



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 201910003 A

(43) 公開日：中華民國 108 (2019) 年 03 月 16 日

(21) 申請案號：106126784

(22) 申請日：中華民國 106 (2017) 年 08 月 08 日

(51) Int. Cl. :

*B03C3/34 (2006.01)**B03C3/40 (2006.01)**B03C3/88 (2006.01)**G01N1/22 (2006.01)**G01N1/34 (2006.01)*

(71) 申請人：國立交通大學 (中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市東區大學路 1001 號

(72) 發明人：蔡春進 TSAI, CHUEN-JINN (TW)；徐兆廷 HSU, CHAO-TING (TW)

(74) 代理人：李伯昌

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：6 項 圖式數：4 共 15 頁

(54) 名稱

可防止採樣誤差的高效率靜電微粒液相採樣器

EFFICIENT ELECTROSTATIC PARTICLE-INTO-LIQUID SAMPLER FOR PREVENTING SAMPLING ARTIFACTS

(57) 摘要

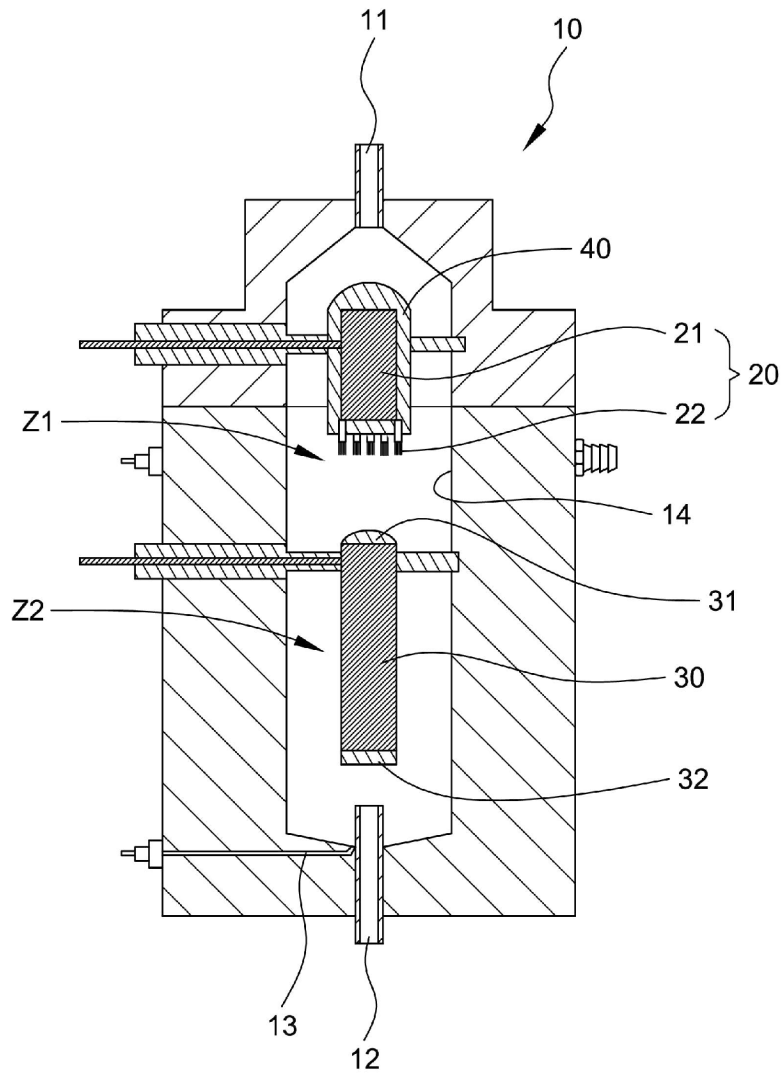
本發明揭示一種高效率靜電微粒液相採樣器，該採樣器採用乾式收集、濕式萃取的採樣方式以避免採樣誤差。乾式收集分為兩階收集微粒，第一階以碳纖維束進行電暈放電，讓氣膠微粒帶電，第二階利用高電壓圓桿-接地圓柱間的電場，使帶電微粒以靜電力收著於接地的圓柱壁面；濕式萃取時，利用間歇性開啟與關閉的電磁閥，將去離子水以脈衝方式注入採樣器沖洗圓柱壁面上收集的氣膠成為液體樣本，並進行後續氣膠液體樣本的手動或自動的化學分析。

