



(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 I524924 B

(45) 公告日：中華民國 105 (2016) 年 03 月 11 日

(21) 申請案號：100113344

(22) 申請日：中華民國 100 (2011) 年 04 月 18 日

(51) Int. Cl. : **B01D25/26 (2006.01)****B01D39/12 (2006.01)**

(30) 優先權：2010/06/30 日本

JP2010-148870

(71) 申請人：新田股份有限公司 (日本) NITTA CORPORATION (JP)

日本

(72) 發明人：池田卓司 IKEDA, TAKUJI (JP)；大谷吉生 OTANI, YOSHIO (JP)；古內正美

FURUUCHI, MASAMI (JP)；瀨戶章文 SETO, TAKAFUMI (JP)；水野真人

MIZUNO, MASATO (JP)

(74) 代理人：閻啟泰；林景郁

(56) 參考文獻：

TW 201102149A1

EP 1516168A1

JP 61-21768A

JP 2006-263713A

JP 2008-70222A

US 7410063B1

審查人員：曹世力

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：16 共 48 頁

(54) 名稱

慣性過濾器及粒子分級裝置

(57) 摘要

本慣性過濾器具有流量調整嘴與粒子分級用薄片，係設置於供包含奈米粒子之流體通過之流體通道。流量調整嘴，係配置於流體通道上游側，且具有於流體通過方向內徑縮徑之貫通孔，藉由貫通孔之形態來調整流體通道內之流體流速。粒子分級用薄片，係配置於較流量調整嘴更靠流體通道下游側且以一樣之排列形態具有用以藉由粒子慣性效應而捕獲奈米粒子之複數個粒子分級孔，且具有大於該流量調整嘴之貫通孔之下游側開口之薄片面積且該薄片以阻塞該下游側開口整面之方式設置成在流體通過方向將該流體通道分隔成 2 個之分隔壁狀。可藉由將流量調整嘴與貫通孔之數量不同之其他流量調整嘴替換組合而進行本慣性過濾器之流量調整。

