。

【第34項】 一種前驅物輸送系統，包含：

一安瓿；

複數氣體管線，用以流體連接至該安瓿及一製程腔室；

複數閥，其係配置成控制以下流體流動：通過該複數氣體管線之至少一者的流體流動、進出該安瓿的流體流動、以及進入該製程腔室的流體流動；

一或更多感測器，其係配置成產生與複數因素有關的感測器資料，該等因素係相關聯於從該安瓿到該製程腔室之前驅物流動；以及

一控制器，用以控制該前驅物輸送系統中的流體流動，該控制器包含控制邏輯，用以致使：

在一注入步驟之前實質上等於一第一管線填充時間的時間量，打開該安瓿的一或更多閥，以使前驅物開始從該安瓿通過該氣體管線流至該製程

腔室，其中該第一管線填充時間係前驅物從該安瓿流至該製程腔室所需的時間，

關閉該安瓿的該一或更多閥，以使該前驅物停止從該安瓿流出，以及

基於與相關聯於該前驅物流動的因素有關的感測器資料，調整一後續注入步驟之打開及/或關閉該安瓿之該一或更多閥的時間。

【第35項】 如申請專利範圍第34項之前驅物輸送系統，其中相關聯於該前驅物流動的該等因素為下列一或更多者：安瓿溫度、該安瓿中的上部空間壓力、或推進氣體流動。

【第36項】 如申請專利範圍第34項之前驅物輸送系統，其中該一或更多感測器包含下列一或更多者：一安瓿溫度表、一壓力表、或一質量流量控制器。

【第37項】 如申請專利範圍第34項之前驅物輸送系統，更包含該製程腔室，其中：

該一或更多感測器包含一壓力表，該壓力表係設置在該製程腔室的一入口處並且配置成偵測進入該製程腔室之氣體流的壓力變化，

該感測器資料包含進入該製程腔室之氣體流的壓力變化，以及

該調整之步驟係基於該感測器資料。

【第38項】 如申請專利範圍第34項之前驅物輸送系統，其中：

該控制器更包含用以基於該感測器資料以判定下列一或更多者的控制邏輯：一吸附時間或一管線填充時間，以及

該調整之步驟係基於該判定之步驟。

【第39項】 一種半導體處理設備，包含：

一製程腔室，配置成容納一品圓；

一安瓿；

複數氣體管線，用以流體連接至該安瓿及該製程腔室；

複數閥，其係配置成控制以下流體流動：通過該複數氣體管線之至少一者的流體流動、進出該安瓿的流體流動、以及進入該製程腔室的流體流動；

以及

一控制器，包含控制邏輯，用以：

使一氣體流通過一氣體管線，

在一注入步驟之前實質上等於一管線填充時間的時間量，打開該安瓿的一或更多閥，以使前驅物開始從該安瓿通過該氣體管線流至該製程腔室，其中該管線填充時間係前驅物從該安瓿流至該製程腔室所需的時間，

關閉該安瓿的該一或更多閥，以使該前驅物停止從該安瓿流出，

在該注入步驟開始時，打開一製程腔室閥，以容許前驅物流入該製程腔室，以及

在該注入步驟結束時，關閉該製程腔室閥，以使前驅物停止流入該製程腔室。

【第40項】 如申請專利範圍第39項之半導體處理設備，其中該控制器更包含用以進行下者的控制邏輯：

在打開該安瓿的該一或更多閥之後實質上等於該注入步驟之一期望吸附時間的時間量，關閉該安瓿的該一或更多閥，

在打開該安瓿的該一或更多閥之後實質上等於該管線填充時間的時間量，打開該製程腔室閥，以及

在打開該製程腔室閥之後實質上等於該期望吸附時間的時間量，關閉該製程腔室閥。

【第41項】 如申請專利範圍第39項之半導體處理設備，其中該控制器更包含用以進行下者的控制邏輯：在該注入步驟之前，打開該安瓿的該一或更多閥，以使該前驅物在該注入步驟開始時到達該製程腔室。

【第42項】 如申請專利範圍第39項之半導體處理設備，其中該控制器更包含用以進行下者的控制邏輯：在一定量之前驅物係在該氣體管線中之後，關閉該安瓿的該一或更多閥，以在一晶圓上達成一期望吸附狀態。

