

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-514558

(P2005-514558A)

(43) 公表日 平成17年5月19日(2005.5.19)

(51) Int.Cl.⁷

F O 4 B 9/103

F O 4 B 23/06

F O 4 B 49/06

F I

F O 4 B 9/10

F O 4 B 23/06

F O 4 B 49/06

H

3 2 1 A

テーマコード (参考)

3 H O 4 5

3 H O 7 1

3 H O 7 5

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2003-558344 (P2003-558344)
 (86) (22) 出願日 平成14年11月5日 (2002.11.5)
 (85) 翻訳文提出日 平成16年6月18日 (2004.6.18)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2002/035392
 (87) 国際公開番号 W02003/058065
 (87) 国際公開日 平成15年7月17日 (2003.7.17)
 (31) 優先権主張番号 10/026,089
 (32) 優先日 平成13年12月21日 (2001.12.21)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

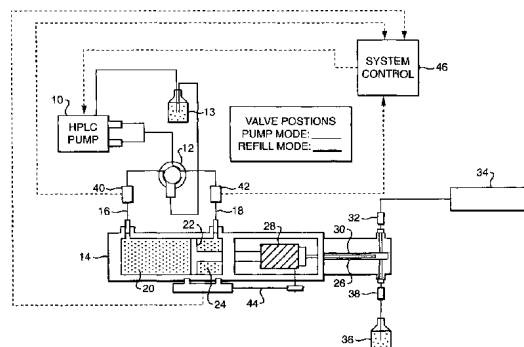
(71) 出願人 504187179
 ウォーターズ・インベストメンツ・リミテ
 ッド
 アメリカ合衆国、マサチューセッツ・O 1
 7 5 7、ミルフォード、メープル・ストリ
 ート・エル・ジー・3 4
 (74) 代理人 100062007
 弁理士 川口 義雄
 (74) 代理人 100113332
 弁理士 一入 章夫
 (74) 代理人 100114188
 弁理士 小野 誠
 (74) 代理人 100103920
 弁理士 大崎 勝真

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液圧増幅ポンプ

(57) 【要約】

超高圧液体クロマトグラフィシステム用の液圧増幅器システムである。液圧増幅器システムは1次ピストン22が内部に配設されている1次ピストン室20と、2次ピストン26が内部に配設されている2次ピストン室30とを備えている。1次ピストン22の断面積は2次ピストン26の断面積よりも大きい。ピストン22、26の断面積の違いによって、1次ピストン室20内の圧力が増幅され、流量が縮減される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

クロマトグラフィシステムに溶剤を供給するための液圧増幅器システムであって、
前記クロマトグラフィシステムに加圧された溶剤を供給する液圧シリンダと、
該液圧シリンダを作動させるため、加圧された作動液を供給するポンプとを備えた液圧増幅器システム。

【請求項 2】

前記液圧シリンダは溶剤を実質的に一定の流量で前記クロマトグラフィシステムに供給する請求項 1 に記載の液圧増幅器システム。

【請求項 3】

前記液圧シリンダは、
入口室と、
出口室と、
前記入口室内に配設され、前記加圧された作動液によって駆動される 1 次ピストンと、
2 次ピストン室内に配設され、前記 1 次ピストンによって作動される 2 次ピストンとを備え、

前記 1 次ピストンの断面積は前記 2 次ピストンの断面積よりも大きいため、前記 2 次ピストン室内の圧力は前記入口室内の圧力よりも高く、前記 2 次ピストン室を通して流れる流量は前記出口室を通して流れる流量よりも少ない請求項 1 に記載の液圧増幅器システム。

【請求項 4】

前記 1 次ピストンの断面積と前記 2 次ピストンの断面積との比率は少なくとも 4 : 1 である請求項 3 に記載の液圧増幅器システム。

【請求項 5】

前記 1 次ピストンおよび前記 2 次ピストンの位置を計測する線形位置トランスデューサ 1 4 をさらに含む請求項 3 に記載の液圧増幅器システム。

【請求項 6】

前記 1 次ピストンへの流れを調整することによって、ポンプモードおよび再充填モードの一方での前記 1 次ピストンの動作を制御する多重ポートバルブをさらに備えた請求項 3 に記載の液圧増幅器システム。

