

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3669943号
(P3669943)

(45) 発行日 平成17年7月13日(2005.7.13)

(24) 登録日 平成17年4月22日(2005.4.22)

(51) Int.Cl.⁷

F I

GO 1 N 35/10

GO 1 N 35/06 D

BO 1 J 4/00

BO 1 J 4/00 1 O 3

GO 1 N 1/00

GO 1 N 1/00 1 O 1 K

請求項の数 5 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-180213 (P2001-180213)
 (22) 出願日 平成13年6月14日 (2001.6.14)
 (65) 公開番号 特開2002-372546 (P2002-372546A)
 (43) 公開日 平成14年12月26日 (2002.12.26)
 審査請求日 平成15年4月2日 (2003.4.2)

(73) 特許権者 390029791
 アロカ株式会社
 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号
 (74) 代理人 100091627
 弁理士 朝比 一夫
 (74) 代理人 100091292
 弁理士 増田 達哉
 (72) 発明者 川那辺 純一
 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 アロ
 カ株式会社内
 (72) 発明者 吉村 共之
 東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 アロ
 カ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分注装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内部に画成されたポンプ空間の容積を増減して気体を吸入／吐出するポンプと、
 前記ポンプ空間と連通する内腔を有するノズルとを備え、
 前記ポンプの作動により、前記気体を介して前記ノズルの内腔に液体を吸入し、吸入し
 た液体を前記ノズルの先端部が空中にある状態で吐出し、分注する分注装置であって、
 下記式（I）により定められるMが $1 \times 10^{-9} \text{ m}^3$ 未満であることを特徴とする分注装
 置。

$$M = 5 V_0 \cdot \sigma_w / (P_0 \cdot d) \cdots (I)$$

（式中、 $V_0 [\text{m}^3]$ は、液体を吸入する前の状態における前記ポンプ空間および前記ノズ
 ルの内腔を含む連続した内部空間の容積、 $d [\text{m}]$ は、前記ノズルの先端開口の内径、 P_0
 $[\text{Pa}]$ は、標準大気圧、 $\sigma_w [\text{N/m}]$ は、水の表面張力を表す。） 10

【請求項2】

前記ノズルの先端開口の内径が、 $0.1 \sim 2 \text{ mm}$ である請求項1に記載の分注装置。

【請求項3】

前記ノズルは、少なくともその先端部に、内径が先端方向に向かって漸減するテーパ部
 分を有する請求項1または2に記載の分注装置。

【請求項4】

前記ノズルの中心軸に対する前記テーパ部分の傾斜角度は、 $0.5 \sim 5^\circ$ である請求項
 3に記載の分注装置。

【請求項 5】

前記ノズルは、装置本体に対し着脱自在に設置されている請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の分注装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、分注装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

例えば検体（試料）や試薬（薬液）等の少量の液体を分注する分注装置が知られており、
例えば血液分析検査やバイオ工学における分析を行う際等に使用されている。 10

【0003】

このような分注装置は、ポンプ空間（例えばピストンポンプでは、シリンダとピストンとで画成される空間）の容積を増減して気体（空気）を吸入／吐出するポンプと、前記ポンプ空間に連通する内腔を有するノズルとを備えている。なお、このノズルは、通常、ディスポーザブルのチップになっている。

【0004】

そして、この分注装置は、前記ポンプを作動させポンプ空間の容積を増大させることにより、ポンプ空間やノズルの内腔等にある気体を介して、ノズルの内腔に液体を吸入する。
次いで、ポンプ空間の容積を減少させることにより、吸入した液体をノズルの先端開口から吐出し、1箇所または複数箇所に分注する。 20

【0005】

近年、前述したような検査・分析等においては、使用する検体や試薬の量の微量化が進行している。これに伴って、分注装置は、1回の液体吐出量の微量化が要望されている。

【0006】

しかしながら、従来の分注装置は、液体吐出量を十分に少なくすることができなかった。
例えば、分注する液体が水である場合には、液体吐出量を $10\ \mu\text{L}$ 程度以下にすることができなかった。