The present invention discloses an efficient electrostatic particle-into-liquid sampler (EPILS). The EPILS collects an aerosol sample in the dry mode and extracts it in the wet mode to prevent sampling artifacts. In the dry mode, a first stage utilizes carbon brushes as discharge electrodes to charge aerosol particles which are then collected on the cylinder wall by the electric field setup between the high-voltage central metal rod and the grounded cylinder in the second stage. In the wet mode, DI water is injected into the EPILS in a pulsation manner by opening and closing solenoid valves intermittently, which dislodges aerosol particles deposited on the cylinder wall effectively to become a liquid aerosol sample. The liquid aerosol sample is then analyzed for chemical compositions manually or automatically.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 10 . . . 本體
- 11 . . . 氣膠進口
- 12 . . . 氣膠出口
- 13 . . . 出水口
- 14 . . . 圓柱壁面
- 20 . . . 放電電極
- 21 . . . 鐵塊
- 22 . . . 碳纖維束
- 30 . . . 導電圓桿
- 31、32 . . . 絕緣體
- 40 . . . 絕緣殼體
- Z1 . . . 微粒充電區
- Z2 . . . 微粒收集區



第1圖



201910003

申請日: 106/08/08

【發明摘要】

IPC分類: **B03C 3/34** (2006.01)
B03C 3/40 (2006.01)
B03C 3/88 (2006.01)
G01N 1/22 (2006.01)
G01N 1/34 (2006.01)

【中文發明名稱】可防止採樣誤差的高效率靜電微粒液相採樣器

【英文發明名稱】Efficient Electrostatic Particle-into-liquid Sampler For Preventing

Sampling Artifacts

【中文】本發明揭示一種高效率靜電微粒液相採樣器，該採樣器採用乾式收集、濕式萃取的採樣方式以避免採樣誤差。乾式收集分為兩階收集微粒，第一階以碳纖維束進行電暈放電，讓氣膠微粒帶電，第二階利用高電壓圓桿-接地圓柱間的電場，使帶電微粒以靜電力收著於接地的圓柱壁面；濕式萃取時，利用間歇性開啟與關閉的電磁閥，將去離子水以脈衝方式注入採樣器沖洗圓柱壁面上收集的氣膠成為液體樣本，並進行後續氣膠液體樣本的手動或自動的化學分析。

【英文】The present invention discloses an efficient electrostatic particle-into-liquid sampler (EPILS). The EPILS collects an aerosol sample in the dry mode and extracts it in the wet mode to prevent sampling artifacts. In the dry mode, a first stage utilizes carbon brushes as discharge electrodes to charge aerosol particles which are then collected on the cylinder wall by the electric field setup between the high-voltage central metal rod and the grounded cylinder in the second stage. In the wet mode, DI water is injected into the EPILS in a pulsation manner by opening and closing solenoid valves intermittently, which dislodges aerosol particles deposited on the cylinder wall effectively to become a liquid aerosol sample. The liquid aerosol sample is then analyzed for chemical compositions manually or automatically.

【指定代表圖】第1圖

【代表圖之符號簡單說明】

本體10

氣膠出口12

圓柱壁面14

鐵塊21

導電圓桿30

絕緣殼體40

微粒收集區Z2

氣膠進口11

出水口13

放電電極20

碳纖維束22

絕緣體31、32

微粒充電區Z1

【發明說明書】

【中文發明名稱】可防止採樣誤差的高效率靜電微粒液相採樣器

【英文發明名稱】Efficient Electrostatic Particle-into-liquid Sampler For Preventing Sampling Artifacts

【技術領域】

【0001】本發明是關於一種採樣設備，特別係關於一種應用乾式收集、濕式萃洗的液相採樣器。

【先前技術】

【0002】大氣中PM_{2.5}的質量及化學成份會隨著氣象及汙染源的變化而產生變動，以往PM_{2.5}的成分監測是以手動採樣分析，其通常只能顯示日平均濃度，無法有效掌握PM_{2.5}化學成分的逐時變化。

【0003】現有的自動監測儀器包括微粒-液體收集器PILS (particle-into-liquid sampler)、以及由蒸氣噴射-氣膠收集器SJAC (steam jet aerosol collector)製成的氣膠及氣體監測系統MAGRA、大氣離子監測系統AIM及在線式氣體與氣膠監測儀IGAC等儀器，但這些儀器因使用高溫蒸氣，致使前驅氣體(NH₃、SO₂)與水溶性離子(Na⁺、NH₄⁺、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻)的量測值低估。

