



(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 I493107 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 07 月 21 日

(21)申請案號：102126755

(22)申請日：中華民國 95 (2006) 年 11 月 21 日

(51)Int. Cl. : **F04B49/06 (2006.01)****F04B23/00 (2006.01)****F04B25/00 (2006.01)**

(30)優先權：2005/11/21 世界智慧財產權組織 PCT/US2005/42127

2005/12/02 美國 60/741,660

2006/09/01 美國 60/841,725

(71)申請人：恩特葛瑞斯公司 (美國) ENTEGRIS, INC. (US)

美國

(72)發明人：喬治 康乃拉 GEORGE, GONNELLA (US)；詹姆士 賽隆 JAMES, CEDRONE

(US)；伊拉 賈西蓋 IRAJ, GASHGAE (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 477862

TW I225908

US 5312233

US 2005/0244276A1

審查人員：施文彬

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：10 共 37 頁

(54)名稱

用於在一幫浦中一機械活塞之位置控制之系統及方法

SYSTEM AND METHOD FOR POSITION CONTROL OF A MECHANICAL PISTON IN A PUMP

(57)摘要

本文中所揭示之系統及方法之實施例利用一無刷 DC 馬達(BLDCM)以在一幫浦系統中驅動一單級或一多級幫浦，以用於進行適用於半導體製造中的即時平穩運動及對流體移動與施配量之極精確並可重複的位置控制。該 BLDCM 可採用一位置感應器以用於對一執行一定製場導向控制機制之處理器的即時位置回饋。本發明之實施例可藉由根據基礎功能之決定性條件(criticality)而經由一定製控制機制來增加及減小該 BLDCM 之操作頻率而在無不良地損害施配幫浦之精確位置控制的情況下減少熱產生。該控制機制可在維持一恆定速度的同時使該 BLDCM 以極低速度運轉，此使該幫浦系統能夠以最小變化而在一寬廣速度範圍內操作，從而大體上增加了施配效能及操作能力。

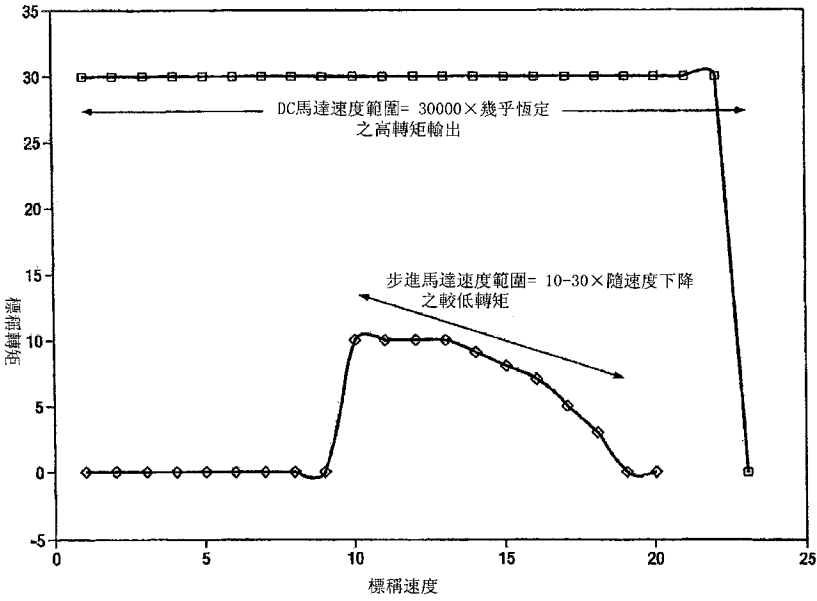


圖 5

發明摘要

公告本

※ 申請案號：102126755 (由95142923分割)

※ 申請日：95-11-21

※ IPC 分類：F04B 49/06 (2006.01)

F04B 23/00 (2006.01)

F04B 25/00 (2006.01)

【發明名稱】

用於在一幫浦中一機械活塞之位置控制之系統及方法

SYSTEM AND METHOD FOR POSITION CONTROL OF A

MECHANICAL PISTON IN A PUMP

● 【中文】

本文中所揭示之系統及方法之實施例利用一無刷DC馬達(BLDCM)以在一幫浦系統中驅動一單級或一多級幫浦，以用於進行適用於半導體製造中的即時平穩運動及對流體移動與施配量之極精確並可重複的位置控制。該BLDCM可採用一位置感應器以用於對一執行一定製場導向控制機制之處理器的即時位置回饋。本發明之實施例可藉由根據基礎功能之決定性條件(criticality)而經由一定製控制機制來增加及減小該BLDCM之操作頻率而在無不良地損害施配幫浦之精確位置控制的情況下減少熱產生。該控制機制可在維持一恆定速度的同時使該BLDCM以極低速度運轉，此使該幫浦系統能夠以最小變化而在一寬廣速度範圍內操作，從而大體上增加了施配效能及操作能力。

● 【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 5 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

（無元件符號說明）

【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】

用於在一幫浦中一機械活塞之位置控制之系統及方法

SYSTEM AND METHOD FOR POSITION CONTROL OF A
MECHANICAL PISTON IN A PUMP

【技術領域】

本發明大體而言係關於流體幫浦。更明確地說，本發明之實施例係關於用於在適用於半導體製造中之馬達驅動單級或多級幫浦中一機械活塞之位置控制之系統及方法。

【先前技術】

存在對流體被幫浦裝置施配之量及/或速率之精確控制為必要的許多應用。例如，在半導體處理中，重要的係控制諸如光阻化學品之光化學品塗覆至半導體晶圓之量及速率。在處理期間塗覆至半導體晶圓之塗層通常需要以埃為單位而量測的在整個晶圓之表面上之某一平坦度及/或均勻厚度。必須仔細地控制處理化學品塗覆(亦即，施配)至晶圓上之速率以確保均勻地塗覆處理液體。

用於半導體工業中之光化學品現今通常係極昂貴的，每公升花費多達\$1000及以上。因此，高度需要確保使用最小但充足量之化學品且確保化學品不受到幫浦裝置之損害。

不幸地是，此等所需品質可由於許多相關障礙而極難以在現今之幫浦系統中達成。例如，歸因於引入之供應問題，壓力可隨不同系統而變化。歸因於流體動力學及特性，壓力需要隨不同流體而變化(例如，具有較高黏度之流體需要較多壓力)。在操作中，來自幫浦系統(例如，步進馬達)之各種部分的振動尤其在施配階段中可能會不利

地影響幫浦系統之效能。在利用氣動幫浦之幫浦系統中，當出現螺線管時，其可導致大的壓力尖峰。在利用多級幫浦之幫浦系統中，操作中之小假信號(glitch)亦可導致液體中之尖銳壓力尖峰。此等壓力尖峰及後續之壓降可損害流體(亦即，可不利地改變流體之物理特徵)。此外，壓力尖峰可導致積聚流體壓力，其可導致施配幫浦施配比所欲流體多的流體或以具有不利動力學之方式來施配流體。此外，因為此等障礙係相關的，所以解決一個障礙有時可能會導致許多其他問題及/或使問題更惡化。

通常，幫浦系統在一循環內不能令人滿意地控制壓力變化。存在對新穎幫浦系統之需要，該新穎幫浦系統具有提供即時平穩運動及對流體移動與施配量之極精確並可重複之位置控制的能力。詳言之，存在對在一幫浦中一機械活塞之精確且可重複之位置控制的需要。本發明之實施例可解決該等需要及更多需要。

【發明內容】

本發明之實施例提供用於在一幫浦中一機械活塞之精確且可重複之位置控制之系統及方法，其大體上消除或減少用於半導體製造中之先前所開發之幫浦系統及方法的缺點。更明確地說，本發明之實施例提供一具有馬達驅動幫浦之幫浦系統。

在本發明之一實施例中，馬達驅動幫浦為一施配幫浦。

在本發明之實施例中，施配幫浦可為多級或單級幫浦之一部分。

在本發明之一實施例中，一雙級施配幫浦藉由一永磁同步馬達(PMSM)及一利用場導向控制(FOC)之數位信號處理器(DSP)來驅動。

在本發明之一實施例中，施配幫浦藉由一具有一用於即時位置回饋之位置感應器的無刷DC馬達(BLDCM)來驅動。

本文中所揭示之本發明之實施例的優點包括提供即時平穩運動

及對流體移動與施配量之極精確並可重複之位置控制的能力。

本發明之一目標為在無不良地損害施配幫浦之精確位置控制的情況下減少熱產生。此目標藉由一定製控制機制而可在本發明之實施例中達成，該定製控制機制經組態以增加用於決定性功能(諸如施配)之馬達之位置控制演算法的操作頻率及將操作頻率降低至用於非決定性功能之最佳範圍。

由本發明之實施例所提供之另一優點為增強之速度控制。本文中所揭示之定製控制機制可使馬達以極低速度運轉且仍維持一恆定速度，此使本文中所揭示之新穎幫浦系統能夠以最小變化而在一寬廣速度範圍內操作，從而大體上增加了施配效能及操作能力。