【0007】

すなわち、従来の分注装置では、例えば、水を $5\ \mu\text{L}$ だけ吐出しようとして、ポンプの作動によりポンプ空間の容積を $5\ \mu\text{L}$ だけ減少させた場合、ノズルの内腔やポンプ空間等にある気体が圧縮されるのみで、ノズル内の水を先端開口から吐出することができなかった。
。 30

【0008】

そして、この状態からさらにポンプ空間の容積を減少させて、無理に吐出した場合には、目標とした吐出量（ $5\ \mu\text{L}$ ）よりも多量に吐出されてしまう。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、従来の分注装置よりも少ない量の液体を吐出することができる分注装置を提供することにある。 40

【0010】

【課題を解決するための手段】

このような目的は、下記（1）～（5）の本発明により達成される。

【0011】

（1） 内部に画成されたポンプ空間の容積を増減して気体を吸入／吐出するポンプと、

前記ポンプ空間と連通する内腔を有するノズルとを備え、

前記ポンプの作動により、前記気体を介して前記ノズルの内腔に液体を吸入し、吸入した液体を前記ノズルの先端部が空中にある状態で吐出し、分注する分注装置であって、

下記式（I）により定められる M が $1 \times 10^{-9}\text{m}^3$ 未満であることを特徴とする分注装 50

置。

$$M = 5 V_0 \cdot \sigma_w / (P_0 \cdot d) \quad \dots (I)$$

(式中、 V_0 [m³] は、液体を吸入する前の状態における前記ポンプ空間および前記ノズルの内腔を含む連続した内部空間の容積、 d [m] は、前記ノズルの先端開口の内径、 P_0 [Pa] は、標準大気圧、 σ_w [N/m] は、水の表面張力を表す。)

【0012】

(2) 前記ノズルの先端開口の内径が、0.1～2mmである上記(1)に記載の分注装置。

【0013】

(3) 前記ノズルは、少なくともその先端部に、内径が先端方向に向かって漸減するテーパ部分を有する上記(1)または(2)に記載の分注装置。 10

【0014】

(4) 前記ノズルの中心軸に対する前記テーパ部分の傾斜角度は、0.5～5°である上記(3)に記載の分注装置。

【0015】

(5) 前記ノズルは、装置本体に対し着脱自在に設置されている上記(1)ないし(4)のいずれかに記載の分注装置。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の分注装置を添付図面に示す好適な実施形態に基づいて詳細に説明する。 20

【0019】

図1は、本発明の分注装置の実施形態(液体を吸入する前の状態)を示す縦断面図、図2は、図1に示す分注装置(吐出動作前の状態)の縦断面図、図3は、図1に示す分注装置(吐出動作後の状態)の縦断面図、図4は、ノズルの先端部を拡大して示す縦断面図である。なお、以下の説明では、図1ないし図4中の上側を「基端」、下側を「先端」と言う。

【0020】

図1に示す分注装置1は、ポンプ2と、ノズル(ノズルチップ)3と、ノズル取付部4と、気体流路5とを有しており、例えば、血液分析検査やバイオ工学における分析等において、血清等の検体や試薬(薬液)等の液体を分注するものである。以下、各部の構成について説明する。 30

【0021】

図1に示すように、ポンプ2は、ピストンポンプ(シリンジポンプ)であり、シリンダ21と、該シリンダ21の内部に設置されたピストン22とを有している。

【0022】

ピストン22は、シリンダ21の内部をシリンダ21の軸方向に沿って移動可能になっている。このピストン22の移動により、シリンダ21とピストン22とで囲まれて形成された(画成された)ポンプ空間23の容積が増減する。ポンプ2は、このポンプ空間23の容積(以下、「ポンプ空間容積」と言う。)の増減により、気体(空気)を吸入/吐出する。 40

【0023】

ピストン22は、例えば、送りネジ(ボールネジ)とこれを回転するサーボモータ(ステッピングモータ)とを有する駆動機構(図示せず)により、ピストンロッド24を介して駆動(移動)されるようになっている。