【0004】另一方面，TW I551851號發明專利揭示了一種半乾式靜電旋風採樣器，其主要特點在於利用電暈放電原理使微粒帶電並進行乾式收集，停止放電後再注水清洗收集壁面進行濕式沖洗。然而，由於其電暈放電時的接地端同時也是微粒的主要收集壁面，因此在乾式收集時，隨著微粒逐漸累積在收集壁面上，會導致電暈放電的電阻增加、電流下降，進而導致收集效率降低。除此之外，TW I551851係採用切向進氣，引導氣膠在腔室內螺旋流動，使得微粒有可

能撞擊腔室中央的放電電極，或附著於非收集壁面的其他表面，造成採樣誤差。

【0005】 為了確保較高的收集效率，TW I551851所揭示的半乾式靜電旋風採樣器通常需在較高的工作電壓進行採樣，惟易因此導致臭氧濃度較高，致使 NH_4^+ 與 NO_3^- 的背景濃度提高，於後續離子分析時造成採樣誤差。

【發明內容】

【0006】 有鑒於此，本發明的主要目的在於提供一種能兼具高收集效率及低採樣誤差的微粒採樣器。

【0007】 為了達成上述及其他目的，本發明提供一種可防止採樣誤差的高效率靜電微粒液相採樣器，其包括一本體、一放電電極及一導電圓桿，該本體具有一位於其頂端的氣膠進口、一位於其底端的氣膠出口、一位於其底端的出水口、一圓柱壁面及至少一注水口形成於該圓柱壁面，該圓柱壁面圍構一微粒充電區連通於該氣膠進口及一微粒收集區連通於該氣膠出口，該注水口連通於該微粒充電區，該微粒收集區連通於該微粒充電區並位於該微粒充電區的下游端，該圓柱壁面由導電材質製成，該放電電極設於該微粒充電區內且位於該氣膠進口下方，該放電電極具有至少一用於電暈放電的碳纖維束，該碳纖維束具有多數長條狀碳纖維，該導電圓桿設於微粒收集區內，並用以在導電圓桿與圓柱壁面之間形成一電場而使帶電微粒吸附於圓柱壁面；其中，注水口是用以在放電電極停止電暈放電後，利用電磁閥間歇性的開啟與關閉以脈衝方式注入去離子水沖洗吸附於圓柱壁面上的微粒，所述出水口則用以將所述去離子水加以採樣；其中，所述放電電極及導電圓桿工作時的臭氧產生量低於100 ppb。

【0008】 本發明藉由將本體區分為微粒充電區及微粒收集區，使得至少一部份微粒可由微粒收集區加以收集，這樣的設計允許放電電極以較低的工作電

壓進行電暈放電，從而減少臭氧產生量以及由臭氧衍生的 NH_4^+ 與 NO_3^- 背景濃度，採樣誤差因此可得降低。

【圖式簡單說明】

【0009】 第1圖為本發明其中一實施例的縱向剖面示意圖。

【0010】 第2圖為本發明其中一實施例的放電電極之立體示意圖。

【0011】 第3圖為本發明其中一實施例的橫向剖面圖，表現乾式收集之工作狀態。

【0012】 第4圖為本發明其中一實施例的橫向剖面圖，表現濕式沖洗之工作狀態。

【實施方式】

【0013】 請參考第1至4圖，所繪示者為本發明之高效率靜電微粒液相採樣器(以下簡稱採樣器)的其中一實施例，該採樣器具有一本體10、一放電電極20、一導電圓桿30以及一絕緣殼體40。

【0014】 本體10是由導電材質製成，例如不銹鋼，其具有一位於頂端的氣膠進口11、一位於底端的氣膠出口12、一同樣位於底端的出水口13、一圓柱壁面14、若干形成於圓柱壁面14的注水口15及一同樣形成於圓柱壁面14的乾淨空氣注氣口16。為了便於放電電極20及導電圓桿30的安裝，圓柱壁面14可能由若干可拆分的部分組成，且圓柱壁面14圍構一微粒充電區Z1及一微粒收集區Z2，微粒充電區Z1連通於氣膠進口，微粒收集區Z2則與微粒充電區Z1連通並位於其下游端。工作時，圓柱壁面14通常會接地，使圓柱壁面14表面帶有與放電電極20及導電圓桿30相反的極性。為了便於分別收集氣體樣本及液體樣本，氣膠出口12與出水口13並不直接連通，但兩者均連通於微粒收集區Z2。本實施例中，本體10具