【請求項 7】

前記液圧シリンダの入口室内の圧力を計測する第 1 圧力トランスデューサと、
前記液圧シリンダの出口室内の圧力を計測する第 2 圧力トランスデューサとをさらに含み、前記第 1 圧力トランスデューサおよび前記第 2 圧力トランスデューサの測定値は前記 1 次ピストンの両端間の圧力差と前記 2 次ピストンの前記圧力を計算するために利用される請求項 3 に記載の液圧増幅器システム。

【請求項 8】

前記液圧増幅器システムを制御するためのシステムコントローラをさらに備えた請求項 1 に記載の液圧増幅器システム。

【請求項 9】

前記クロマトグラフィシステムへの溶剤の供給を調整する出口逆止め弁をさらに備えた請求項 1 に記載の液圧増幅器システム。

【請求項 10】

前記 2 次ピストン室に溶剤を供給する入口逆止め弁をさらに備えた請求項 3 に記載の液圧増幅器システム。

【請求項 11】

クロマトグラフィシステムに溶剤を供給するための液圧増幅器システムであって、
前記クロマトグラフィシステムに第 1 の加圧溶剤を供給するための第 1 液圧シリンダと、
前記第 1 液圧シリンダを作動させるため実質的に一定の流量で加圧作動液を供給する第

10

20

30

40

50

1 ポンプと、

前記クロマトグラフィシステムに第2の加圧溶剤を供給するための第2液圧シリンダと

、
前記第2液圧シリンダを作動させるため実質的に一定の流量で加圧作動液を供給する第1ポンプとをさらに備えた液圧増幅器システム。

【請求項12】

前記第1液圧シリンダは前記第1溶剤を第1の一定の流量で前記クロマトグラフィシステムに供給し、前記第2液圧シリンダは前記第2溶剤を第2の一定の流量で前記クロマトグラフィシステムに供給する請求項11に記載の液圧増幅器システム。

【請求項13】

前記第1および第2液圧シリンダは、
入口室と、
出口室と、
前記入口室内に配設され、前記加圧された作動液によって駆動される1次ピストンと、
2次ピストン室内に配設され、前記1次ピストンによって作動される2次ピストンとを
備え、

前記1次ピストンの断面積は前記2次ピストンの断面積よりも大きいこと、前記2次ピストン室内の圧力は前記入口室内の圧力よりも高く、前記2次ピストン室を通して流れる流量は前記出口室を通して流れる流量よりも少ない請求項11に記載の液圧増幅器システム。

【請求項14】

前記1次ピストンの断面積と前記2次ピストンの断面積との比率は少なくとも4:1である請求項13に記載の液圧増幅器システム。

【請求項15】

前記第1液圧シリンダの前記1次ピストンおよび前記2次ピストンの位置を計測する第1線形位置トランスデューサと、
前記第2液圧シリンダの前記1次ピストンおよび前記2次ピストンの位置を計測する第2線形位置トランスデューサと
をさらに含む請求項13に記載の液圧増幅器システム。

【請求項16】

前記第1液圧シリンダの前記1次ピストンへの流れを調整することによって、ポンプモードおよび再充填モードの一方での前記第1液圧シリンダの前記1次ピストンの動作を制御する第1多重ポートバルブと、

前記第2液圧シリンダの前記1次ピストンへの流れを調整することによって、ポンプモードおよび再充填モードの一方での第2液圧シリンダの前記1次ピストンの動作を調整する第2多重ポートバルブと

をさらに備えた請求項13に記載の液圧増幅器システム。

【請求項17】

前記第1液圧シリンダの前記入口室内の圧力を計測する第1圧力トランスデューサと、
前記第1液圧シリンダの前記出口室内の圧力を計測する第2圧力トランスデューサとを
さらに備え、前記第1圧力トランスデューサおよび前記第2圧力トランスデューサの測定値は前記第1液圧シリンダの前記1次ピストンの両端間の圧力差を計算するために利用され、