【圖式簡單說明】

圖1為根據本發明之一實施例之具有無刷DC馬達之馬達總成的圖示；

圖2為根據本發明之一實施例之實施無刷DC馬達之多級幫浦的圖示；

圖3為根據本發明之一實施例之實施多級幫浦之幫浦系統的圖示；

圖4為用於本發明之一實施例之閥門及馬達時序的圖示；

圖5為根據本發明之一實施例比較無刷DC馬達與步進馬達之平均轉矩輸出及速度範圍的曲線圖；

圖6為根據本發明之一實施例比較無刷DC馬達與步進馬達之間的平均馬達電流及負載的曲線圖；

圖7為展示30 kHz馬達操作與10 kHz馬達操作之間的差異的曲線圖；

圖8為根據本發明之一實施例說明無刷DC馬達與步進馬達在各種級中之循環時序的流程圖；

圖9為根據本發明之一實施例例示步進馬達與無刷DC馬達在過濾過程開始時之壓力控制時序的流程圖；及

圖10為根據本發明之一實施例之實施無刷DC馬達之單級幫浦的圖示。

【實施方式】

本發明之較佳實施例在下文中參看諸圖來描述，該等圖未必按比例繪製且其中相似數字用以指代各種圖式之相似且對應之部分。

本發明之實施例係針對一具有多級幫浦之幫浦系統，其用於在半導體製造期間將流體饋入且施配至晶圓上。具體而言，本發明之實施例提供一實施多級幫浦之幫浦系統，該多級幫浦包含一藉由一步進馬達驅動之饋入級幫浦及一藉由一無刷DC馬達驅動之施配級幫浦，以用於對流體至晶圓上之流體移動及施配量之極準確且可重複的控制。應注意，如本文中所述之多級幫浦及體現此幫浦之幫浦系統僅以實例方式而非限制方式來提供，且本發明之實施例可經實施用於其他多級幫浦組態。將在下文中更詳細地描述具有精確且可重複之位置控制的馬達驅動幫浦系統之實施例。

圖1為根據本發明之一實施例之具有馬達3030及與其耦接之位置感應器3040之馬達總成3000的示意圖。在圖1中所示之實例中，隔膜總成3010經由導螺桿3020而連接至馬達3030。在一實施例中，馬達3030為永磁同步馬達("PMSM")。在一有刷DC馬達中，電流極性藉由整流器及電刷來改變。然而，在PMSM中，極性反轉藉由與轉子位置同步而切換之功率電晶體來執行。因此，PMSM之特徵可在於"無刷"且被認為比有刷DC馬達可靠。此外，PMSM可藉由以轉子磁鐵來產生轉子磁通量而達成較高效率。PMSM之其他優點包括減少之振動、減少之雜訊(藉由消除電刷)、有效之散熱、較小之佔據面積及低轉子慣性。視如何纏繞定子而定，藉由轉子之運動而在定子中誘發的反電

磁力可具有不同輪廓。一輪廓可具有梯形形狀且另一輪廓可具有正弦形狀。在本揭示案內，術語PMSM意欲表示所有類型之無刷永磁馬達且可與術語無刷DC馬達("BLDCM")互換地使用。

在本發明之實施例中，BLDCM 3030可用作諸如圖2中所示之多級幫浦100之幫浦中的饋入馬達及/或施配馬達。在此實例中，多級幫浦100可包括一饋入級部分105及一單獨施配級部分110。饋入級105及施配級110可包括滾動隔膜幫浦以在多級幫浦100中幫浦流體。例如，饋入級幫浦150("饋入幫浦150")包括：一饋入腔室155，其用以收集流體；一饋入級隔膜160，其用以在饋入腔室155內移動並排出流體；一活塞165，其用以移動饋入級隔膜160；一導螺桿170；及一饋入馬達175。導螺桿170經由螺帽、齒輪或用於將來自馬達之能量賦予導螺桿170的其他機構而耦接至饋入馬達175。饋入馬達175使螺帽旋轉，該螺帽又使導螺桿170旋轉，從而導致活塞165致動。饋入馬達175可為任何適當馬達(例如，步進馬達、BLDCM，等等)。在本發明之一實施例中，饋入馬達175實施一步進馬達。

施配級幫浦180("施配幫浦180")可包括一施配腔室185、一施配級隔膜190、一活塞192、一導螺桿195及一施配馬達200。施配馬達200可為任何適當馬達，包括BLDCM。在本發明之一實施例中，施配馬達200實施圖1之BLDCM 3030。施配馬達200可藉由在施配馬達200處利用場導向控制("FOC")之數位信號處理器("DSP")、藉由多級幫浦100載有之控制器或藉由(例如，在幫浦100外部的)單獨幫浦控制器來控制。施配馬達200可進一步包括一用於施配馬達200之位置之即時回饋的編碼器(例如，細線旋轉位置編碼器或位置感應器3040)。使用位置感應器會給予活塞192之位置之準確且可重複的控制，此導致對施配腔室185中之流體移動之準確且可重複的控制。例如，藉由使用根據一實施例將8000個脈衝給予DSP之2000線編碼器，有可能準確地量

測至0.045度之旋轉並在0.045度之旋轉下控制。此外，BLDCM可以少量振動或無振動而以低速度運轉。施配級部分110可進一步包括一壓力感應器112，其判定流體在施配級110處之壓力。由壓力感應器112所判定之壓力可用以控制各種幫浦之速度。適當壓力感應器包括基於陶瓷及基於聚合物之壓阻性及電容性壓力感應器，包括由德國Korb之Metallux AG所製造的壓力感應器。

自流體流動的觀點，位於饋入級部分105與施配級部分110之間的係過濾器120，其用以過濾來自處理流體之雜質。許多閥門(例如，入口閥125、隔離閥130、阻障閥135、淨化閥140、排放閥145及出口閥147)可經適當地定位以控制流體如何流過多級幫浦100。打開或關閉多級幫浦100之閥門以允許或限制流體流動至多級幫浦100之各種部分。此等閥門可為氣動致動的(例如，氣體驅動的)隔膜閥，其視確定了壓力還是真空而打開或關閉。其他適當閥門係可能的。

在操作中，多級幫浦100可包括就緒段、施配段、填充段、預過濾段、過濾段、排放段、淨化段及靜態淨化段(見圖4)。在饋入段期間，打開入口閥125，且饋入級幫浦150移動(例如，拉動)饋入級隔膜160以將流體吸入至饋入腔室155中。一旦充足量之流體已填充饋入腔室155，即關閉入口閥125。在過濾段期間，饋入級幫浦150移動饋入級隔膜160以自饋入腔室155排出流體。打開隔離閥130及阻障閥135以允許流體穿過過濾器120而流至施配腔室185。根據一實施例，可首先打開隔離閥130(例如，在“預過濾段”中)以允許壓力建置於過濾器120中，且接著打開阻障閥135以允許流體流入施配腔室185中。根據其他實施例，可打開隔離閥130及阻障閥135，且可移動饋入幫浦以在過濾器之施配側上建置壓力。在過濾段期間，可使施配幫浦180到達其原位。如皆以引用的方式併入本文的由Laverdiere等人在2004年11月23日申請之標題為"SYSTEM AND METHOD FOR A VARIABLE HOME

POSITION DISPENSE SYSTEM"的美國臨時專利申請案第60/630,384號及由Laverdiere等人在2005年11月21日申請之標題為"SYSTEM AND METHOD FOR VARIABLE HOME POSITION DISPENSE SYSTEM"的國際申請案第PCT/US2005/042127號以及2008年9月30日申請之對應美國國家階段申請案第11/666,124號中所述，施配幫浦之原位可為在施配循環中在施配幫浦處給予最大可用容積但小於施配幫浦可提供之最大可用容積的位置。基於施配循環之各種參數來選擇原位以減小多級幫浦100之未使用的滯留容積(hold up volume)。可使饋入幫浦150類似地到達提供小於其最大可用容積之容積的原位。

隨著流體流入施配腔室185中，流體之壓力增加。如皆以引用的方式併入本文的由Gonnella等人在2005年12月2日申請之標題為"SYSTEM AND METHOD FOR CONTROL OF FLUID PRESSURE"的美國專利申請案第11/292,559號（現已核准）中所述，施配腔室185中之壓力可藉由調節饋入幫浦150之速度來控制。根據本發明之一實施例，當施配腔室185中之流體壓力達到預定壓力設定點(例如，如由壓力感應器112所判定)時，施配級幫浦180開始撤回施配級隔膜190。換言之，施配級幫浦180增加施配腔室185之可用容積以允許流體流入施配腔室185中。此可(例如)藉由以預定速率來反轉施配馬達200而加以完成，從而導致施配腔室185中之壓力降低。若施配腔室185中之壓力降至設定點以下(在系統之容限內)，則增加饋入馬達175之速率以導致施配腔室185中之壓力達到設定點。若壓力超過設定點(在系統之容限內)，則減小饋入馬達175之速率，從而導致下游施配腔室185中之壓力減少。可重複增加及減小饋入馬達175之速度的過程，直至施配級幫浦到達原位，此時可停止兩個馬達。

根據另一實施例，在過濾段期間第一級馬達之速度可使用"死帶"(dead band)控制機制來控制。當施配腔室185中之壓力達到初始臨限

值時，施配級幫浦可移動施配級隔膜190以允許流體更自由地流入施配腔室185中，藉此導致施配腔室185中之壓力下降。若壓力下降至最小壓力臨限值以下，則增加饋入馬達175之速度，從而導致施配腔室185中之壓力增加。若施配腔室185中之壓力增加至超出最大壓力臨限值，則減小饋入馬達175之速度。此外，可重複增加及減小饋入馬達175之速度的過程，直至施配級幫浦到達原位。

在排放段之開始時，打開隔離閥130，關閉阻障閥135且打開排放閥145。在另一實施例中，阻障閥135可在排放段期間保持打開且在排放段之結束時關閉。在此時間期間，若阻障閥135打開，則壓力可被控制器獲悉，因為可藉由壓力感應器112而量測之施配腔室中之壓力將受到過濾器120中之壓力的影響。饋入級幫浦150將壓力施加至流體以經由打開之排放閥145而自過濾器120移除氣泡。饋入級幫浦150可經控制以導致以預定速率而發生排放，此允許較長之排放時間及較低之排放速率，藉此允許對排放廢物量之準確控制。若饋入幫浦為氣動式幫浦，則可在排放流體路徑中進行流體流動限制，且可增加或減小施加至饋入幫浦之氣壓以維持"排放"設定點壓力，從而給予另外未受控制之方法的某一控制。