指定代表圖：

符號簡單說明：

1 . . . 粒子分級裝置

3 . . . 粗粒子去除用  
慣性過濾器

3a、5b、7b . . . 圓  
柱狀板

3b、5d、7d . . . 縮  
徑貫通孔

3c、5e、7e . . . 等  
徑貫通孔

3d . . . 不鏽鋼纖維

5 . . . 奈米粒子分級  
用慣性過濾器

5a、7a . . . 圓筒狀  
板

5c . . . 過濾器空間

7 . . . 奈米粒子捕  
獲/裝置導入部

7c . . . 捕獲空間

9 . . . 粒子分級用薄  
片

9a . . . 薄片

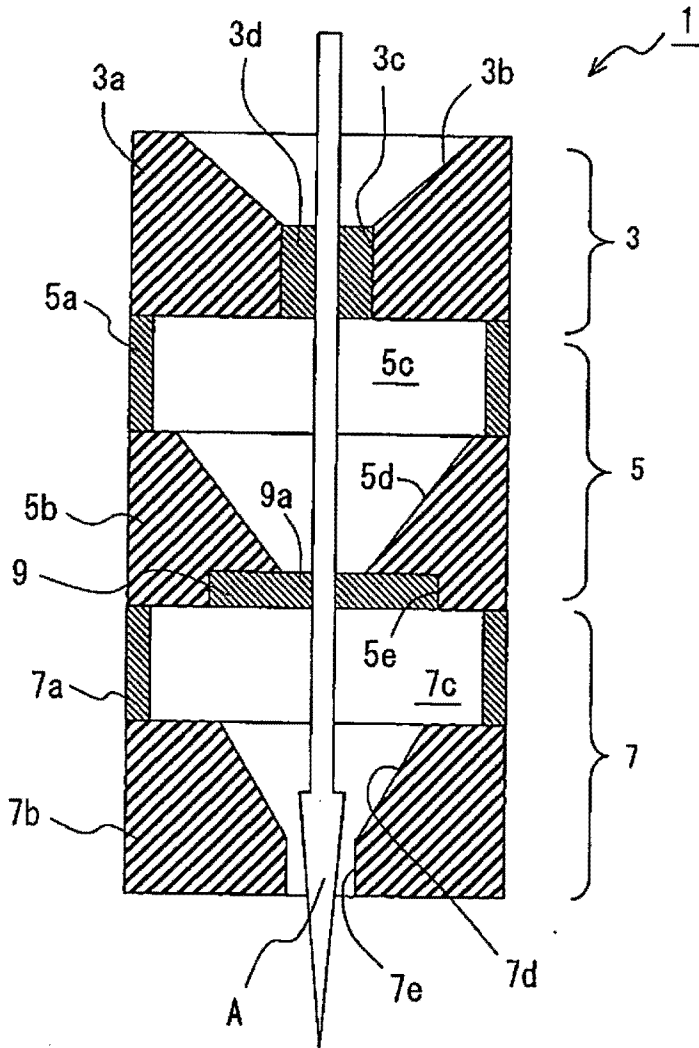


圖 1

## 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：10013344

※申請日：100.4.18

※IPC 分類：B01D 2/86 (2006.01)  
B01D 39/2 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

慣性過濾器及粒子分級裝置

二、中文發明摘要：

本慣性過濾器具有流量調整嘴與粒子分級用薄片，係設置於供包含奈米粒子之流體通過之流體通道。流量調整嘴，係配置於流體通道上游側，且具有於流體通過方向內徑縮徑之貫通孔，藉由貫通孔之形態來調整流體通道內之流體流速。粒子分級用薄片，係配置於較流量調整嘴更靠流體通道下游側且以一樣之排列形態具有用以藉由粒子慣性效應而捕獲奈米粒子之複數個粒子分級孔，且具有大於該流量調整嘴之貫通孔之下游側開口之薄片面積且該薄片以阻塞該下游側開口整面之方式設置成在流體通過方向將該流體通道分隔成 2 個之分隔壁狀。可藉由將流量調整嘴與貫通孔之數量不同之其他流量調整嘴替換組合而進行本慣性過濾器之流量調整。

三、英文發明摘要：

(無)

#### 四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 1。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

1	粒子分級裝置
3	粗粒子去除用慣性過濾器
3a、5b、7b	圓柱狀板
3b、5d、7d	縮徑貫通孔
3c、5e、7e	等徑貫通孔
3d	不鏽鋼纖維
5	奈米粒子分級用慣性過濾器
5a、7a	圓筒狀板
5c	過濾器空間
7	奈米粒子捕獲/裝置導入部
7c	捕獲空間
9	粒子分級用薄片
9a	薄片

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種配置於流體通道內且藉由慣性碰撞效應等而使流體中之粒子分級之慣性過濾器及具備該慣性過濾器之粒子分級裝置。

### 【先前技術】

參照圖 16 對先前之慣性過濾器 100 進行說明。先前之慣性過濾器 100 係配置於流體通道內，可進行粒子分級者，且具備圓柱狀之過濾器本體 101。過濾器本體 101 具備自流體通過上游側朝向下游側方向貫通之剖面圓形之貫通孔 102。該貫通孔 102 係包含縮徑貫通孔 102a，其係流體通過上游側之內徑逐漸縮徑；及內徑固定之等徑貫通孔 102b，其係於下游側與該縮徑貫通孔 102a 連結。於該等徑貫通孔 102b 內，填充有作為非壓縮性纖維之一例之金屬纖維 103。金屬纖維 103 係藉由省略圖示之機構而防止自等徑貫通孔 102b 朝向流體通過方向下方脫落。

該慣性過濾器 100，係藉由省略圖示之泵之吸力，將慣性過濾器 100 之內壓降至外壓以下，再藉由因兩壓力生成之壓力差，而使貫通孔 102 內自圖中箭線 A 至箭線 B 方向產生流體，從而使粒子分級。上述流體係於縮徑貫通孔 102a 內速度上升，流入至等徑貫通孔 102b 內達到恆定。而且，於等徑貫通孔 102b 內，包含於流體中之微粒子碰撞金屬纖維 103 而被捕捉（捕獲）。

### [先前技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻 1]日本特開 2008-70222 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

於上述慣性過濾器 100 中，存在如下課題：第 1，纖維因空間密度分佈、定向、形狀並不固定，故難以獲得預期之初始分級特性。又，第 2，於等徑貫通孔 102b 內，不易以均勻之密度填充金屬纖維 103，故而，因等徑貫通孔 102b 內之金屬纖維 103 之填充密度之不均勻而易於使分級特性不均勻，從而難以穩定地進行分級。第 3，於分級動作中，藉由因受到氣流之壓力，而使金屬纖維 103 沿流體通過方向壓縮，使分級特性發生變化，最終，難以穩定地進行分級。第 4，於慣性過濾器清洗中，等徑貫通孔 102b 內之金屬纖維 103 之空間密度可能產生變化，但此種變化難以定量化，因此難以再利用該慣性過濾器。