【發明圖式】

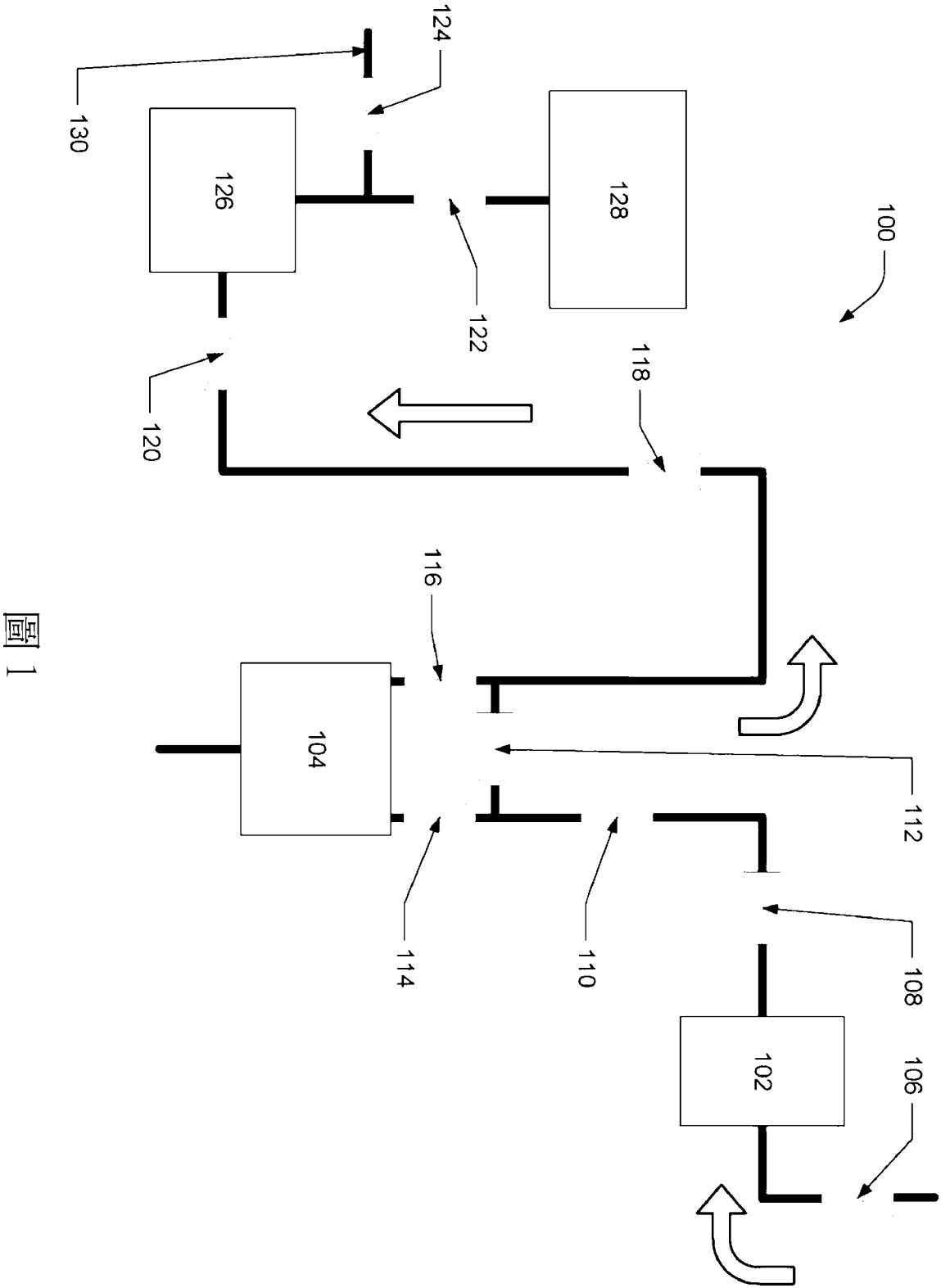


圖 1

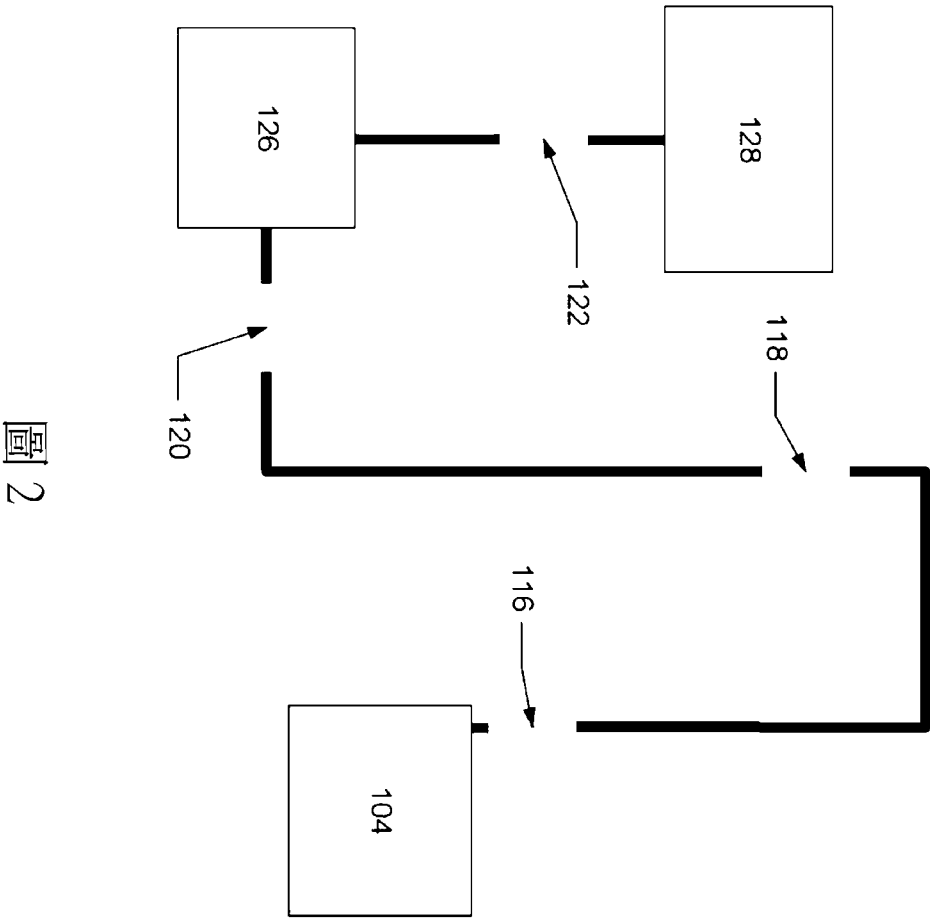


圖 2