在淨化段之開始時，關閉隔離閥130，關閉阻障閥135(若其在排放段中打開)，關閉排放閥145，且打開淨化閥140並打開入口閥125。施配幫浦180將壓力施加至施配腔室185中之流體以經由淨化閥140而排放氣泡。在靜態淨化段期間，停止施配幫浦180，但淨化閥140保持打開以繼續排放空氣。在淨化或靜態淨化段期間所移除之任何過量流體可被導引出多級幫浦100(例如，返回至流體源或丟棄)或再循環至饋入級幫浦150。在就緒段期間，可打開入口閥125、隔離閥130及阻障閥135且關閉淨化閥140，使得饋入級幫浦150可達到來源(例如，來源瓶)之周圍壓力。根據其他實施例，可在就緒段處關閉所有閥門。

在施配段期間，出口閥147打開且施配幫浦180將壓力施加至施配腔室185中之流體。因為出口閥147可比施配幫浦180緩慢地對控制作出反應，所以可首先打開出口閥147且可在某一預定時段以後起動施配馬達200。此防止施配幫浦180推動流體穿過部分打開之出口閥147。此外，此防止流體沿由閥門打開所導致之施配噴嘴(其為微型幫浦)向上移動，繼之以馬達動作所導致之前向流體運動。在其他實施例中，可打開出口閥147且可同時藉由施配幫浦180而開始施配。

可執行一額外反吸段，其中移除施配噴嘴中之過量流體。在該反吸段期間，出口閥147可關閉且一輔助馬達或真空可用以將過量流體自出口噴嘴中吸出。或者，出口閥147可保持打開，且可反轉施配馬達200以將流體反吸至施配腔室中。該反吸段有助於防止過量流體滴至晶圓上。

圖3為體現多級幫浦100之幫浦系統10的圖示。幫浦系統10可進一步包括一流體源15及一幫浦控制器20，其與多級幫浦100協作以將流體施配至晶圓25上。多級幫浦100之操作可藉由幫浦控制器20來控制。幫浦控制器20可包括一電腦可讀媒體27(例如，RAM、ROM、快閃記憶體、光碟、磁碟機或其他電腦可讀媒體)，該電腦可讀媒體27含有用於控制多級幫浦100之操作的一組控制指令30。處理器35(例如，CPU、ASIC、RISC、DSP或其他處理器)可執行該等指令。幫浦控制器20可在幫浦100之內部或外部。具體而言，幫浦控制器可駐留於多級幫浦100上或經由用於傳達控制信號、資料或其他資訊之一或多個通信鏈路而連接至多級幫浦100。作為實例，幫浦控制器20在圖3中被展示為經由通信鏈路40及45而通信地耦接至多級幫浦100。通信鏈路40及45可為網路(例如，以太網路、無線網路、全球區域網路、DeviceNet網路或此項技術中已知或開發之其他網路)、匯流排(例如，SCSI匯流排)或其他通信鏈路。幫浦控制器20可被實施為自載PCB

板、遠端控制器或以其他適當方式來實施。幫浦控制器20可包括適當介面(例如，網路介面、I/O介面、類比數位轉換器及其他組件)以允許幫浦控制器20與多級幫浦100通信。幫浦控制器20可包括此項技術中已知之各種電腦組件，包括處理器、記憶體、介面、顯示設備、周邊裝置或其他電腦組件。幫浦控制器20可控制多級幫浦中之各種閥門及馬達以導致多級幫浦準確地施配流體，包括低黏度流體(亦即，小於100厘泊(cenipoire))或其他流體。如皆以引用的方式併入本文的Cedrone等人在2005年12月2日申請之標題為"I/O INTERFACE SYSTEM AND METHOD FOR A PUMP"的美國臨時專利申請案第60/741,657號(已於2006年11月20日改請為美國專利申請案第11/602,449號及國際申請案第PCT/US06/45127號)中所述之I/O介面連接器描述可用於將幫浦控制器20連接至各種介面及製造工具的I/O配接器。

圖4提供多級幫浦100之操作之各種段之閥門及施配馬達時序的圖示。雖然將若干閥門展示為在段改變期間同時關閉，但可略微分開地(例如，100毫秒)對閥門之關閉進行定時以減小壓力尖峰。例如，在排放段與淨化段之間，可在排放閥145之前不久關閉隔離閥130。然而，應注意，其他閥門時序可用於本發明之各種實施例中。此外，可同時執行該等段中之若干者(例如，可同時執行填充/施配級，在此狀況下，入口閥及出口閥皆可在施配/填充段中打開)。應進一步注意，特定段在每一循環中不必進行重複。例如，可能不在每一循環中執行淨化段及靜態淨化段。類似地，可能不在每一循環中執行排放段。又，可在再裝料之前執行多個施配。

打開及關閉各種閥門可在流體中導致壓力尖峰。在靜態淨化段之結束時關閉淨化閥140(例如)可導致施配腔室185中之壓力增加。可發生此情況，因為每一閥門可在其關閉時排出少量流體。淨化閥

140(例如)可在其關閉時將少量流體排入施配腔室185中。因為當歸因於關閉淨化閥140而發生壓力增加時關閉出口閥147，所以若未降低該壓力，則可在後續之施配段期間發生流體至晶圓上的“噴濺”。為在靜態淨化段或額外段期間釋放此壓力，可反轉施配馬達200以將活塞192收回一預定距離以補償由關閉阻障閥135及/或淨化閥140所導致之任何壓力增加。在以引用的方式併入本文的由Gonnella等人在2005年12月2日申請之標題為"SYSTEM AND METHOD FOR CORRECTING FOR PRESSURE VARIATIONS USING A MOTOR"的美國臨時專

利申請案第60/741,681號（已於2006年11月20日改請為美國專利申請案第11/602,472號及國際申請案第PCT/US06/45176號）中描述了校正由關閉閥門(例如，淨化閥140)所導致之壓力增加的一實施例。

處理流體中之壓力尖峰亦可藉由避免關閉閥門以產生入陷空間及在入陷空間之間打開閥門來減小。在以引用的方式併入本文的由Gonnella等人在2005年12月2日申請之標題為"METHOD AND SYSTEM FOR VALVE SEQUENCING IN A PUMP"的美國臨時專利申請案第60/742,168號（已於2006年11月20日改請為美國專利申請案第11/602,465號及國際申請案第PCT/US06/44980號）描述了用於對閥門打開及關閉進行定時以降低處理流體中之壓力尖峰的一實施例。

應進一步注意，在就緒段期間，施配腔室185中之壓力可基於隔膜之特性、溫度或其他因素而改變。如以引用的方式併入本文的由James Cedrone在2005年12月2日申請之標題為"SYSTEM AND METHOD FOR PRESSURE COMPENSATION IN A PUMP"的美國臨時專利申請案第60/741,682號（已於2006年11月20日改請為美國專利申請案第11/602,508號及國際申請案第PCT/US06/45175號）中所述，施配馬達200可經控制以補償此壓力浮動。因此，本發明之實施例提供具有可避免或減緩潛在地損害壓力改變之輕度流體處理特徵之多級幫

浦。本發明之實施例可亦採用其他幫浦控制機構及閥門襯墊以有助於降低壓力對處理流體之有害效應。在以引用的方式併入本文的由 Zagars等人在2005年2月4日申請之標題為"PUMP CONTROLLER FOR PRECISION PUMPING APPARATUS"的美國專利申請案第11/051,576號（現為美國專利第7,476,087號）中可找到多級幫浦100之幫浦總成的額外實例。

在一實施例中，多級幫浦100併入步進馬達作為饋入馬達175且併入BLDCM 3030作為施配馬達200。適當馬達及關聯部分可獲得自美國NH之EAD Motors of Dover或其類似公司。在操作中，BLDCM 3030之定子產生定子磁通量且轉子產生轉子磁通量。定子磁通量與轉子磁通量之間的相互作用界定BLDCM 3030之轉矩且因此界定其速度。在一實施例中，數位信號處理器(DSP)用以實施所有場導向控制(FOC)。FOC演算法在體現於電腦可讀媒體中之電腦可執行軟體中得以實現。數位信號處理器與晶載硬體周邊裝置一起現可與計算能力、速度及可程式性一同使用以控制BLDCM 3030並以相對較低之附加成本以微秒為單位來圓滿地執行FOC演算法。可用於實施本文中所揭示之本發明之實施例的DSP之一實例為可購自位於美國TX之Dallas的Texas Instruments公司的16位元DSP(件號TMS320F2812PGFA)。

BLDCM 3030可併入至少一位置感應器以感應實際轉子位置。在一實施例中，位置感應器可在BLDCM 3030之外部。在一實施例中，位置感應器可在BLDCM 3030之內部。在一實施例中，BLDCM 3030可為無感應器的。在圖1中所示之實例中，位置感應器3040耦接至BLDCM 3030以用於BLDCM 3030之實際轉子位置的即時回饋，該即時回饋由DSP用來控制BLDCM 3030。具有位置感應器3040之額外益處在於：其證明對機械活塞(例如，圖2之活塞192)之位置之極準確且可重複的控制，此意謂對活塞排移施配幫浦(例如，圖2之施配幫浦

180)中之流體移動及施配量之極準確且可重複的控制。在一實施例中，位置感應器3040為細線旋轉位置編碼器。在一實施例中，位置感應器3040為2000線編碼器。根據本發明之一實施例，2000線編碼器可將8000個脈衝或計數提供至DSP。藉由使用2000線編碼器，有可能準確地量測至0.045度之旋轉並在0.045度之旋轉下控制。亦可使用其他適當之編碼器。例如，位置感應器3040可為1000或8000線編碼器。

BLDCM 3030可以極低速度來運轉且仍維持一恆定速度，此意謂少量振動或無振動。在諸如步進馬達之其他技術中，在不將振動引入於幫浦系統中之情況下尚不可能以較低速度來運轉，此由不良之恆定速度控制所導致。此振動將導致不良之施配效能且引起極狹窄之操作視窗範圍。此外，振動可對處理流體造成有害效應。下文中之表1及圖5至9比較一步進馬達及一BLDCM且示範在多級幫浦100中將BLDCM 3030用作施配馬達200之許多優點。