【0024】

ポンプ空間23からは、これに連通する気体流路5が延びている。この気体流路5は、ノズル取付部4にまで続いて形成されている。

【0025】

ノズル取付部4には、後述するノズル3を着脱自在に取り付け可能になっている。

【0026】

ノズル 3 は、ほぼ筒状（円筒状）をなし、内腔 3 1 と、先端開口（先端開口部） 3 2 と、基端開口（基端開口部） 3 3 とを有しており、好ましくは、その軸方向が上下方向となるように設置されている。

【0027】

ノズル 3 は、例えば、基端開口 3 3 にノズル取付部 4 が挿入、嵌合することにより、ノズル取付部 4 に取り付けられており、基端開口 3 3 とノズル取付部 4 との間では、気密性が保たれている。このような構成により、ノズル 3 の内腔 3 1 は、気体流路 5 を介して、ポンプ空間 2 3 に連通している。また、ポンプ空間 2 3、内腔 3 1 および気体流路 5 を含む内部空間は、先端開口 3 2 以外では閉じた空間（閉空間）になっている。

【0028】

ノズル 3 は、ノズル取付部 4 に対し、着脱自在になっており、異なる液体を分注する際には、ノズル 3 を交換することによりコンタミネーションを防止することができる。また、ノズル 3 は、好ましくは、例えば各種樹脂材料等で構成されており、ディスポーザブルとなっている。

【0029】

ノズル 3 の先端開口 3 2 の内径 d は、特に限定されないが、0.1～2 mm であることが好ましく、0.2～0.8 mm であることがより好ましく、例えば 0.4 mm とすることができる。

【0030】

先端開口 3 2 の内径 d が前記下限値未満であると、液体 2 0 が先端開口 3 2 を通過する抵抗が大きくなって、液体 2 0 の種類等によっては、液体 2 0 を吐出しにくくなる場合がある。

【0031】

また、先端開口 3 2 の内径 d が前記上限値を超えると、液体 2 0 の種類等によっては、液体 2 0 を精度良く（正確な量で）吐出することができない場合がある。

【0032】

また、ノズル 3 は、少なくともその先端部に内径（および外径）が先端方向に向かって漸減するテーパ部を有している。本実施形態では、このテーパ部は、ノズル 3 のほぼ全長にわたって形成されている。

【0033】

ノズル 3 の中心軸 3 4 に対する前記テーパ部のテーパ角度 θ （図 1 参照）としては、特に限定されないが、0.5～5° であるのが好ましく、1～3° であるのがより好ましい。

【0034】

前記テーパ角度 θ が前記下限値未満であると、先端開口 3 2 の内径 d の大きさ等によっては、ノズル 3 の内腔 3 1 の容積を十分に確保できなくなる場合がある。

【0035】

また、前記テーパ角度 θ が前記上限値を超えると、先端開口 3 2 の内径 d の大きさ等によっては、吐出量の精度が低下する場合がある。

【0036】

なお、テーパ部分のテーパ角度 θ は、ノズル 3 の長手方向に沿って変化していてもよい。

【0037】

このような分注装置 1 は、ポンプ 2 およびノズル 3 を含む分注ヘッドを 3 次元方向に移動する分注ヘッド移動機構（図示せず）を有しており、該分注ヘッド移動機構により、ポンプ 2 およびノズル 3 を分注する液体 2 0 の吸入箇所（貯留部 1 0）と吐出箇所（図示せず）とに移動する。

【0038】

液体 2 0 を吸入する前の状態では、図 1 に示すように、ピストン 2 2 がシリンダ 2 1 の先端部付近に位置し、ポンプ空間容積が小さい状態になっている。

【0039】

液体 2 0 を吸入する際には、図 1 に示す状態から、前記分注ヘッド移動機構の作動により

10

20

30

40

50

、ポンプ２およびノズル３を下降させて、ノズル３の先端開口３２を貯留部１０に貯留された液体２０に浸す。次いで、ピストン２２をシリンダ２１に対し基端方向に移動してポンプ空間容積を増大させ、ポンプ空間２３に気体を吸入する。これにより、ポンプ空間２３、気体流路５および内腔３１内にある気体が負圧となり、この負圧によって、図２に示すように、液体２０は、ノズル３の内腔３１に吸入され、蓄えられる。