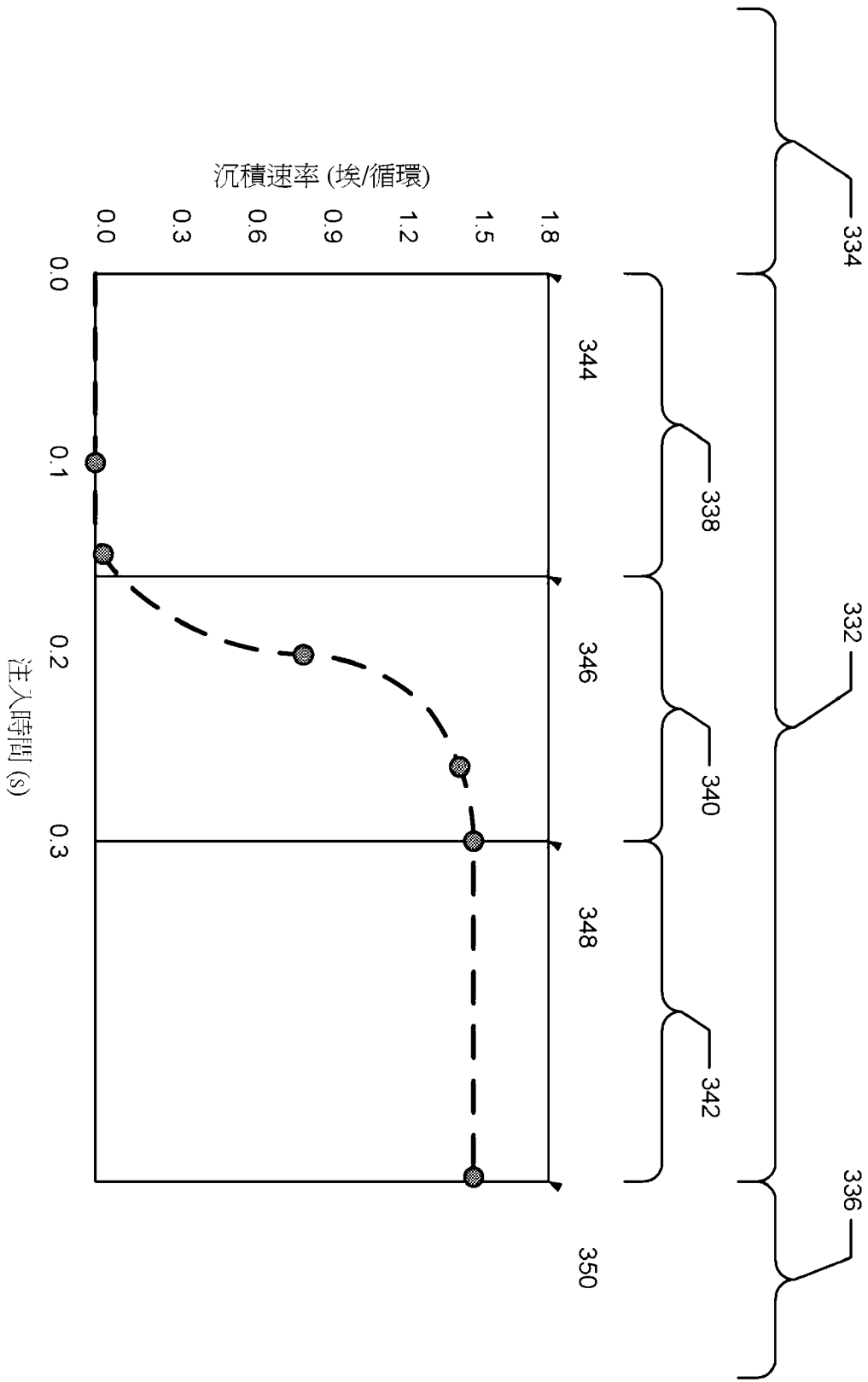


圖 3

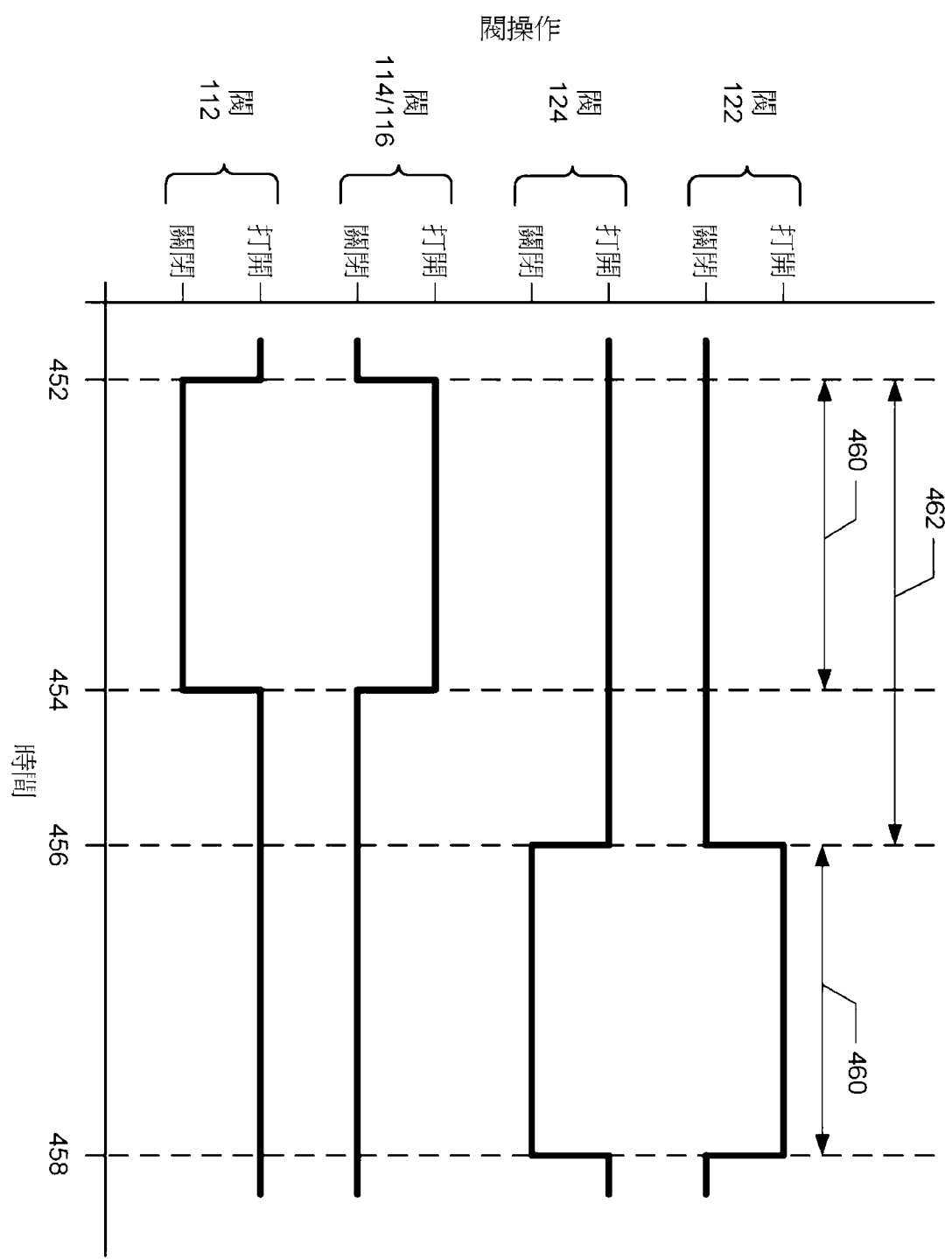


圖 4