表1

項目	步進馬達	BLDCM
容積解析度(μl/步進)	1	0.1 10x改良
基本運動	移動、停止、等待、停止等待； 在低速率下導致馬達振動及"施配閃變"	連續運動， 絕不停止
馬達電流、功率	無論是否需要，皆對於最大條件而設定電 流並消耗功率	對負載可調適
轉矩傳遞	低	高
速度能力	10-30x	30,000x

如自表1可見，與步進馬達相比，BLDCM可提供大體上增加之解析度與連續之旋轉運動、較低之功率消耗、較高之轉矩傳遞及較寬廣之速度範圍。注意，BLDCM解析度可比步進馬達所提供之解析度多或超過約10倍。為此，可由BLDCM所提供之進步的最小單位被稱為"馬達增量"，其可與通常結合步進馬達而使用之術語"步進"區分。馬達增量為BLDCM根據一實施例可提供連續運動、而步進馬達以離散

步進來移動時之移動的最小可量測單位。

圖5為根據本發明之一實施例比較步進馬達與BLDCM之平均轉矩輸出及速度範圍的曲線圖。如圖5中所說明，與步進馬達之轉矩輸出相比，BLDCM可在較高速度下維持幾乎恆定之高轉矩輸出。此外，BLDCM之速度範圍比步進馬達之速度範圍寬廣(例如，約1000倍或1000倍以上)。相反，步進馬達傾向於具有較低之轉矩輸出，該轉矩輸出傾向於隨速度增加而不良地下降(亦即，轉矩輸出在較高速度下減少)。

圖6為根據本發明之一實施例比較步進馬達與BLDCM之間的平均馬達電流及負載的曲線圖。如圖6中所說明，BLDCM可對系統上之負載進行調適及調整且僅使用為承載該負載所需之功率。相反，無論是否需要，步進馬達皆使用為最大條件而設定之電流。例如，步進馬達之峰值電流為150毫安(mA)。相同的150 mA用於移動1-lb.負載以及10-lb.負載，即使移動1-lb.負載無需與移動10-lb.負載一樣多的電流。因此，在操作中，步進馬達不管負載如何而皆消耗對於最大條件之功率，從而導致能量之低效且浪費的使用。

就BLDCM而言，電流係隨負載之增加或減少而調整。在任一特定時間點，BLDCM將自補償並以在所需要之速度下轉動自身且產生用以移動所需之負載之力所必須的電流量來供應自身。當馬達不移動時，電流可為極低的(在10 mA以下)。因為受控之BLDCM係自補償的(亦即，其可根據系統上之負載而適應性地調整電流)，所以其一直係開啓的，即使在馬達不移動時亦如此。相比而言，視應用而定，當步進馬達不移動時，可斷開步進馬達。

為維持位置控制，需要極頻繁地執行用於BLDCM之控制機制。在一實施例中，控制迴路在30 kHz下運轉，每循環約33 ms。因此，每隔33 ms，控制迴路檢核以查看BLDCM是否在正確位置處。若

BLDCM在正確位置處，則不試圖進行任何動作。若BLDCM不在正確位置處，則其調整電流且試圖迫使BLDCM到達BLDCM應所處之位置。此迅速之自補償動作致能極精確之位置控制，其在某些應用中係高度需要的。使控制迴路在高於正常速度(例如，10 kHz)之速度(例如，30 kHz)下運轉可意謂系統中之額外熱產生。此係因為BLDCM切換電流愈頻繁，產生熱之機會就愈大。

根據本發明之一態樣，在某些實施例中，BLDCM經組態以考慮到熱產生。具體而言，控制迴路經組態以在單一循環期間在兩個不同速度下運轉。在循環之施配部分期間，控制迴路在較高速度(例如，30 kHz)下運轉。在循環之剩餘的非施配部分期間，控制迴路在較低速度(例如，10 kHz)下運轉。此組態可尤其適用於施配期間之超準確之位置控制係決定性的應用中。作為實例，在施配時間期間，控制迴路在30 kHz下運轉，此提供極佳之位置控制。在剩餘的時間，速度切回至10 kHz。藉由如此進行，溫度可顯著地下降。

循環之施配部分可視應用而加以定製。作為另一實例，施配系統可實施20秒循環。在一20秒循環中，5秒可用於施配，而剩餘的15秒可用於登入或再裝料，等等。在各循環之間，可存在15至20秒之就緒時期。因此，BLDCM之控制迴路將在較高頻率(例如，30 kHz)下運轉循環之小百分比(例如，5秒)且在較低頻率(例如，10 kHz)下運轉較大百分比(例如，15秒)。

如熟習此項技術者可瞭解，該等參數(例如，5秒、15秒、30 kHz、10 kHz，等等)意欲為例示性的而非限制性的。操作速度及時間可被調整或另外經組態以適用，只要其在本文中所揭示之本發明之範疇及精神內即可。經驗方法可用於判定該等可程式化參數。例如，10 kHz為用以驅動BLDCM之相當典型的頻率。儘管可使用不同速度，但在慢於10 kHz下運轉BLDCM之控制迴路可具有失去位置控制的危

險。因為通常難以再獲得位置控制，所以需要使BLDCM保持位置。

本發明之此態樣之一目標為在無不良地損害位置控制之情況下在循環之非施配階段期間盡可能多地減小速度。此目標可經由用於BLDCM之定製控制機制而在本文中所揭示之實施例中達成。定製控制機制經組態以增加頻率(例如，30 kHz)，以獲得對於諸如施配之決定性功能之某一額外/增加的位置控制。定製控制機制亦經組態以藉由允許非決定性功能在較低頻率(例如，10 kHz)下執行而減少熱產生。此外，定製控制機制經組態以最小化在非施配循環期間藉在較低頻率下運轉而導致之任何位置控制損失。

定製控制機制經組態以提供所需之施配輪廓，其可藉由壓力而加以特徵化。該特徵化可基於壓力信號之偏差。例如，平坦壓力輪廓將暗示平穩運動、較少振動及因此較佳位置控制。對比而言，偏差壓力信號將暗示不良之位置控制。圖7為例示30 kHz馬達操作與10 kHz馬達操作之間的差異的曲線圖(在0.5 mL/s下10 mL)。第一個20秒為施配階段。如在圖7中可見，在施配階段期間，在30 kHz下之施配具有比在10 kHz下之施配之壓力輪廓含較少雜訊且較平穩的壓力輪廓。

至於所關注之位置控制，在10 kHz下與在15 kHz下運轉BLDCM之間的差異可為不顯著的。然而，若速度下降至10 kHz以下(例如 5 kHz)，則可能不夠快到足以保持良好之位置控制。例如，BLDCM之一實施例經組態用於施配流體。當位置迴路在1 ms下(亦即，在約10 kHz或10 kHz以上)運轉時，未發生人眼可見之效應。然而，當其達到1、2或3 ms範圍時，流體中之效應變得可見。作為另一實例，若閥門之時序在1 ms以下變化，則流體之結果之任何變化可能不為人眼可見。然而，在1、2或3 ms範圍內，變化可為可見的。因此，定製控制機制較佳地在約10 kHz或10 kHz以上執行時間決定性功能(例如，對馬達、閥門等等進行定時)。

另一考慮涉及施配系統中之內部計算。若施配系統經設定以在低達1 kHz下運轉，則不存在比1 ms精細之任何解析度且不可執行需要比1 ms精細之計算。在此狀況下，10 kHz將為用於施配系統之實用頻率。如上文所述，該等數字意欲為例示性的。有可能將速度設定為低於10 kHz(例如，5 kHz或甚至2 kHz)。

類似地，有可能將速度設定為高於30 kHz，只要其滿足效能需求即可。本文中所揭示之例示性施配系統使用具有許多線(例如，8000個線)之編碼器。每一線之間的時間為速度。即使BLDCM相當緩慢地運轉，該等線亦為極細之線，因此其可極快地出現，基本上脈動至編碼器。若BLDCM每一秒運轉一回轉，則彼意謂8000個線及因此在該秒中之8000個脈衝。若該等脈衝之寬度不變化(亦即，該等寬度恰處於目標寬度且反覆地保持相同)，則其為極良好之速度控制的指示。若該等寬度振盪，則視系統設計(例如，容限)及應用而定，其為較不良之(未必為差的)速度控制的指示。

另一考慮涉及對數位信號處理器(DSP)之處理能力的實用限制。作為實例，為在一循環內施配，可能花費幾乎或剛好約20 μ s來執行對於位置控制器、電流控制器及其類似控制器之所有必要計算。在30 kHz下運轉會給予約30 μ s，其足以進行該等計算，其中剩下的時間用以執行控制器中之其他過程。有可能使用可在快於30 kHz下運轉之更有功效的處理器。然而，在快於30 μ s之速率下操作會產生報酬遞減(diminishing return)。例如，50 kHz僅給予約20 μ s($1 / 50000 \text{ Hz} = 0.00002 \text{ s} = 20 \mu\text{s}$)。在此狀況下，可在50 kHz下獲得較佳之速度效能，但系統具有不充足的時間來進行運轉控制器所必須的所有過程，因此導致一處理問題。而且，運轉50 kHz意謂電流將更頻繁地切換，其促成前述之熱產生問題。

總之，為減少熱輸出，一解決方法為組態BLDCM以在施配期間

在較高頻率(例如，30 kHz)下運轉，且在非施配操作(例如，再裝料)期間下降至或切回至較低頻率(例如，10 kHz)。在組態定製控制機制及關聯參數中所考慮的因素包括位置控制效能及計算(其與處理器之處理能力有關)與熱產生(其與在計算後切換電流之次數有關)之速度。在上述實例中，在10 kHz下之位置效能損失對於非施配操作係不顯著的，在30 kHz下之位置控制對於施配係極佳的，且總的熱產生顯著地降低。藉由減少熱產生，本發明之實施例可在防止溫度改變影響被施配之流體的方面提供一技術優點。此可特別適用於涉及施配敏感及/或昂貴流體之應用中，在此狀況下，將高度需要避免熱或溫度改變可影響流體之任何可能性。加熱流體亦可影響施配操作。一種此效應被稱為自然反吸效應。該反吸效應解釋：當施配操作變暖時，其使流體膨脹。隨著其開始在幫浦外部冷卻，流體收縮且自噴嘴之末端縮回。因此，由於自然反吸效應，容積可能不精確且可能為不一致的。