因此，鑒於上述情況，本發明之課題在於提供一種慣性過濾器，其係易於獲得預期之初始分級性能，且長期使用過程中捕獲效率難以下降且可進行穩定之粒子分級。

[解決課題之技術手段]

(1) 本發明之第 1 慣性過濾器，係設置於供包含奈米粒子之流體通過之流體通道，藉由粒子慣性效應而捕獲該流體通道內之奈米粒子，且該流體流速愈大捕獲粒徑愈小之奈米粒子，其特徵在於：

該慣性過濾器，具備：

流量調整嘴，係配置於該流體通道上游側，且具有於該流體通過方向內徑縮徑之貫通孔，藉由該貫通孔之形態來調整該流體通道內之流體流速；以及

粒子分級用薄片，係配置於較該流量調整嘴更靠流體通道下游側且以一様之排列形態具有用以藉由粒子慣性效應而捕獲奈米粒子之複數個粒子分級孔，且具有大於該流量調整嘴之貫通孔之下游側開口之薄片面積且該薄片以阻塞該下游側開口整面之方式設置成在流體通過方向將該流體通道分隔成 2 個之分隔壁狀；

可藉由將該流量調整嘴與該貫通孔之數量不同之其他流量調整嘴替換組合而進行流量調整。

較佳為，該粒子分級用薄片於流體通過方向係以單一之薄片構成。

較佳為，該粒子分級用薄片於流體通過方向係積層為複數片。

較佳為，該粒子分級用薄片係以網眼狀之排列形態具備多個貫通孔作為該粒子分級孔之薄片。

較佳為，該粒子分級用薄片係線徑為  $5\sim 20\ \mu\text{m}$ 、網眼為  $40\sim 300\ \mu\text{m}$  之網眼狀薄片。

較佳為，將該粒子分級用薄片配置成可與纖維直徑、網眼、空間率、空間形狀等不同之其他粒子分級用薄片替換組合。

較佳為，將插裝間隔物插裝於複數個粒子分級用薄片之流體通過方向間進行積層，且將該插裝間隔物配置成可

與貫通孔之直徑不同之其他插裝間隔物替換組合。

較佳為，可藉由將該粒子分級用薄片與至少纖維直徑、網眼、空間率、空間形狀不同之其他粒子分級用薄片替換組合而進行分級控制。

較佳為，可藉由該粒子分級用薄片之積層片數控制而進行分級控制。

較佳為，可藉由該插裝間隔物之積層片數控制而進行分級控制。

較佳為，可藉由使該插裝間隔物可與貫通孔之直徑不同之其他插裝間隔物替換組合而進行流速調整。

較佳為，可藉由該插裝間隔物之間隔物厚度控制而進行分級控制。

較佳為，可藉由該流量調整嘴之流路數量及與該流路數量對應之插裝間隔物之貫通孔數量之控制而進行流量調整。

(2) 又，本發明之第 2 慣性過濾器，係設置於供包含奈米粒子之流體通過之流體通道，藉由粒子慣性效應而捕獲該流體通道內之奈米粒子，且該流體流速愈大捕獲粒徑愈小之奈米粒子，其特徵在於：

該慣性過濾器，具備：

流量調整嘴，係配置於該流體通道上游側，且具有於該流體通過方向內徑縮徑之貫通孔，藉由該貫通孔之形態來調整該流體通道內之流體流速；以及

粒子分級用薄片，係配置於較該流量調整嘴更靠流體

通道下游側且以一様之排列形態具有用以藉由粒子慣性效應而捕獲奈米粒子之複數個粒子分級孔，且具有大於該流量調整嘴之貫通孔之下游側開口之薄片面積且該薄片以阻塞該下游側開口整面之方式設置成在流體通過方向將該流體通道分隔成 2 個之分隔壁狀；

可藉由將該流量調整嘴與該貫通孔之縮徑率不同之其他流量調整嘴替換組合而進行流體流速調整。

(3) 又，本發明之粒子分級裝置，於流體通過方向上游側配置填充有非壓縮性纖維之慣性過濾器用於去除粗粒子，且於下游側配置本發明之第 1、或第 2 慣性過濾器用於進行奈米粒子分級。