前記第2液圧シリンダの前記入口室内の圧力を計測する第3圧力トランスデューサと、
前記第2液圧シリンダの前記出口室内の圧力を計測する第4圧力トランスデューサとを
さらに備え、前記第3圧力トランスデューサおよび前記第4圧力トランスデューサの測定値は前記第2液圧シリンダの前記1次ピストンの両端間の圧力差を計算するために利用される請求項13に記載の液圧増幅器システム。

【請求項18】

前記液圧増幅器システムを制御するためのシステムコントローラをさらに備えた請求項

10

20

30

40

50

1 3 に記載の液圧増幅器システム。

【請求項 1 9】

前記クロマトグラフィシステムへの前記第 1 溶剤の供給を調整する、前記第 1 液圧シリンダに取り付けられた第 1 出口逆止め弁と、

前記クロマトグラフィシステムへの前記第 2 溶剤の供給を調整する、前記第 2 液圧シリンダに取り付けられた第 2 出口逆止め弁と

をさらに備えた請求項 1 1 に記載の液圧増幅器システム。

【請求項 2 0】

前記第 1 液圧シリンダの前記 2 次ピストン室に前記第 1 溶剤を供給する、前記第 1 液圧シリンダに取り付けられた第 1 入口逆止め弁と、

前記第 2 液圧シリンダの前記 2 次ピストン室に前記第 2 溶剤を供給する、前記第 2 液圧シリンダに取り付けられた第 2 入口逆止め弁と

をさらに備えた請求項 1 3 に記載の液圧増幅器システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は超高压液体クロマトグラフィ用のポンプに関し、特に超高压液体クロマトグラフィに必要な高压で低流量を発生するためのポンプに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

典型的な高压液体クロマトグラフィ (HPLC) で使用されるポンプは約 5 0 0 0 p s i の圧力を発生する。流れを発生するピストンを作動するために一般に機械的な機構を使用するこれらのポンプは、2 5, 0 0 0 p s i を超える圧力で動作する超高压液体クロマトグラフィ (UHPLC) に必要な圧力を発生できない。UHPLC システム用の高压を発生させるにはこれまで空気圧増幅器が使用されてきた。例えば、「Ultrahigh-Pressure Reversed-Phase Liquid Chromatography in Packed Capillary Columns」という名称の論文、Analytical Chemistry、1 9 9 7 年、6 9 (6)、9 8 3 ~ 9 8 9 ページ、では 6 0, 0 0 0 p s i の圧力でアイソクラチック LC 分離を実施するために 2 個のハスケル空気圧ポンプが使用される。図 1 はこのような構造を示している。しかし、空気圧増幅器内のガスは圧縮可能であるので、空気圧増幅器は一定圧の流れしか供給できず、そのためグラジエントクロマトグラフィを実行するのに必要な高压グラジエントミキシングができない。すなわち、グラジエントクロマトグラフィでは、2 種類の溶剤が異なる率で混合されるのでそれぞれの溶剤が一定量で流れる必要があり、これは空気圧増幅器ポンプでは不可能である。あるいは、単一のポンプにグラジエント混合物を供給してグラジエントクロマトグラフィを実施することができる。しかし、これは UHPLC で使用される低い流量では実施困難である。

【0 0 0 3】

「Ultrahigh-Pressure Reversed-Phase Capillary Liquid Chromatography: Isocratic and Gradient Elution Using Columns Packed with 1. 0-μm Particles」という名称の論文、Analytical Chemistry、1 9 9 9 年、7 1 (3)、7 0 0 ~ 7 0 8 ページ、は空気圧アクチュエータではなく機械式アクチュエータを使用した UHPLC システムを記載している。機械式アクチュエータはギヤ減速システムに接続された電動モータと、ピストンを動かすリニアアクチュエータとを含む超高压定流量シリンジポンプを備えている。シリンジポンプは 1 3 0, 0 0 0 p s i を超える動作圧を発生できるが、機械式アクチュエータは効果的に商業化するには大型過ぎる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【0004】