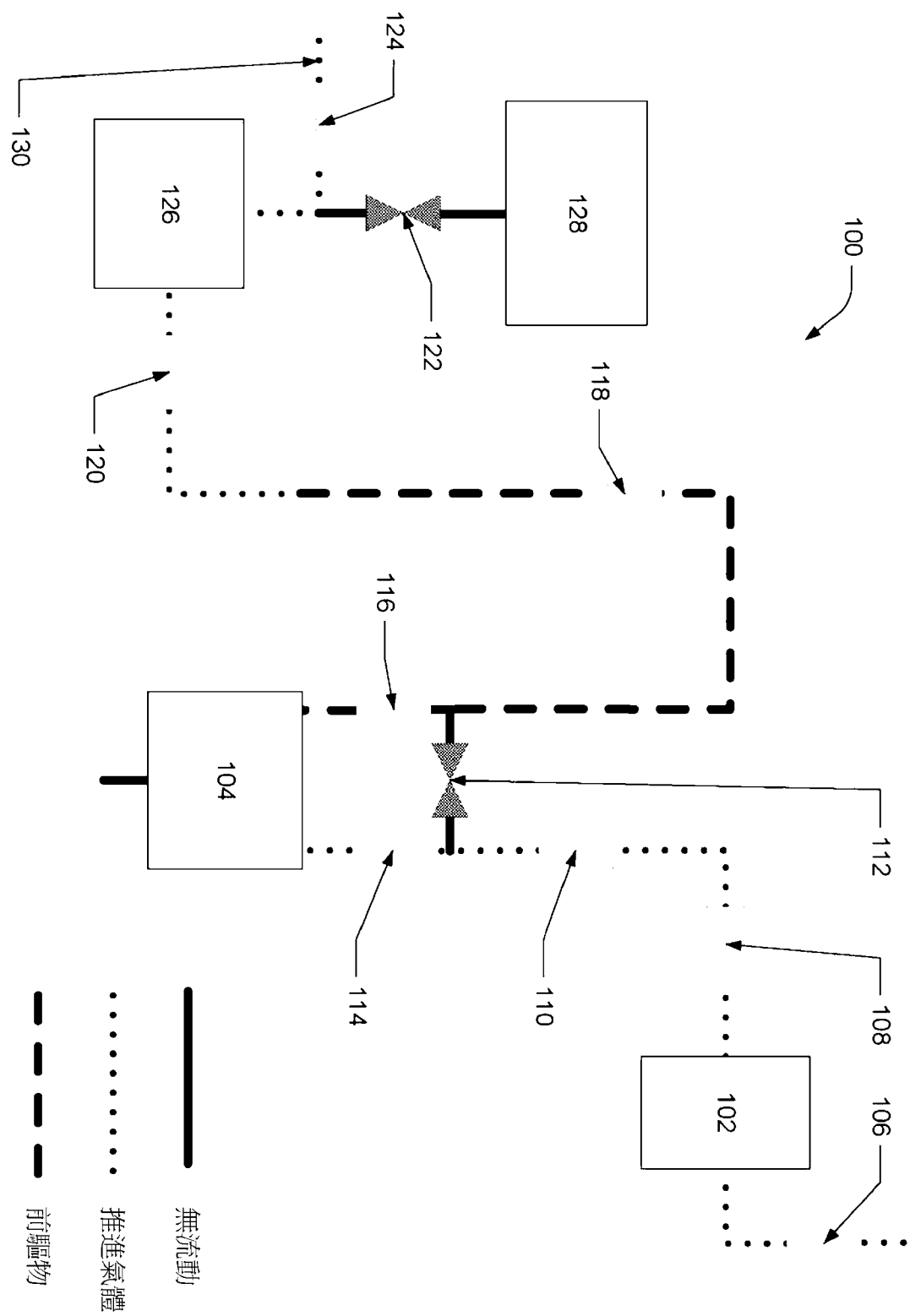


圖 5

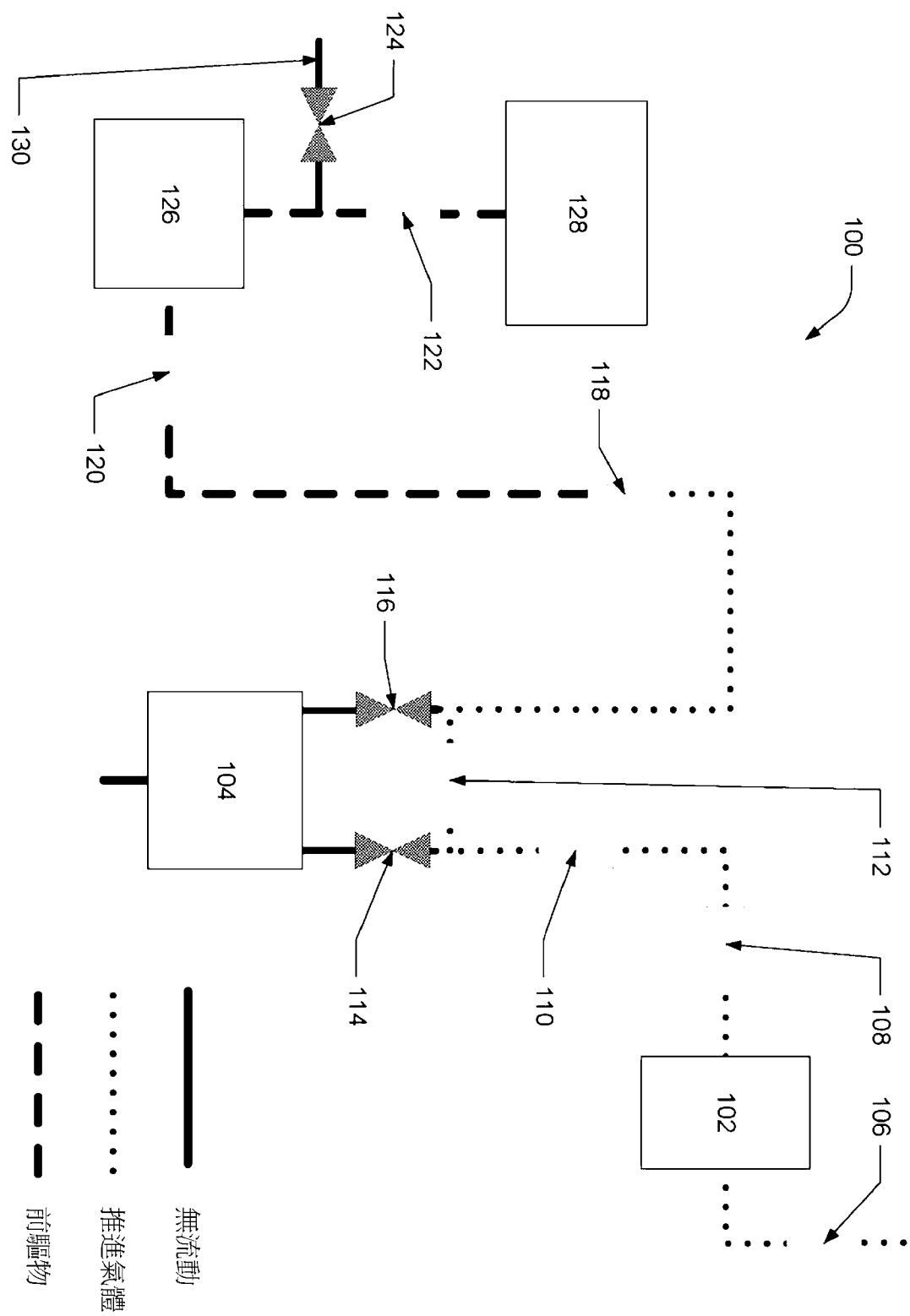


圖 6

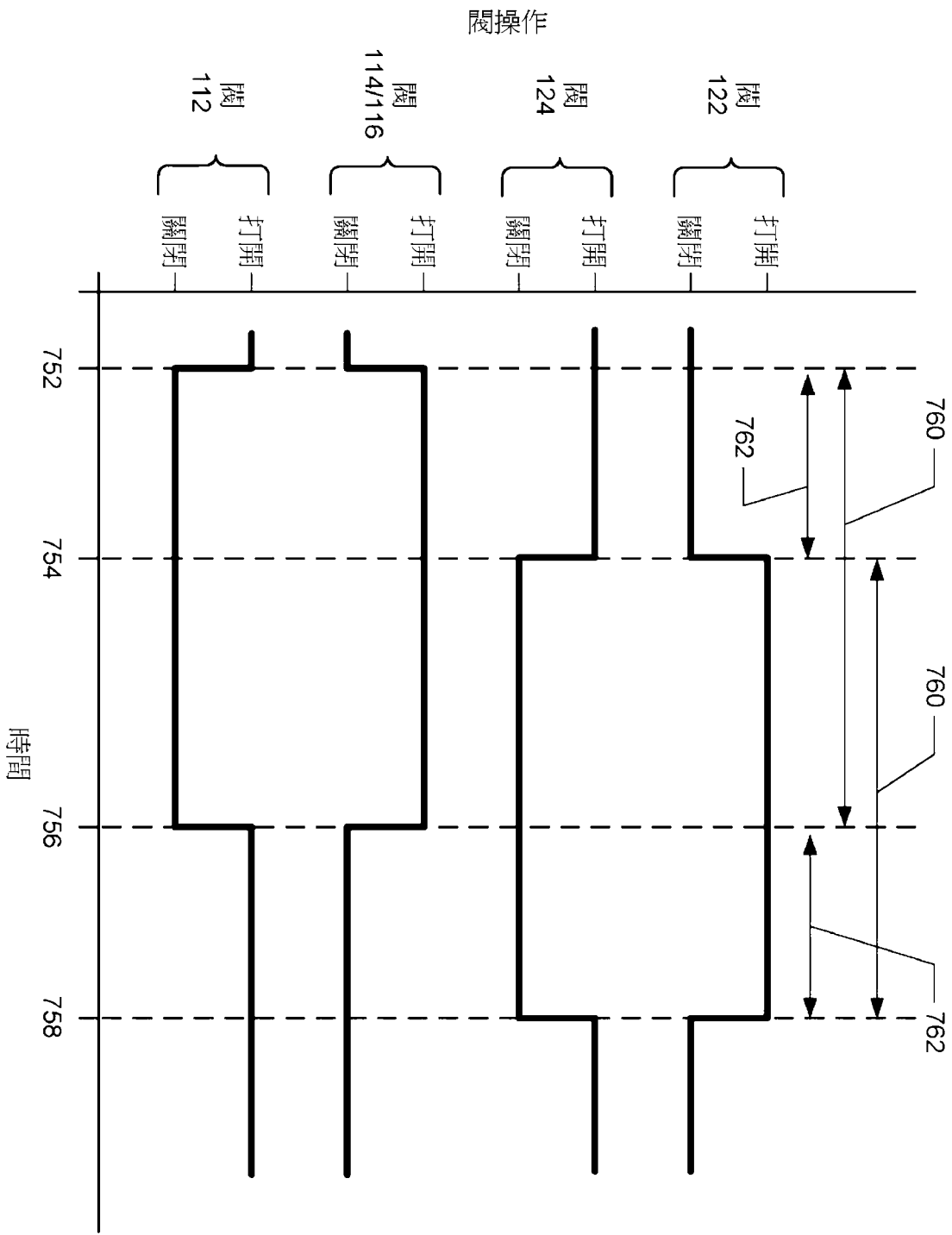