再者，上述流體中包含液體、其他者，而並不限於氣體。

再者，藉由上述慣性過濾器捕獲乃至捕捉之粒子並不限定於懸浮在氣體中之粒子，可包含懸浮在其他溶劑例如液體中或其他之中的粒子。又，分級之粒子並無特別限定，可例示樹脂微粒子、無機微粒子、金屬微粒子、陶瓷微粒子等。粒子之形狀並無特別限定。

再者，上述非壓縮性纖維較佳為可由金屬纖維構成。又，作為金屬纖維，例如較佳為不鏽鋼纖維，但並不限定於不鏽鋼纖維，亦可為選自鋁纖維、銅纖維、其他金屬纖維中之 1 種以上之金屬纖維。又，非壓縮性纖維只要為非壓縮性且高速氣流通過下亦幾乎無體積變化之纖維即可，並不限定於金屬纖維。

### [發明之效果]

根據本發明，可提供一種初始分級特性優異，長期使用過程中可穩定地進行粒子分級之慣性過濾器。

### 【實施方式】

以下，參照隨附圖式，對本發明實施形態之慣性過濾器及具備該慣性過濾器之粒子分級裝置進行說明。於圖 1 中表示有上述粒子分級裝置之剖面構成。再者，於實施形態中，懸浮成為分級對象之粒子之流體可包含氣體、液體、及其他溶劑。圖 1 所示之粒子分級裝置 1，係自箭線 A 所示之流體通過方向上游側朝向下游側，具備作為預先慣性過濾器之粗粒子去除用慣性過濾器 3、作為正式慣性過濾器之奈米粒子分級用慣性過濾器 5、及奈米粒子捕獲/裝置導入部 7。

粗粒子去除用慣性過濾器 3，係包含圓柱狀板 3a。該圓柱狀板 3a 係包含縮徑貫通孔 3b，其朝向流體通過方向內徑逐漸縮徑，可使朝向此方向之流體流速加速；及等徑貫通孔 3c，其連結於該縮徑貫通孔 3b 之下游側開口，且使內徑朝向此方向固定，從而可使流體流速恆速化。而且，該粗粒子去除用慣性過濾器 3，係於該等徑貫通孔 3c 內部，作為非壓縮性纖維，以緻密纏繞之狀態填充有即便高速氣流通過亦幾乎無體積變化之金屬纖維，較佳為填充 SUS（不鏽鋼）纖維 3d。再者，作為金屬纖維，並不限定於 SUS 纖維，亦可為選自鋁纖維、銅纖維、及其他金屬纖維中之 1 種以上之金屬纖維。又，只要為非壓縮性且即便高速氣流

通過亦幾乎無體積變化之纖維，則不限定於金屬纖維。

奈米粒子分級用慣性過濾器 5，係相對於粗粒子去除用慣性過濾器 3，連續配置於緊鄰流體下游側下方，且連結於該粗粒子去除用慣性過濾器 3。奈米粒子分級用慣性過濾器 5，係包含內徑固定之圓筒狀板 5a，其係外徑與粗粒子去除用慣性過濾器 3 之外徑相同，且配置於上游側；及圓柱狀板 5b，其係外徑與該圓筒狀板 5a 之外徑相同，且於下游側與圓筒狀板 5a 連結配置；藉此，於內部構成過濾器空間 5c。圓柱狀板 5b 係於該板中央形成有自流體通過方向上游側朝向下游側內徑逐漸縮徑之縮徑貫通孔 5d。而且，於縮徑貫通孔 5d 之下端設置有內徑大於縮徑貫通孔 5d 之下游側開口之內徑且直徑固定之等徑貫通孔 5e，且於該等徑貫通孔 5e 配置有粒子分級用薄片 9。

該粒子分級用薄片 9，係以均勻且緊密之排列形態例如網眼狀具有圖 1 中省略圖示之奈米粒子分級用之多個孔，且具有大於設置有該孔之位置上之流體通過面積之薄片面積，於該例中具有大於縮徑貫通孔 5d 之流體通過下游側開口之內徑之薄片面積，且，設置為其之一部分 9a 於流體通過方向上將圖中箭線 A 所示之流體通道分隔成 2 個以進行粒子分級之分隔壁狀。