本発明は十分な圧力を発生可能であり、超高压液体クロマトグラフィ用に十分な範囲で実質的に一定の流量を発生するポンプを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明によるポンプは約30,000psiを超える高圧と、約1 μ L/min以下の低流量とを発生するために液圧力を利用する液圧増幅器システムを備えている。作動液を液圧増幅器の1次シリンダに注入するためにHPLCポンプが使用される。1次シリンダは2次シリンダに格納されている小径ピストンを作動させる大径ピストンを含んでいる。ピストンの断面積が縮小されているので、1次シリンダ内の圧力は増幅される。圧力増幅の量はピストンの表面積の比率によって決まる。液圧増幅器の断面積の縮小も流量の低減を生じ、それによって所望の流量が達成される。 10

【0006】

本発明の特徴と利点には、約30,000psiを超える圧力と、約1 μ L/min以下の流量とを発生可能なポンプ構成を備えることが含まれている。本発明によるポンプ構成は、超高压液体クロマトグラフィシステムで使用するのに適しており、信頼性が高く、製造しやすい。1次ポンプ液の流れを制御するために標準型の市販のHPLCポンプ技術を利用できる。

【0007】

本発明による構成は、2次ピストン内の圧力トランスデューサを省くように実施できる 20。有利なことに死空間を最小限にできる。

【0008】

本発明は、例えば溶剤の圧縮性によって正確な流れの制御が困難である場合に、一定の圧力でグラジエント分離を実施するためにも使用できる。

【0009】

本発明の前述および他の特徴および利点は、添付の図面と共に述べる、以下の例示的な実施形態の詳細な説明から、より完全に理解されるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

図2は本発明による単一の液圧増幅器システムの概略図である。このシステムは多重ポートHPLCロータリーバルブ12を経て一定の流量で作動液を液圧シリンダ14へと注入するHPLCポンプ10を備えている。過剰な作動液はタンク13に蓄積される。多重ポートバルブ12の位置は、HPLCポンプが「ポンプモード」または「再充填モード」のいずれで動作するかを制御するため、作動液が入口バルブ16または出口バルブ18のいずれを通過して流れるかを決定する。「ポンプモード」では、HPLCポンプ10からの作動液は液圧シリンダ14の入口室20へと向けられ、それによって1次ピストン22は第1の方向（図2では右方向）に変位する。「再充填モード」では、作動液は出口室24内に向けて送られ、それによって1次ピストン22は第2の方向（図2では左方向）に変位する。1次ピストン22はピストンカップラ28を介して2次ピストン26に連結されている。 30 40

【0011】

1次ピストン22はピストンカップラ28を介して2次ピストン26を作動させる。2次ピストン26が作動されると、2次ピストン室30内に保存されているLC溶剤が2次出口逆止め弁32を経てクロマトグラフィシステム34へと移動される。過剰なLC溶剤はLC溶剤タンク36から2次入口逆止め弁38を経て2次ピストン室30に供給される。

【0012】

図2に示すように、1次ピストン22の直径は2次ピストン26の直径よりも大きい。直径の違いによる面積の違いによって面積比に比例する圧力増幅が生ずる。具体的には、1次ピストンの半径をR1とし、2次ピストンの半径をR2とすると、圧力増幅は下記の 50

ように計算できる。

【数 1】

$$P_2 = (A_1 / A_2) * P_1$$

または

$$P_2 = ((D_1 / 2)^2 / ((D_2 / 2)^2)) * P_1$$

ただし、 P_1 は 1 次ピストンに作用する圧力

P_2 は 2 次ピストンに作用する圧力

A_1 は 1 次ピストンの面積

A_2 は 2 次ピストンの面積

D_1 は 1 次ピストンの直径

D_2 は 2 次ピストンの直径

である。

【0013】

一例として、1 次ピストン 22 の直径が 3 cm であり、2 次ピストン 26 の直径が 0.5 cm である場合、圧力は 36 倍に増幅される。すなわち、HPLC ポンプ 10 が 1389 psi の圧力で作動液を送ると、2 次室内の圧力は 50,000 psi となる。