有一排氣管設於其底端，該排氣管頂端高於出水口13，且氣膠出口12係由排氣管圍構。注水口15及乾淨空氣注氣口16均連通於微粒充電區Z1，可供注入去離子水及高速沖洗氣體；為了實現較好的沖洗效果，注水口15及乾淨空氣注氣口16可設計為在圓柱壁面14切線方向上同步注入去離子水及沖洗氣體，使去離子水於圓柱壁面14上形成水膜，並沿著圓柱壁面14螺旋向下沖洗。所述去離子水可由注射幫浦（syringe pump）依時定量注射，並由電磁閥控制出水；注射幫浦注水時，電磁閥每關閉一段時間後短暫開啟，讓去離子水於注入微粒充電區Z1前可先蓄壓，形成脈衝水流，進一步提高沖洗效果。在其他可能的實施例中，注水口也可改為僅有一個。

【0015】 放電電極20設於微粒充電區Z1的中央，且位於氣膠進口11下方。由於氣膠進口11在軸向上導入氣膠等待分析的氣體，氣膠在流經微粒充電區Z1及微粒收集區Z2時會大致在軸向上流動，使氣膠中的微粒較不易因擾動的氣流而撞擊放電電極20或附著於圓柱壁面以外的位置。本實施例中，放電電極20具有一鐵塊21及若干碳纖維束22，碳纖維束22具有多數實質上平行排列的長條狀碳纖維，且碳纖維束22與鐵塊21電連接。本實施例中，絕緣殼體40實質包覆鐵塊21，而可在氣流方向上將放電電極20加以遮蔽，防止微粒附著。工作時，於放電電極20施加高壓電，放電電極20與圓柱壁面14之間產生電場，使碳纖維束22電暈放電，從而在碳纖維束22與圓柱壁面14之間形成離子雲，進而讓通過微粒充電區Z1的微粒帶電（例如帶正電荷）。

【0016】 導電圓桿30設於微粒收集區Z2的中央，且位於放電電極20下方。工作時，導電圓桿30同樣被施以高壓電，其電性與微粒所帶電荷相同，且使圓柱壁面14帶相異電性，帶電微粒因而被吸附、收集在圓柱壁面14上。導電圓桿30

所施予的電壓通常不致使其電暈放電。較佳者，導電圓桿30頂、底端分別設有絕緣體31、32，減少導電圓桿頂、底端產生電場而干擾微粒收集。此外，為了將放電電極20及導電圓桿30設於本體內，可利用絕緣支撐體對兩者提供支撐。

【0017】放電電極20與導電圓桿30分別經由不同的電源供應器供給高壓電。可以理解的是，放電電極20所接受的電壓應高於其電暈起使電壓，使放電電極20能進行電暈放電；導電圓桿30所接受的電壓則通常不高於其電暈起使電壓，避免產生電暈。

【0018】如第3圖所示，當氣膠依序流經微粒充電區Z1及微粒收集區Z2時，氣膠中的微粒帶電並吸附於接地而電性相異的圓柱壁面14。一段時間後，停止施加高壓電予放電電極20與導電圓桿30，此時放電電極20不再電暈放電，而後如第4圖所示，去離子水可經由注水口15注入本體內，將吸附於圓柱壁面上的微粒沖洗下來，而後自出水口13採集水樣，進行後續分析。

【0019】為了減少臭氧的產生量，放電電極20的電壓不宜過高，在容許的採樣誤差範圍內，放電電極20與導電圓桿30工作時的臭氧產生量應低於100 ppb，從而降低 NH_4^+ 與 NO_3^- 的生成濃度。在其中一項實驗測試中，放電電極20的工作電壓約為4000 V，導電圓桿30的工作電壓約為5000 V，臭氧產生量約70-90 ppb，奈米微粒收集效率可達92.4-98.6%，且 NH_4^+ 與 NO_3^- 的生成濃度僅為 $4.2 \pm 1.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 與 $2.6 \pm 0.78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；該測試中，另參考TW I551851第10圖所示實施例的設計，製作樣品作為對照組，經測試在達成相近的微粒收集效率(92-100%)的前提下，對照組的放電電極的工作電壓需達9000 V，致使對照組的 NH_4^+ 與 NO_3^- 生成濃度分別高達46.8與 $143.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，大幅增加採樣誤差。