圖8為根據本發明之一實施例說明步進馬達與BLDCM在各種級中之循環時序的流程圖。遵循上述實例，步進馬達實施饋入馬達175且BLDCM實施施配馬達200。圖8中之陰影區域指示馬達在操作中。根據本發明之一實施例，步進馬達與BLDCM可以有助於過濾循環期間之壓力控制的方式來組態。圖9中提供步進馬達與BLDCM之壓力控制時序之一實例，其中陰影區域指示馬達在操作中。

圖8與圖9說明饋入馬達175及施配馬達200之一例示性組態。更具體而言，一旦達到設定點，BLDCM(亦即，施配馬達200)即可開始以程式化過濾速率來開始反轉。同時，步進馬達(亦即，饋入馬達175)速率變化以維持壓力信號之設定點。此組態提供若干優點。例如，在流體上不存在壓力尖峰，流體上之壓力係恆定的，對於黏度改變不需要調整，不同系統之間無變化，且在流體上將不出現真空。

儘管根據多級幫浦而加以描述，但本發明之實施例亦可實施一

單級幫浦。圖10為用於幫浦4000之幫浦總成的圖示。幫浦4000可類似於上文所述之多級幫浦100之一級(亦即，施配級)，且可包括單一腔室及由如本文中所述之BLDCM之實施例所驅動的滾動隔膜幫浦，其中相同或類似控制機制用於位置控制。幫浦4000可包括施配區塊4005，其界定穿過幫浦4000之各種流體流徑且至少部分地界定一幫浦腔室。施配幫浦區塊4005可為PTFE、改質之PTFE或其他材料的整體區塊。因為該等材料不與許多處理流體反應或最低程度地與其反應，所以使用該等材料允許流道及幫浦腔室藉由最小量之額外硬體而直接加工於施配區塊4005中。施配區塊4005因此藉由提供整合之流體歧管而減少對於管路之需要。

施配區塊4005亦可包括各種外部入口及出口，包括(例如)用於收納流體之入口4010、用於淨化/排放流體之淨化/排放出口4015，及用於在施配段期間施配流體之施配出口4020。在圖10之實例中，施配區塊4005包括外部淨化出口4010，因為幫浦僅具有一個腔室。以引用的方式全部併入本文之由Iraj Gashgae在2005年12月2日申請之標題為"O-RING-LESS LOW PROFILE FITTING AND ASSEMBLY THEREOF"的美國臨時專利申請案第60/741,667號(已於2006年11月20日改請為美國專利申請案第11/602,513號及國際申請案第PCT/US06/44981號)描述可用於將施配區塊4005之外部入口及出口連接至流體路線之無o形環接頭之實施例。

施配區塊4005將流體自入口導引至入口閥(例如，藉由閥板4030至少部分地界定)、自入口閥導引至幫浦腔室、自幫浦腔室導引至排放/淨化閥且自幫浦腔室導引至出口4020。幫浦蓋4025可保護幫浦馬達免受損害，而活塞外殼4027可提供對活塞之保護且可由聚乙烯或其他聚合物形成。閥板4030提供可經組態以將流體流動引導至幫浦4000之各種組件之閥門(例如，入口閥及淨化/排放閥)之系統的

閥門外殼。閥板4030及對應閥門可類似於如上文所述結合閥板230而描述之方式來形成。入口閥及淨化/排放閥中之每一者至少部分地整合於閥板4030中，且為視壓力還是真空施加至對應隔膜而打開或關閉的隔膜閥。或者，該等閥門中之一些可在施配區塊4005之外部或配置於額外閥板中。在圖10之實例中，一PTFE薄片夾於閥板4030與施配區塊4005之間以形成各種閥門之隔膜。閥板4030包括每一閥門之閥門控制入口(未圖示)以將壓力或真空施加至對應隔膜。

如同多級幫浦100一樣，幫浦4000可包括若干特徵以防止流體滴液進入多級幫浦100之容納電子器件的區域。"防滴"(drip proof)特徵可包括突出唇緣、傾斜特徵、組件之間的密封、金屬/聚合物介面處之偏移及上文所述之用以使電子器件與滴液隔離的其他特徵。電子器件及歧管可類似於上文所述之用以在幫浦腔室中減少熱對流體之效應的方式而加以組態。

因此，本文中所揭示之系統及方法之實施例可利用BLDCM以在幫浦系統中驅動單級或多級幫浦，以用於進行適用於半導體製造中的即時平穩運動及對流體移動與施配量之極精確並可重複的位置控制。BLDCM可採用一位置感應器以用於對一執行定製FOC機制之處理器的即時位置回饋。相同或類似FOC機制適用於單級及多級幫浦。

雖然本文中已參考說明性實施例而詳細地描述了本發明，但應瞭解，該描述僅為舉例而言且不以限制意義來解釋。因此，應進一步瞭解，一般技術者在參閱該描述後將清楚且可進行本發明之實施例之細節的許多改變及本發明之額外實施例。預期所有此等改變及額外實施例在本發明之範疇及精神內。因此，本發明之範疇應由以下申請專利範圍及其法定均等物來判定。

【符號說明】

15	流體源
20	幫浦控制器
25	晶圓
27	電腦可讀媒體
30	控制指令
35	處理器
40	通信鏈路
45	通信鏈路
100	多級幫浦
105	饋入級部分
110	施配級部分
112	壓力感應器
120	過濾器
125	入口閥
130	隔離閥
135	阻障閥
140	淨化閥
145	排放閥
147	出口閥
150	饋入級幫浦
155	饋入腔室
160	饋入級隔膜
165	活塞
170	導螺桿
175	饋入馬達
180	施配級幫浦

185	施配腔室
190	施配級隔膜
192	活塞
195 ³	導螺桿
200	施配馬達
3000	馬達總成
3010	隔膜總成
3020	導螺桿
3030	馬達
3040	位置感應器
4000	幫浦
4005	施配區塊
4010	入口
4015	淨化/排放出口
4020	施配出口
4025	幫浦蓋
4027	活塞外殼
4030	閥板

申請專利範圍

102年8月6日 修正 本

1. 一種幫浦系統，其包含：

一幫浦；

一無刷DC馬達，其驅動一駐留於該幫浦中之施配幫浦，其中該施配幫浦包含一入口及一出口；一電腦可讀媒體，其承載用於控制該幫浦之軟體指令；及

一處理器，其通信地耦接至該電腦可讀媒體及該幫浦，其中該等軟體指令可藉由該處理器來執行以根據一控制機制而控制該無刷DC馬達，用以操作該施配幫浦將流體自該入口導引至該入口；

其中該控制機制經組態以在一單一循環期間在至少兩個控制器頻率下運轉該無刷DC馬達。

2. 如請求項1之幫浦系統，其中該等至少兩個控制器頻率包含一用於該單一循環之一施配部分之第一頻率。
3. 如請求項2之幫浦系統，其中該第一頻率約為30 kHz。
4. 如請求項1之幫浦系統，其中該控制機制經組態以最小化該無刷DC馬達在該施配幫浦之操作期間的熱產生。
5. 如請求項1之幫浦系統，其中該等至少兩個控制器頻率包含一第一頻率及一第二頻率，其中該控制機制經組態以在施配期間在該第一頻率下運轉該無刷DC馬達且在非施配操作期間在第二頻率下運轉該無刷DC馬達。
6. 如請求項5之幫浦系統，其中該第二頻率係低於該第一頻率。
7. 如請求項6之幫浦系統，其中該第一頻率約為30 kHz，而其中該第二頻率約為10 kHz。
8. 一種幫浦，其包含：

一 施配幫浦，其中該施配幫浦為一活塞排移幫浦，該活塞排移幫浦包含：

- 一 入口；
- 一 出口；
- 一 施配腔室；
- 一 活塞；
- 一 施配級隔膜，其定位於該施配腔室與該活塞之間；
- 一 無刷DC馬達；及
- 一 導螺桿，其連接該活塞與該無刷DC馬達；

其中該無刷DC馬達藉由體現於一電腦可讀媒體上且可由一實施一控制機制之處理器執行的軟體指令來控制，用以操作該施配幫浦將流體自該入口導引至該出口；

其中該處理器通信地耦接至該電腦可讀媒體及該幫浦；及

其中該控制機制經組態以在一單一循環期間在至少兩個控制器頻率下運轉該無刷DC馬達。

9. 如請求項8之幫浦，其中該等至少兩個控制器頻率包含一用於該單一循環之一施配部分之第一頻率。
10. 如請求項9之幫浦，其中該第一頻率約為30 kHz。
11. 如請求項8之幫浦，其中該控制機制經組態以最小化該無刷DC馬達在該施配幫浦之操作期間的熱產生。
12. 如請求項8之幫浦，其中該等至少兩個控制器頻率包含一第一頻率及一第二頻率，其中該控制機制經組態以在施配期間在該第一頻率下運轉該無刷DC馬達且在非施配操作期間在第二頻率下運轉該無刷DC馬達。
13. 如請求項12之幫浦，其中該第二頻率係低於該第一頻率。
14. 如請求項13之幫浦，其中該第一頻率約為30 kHz，而其中該第二