【0014】

1 次ピストン 22 の両端間の圧力差は 2 次ピストン 26 によってクロマトグラフィシステム 34 に送られる圧力を決定するために利用できる。これは、圧力トランスデューサを 2 次ピストン室 30 内に配置することによって好適である。というのは、高圧を計測可能である圧力トランスデューサは製造が困難であり、2 次側の死空間を増やし、また通常はトランスデューサ内外への液体管路を配管するために追加の継手が必要であるからである。有利なことに、2 次側の死空間を最小限にすることで、システムを加圧するために必要な時間が短縮される。2 次ピストン 26 によって加えられる圧力は、前述のように 1 次ピストン 22 の両端間の圧力差をピストンの面積比で乗算した値に等しいので、1 次ピストンの両端間の圧力差を正確に計測することが決定的に重要である。というのは、この比率によって誤差が増倍するからである。

【0015】

1 次ピストン 22 の両端間の圧力差は、液圧シリンダ 14 の出口室 24 内の圧力を液圧シリンダ 14 の入口室 20 内の圧力から減算することによって計算される。図 2 に示すように、液圧シリンダ 14 の入口室 20 内の圧力は液圧シリンダ 14 の入口に位置する入口圧力トランスデューサ 40 によって測定され、また液圧シリンダ 14 の出口室 24 内の圧力は液圧シリンダ 14 の出口に位置する出口圧力トランスデューサ 42 によって測定される。圧力トランスデューサをこれらの位置に配置することによって、HPLC ポンプ 10 を液圧シリンダ 14 に連結する配管およびバルブ、および液圧シリンダ 14 を作動液タンクへと連結して戻す配管およびバルブ内の液体抵抗の効果が最小限に抑えられる。あるいは、圧力トランスデューサ 40、42 をそれぞれ入口室 20 と出口室 24 の内部に配置することもできる。

【0016】

圧力増幅に加えて、液圧増幅器は流量の縮減をも行う。図示した実施形態では、2 次ピストンと 1 次ピストンはほぼ同じ線速度を有している。しかし、断面積の差によって、流量が縮減される。流量の縮減は下記のように計算される。

10

20

30

40

【数 2】

$$F_2 = (A_2 / A_1) * F_1$$

または

$$F_2 = ((D_2 / 2)^2 / (D_1 / 2)^2) * F_1$$

ただし：

 F_1 は 1 次流量 F_2 は 2 次流量 A_1 は 1 次ピストンの面積 A_2 は 2 次ピストンの面積 D_1 は 1 次ピストンの直径 D_2 は 2 次ピストンの直径

である。

10

【0017】

一例として、1 次ピストン 22 の直径が 3 cm であり、2 次ピストン 26 の直径が 0.5 cm である場合、流量は 36 分の 1 倍に縮減される。すなわち、1 次流量が 0.1 mL/min である場合、2 次流量は 2.78 μ L/min となる。このような流量の縮減によって、大幅に少ない流量で LC 溶剤をクロマトグラフィシステムに送ることが可能になる。

20

【0018】

したがって、1 次および 2 次ピストンのピストン面積を適切に選択することによって、適切な圧力と流量で毛管 UHPLC を実施するために標準的な HPLC ポンプを使用できる。さらに、計量された流れを送る前に液圧増幅器に適した作動圧を決定するために、クロマトグラフィシステムによって所定の流量で生成される背圧を決定する必要がある。クロマトグラフィシステムによって生成される背圧は、カラム内で使用される粒子のサイズ、カラムの内径、および溶剤の粘度に基づいて計算することができる。この計算をガイドとして実施することは有用であるが、クロマトグラフィシステムが所望の流量での安定した圧力に平衡させることができるようにすることによって実際の作動圧を決定するため、通常はシステムの分析的動作の前に実験が行われる。