【0020】在另一項離子回收率測試中，測試微粒分別為非揮發性微粒硫酸

鈉 (Na_2SO_4) 與硫酸氨 ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) 與揮發性微粒硝酸銨 (NH_4NO_3)，將其配置成1% (v/v, 硫酸鈉、硫酸氨、硝酸銨) 水溶液，溶液經由定量霧化器 (Atomizer Model 3076, TSI) 霧化後，經充分乾燥及靜電中和後，進入靜電篩分儀 (EC) 產生不同單徑的微粒 (70、90、110、130、150 nm)，接著通過靜電中和器將微粒電中性後，氣膠再分別同時導入前述實施例之採樣器與掃描式電動度分析儀 (SMPS, Scanning Mobility Particle Sizer, TSI, Model 3934)，進行採樣。採樣結束後將SMPS數目濃度依照不同測試微粒的密度轉換成質量濃度，再與前述實施例之採樣器萃取水樣IC分析後的離子濃度進行比對，並計算出各離子的回收率。測試後發現，前述實施例之採樣器對於非揮發性微粒硫酸鈉(Na_2SO_4)及硫酸銨($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)與揮發性微粒硝酸銨(NH_4NO_3)的離子回收率均很高， Na^+ 與 SO_4^{2-} 的回收效率分別為 $93 \pm 10\%$ ($R^2 = 0.98$)與 $88 \pm 4.5\%$ ($R^2 = 0.99$)、 NH_4^+ 與 SO_4^{2-} 的回收效率分別為 $105 \pm 18\%$ ($R^2 = 0.98$)與 $92 \pm 5.6\%$ ($R^2 = 0.98$)、 NH_4^+ 與 NO_3^- 的回收率分別為 $103 \pm 15\%$ ($R^2 = 0.92$)與 $96 \pm 8\%$ ($R^2 = 0.97$)。

【0021】 本案的採樣器與習知的PILS採樣技術相較，在 NH_4^+ 及 NO_3^- 的採樣準確性與比對相關性皆較為優異。這是因為PILS在凝核的過程中，氣膠與高溫蒸氣混合，使微粒表面溫度上升，且微粒溶於水時呈酸性($\text{pH} = 5.6$)，導致 NH_4^+ 的揮發達12-16%以上(Sorooshian et al., 2006, Li et al., 2017)，此外在 NO_3^- 濃度低於 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 時，因 NO_3^- 的黏性較大容易附著於管壁上造成損失，導致PILS的準確性不佳(Orsini et al., 2003)。相對地，本案的採樣器應用靜電力吸附微粒，可避免 NH_4^+ 因高溫導致揮發的問題，實驗結果證實 NH_4^+ 的比對誤差小於10%；此外，本案採樣器的微粒損失相當低（14 nm-4 μm 的微粒損失小於5%），因此能有效地收集黏性較高的微粒，低濃度 NO_3^- 的回收率經實驗驗證後，其準確性與比對的相關性

皆優於PILS。

【符號說明】

【0022】

本體10	氣膠進口11
氣膠出口12	出水口13
圓柱壁面14	注水口15
乾淨空氣注氣口16	放電電極20
鐵塊21	碳纖維束22
導電圓桿30	絕緣體31、32
絕緣殼體40	微粒充電區Z1
微粒收集區Z2	

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種可防止採樣誤差的高效率靜電微粒液相採樣器，包括：

一本體，具有一位於其頂端的氣膠進口、一位於其底端的氣膠出口、一位於其底端的出水口、一圓柱壁面及至少一注水口形成於該圓柱壁面，該圓柱壁面圍構一微粒充電區連通於該氣膠進口及一微粒收集區連通於該氣膠出口，該注水口連通於該微粒充電區，該微粒收集區與該微粒充電區連通並位於該微粒充電區的下游端，該圓柱壁面由導電材質製成；

一放電電極，設於該微粒充電區內且位於該氣膠進口下方，該放電電極具有至少一用於電暈放電的碳纖維束，該碳纖維束具有多數長條狀碳纖維；

一導電圓桿，設於該微粒收集區內，用以在導電圓桿與圓柱壁面之間形成一電場而使帶電微粒吸附於該圓柱壁面；

其中，所述注水口係用以在放電電極停止電暈放電後，在本體內注入去離子水以沖洗吸附於圓柱壁面上的微粒，所述出水口係用以將所述去離子水加以採樣；

其中，所述放電電極及導電圓桿工作時的臭氧產生量低於100 ppb。

【第2項】如請求項1所述可防止採樣誤差的高效率靜電微粒液相採樣器，其中該本體更具有一乾淨空氣注氣口形成於該圓柱壁面並連通於該微粒充電區，該乾淨空氣注氣口係用以在注水口注水時一併注入高速氣流，使所述去離子水於圓柱壁面上形成水膜並沿著該圓柱壁面螺旋向下流動。