圖 7

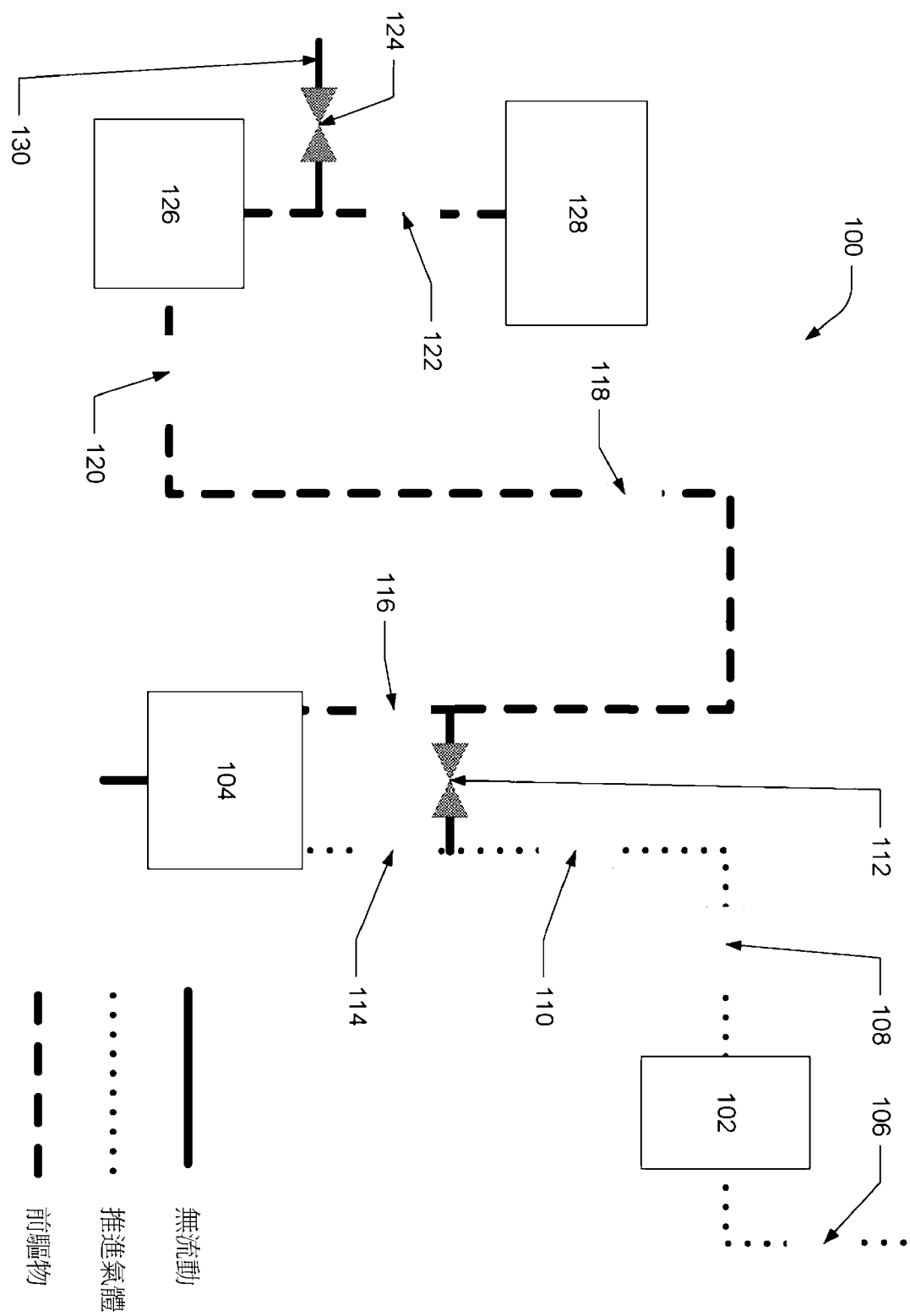


圖 8

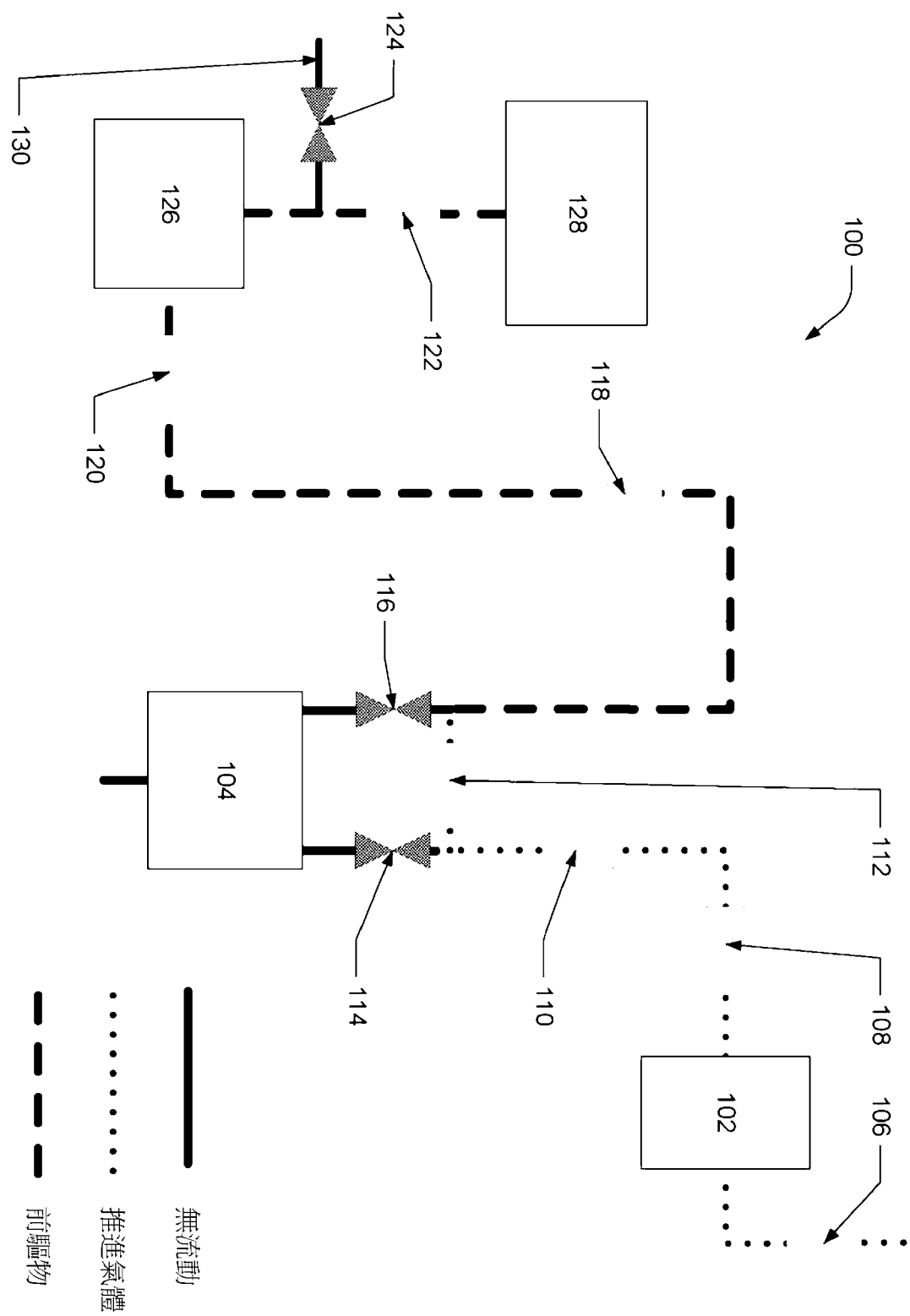


圖 9