奈米粒子捕獲/裝置導入部 7，係包含內徑固定之圓筒狀板 7a，其係外徑與奈米粒子分級用慣性過濾器 5 之外徑相同，且配置於上游側；及圓柱狀板 7b，其係外徑與該圓筒狀板 7a 之外徑相同，且於下游側與圓筒狀板 7a 連結配

置；藉此，於內部構成捕獲空間 7c。圓柱狀板 7b 係於該板中央形成有縮徑貫通孔 7d，其係自流體通過方向上游側朝向下游側，內徑逐漸縮徑；及內徑固定之等徑貫通孔 7e，其係連結於該縮徑貫通孔 7d；且，可將所捕獲之奈米粒子導入至裝置內。於該裝置側中，可藉由如箭線 A 所示，利用省略圖示之吸引泵吸引流體，而將流體排出。

於以上構成中，實施形態之粒子分級裝置 1 之特徵在於，在奈米粒子分級用慣性過濾器 5 中，與如先前般將非壓縮性纖維填充於等徑貫通孔內之構造不同，使用有包含多個微小貫通孔之粒子分級用薄片 9。

此處，參照圖 2~圖 4B，對粒子分級用薄片 9 之構造進行說明。該粒子分級用薄片 9 中之多個微小貫通孔係成為網眼狀。此處，所謂網眼狀，可例示以下之薄片 9a~9e。

薄片 9a 係具有於特定之網眼 D 之狀態下自圖 2A-1 所示之側面觀察由塑膠或金屬構成之特定線徑 d 之纖維 11 所得之剖面，且藉由以自圖 2A-2 所示之平面觀察之平紋形狀編織而形成有多個微小貫通孔 9a1。薄片 9b 係具有自圖 2B-1 之側面觀察所得之剖面形狀，且藉由自圖 2B-2 所示之平面觀察以斜紋形狀編織而形成有多個微小貫通孔 9b1。

薄片 9c，係如圖 3A 所示，相對於通常之薄片，藉由蝕刻而形成有多個圓狀微小貫通孔 9c1。薄片 9d，係如圖 3B 所示，形成有多個長孔狀微小貫通孔 9d1。薄片 9e，係如圖 3C 所示，形成有多個方孔狀微小貫通孔 9e1。

該等貫通孔，勿庸置疑具有奈米粒子之分級所需之孔

徑。參照圖 4A、圖 4B 對該情形進行說明，於圖 4A 中，表示有線 10a、10b 交叉形成為網眼狀之貫通孔 10c。而且，擴散過濾器與慣性過濾器之網眼狀，係如圖 4B 所示，擴散過濾器為線 10a、10b 之線徑  $d=20 \mu\text{m}$  左右，貫通孔 10c 之尺寸即網眼  $D=20 \mu\text{m}$  左右，流體過濾速度為  $0.001\sim 0.1 \text{ m/S}$ 。與此相對，慣性過濾器係線徑  $d=5\sim 20 \mu\text{m}$ ，網眼  $D=40\sim 300 \mu\text{m}$ ，流體過濾速度為  $1\sim 100 \text{ m/s}$ 。再者，所謂網眼係指可通過之球狀粒子之最大直徑，故對分級精度而言重要的是網眼之均一性。若該網眼度處於上述範圍內，則過濾器強度較高，又，壓力損失較少，可使流體流量增多，故而較佳。

作為上述網眼狀之粒子分級用薄片，可例示尼龍網眼、聚酯網眼、聚丙烯網眼、鐵氟龍（註冊商標）網眼、聚乙烯網眼，作為編織塑膠纖維而成者。又，可例示織入有碳纖維之尼龍網眼、織入有碳纖維之尼龍網眼等由 2 種以上之纖維編織之纖維。作為金屬纖維，可例示編織 SUS 等所得之網眼狀過濾器。又，亦可使用藉由對金屬膜進行蝕刻等而設置有多個微小貫通孔之金屬膜。

如上所述，網眼狀係於每一固定面積或者單位長度上規則性地開設有複數個分級用微小貫通孔之形狀。而且，於本實施形態中，粒子分級用薄片 9 具有大於縮徑貫通孔  $5d$  之下游側開口之內徑之薄片面積，且於該縮徑貫通孔  $5d$  之下游側開口，僅設置其之一部分 9a 作為進行奈米粒子分級之部分。因此，粒子分級用薄片 9 之外周部附近可能產