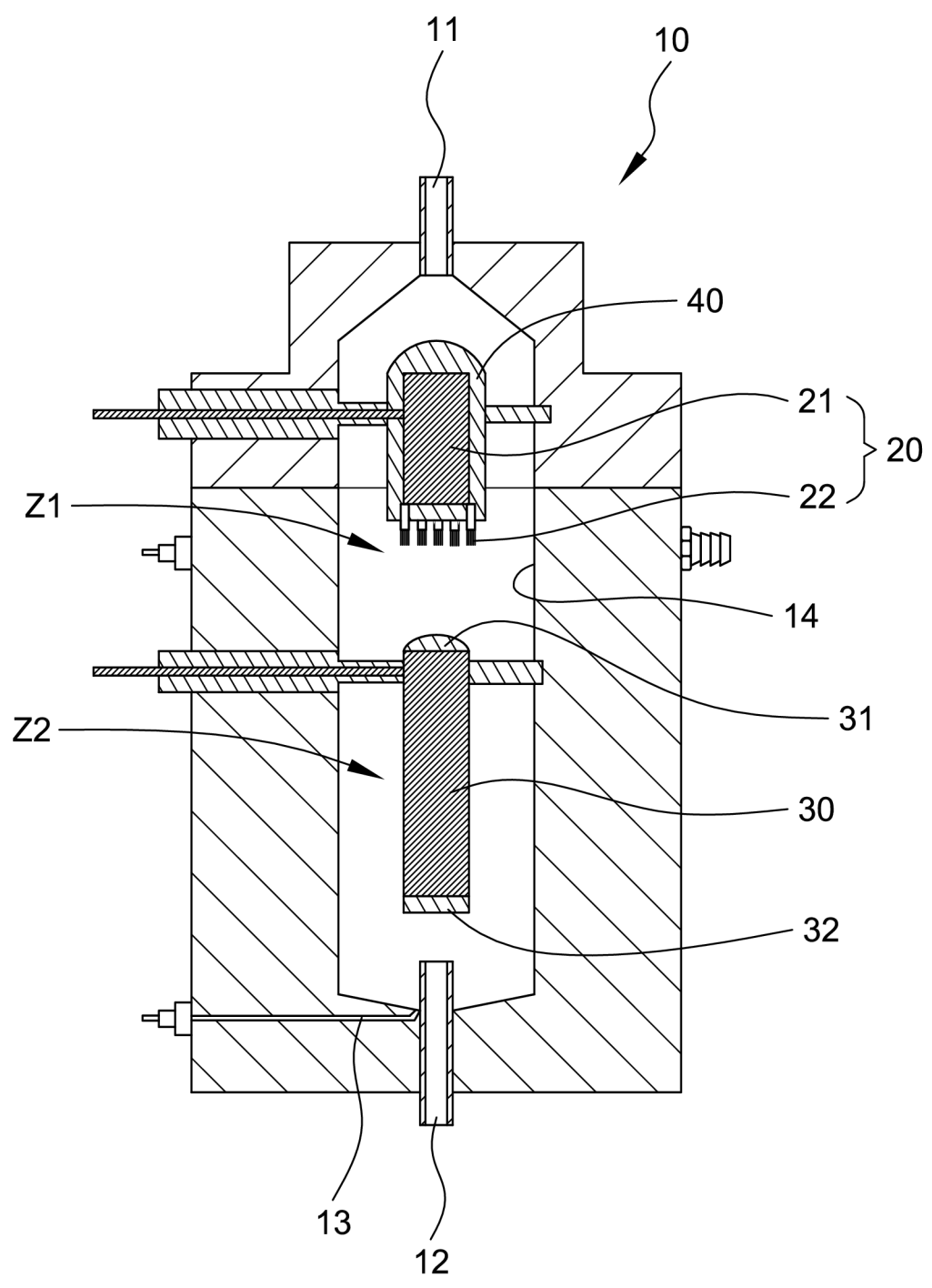
【第3項】如請求項2所述可防止採樣誤差的高效率靜電微粒液相採樣器，其中所述注水口係在該圓柱壁面的切線方向上注入所述去離子水；所述乾淨空氣注氣口係在圓柱壁面的切線方向上注入所述高速氣流。