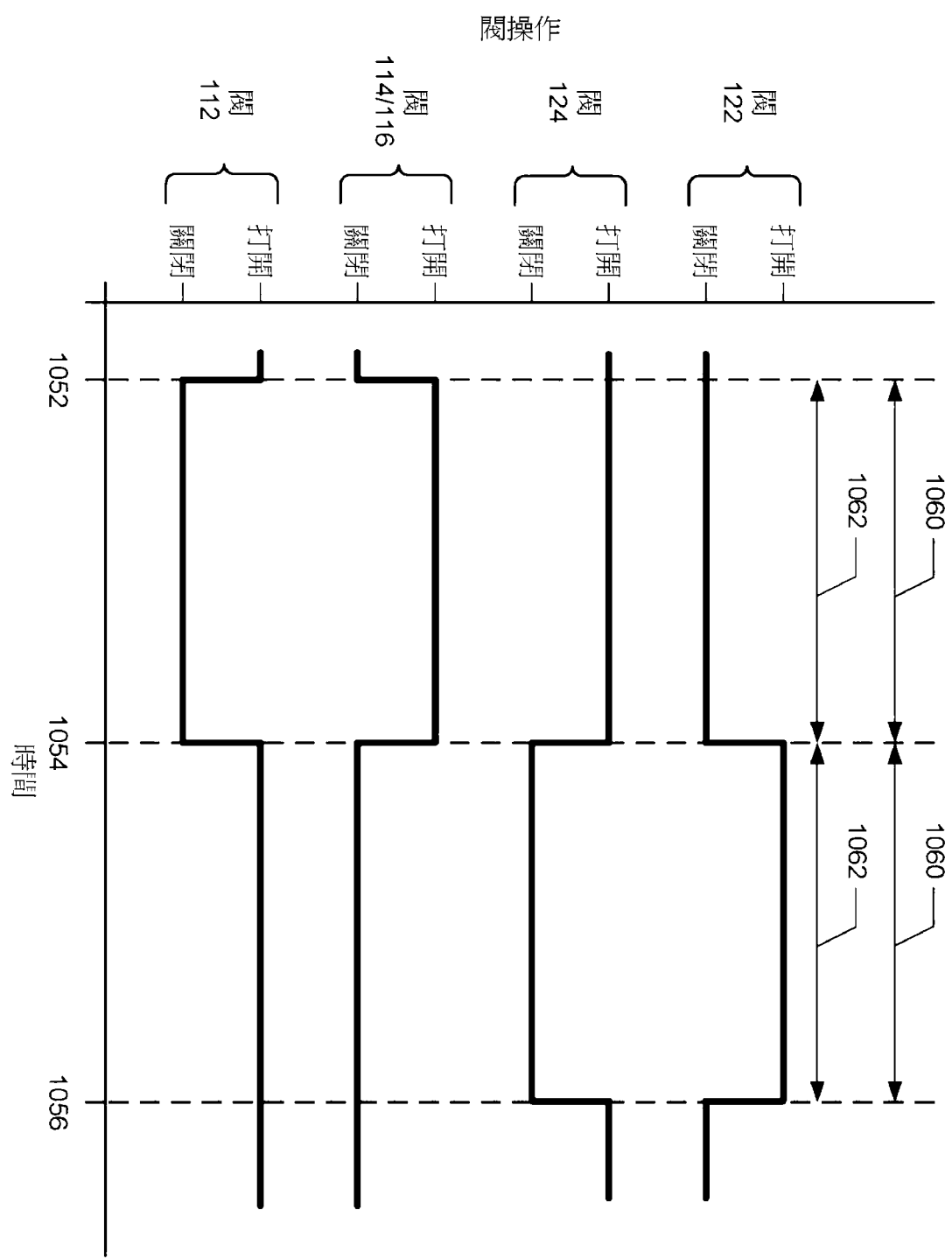


圖 10

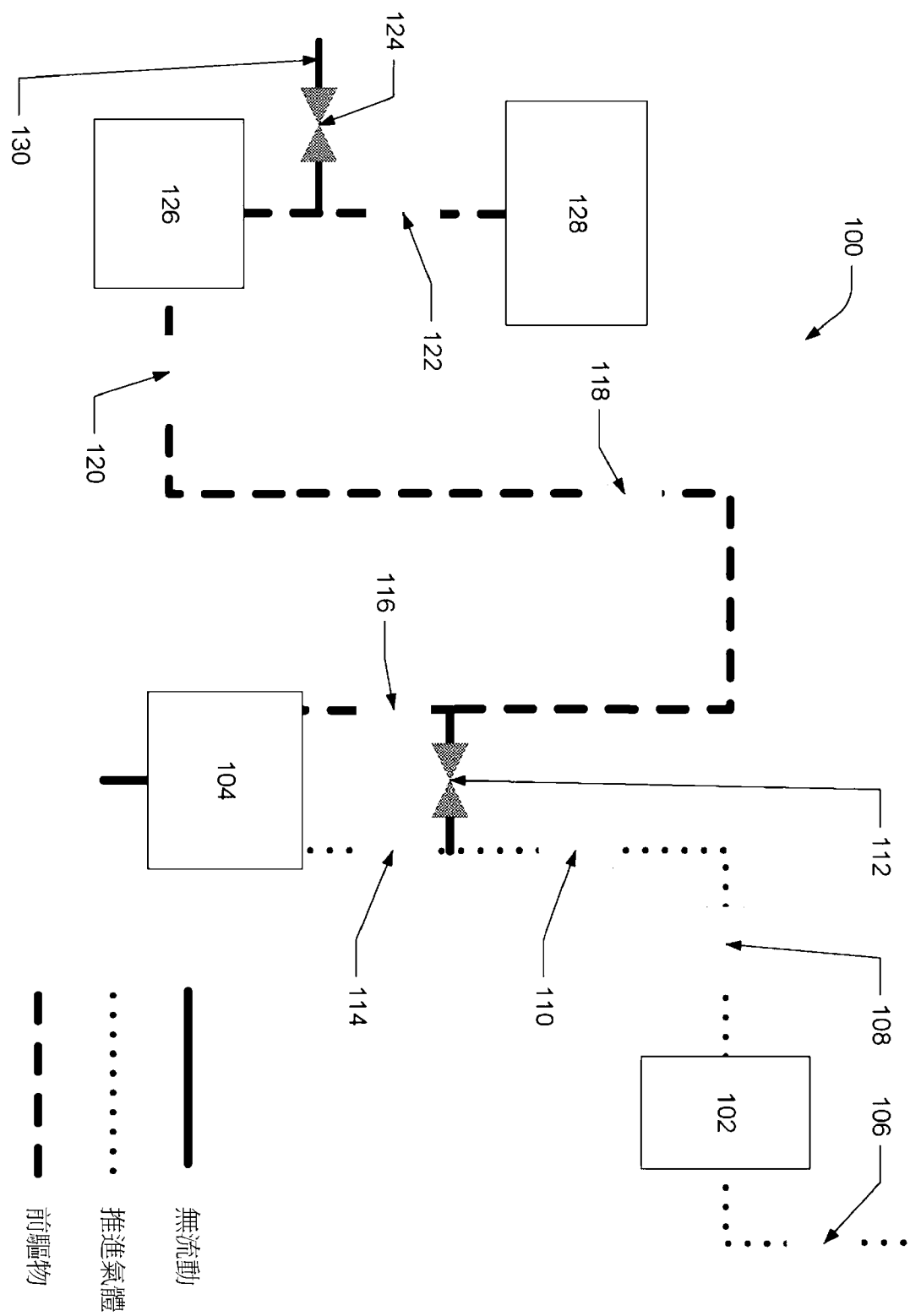


圖 11