頻率約為10 kHz。

15. 一種方法，其包含：

在一具有一入口及一出口之幫浦中，將一無刷DC馬達連接至該一機械活塞；及

控制在施配期間在該第一頻率運轉該無刷DC馬達，及在該幫浦非施配操作期間在第二頻率下運轉該無刷DC馬達。

16. 如請求項15之方法，其中該第二頻率係低於該第一頻率。

17. 如請求項15之方法，其中更進一步包含：

將該機械活塞之即時位置回饋提供至一處理器，而該處理器通信地耦接至該幫浦。

18. 如請求項15之方法，其中更進一步包含：

在一單一循環期間在該第一及第二頻率運轉該無刷DC馬達。

19. 如請求項15之方法，其中該控制進一步包含在一循環之一施配部分期間將該無刷DC馬達之一操作頻率增加至約30 kHz。

20. 如請求項15之方法，其中該控制進一步包含在一循環之一非施配部分期間將該無刷DC馬達之一操作頻率減少至約10 kHz。

圖式

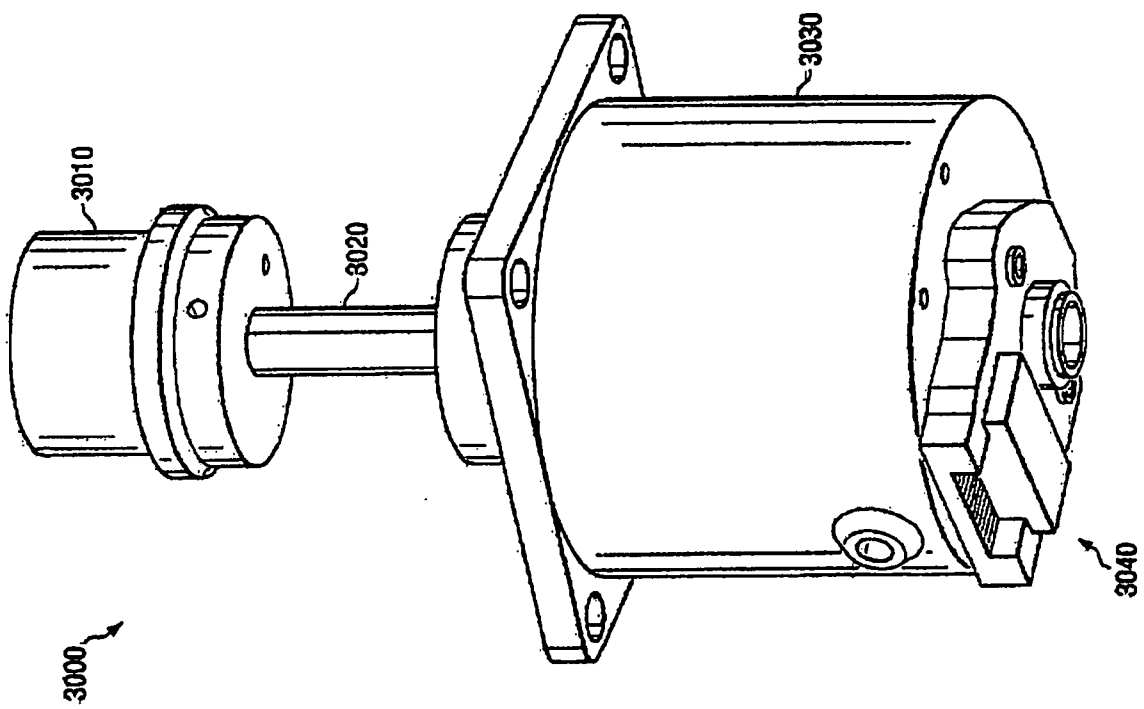


圖 1