30

【0019】

線形位置トランスデューサ 44 は 1 次および 2 次ピストンの位置を測定する。この情報は、液圧シリンダ 14 への液体の流れの停止、1 次ピストン 22 が終端に達した場合のロータリーバルブ 12 の切り換え、2 次ピストン 26 によって供給される LC 溶剤の体積の計算、または 2 次ピストン 26 によって供給される流量の計算のような様々な目的のためにシステムコントローラ 46 によって利用することができる。実際の流量と予測流量との差は 1 次システムでの漏れを示している。それが生じた場合は、規定の 2 次流量を保持するために、1 次流量を調整するためのフィードバックシステムを利用できる。

40

【0020】

ホスト PC と通信するマイクロコントローラ（すなわち内蔵システム）のような自動化されたコンピュータがシステムコントローラ 46 として使用される。HPLC ポンプ 10、および圧力トランスデューサ 40、42、および線形位置トランスデューサ 44 からのフィードバックデータを制御し、2 次圧力およびピストン位置を自動的に計算し、かつ表示し、またシステムの初期加圧、および後続の計量された流れを自動的に計算するために、自動化されたコンピュータを利用できる。

【0021】

UHPLC が実施される高圧により、また溶剤の圧縮性により、ピストンストロークのかなりの部分が溶剤を圧縮するために使用される。UHPLC で使用される低流量により、LC 溶剤を作用圧まで圧縮するのにある程度の時間がかかり、最初は、クロマトグラフ

50

ィシステムへの流れの供給はピストンの変位とは比例しない。これらの要因によって、所望の２次作動圧が達成されるまで、高い流量でＨＰＬＣポンプ１０を運転することが有利である。

【００２２】

液圧増幅器１４の動作は以下のように記述することができる。再充填モードでは、１次ピストン２２を再びフルに引っ込んだ位置に駆動するために、作動液をＨＰＬＣポンプ１０から液圧シリンダ１４の出口室２４へと直接向けることによって、液圧シリンダ１４は再充填される。１次ピストン２２が引っ込むとＬＣ溶剤は入口逆止め弁３８を経て２次室３０へと引き込まれる。次にＨＰＬＣポンプ１０は、液圧シリンダ１４の入口室２０の圧力が所望の作動圧に達するまで、最大の流量でポンプモードで動作する。次に、液圧シリンダ１４を経て所望の流量をクロマトグラフィシステム３４に給送するため、ＨＰＬＣポンプ１０の流れが変更される。１次ピストンの位置は継続的に監視されるので、１次ピストン２２がストロークの終端に達するとＨＰＬＣポンプを停止させることができる。

10

【００２３】

図３はミキシング室１０５を経て異なる溶剤をクロマトグラフィシステム１０３に注入する２つの別個の液圧増幅器１００、１０１を含むグラジエント液圧増幅器システムを示している。定流量モードでは、クロマトグラフィ分離の過程で溶剤の成分が制御されたかたちで変更されるように、溶剤の流量を変更することができる。各液圧増幅器は図２の液圧シリンダ１４と実質的に同様の液圧シリンダ１０７を含んでいる。例えば、各液圧シリンダ１０７は入口室１０８／２０８、１次ピストン１０９／２０９、出口室１１０／２１０、２次ピストン１１１／２１１、２次ピストン室１１２／２１２、液圧ポンプ１１３／２１３、マルチポイントバルブ１１５／２１５、１次入口圧力トランスデューサ１１７／２１７、１次出口圧力トランスデューサ１１９／２１９、溶剤タンク１２１／２２１、２次入口逆止め弁１２３／２２３、２次出口逆止め弁１２５／２２５、および線形位置トランスデューサ１２６／２２６を含んでいる。液圧増幅器の動作を制御し、同期化させるために共通のシステムコントローラ１２７が使用される。液体クロマトグラフィシステム１０３への流量は実質的に一定に保持され、一方、異なる溶剤の相対的流量は、継続的に変化する溶剤グラジエントをクロマトグラフィシステム１０３に供給するためにクロマトグラフィの動作中に変更される。図３は液圧増幅器を含んでいるが、より複雑なシステム用に追加の液圧増幅器を使用することができる。