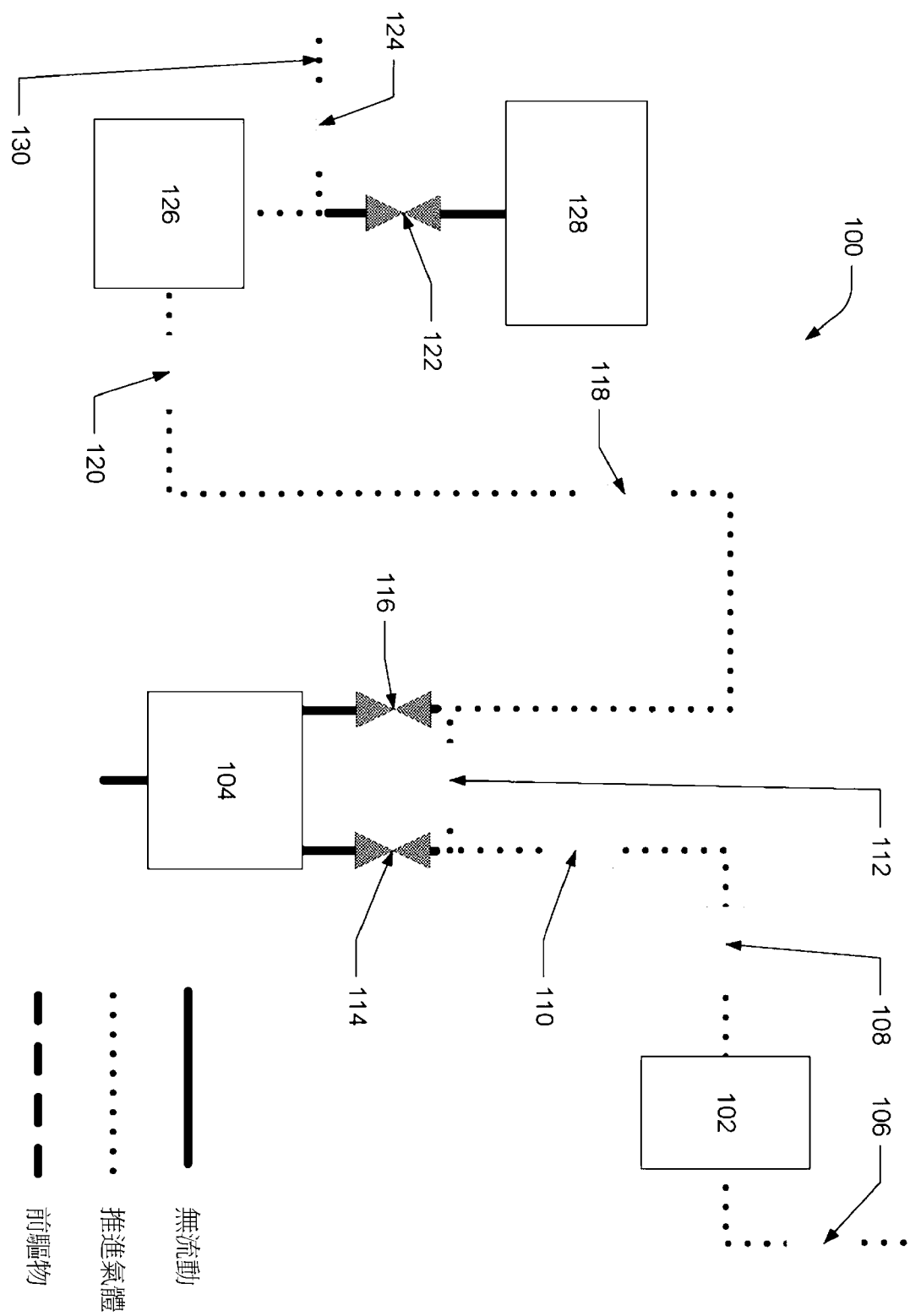


圖 12

製程	注入時間 (s)	安瓶打開時間 (秒/循環)	沉積速率 (埃/循環)	不均勻度 (半範圍不均勻度)	化學物使用量 (公克/晶圓)