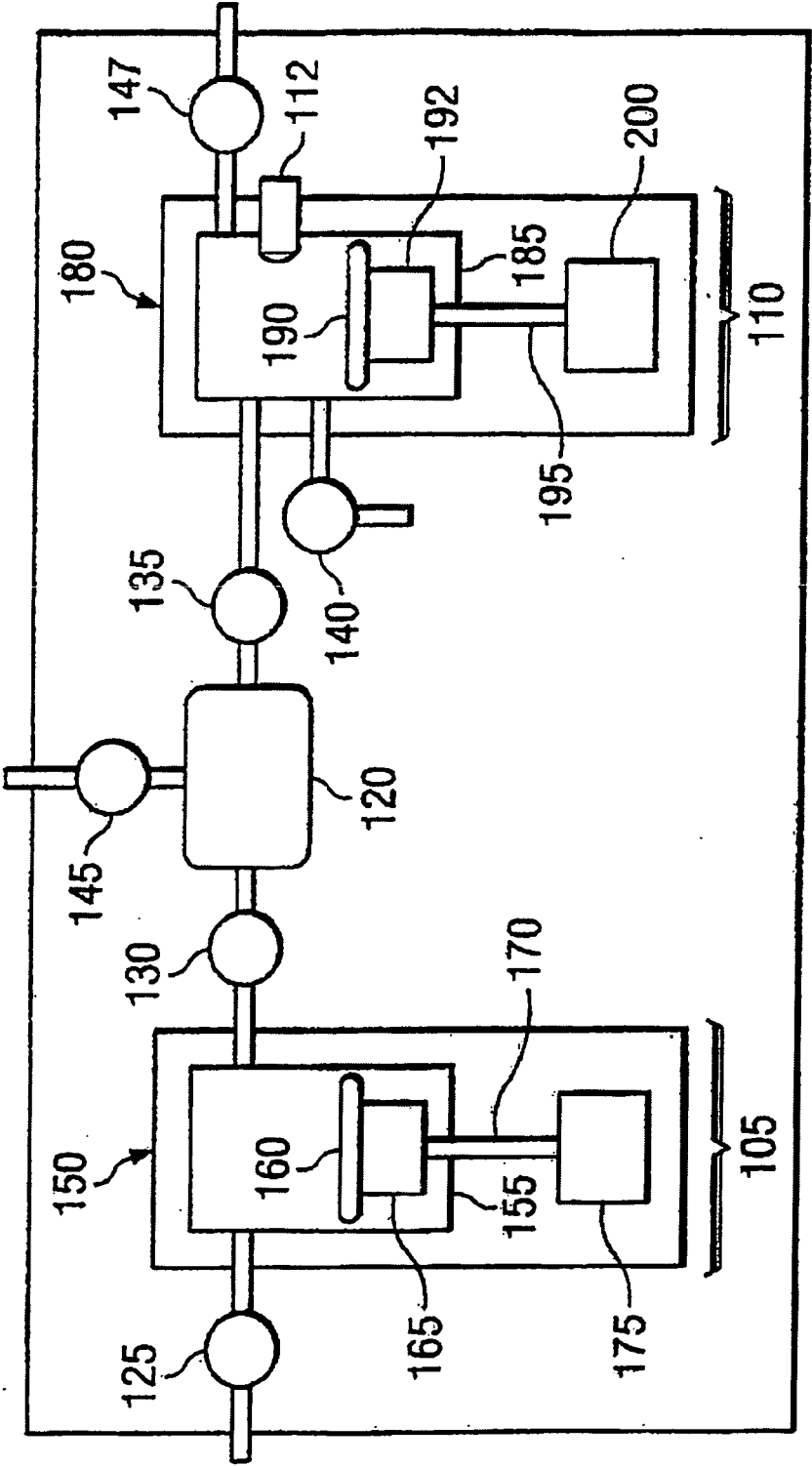


圖 2

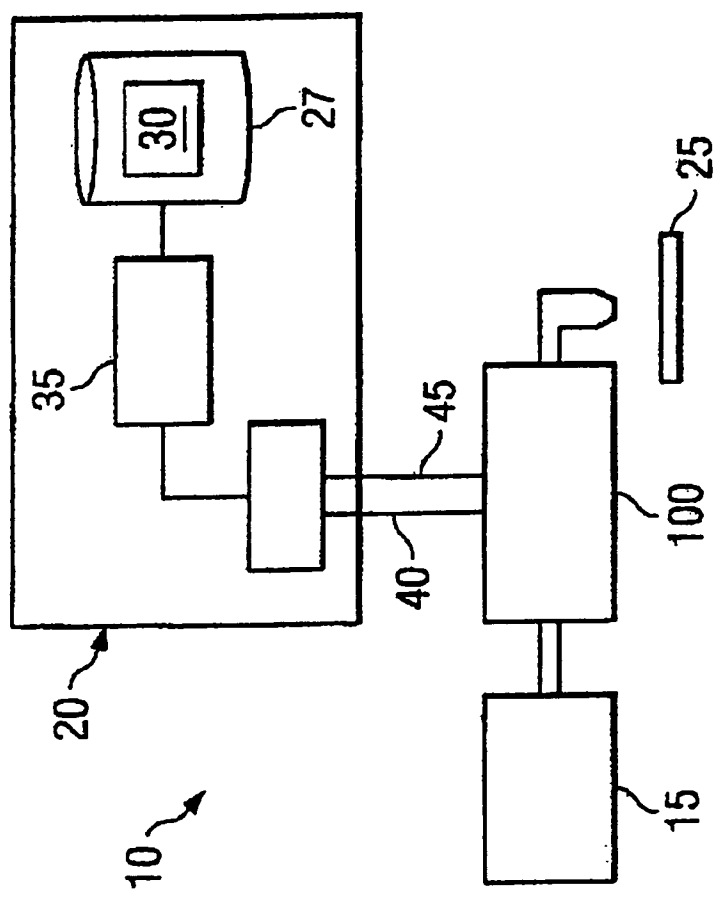


圖 3

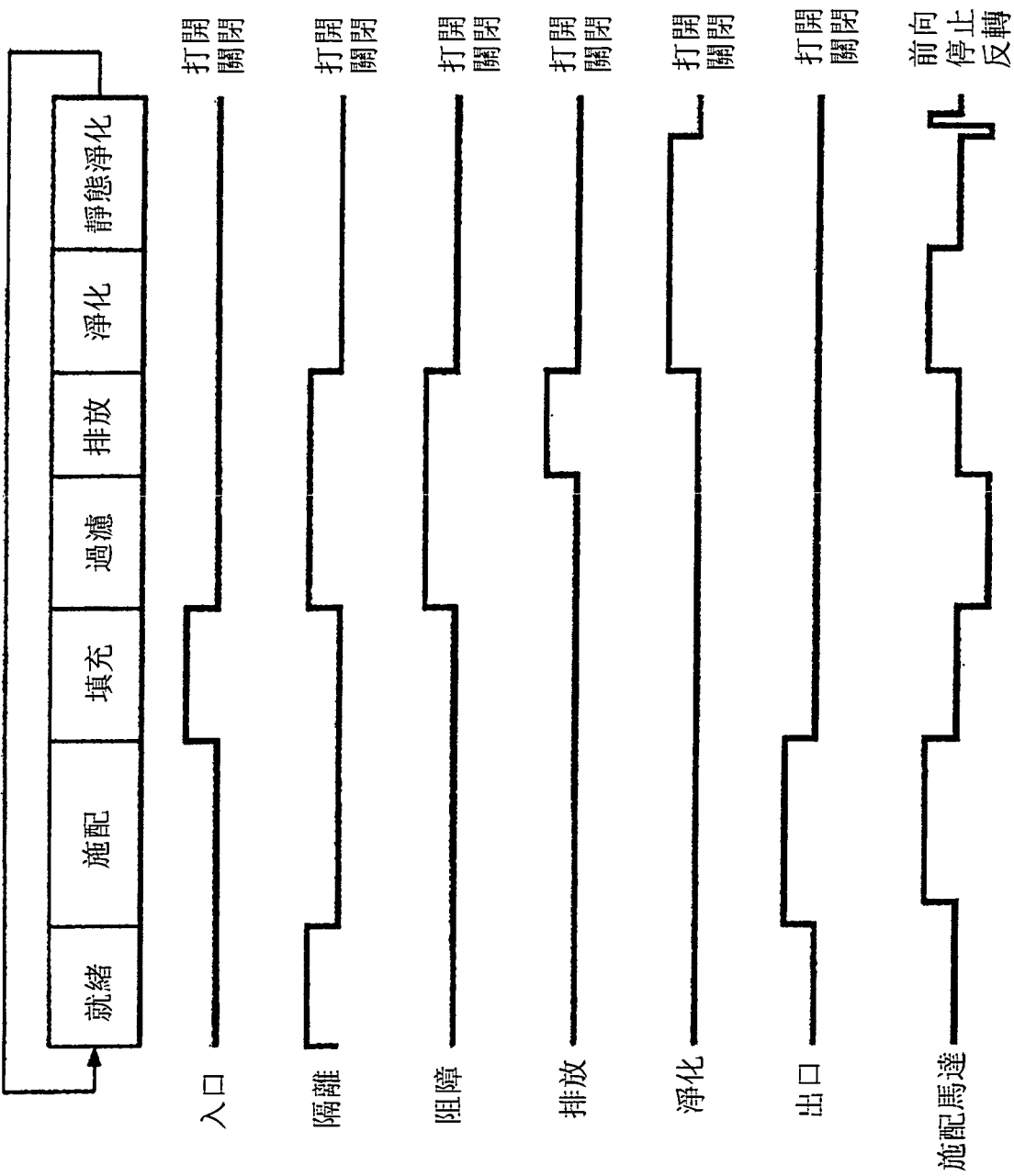


圖 4

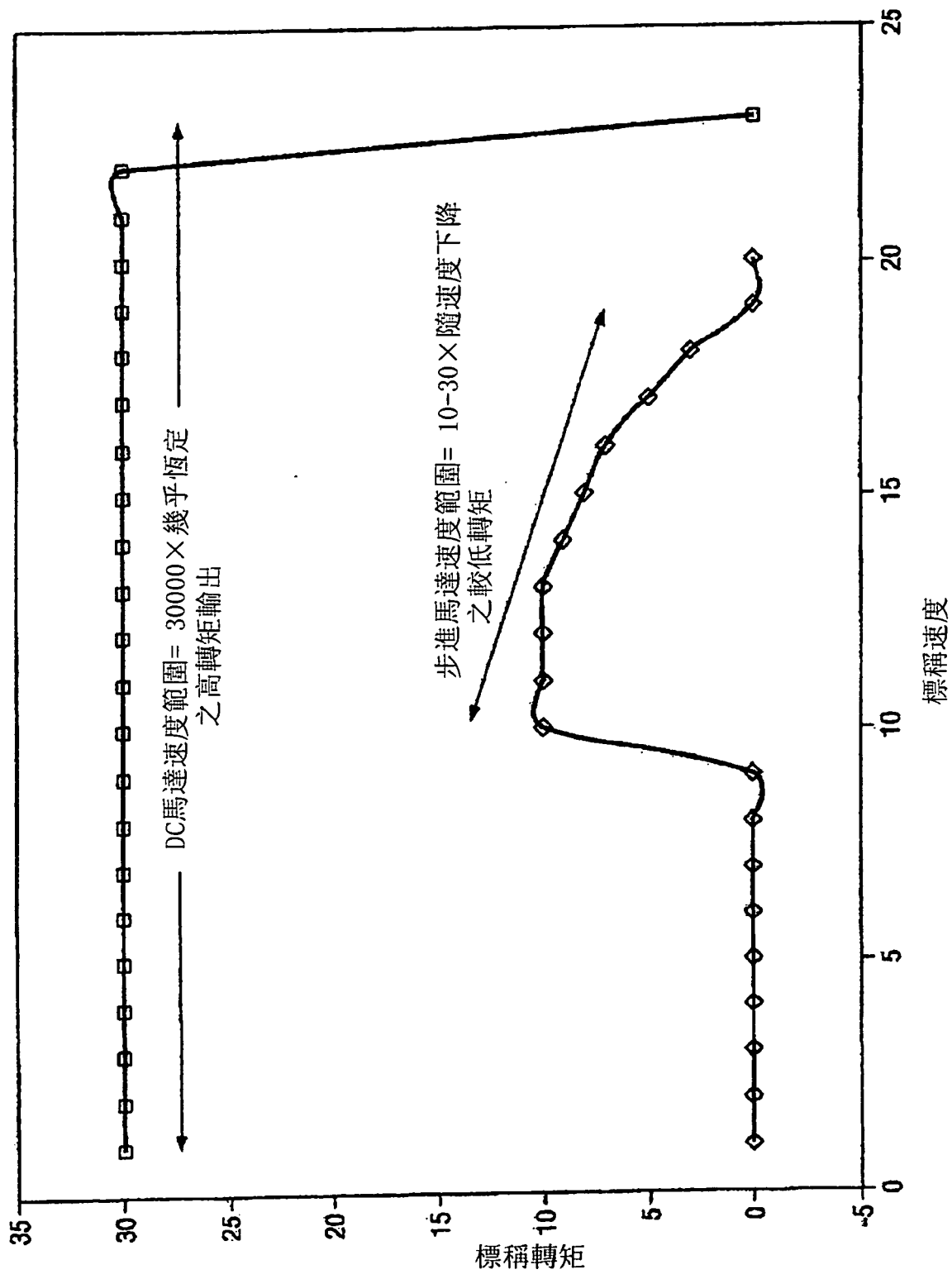


圖 5

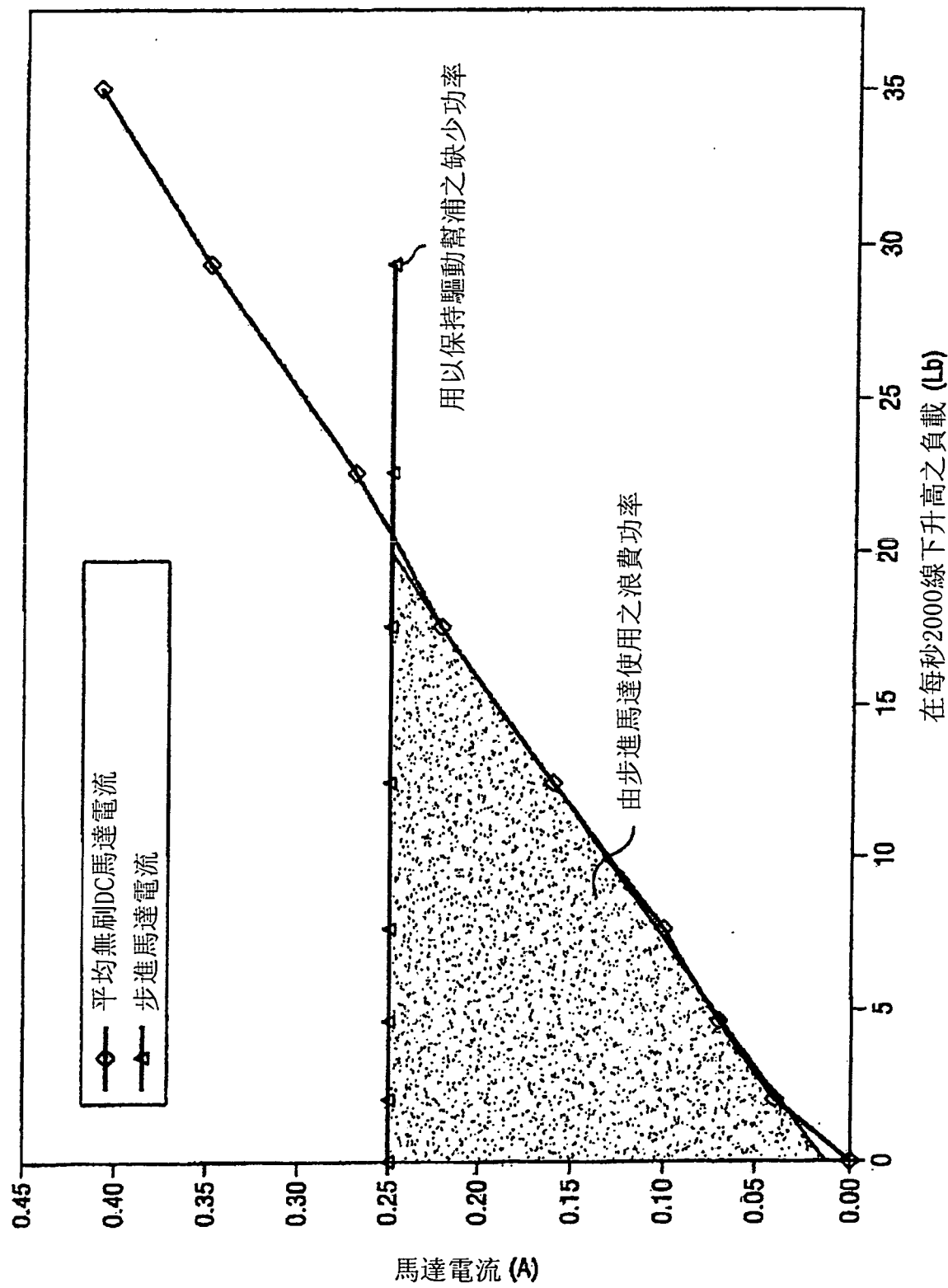


圖 6

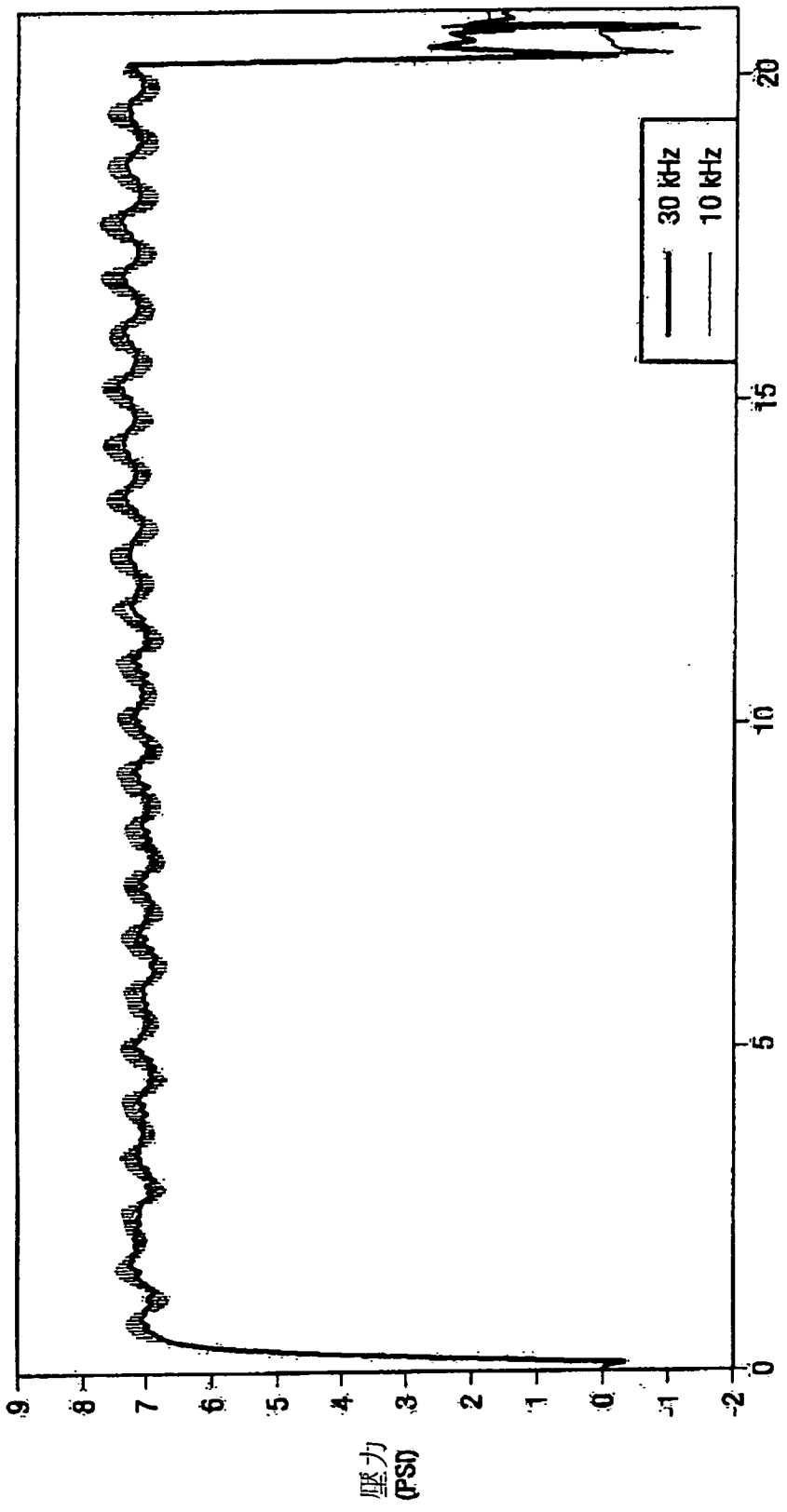


圖 7

系統 段名	就緒	施配及填充					關閉連接的		結束填充			變質			過濾		排放	prs a					淨化	st prg			prs b			p.c. 2a
系統 段號		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
閥門延遲號									0	1	2	3				4	5		6	7	8	9	10	11	12		13	14	15	