【００４０】

このように、分注装置１は、ポンプ空間２３、気体流路５および内腔３１内にある気体を介して、液体２０をノズル３の内腔３１に吸入する。液体２０を吸入した状態で、ポンプ空間２３、気体流路５および内腔３１内にある気体を、以下、「介在気体」と言う。

【００４１】

ノズル３の内腔３１に蓄えられた液体２０を先端開口３２から吐出（排出）する際には、図２に示す状態から、ピストン２２をシリンダ２１に対し先端方向に移動する。これにより、図３に示すように、ピストン２２の先端面は、吐出動作前（図２に示す状態）の位置２５から、吐出動作後の位置２６に移動する。この動作は、ノズル３の先端部（先端開口３２）が空中にある状態で行う。

【００４２】

このピストン２２の移動により、ポンプ空間容積が減少し、ポンプ空間２３から気体が吐出され、介在気体の圧力が高まる。これにより、内腔３１にある液体２０の上側の液面２０２が介在気体に押圧されるようにして、液体２０が先端開口３２から吐出される。

【００４３】

このようにして先端開口３２から吐出された液体２０は、ノズル３の先端部に付着した状態となる。この状態で、前記分注ヘッド移動機構を作動してノズル３の先端部を吐出先の容器に接触させ、これにより、吐出された液体２０を吐出先の容器に付与する。または、吐出した液体２０を吐出先の容器に滴下（落下）させることとしてもよい。

【００４４】

このような吐出動作において、先端開口３２から吐出される液体２０の量（以下、この量を「液体吐出量」と言う。）は、ポンプ空間容積の減少量 ΔV （図３参照）にほぼ等しい。逆に言えば、液体吐出量を例えば V_1 とするには、吐出動作におけるポンプ空間容積の減少量 ΔV が目標とする液体吐出量 V_1 とほぼ等しくなる（ $\Delta V = V_1$ となる）ように、ピストン２２を移動する。

【００４５】

ところが、このような吐出動作においては、液体吐出量がある程度以下にすることはできず、従来の分注装置では、例えば液体２０が水である場合には、液体吐出量を $10 \mu\text{L}$ 程度以下にすることはできなかった。すなわち、従来の分注装置では、例えば $5 \mu\text{L}$ の液体２０（水）を吐出しようとして、吐出動作においてポンプ空間容積を $5 \mu\text{L}$ だけ減少させたような場合、介在気体が圧縮されるのみで、ノズルの先端開口から液体２０（水）を吐出することができなかった。

【００４６】

これに対し、本発明では、以下に述べるような構成により、従来の分注装置よりも少ない量の液体２０を吐出することができる。

【００４７】

本発明の分注装置１は、液体２０を吸入する前の状態（図１に示す状態）におけるポンプ空間２３およびノズル３の内腔３１を含む連続した内部空間の容積を V_0 [m^3]、ノズル３の先端開口３２の内径を d [m]、標準大気圧を P_0 [Pa]、水の表面張力を σ_w [N/m]としたとき、下記式（Ｉ）により定められる M が $1 \times 10^{-9} \text{m}^3$ 未満（ $M < 1 \mu\text{L}$ ）となるように構成されている。

$$M = 5 V_0 \cdot \sigma_w / (P_0 \cdot d) \quad \cdots (I)$$

【００４８】

前記 V_0 は、ポンプ空間２３および内腔３１に加えて、これらに連通するすべての部分（気体流路５等）を含んだものの容積である。よって、例えば、ポンプ空間２３と内腔３１

10

20

30

40

50

との間に凹部、分岐路等がある場合には、これらの容積もすべて含まれる。すなわち、この V_0 は、分注系のデッドボリュームを意味するものである。

【0049】

また、本明細書中では、標準大気圧 P_0 は、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ とし、水の表面張力 σ_w は、 $73 \times 10^{-3} \text{ N/m}$ とする。