典型製程	0.15	0.3	1.430	0.68	0.323
新製程	0.15	0.2	1.440	0.58	0.225

圖 13

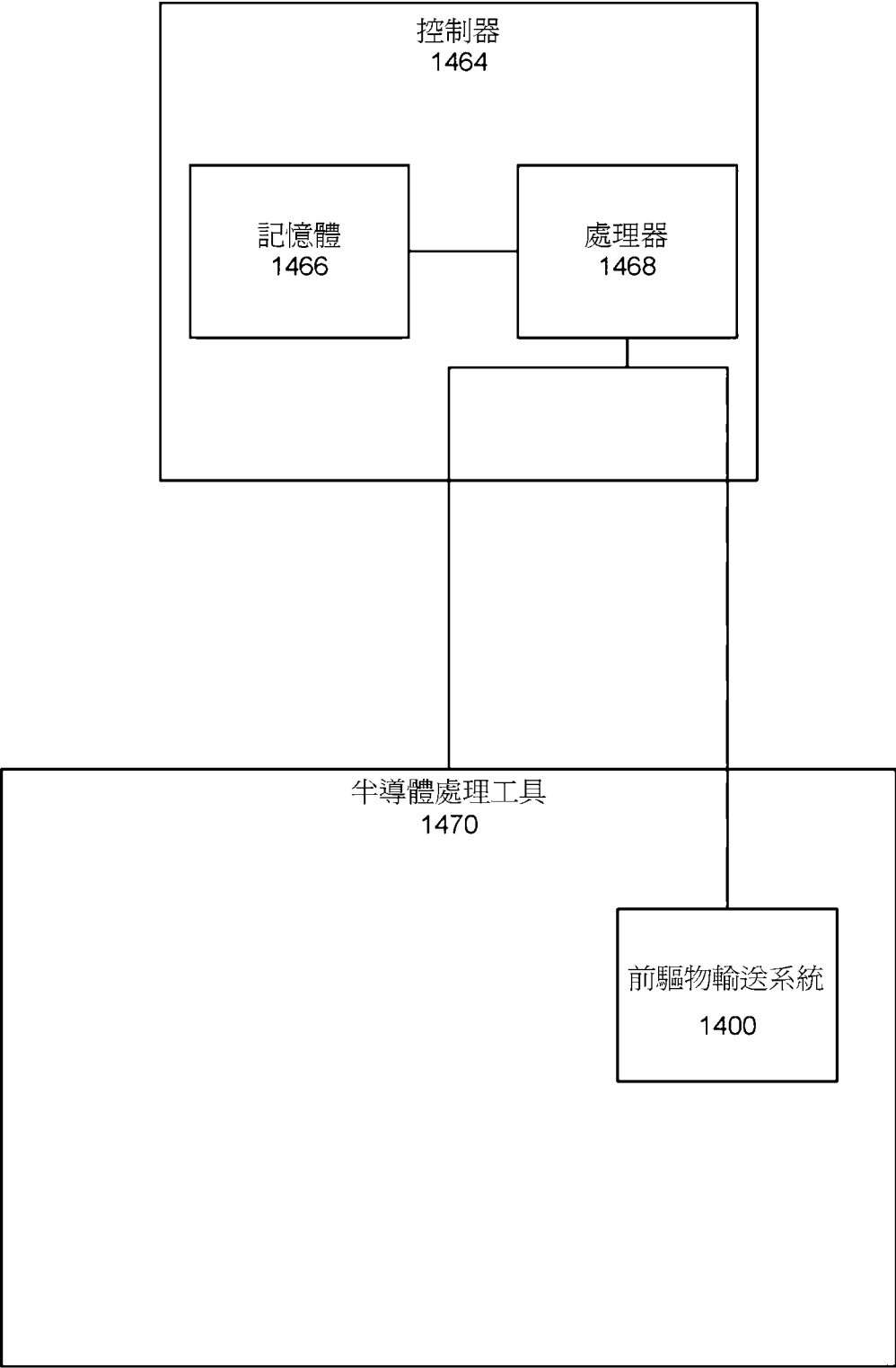


圖 14