20

30

【００２４】

システムコントローラはここではホストＰＣと通信するマイクロコントローラ（すなわち内蔵システム）として説明されているが、内蔵システムのみ、またはホストＰＣのみ、などを使用してもよいことが理解されよう。

【００２５】

ピストンの位置は単一の線形位置トランスデューサによって測定されるものとして示されているが、１個以上のトランスデューサを使用することもでき、および／または可変抵抗素子、線形電圧差動トランスデューサ（ＬＶＤＴ）、光学エンコーダなどのような代替の位置センサを実装することもできることが理解されよう。線形位置トランスデューサは図面では１次ピストンと２次ピストンとの境界に連結されているものとして示されているが、１次ピストンと２次ピストンのどの部分に配置してもよく、または両者を連結するシャフトに配置してもよい。

40

【００２６】

本発明はさらに、例えば溶剤の圧縮性によって正確な流量制御が困難である場合に、一定の圧力でグラジエント分離を行うためにも使用できる。定圧力モードでは、２つの液圧増幅器によって供給される総流量（すなわち２つのグラジエント成分）は圧力の設定ポイントを維持するために変更されよう。液圧増幅器によって供給されるこの総流量（すなわちグラジエント成分）の比率はグラジエントを供給するために動作の過程で変更できよう。

【００２７】

50

本発明を実施例に関連して説明してきたが、本発明の精神と範囲から逸脱することなく、形態および細部にその他の様々な変更、省略、および追加を行うことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】 空気圧増幅器ポンプを含むLCシステムを示した図面である。

【図2】 単一の液压増幅器システムを示した図面である。

【図3】 グラジエント液压増幅器システムを示した図面である。

【図1】

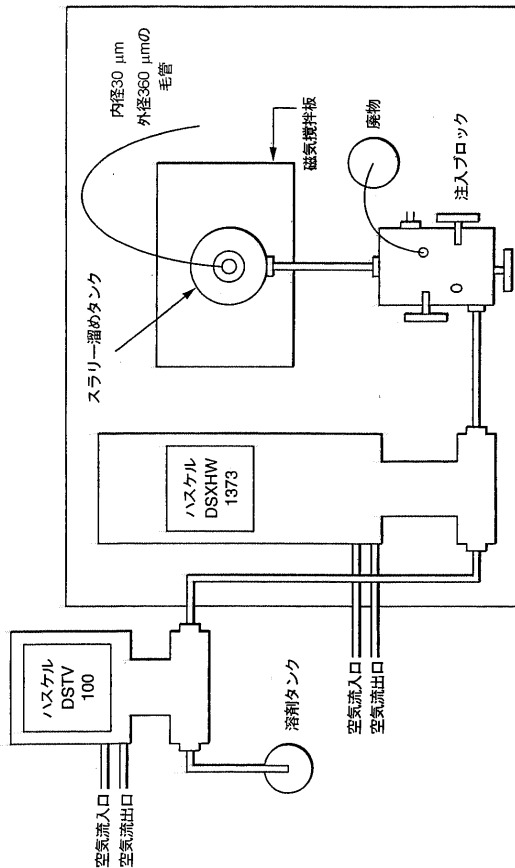


FIG. 1
(PRIOR ART)