【第4項】如請求項1所述可防止採樣誤差的高效率靜電微粒液相採樣器，其中該注水口係用一電磁閥間歇性的開啟與關閉以注入脈衝水流。

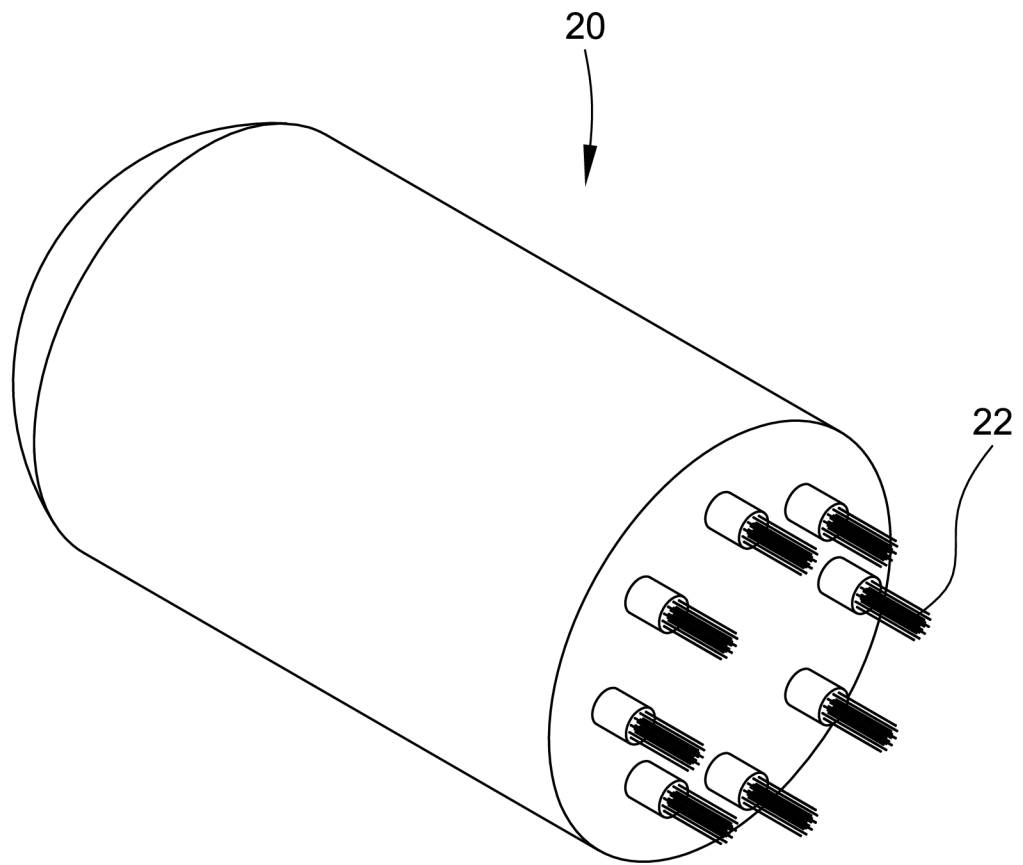
【第5項】如請求項1所述可防止採樣誤差的高效率靜電微粒液相採樣器，其中導電圓桿的頂、底端分別以一絕緣體遮蔽。