【0050】

このような構成により、分注装置 1 は、液体 20 が水である場合、液体吐出量を最少でほぼ $1 \mu\text{L}$ とすることができる。

【0052】

次に、本発明者らが以上説明したような本発明を完成するに到った経緯について説明する 10

【0053】

本発明者らは、前述したように液体吐出量のある程度以下にすることができない原因は、先端開口 32 付近における液体 20 の液面 201、および、ノズル 3 内における液体 20 の液面（メニスカス）202 にそれぞれ作用する表面張力にあることを見出した。

【0054】

まず、液面 201 について説明する。図 4 に示すように、液体 20 が先端開口 32 から吐出される直前の状態では、液体 20 は、その表面張力により先端開口 32 においてほぼ球面状の液面 201 を形成する。

【0055】

この液面 201 は、図 2 に示す状態からピストン 22 が徐々に先端方向に移動してポンプ空間容積が減少していくと、上側の液面 202 が介在気体に押圧されることにより、図 4 中の一点鎖線 A で示すような状態や図 4 中の実線で示す状態を経て、図 4 中の一点鎖線 B で示すような状態へと膨らんでいく。 20

【0056】

このような液面 201 が形成されている状態では、液面 201 に作用する表面張力により、液体 20 の圧力は、液面 201 より外側の圧力、すなわち、大気圧 P_0 よりも大きくなる。よって、液面 201 の表面張力による圧力の増分を ΔP_L とすると、内腔 31 にある液体 20 の圧力は、 $(P_0 + \Delta P_L)$ となる。

【0057】

この圧力の増分 ΔP_L は、液体 20 の表面張力を σ [N/m]、液面 201 の曲率半径を r_1 [m] としたとき、 $2\sigma/r_1$ となる。よって、 ΔP_L は、液面 201 の曲率半径 r_1 が小さいほど大きくなる。 30

【0058】

液体 20 が先端開口 32 から吐出される過程において、液面 201 の曲率半径が最も小さくなるのは、図 4 中の一点鎖線 A で示す状態や一点鎖線 B で示す状態と比較して分かるように、図 4 中の実線で示す状態、すなわち、先端開口 32 から液面 201 が半球状に突出する状態である。このときの液面 201 の曲率半径 r_1 は、 $d/2$ になる。

【0059】

よって、液面 201 に作用する表面張力による圧力の増分 ΔP_L は、 $r_1 = d/2$ のときに 40、最大となり、その最大値は、 $4\sigma/d$ となる。すなわち、液体 20 が先端開口 32 から吐出される過程において、内腔 31 にある液体 20 の圧力は、最大で $(P_0 + 4\sigma/d)$ となる。

【0060】

次に、液面 202 について説明する。ノズル 3 内には、毛細管現象により、ほぼ球面状をなす液面 202 が形成される。液面 202 の曲率半径を r_2 [m] とすると、液面 202 に作用する表面張力により、液面 202 の内側の圧力、すなわち介在気体の圧力は、液面 202 の外側の圧力、すなわち液体 20 の圧力より $2\sigma/r_2$ 大きくなる。

【0061】

液面 202 の曲率半径 r_2 は、液面 202 の位置におけるノズル 3 の内径を D とすると、 50

ほぼ $D/2$ となる。よって、液面 202 による介在気体の圧力の増分は、 $2\sigma/r_2$ に $r_2 = D/2$ を代入して、 $4\sigma/D$ となる。

【0062】

液体 20 の圧力は、前述したように、図 4 に示す状態で最大 ($P_0 + 4\sigma/d$) となるから、介在気体の圧力もこのときに最大となり、その最大値は、($P_0 + 4\sigma/d + 4\sigma/D$) となる。

【0063】

液体 20 を先端開口 32 から吐出するには、図 4 に示す状態からさらに介在気体の圧力が増加する必要がある。すなわち、介在気体の圧力が ($P_0 + 4\sigma/d + 4\sigma/D$) を超える必要がある。

10

【0064】

以上述べたようなことから、本発明者らは、例えば V_1 の量の液体 20 を先端開口 32 から吐出するには、図 2 に示す状態からポンプ空間容積を ΔV V_1 であるような ΔV だけ減少させた場合に、介在気体の圧力が ($P_0 + 4\sigma/d + 4\sigma/D$) を超える必要があり、これを超えることができないと、液面 202 に作用する介在気体の圧力よりも、液面 201 に作用する大気圧および液面 201 と液面 202 とに作用する表面張力の方が勝ってしまい、液体 20 を先端開口 32 から吐出することができない、ということを見出した。