生之因網眼之磨損等而引起之微小貫通孔之不均勻性、或粒子分級用薄片 9 之外周部與圓柱狀板 5b 之間隙等對該一部分 9a 中之分級精度造成影響之情形變少。

於以上構成中，粗粒子去除用慣性過濾器 3 之縮徑貫通孔 3b 係朝向流體下游側方向直徑不斷變小，故而，流體於逐漸加速後，以恆定速度通過等徑貫通孔 3c，且於該通過時捕獲粗粒子。該等徑貫通孔 3c 成為金屬纖維 3d 呈現層狀之過濾器構造，故可應用能夠用於氣體之流速及纖維直徑之選擇之史托克數  $Stk$ 、及貝克勒數  $Pe$ 。史托克數  $Stk$  係表示金屬纖維構造之過濾器內粒子對氣體流動的追隨性之無因次值。省略其之方程式。史托克數  $Stk$  與流速、粒子密度成正比，且與粒徑之平方成正比，與纖維直徑成反比。

根據史托克數  $Stk$  之式，隨著氣體之流速變大，變得無法自粒徑大之懸浮粒子起循序追隨氣體之運動，從而脫離氣體流路，與金屬纖維產生碰撞。一面參考該史托克數  $Stk$ ，一面控制氣體之流速及選擇纖維直徑，藉此可選擇捕獲目標之粒子之粒徑。於實施形態中，由於金屬纖維之纖維直徑極小，因此，無需使流速變大至衝擊器程度。又，金屬纖維不僅可藉由粒子之慣性而捕獲粒子，而且亦可藉由阻斷、重力、靜電力、擴散等之捕獲機構而捕獲粒子。

貝克勒數  $Pe$  係表示藉由氣流運送粒子之效果與藉由擴散運送粒子之效果之比例之數，其與流速、纖維直徑成正比，且與擴散係數成反比。為了減少擴散之影響，而必需使貝克勒數  $Pe$  變大。粒徑越小，則擴散係數越大，使得纖

維直徑選擇較小值，因此，可知較佳為提高流速可提高粒徑之選擇性。根據以上情況，可藉由任意地選擇流速、纖維直徑等（具體而言，任意地選擇粒子分級用薄片中之纖維直徑、網眼、空間率及空間形狀中之至少一個），而利用金屬纖維捕獲乃至分級目標粒子。

而且，於實施形態中，尤其可實現如下情形：藉由粗粒子去除用慣性過濾器 3 之等徑貫通孔 3c 內之金屬纖維 3d 之填充量調整，而進行該粗粒子去除用慣性過濾器 3 之等徑貫通孔 3c 內部之空隙度調整，以及藉由變更金屬纖維 3d 之纖維直徑，而使等徑貫通孔 3c 內之氣流流通性不會大幅下降，從而較小地抑制壓力降。其結果，即便利用小型之氣流吸引泵進行小流量吸引，亦可獲得粗粒子去除所需之粒子慣性效應。

又，可藉由作為實施形態之特徵之奈米粒子分級用慣性過濾器 5 之粒子分級用薄片 9，而對奈米粒子進行分級，但該粒子分級用薄片 9 呈網眼狀，故即便受到流體壓力作用亦不會於流體通過方向上受到壓縮，又，藉由網眼狀而使空間率、空間形狀亦均一化，藉此，便可使分級特性清晰。又，可使粒子分級用薄片 9 之填充度均一，故而不僅易於控制分級直徑，而且可藉由將粒子分級用薄片 9 積層例如多層而容易於現場調整分級直徑。

又，由於幾乎不存在粒子分級用薄片 9 中之流體之流通性低下之情形，故而，作為吸引泵即便以小型者進行小流量吸引，亦可一面將壓力降抑制為較小，一面獲得奈米

粒子分級所需之粒子慣性效應。

使圖 1 所示之奈米粒子分級用慣性過濾器 5 之圓柱狀板 5b，如圖 5 之 (a1)、(b1)、(c1) 中分別所示，作為流量調整嘴 13a~13c，可與其他流量調整嘴交換，從而可進行流量調整。於各流量調整嘴 13a~13c 各自之下端開口側，分別配置有粒子分級用薄片 15a~15c。於該粒子分級用薄片 15a~15c 之外周配置有 O 型環 17a~17c，藉此，圖中箭線所示之流體通道自外部得以密封。