前向																														
反轉																														
施配																														
前向																														
反轉																														
入口																														
淨化																														
排放																														
隔離																														
阻障																														

B L D C M

步進機

閥門

圖 8

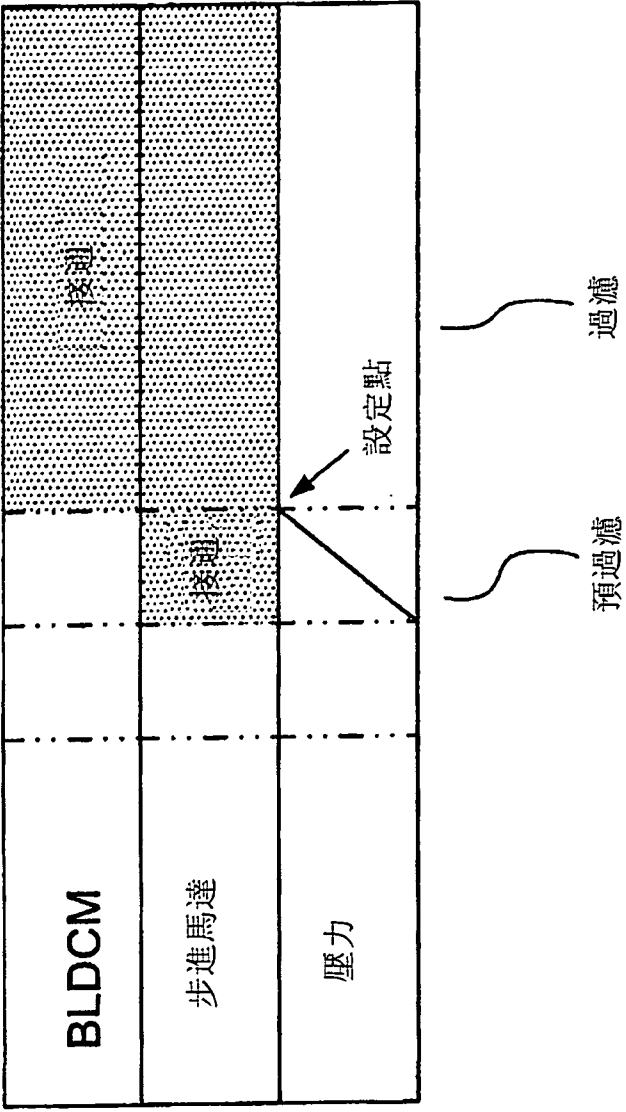


圖 9

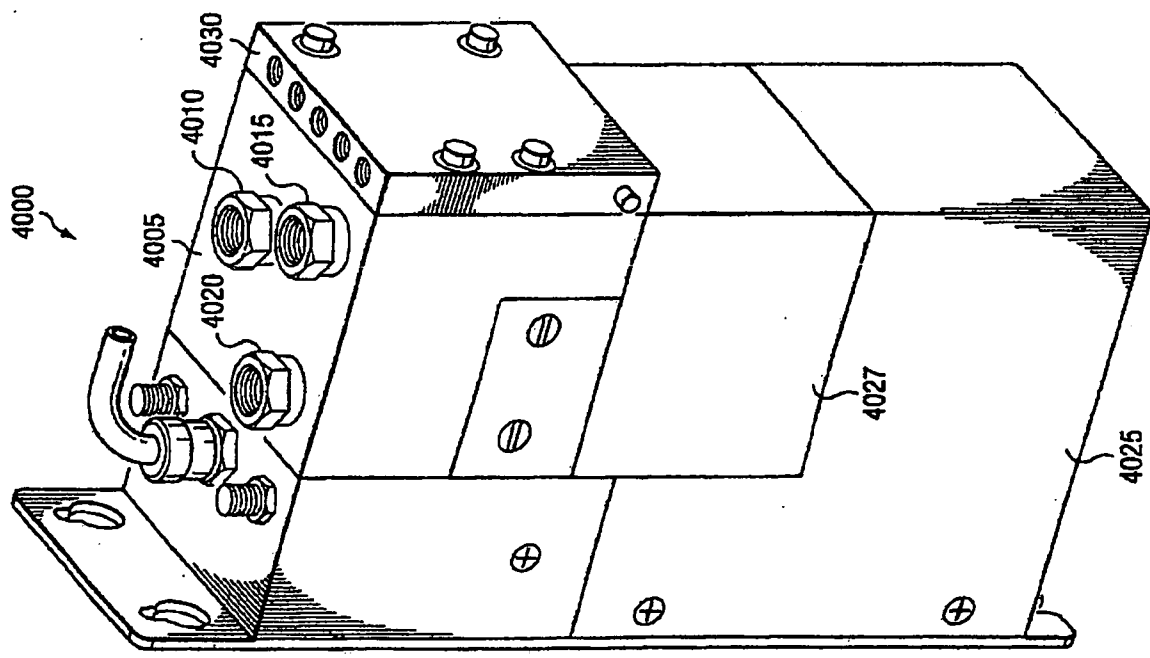


圖 10