【0065】

そこで、本発明者らは、図 2 に示す吐出動作前の状態と、図 3 に示す吐出動作後の状態とを比較して、ポンプ空間容積を ΔV だけ減少させたときの介在気体の圧力を算出し、この圧力が ($P_0 + 4\sigma/d + 4\sigma/D$) を超えるための条件、すなわち、液体 20 を吐出するための条件を以下のように求めた。

20

【0066】

ノズル 3 が前記テーパ部を有していることから、ノズル 3 の内腔 31 に吸入した液量が少ないほど、液面 202 が先端側に位置するので、液面 202 の位置におけるノズル 3 の内径 D は、小さくなる。液面 202 の位置におけるノズル 3 の内径 D が小さいほど、液体 20 を吐出するために必要な介在気体の圧力 ($P_0 + 4\sigma/d + 4\sigma/D$) は、大きくなる。よって、吐出動作前のノズル 3 内の液量が少ないほど、液体 20 を吐出するための条件は、厳しくなる。

【0067】

分注装置 1 の使用においては、前記テーパ角度 θ を考慮すると、通常、液面 202 は、ノズル 3 の内径が先端開口 32 の内径 d のほぼ 2 倍になるような位置から上側の範囲に位置する状態とされる。すなわち、通常の使用状態において、液体 20 を吐出するための条件が最も厳しくなるのは、 $D = 2d$ のときであるので、以下では、 $D = 2d$ であるとして、液体 20 を吐出するための条件を求めた。

30

【0068】

よって、液体 20 を吐出するために必要な介在気体の圧力は、($P_0 + 4\sigma/d + 4\sigma/D$) に $D = 2d$ を代入して、($P_0 + 6\sigma/D$) となる。

【0069】

内腔 31 に吸入した液体 20 が少量である場合には、吐出動作前における介在気体の体積および圧力は、それぞれ、前記 V_0 (分注系のデッドボリューム) および大気圧 P_0 で近似することができる。よって、図 2 に示す吐出動作前の状態における介在気体の圧力、体積をそれぞれ P_0 、 V_0 とした。

40

【0070】

図 3 に示す吐出動作後の状態では、介在気体の体積は、ポンプ空間容積が ΔV 減少することにより、($V_0 - \Delta V$) となる。また、吐出動作前に対する吐出動作後の介在気体の圧力の増分を ΔP_g とする。よって、吐出動作後の介在気体の圧力は、($P_0 + \Delta P_g$) となる。

【0071】

このとき、これらの間に下記式 (II) が成り立つ。

50

$$P_0 \cdot V_0^n = (P_0 + \Delta P_G) \cdot (V_0 - \Delta V)^n \quad \dots (II)$$

【0072】

前記式 (II) において、 n は、介在気体の比熱比を γ としたとき、 $1 \leq n \leq \gamma$ なる自然数である。介在気体が吐出動作前後で等温変化する場合には、 $n = 1$ で前記式 (II) が成り立ち、断熱変化する場合には、 $n = \gamma$ で前記式 (II) が成り立つ。

【0073】

ここでは、介在気体を空気であるとして、比熱比 γ を 1.4 とする。また、実際上は、介在気体の状態変化は、等温変化と断熱変化との中間の変化となるため、 $n = 1.2$ で前記式 (II) が成り立つものとした。よって、 $n = 1.2$ として、式 (II) を変形すると下記式 (III) が得られる。

$$\Delta P_G = P_0 (1 - \Delta V / V_0)^{-1.2} - P_0 \quad \dots (III)$$

【0074】

液面 201 の表面張力が問題となるのは、ポンプ空間容積の減少量 ΔV (液体吐出量) が微量のときであるため、ここでは、 ΔV は、 V_0 よりも十分に小さいとしてよい。よって、式 (III) において $\Delta V / V_0 \ll 1$ であるとする、近似的に下記式 (IV) が得られる。