【第6項】如請求項1所述可防止採樣誤差的高效率靜電微粒液相採樣器，更包括一絕緣殼體包覆於該放電電極的一部份，該碳纖維束自該絕緣殼體的底端朝下軸向延伸。

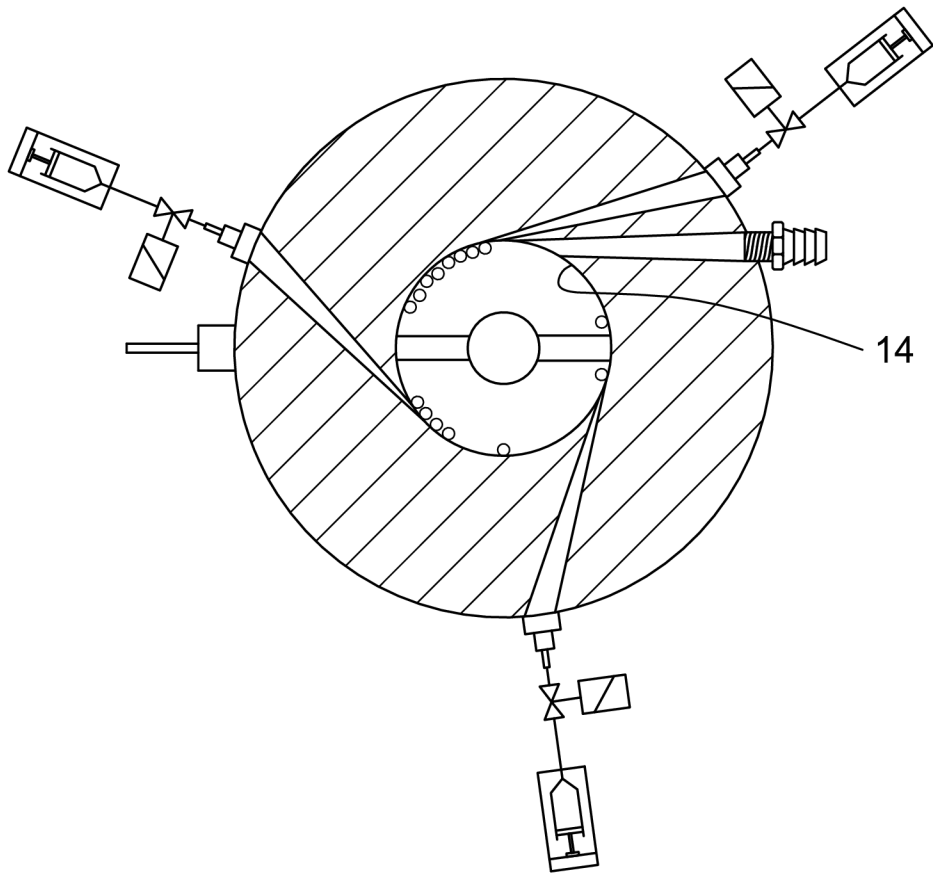
【發明圖式】



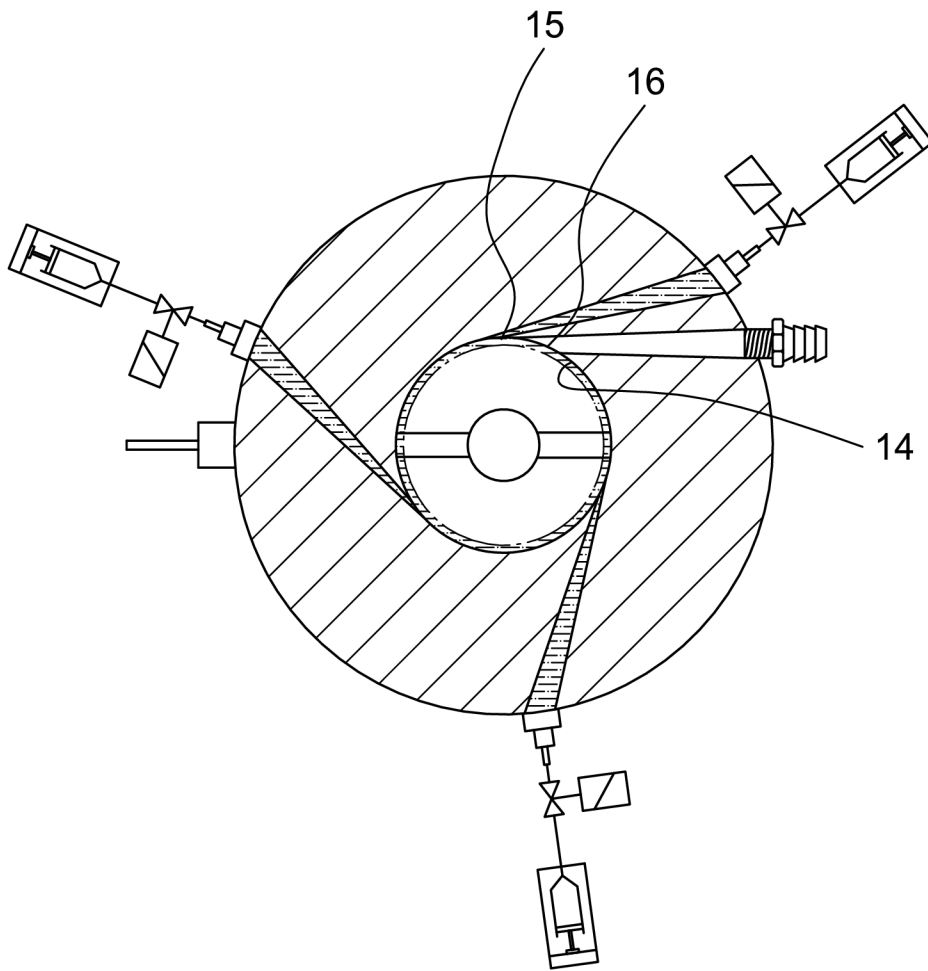
第1圖



第2圖



第3圖



第4圖