【図2】

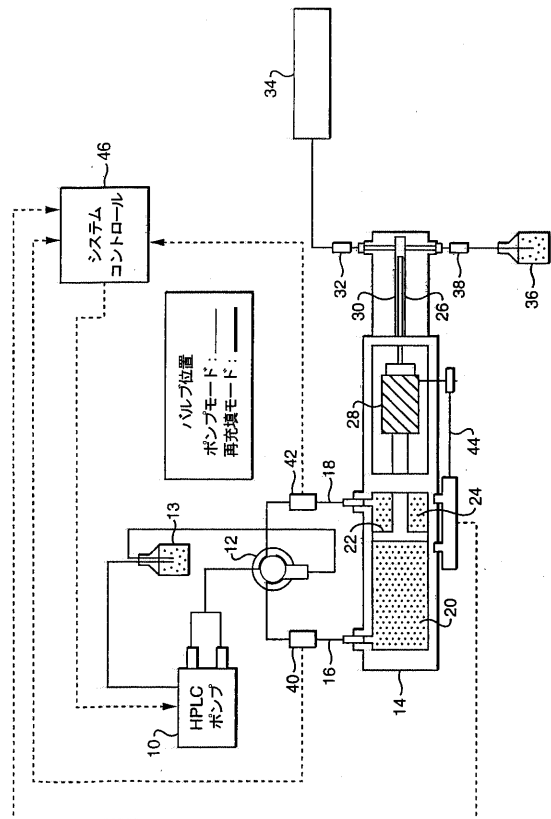


FIG. 2

【図 3】

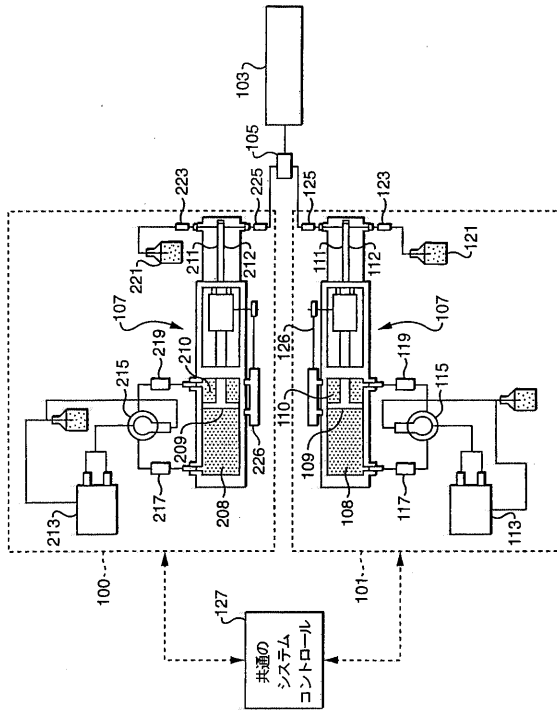


FIG. 3

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US02/35392

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
IPC(7) : F04B 9/08 US CL : 417/390		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 417/390,387,388,401,403; 91/321,275,415; 73/61.1C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3,932,067 A (BALL et al.) 13 January 1976 (13.01.1976), Figures 1, 2 and 6; column 1, lines 21-37 and column 14, lines 40-46.	1,2,8,9,11,12,19
X	US 3,975,946 A (BALL et al.) 24 August 1976 (24.08.1976), Figures 1,2 and 6; column 1, lines 21-39 and column 14, lines 42-47.	1,2,8,9,11,12,19
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "B" earlier application or patent published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 10 February 2003 (10.02.2003)		Date of mailing of the international search report 09 APR 2003
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703)305-3230		Authorized officer Timothy S. Thorpe Telephone No. 703-308-0861

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW, ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES, FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,N O,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100124855

弁理士 坪倉 道明

(72)発明者 ゲルハルト, ジェフ

アメリカ合衆国、マサチューセッツ・01527、ミルベリー、ブライアン・サークル・8

(72)発明者 コンプトン, ブルース・ジェイ

アメリカ合衆国、マサチューセッツ・01775、レキシントン、コテージ・ストリート・30

Fターム(参考) 3H045 AA03 AA09 AA12 AA16 AA22 AA37 BA19 CA02 CA03 CA09

DA05 EA13 EA20 EA26 EA43

3H071 AA01 BB01 BB11 CC13 DD14 DD72

3H075 AA01 BB03 BB14 BB20 CC10 DA04 DA08 DA09 DA14 DB03

DB43 EE03 EE08 EE16