$$\Delta P_G = 1.2 P_0 \cdot \Delta V / V_0 \quad \dots (IV)$$

【0075】

前記式 (IV) より、吐出動作後の介在気体の圧力は、 $(P_0 + 1.2 P_0 \cdot \Delta V / V_0)$ となる。よって、液体 20 が吐出されるための条件は、この吐出動作後の介在気体の圧力 ($P_0 + 1.2 P_0 \cdot \Delta V / V_0$) が ($P_0 + 6\sigma / d$) を超えること、すなわち、下記式 (V) となる。

$$P_0 + 1.2 P_0 \cdot \Delta V / V_0 > P_0 + 6\sigma / d \quad \dots (V)$$

【0076】

この式 (V) を変形すると、下記式 (VI) が得られる。

$$\Delta V > 5 V_0 \cdot \sigma / (P_0 \cdot d) \quad \dots (VI)$$

【0077】

前記式 (VI) が本発明者らの見出した、液体 20 を吐出するための条件式である。前記式 (VI) によれば、吐出動作におけるポンプ空間容積の減少量 ΔV が $5 V_0 \cdot \sigma / (P_0 \cdot d)$ より大きい場合には、液体 20 を先端開口 32 から吐出することができ、 ΔV にほぼ等しい液体吐出量が得られることが分かる。すなわち、吐出可能な最少の液体吐出量は、ほぼ $5 V_0 \cdot \sigma / (P_0 \cdot d)$ であることが分かる。

【0078】

液体 20 が水である場合には、前記式 (VI) において $\sigma = \sigma_w$ とすることにより、下記式 (VII) が得られる。

$$\Delta V > 5 V_0 \cdot \sigma_w / (P_0 \cdot d) \quad \dots (VII)$$

【0079】

前記式 (VII) によれば、液体 20 が水である場合には、吐出動作におけるポンプ空間容積の減少量 ΔV が $5 V_0 \cdot \sigma_w / (P_0 \cdot d)$ より大きい場合には、液体 20 (水) を先端開口 32 から吐出することができ、 ΔV にほぼ等しい液体吐出量が得られることが分かる。すなわち、液体 20 が水である場合には、吐出可能な最少の液体吐出量は、ほぼ $5 V_0 \cdot \sigma_w / (P_0 \cdot d)$ であることが分かる。

【0080】

ここで、前記式 (VII) の右辺は、前記 M に等しい。よって、 $M < 1 \mu L$ であると、 $\Delta V \geq 1 \mu L$ となり、前述したように、液体 20 が水である場合には、液体吐出量を最少でほぼ $1 \mu L$ とすることができることが導かれる。

【0081】

以上、本発明の分注装置を図示の実施形態について説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、分注装置を構成する各部は、同様の機能を発揮し得る任意の構成のものとの置換することができる。

10

20

30

40

50

【0082】

例えば、ポンプ2は、図示のようなピストンポンプに限らず、ポンプ空間の容積を増減して気体を吸入／吐出するものであればいかなるものであってもよい。

【0083】

また、以上では、分注する液体が水である場合を中心に説明したが、本発明では、水以外の液体を分注する場合であっても、従来の分注装置よりも少ない量の液体を吐出することができる。

【0084】

なお、吐出可能な液体吐出量は、液体の表面張力によって異なり、表面張力の大きいものほど吐出可能な液体吐出量が少なく、逆に、表面張力の小さいものほど吐出可能な液体吐出量が多い。よって、水以外の液体を分注する場合、吐出可能な液体吐出量は、通常、前述した値とは異なるものとなる。

10

【0085】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、従来の分注装置よりも少ない量の液体を吐出することができる。また、より精確な（精度の良い）分注をすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の分注装置の実施形態（液体を吸入する前の状態）を示す縦断面図である。

【図2】図1に示す分注装置（吐出動作前の状態）の縦断面図である。

20

【図3】図1に示す分注装置（吐出動作後の状態）の縦断面図である。

【図4】ノズルの先端部を拡大して示す縦断面図である。

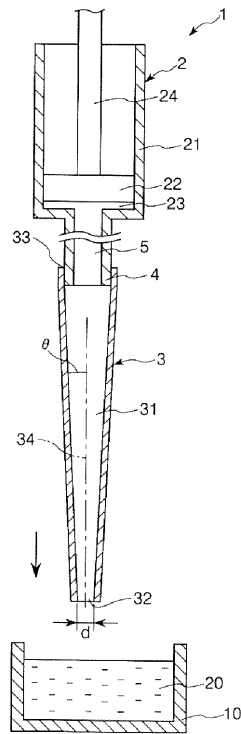
【符号の説明】

- 1 分注装置
- 2 ポンプ
- 2 1 シリンダ
- 2 2 ピストン
- 2 3 ポンプ空間
- 2 4 ピストンロッド
- 2 5、2 6 位置
- 3 ノズル
- 3 1 内腔
- 3 2 先端開口
- 3 3 基端開口
- 3 4 中心軸
- 4 ノズル取付部
- 5 気体流路
- 1 0 貯留部
- 2 0 液体
- 2 0 1、2 0 2 液面

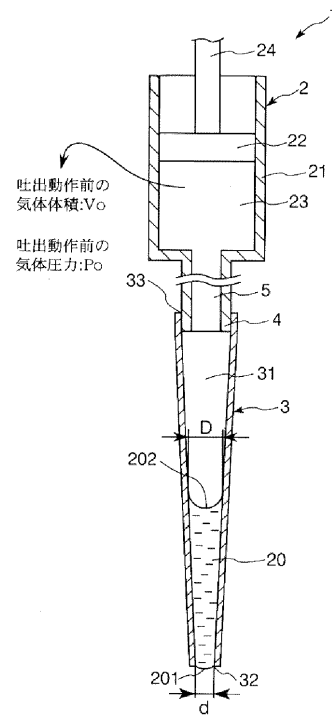
30

40

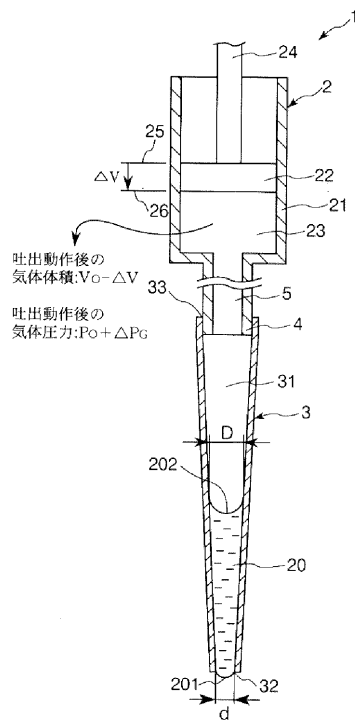
【図 1】



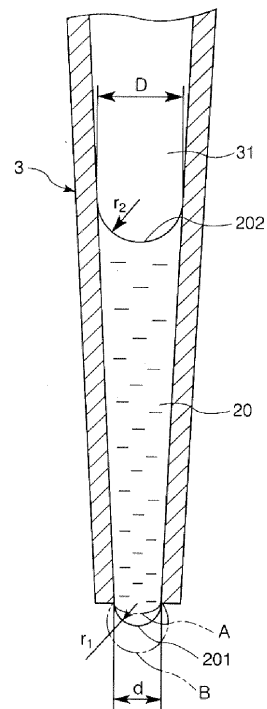
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 周 中陽
東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 アロカ株式会社内
- (72)発明者 齋藤 博樹
東京都三鷹市牟礼6丁目2番1号 アロカ株式会社内

審査官 遠藤 孝徳

- (56)参考文献 特開平9-89906 (JP, A)
特開2001-91524 (JP, A)
特開平7-284674 (JP, A)
特開2002-372545 (JP, A)
特開2001-264341 (JP, A)
特開平9-113518 (JP, A)
特開平1-162157 (JP, A)
特開2001-74757 (JP, A)
特開平10-115623 (JP, A)
特許第2693356 (JP, B2)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
G01N 35/00 - 35/10
G01N 1/00 - 1/44
B01J 4/00 - 4/04
JICSTファイル(JOIS)