於圖 5 之 (a1) 之具備流量調整嘴 13a 之慣性過濾器 5a 的情形時，縮徑貫通孔 13a1 之每一流體通過方向單位長度之縮徑率為普通之縮徑率，流體流速為基準流速。藉此，當於圖 5 之 (a2) 中，使橫軸取粒徑，使縱軸取捕獲效率時，其捕獲特性由特性 c1 表示。而且，於圖 5 之 (b1) 所示之具備流量調整嘴 13b 之慣性過濾器 5b 之情形時，流量調整嘴 13b 之縮徑貫通孔 13b1 之縮徑率變大，且流體流速變大，因此，如圖 5 之 (b2) 所示，捕獲效率由效率 c1 變為效率 c2，50%阻斷（分級）直徑變小。又，於圖 5 之 (c1) 所示之具備流量調整嘴 13c 之慣性過濾器 5c 之情形時，流量調整嘴 13c 之縮徑貫通孔 13c1 之縮徑率變小，且流體流速變小，因此，如圖 5 之 (c2) 所示，捕獲效率由效率 c1 變為效率 c3，分級直徑變大。

即，於使用流量固定之情形時，藉由將流量調整嘴與流量調整嘴 13a~13c 進行替換組合而階段性地變更分級直徑，藉此可知粒徑分佈，又，即便連接於流量不同之裝置，

亦可藉由使流體通過速度恆定而使分級直徑固定。此情形用於特定用途且分級直徑應固定之用途例如環境測定時較為有效。

參照圖 6A-1~圖 6A-3 對流量調整嘴之流量調整進行說明，圖 6A-1 所示之慣性過濾器 25a 係包含流量調整嘴 19a、粒子分級用薄片 21a、及 O 型環 23a。於圖 6A-2 中表示有流量調整嘴 19a 之表面，圖 6A-3 中表示有該流量調整嘴 19a 之背面。與此相對，圖 6B-1 所示之慣性過濾器 25b 係包含流量調整嘴 19b、粒子分級用薄片 21b、及 O 型環 23b。圖 6B-2 係表示流量調整嘴 19b 之表面，圖 6B-3 係表示該流量調整嘴 19b 之背面。再者，箭線係表示流體通過方向。

圖 6A-1 之慣性過濾器 25a 係流量調整嘴 19a 之縮徑貫通孔 27a 為 1 個，與之相比，圖 6B-1 之慣性過濾器 25b 係流量調整嘴 19b 之縮徑貫通孔 27b 為複數個，故可使分級特性保持恆定，而更多地增加流量。

參照圖 7 對本發明之另一實施形態之粒子分級裝置進行說明。於該粒子分級裝置 29 中，與圖 1 之粒子分級裝置相同，具有粗粒子去除用慣性過濾器 31、奈米粒子分級用慣性過濾器 33、及粒子捕獲/裝置導入部 35，而另一方面，配置於奈米粒子分級用慣性過濾器 33 之粒子分級用薄片 37 係由複數個粒子分級用薄片 37a~37c 積層而構成。而且，如上所述，於構成粒子分級用薄片 37a~37c 之積層構造之情形時，若以圖 8 中橫軸為粒子分級用薄片之積層片數且縱軸為 50% 阻斷直徑（分級直徑）之分級特性所示之方式，

增加積層片數，則分級直徑變小，故可利用該情形，於現場調整分級直徑。再者，39 係奈米粒子分級用慣性過濾器 33 之流量調整嘴。又，於圖 7 中，為了便於圖解，而使粒子分級用薄片 37 之片數為 3 片，但並不限定於 3 片。

圖 9A 中表示奈米粒子分級用慣性過濾器 41，圖 9B 中表示其分解構成。該奈米粒子分級用慣性過濾器 41 係包含流量調整嘴 45，其可於過濾器箱 43 內部進行替換組合；複數個粒子分級用薄片 47a~47c，其等係可替換組合；及複數個插裝間隔物 49a~49c，其等係可替換組合。

粒子分級用薄片 47a~47c 係具有特定之薄片厚度，並且具有大於流量調整嘴 45 之下游側開口之圓形之面積的圓形之薄片面積，且其中之一部分與流量調整嘴 45 之下游側開口對向，並且插裝間隔物 49a~49c 相對粒子分級用薄片 47a~47c 交替地積層，且分別形成有與粒子分級用薄片 47a~47c 為相同之圓形且面積相同，並且具有相同程度之間隔物厚度，且直徑與流量調整嘴 45 之下游側開口相同之貫通孔 50a~50b。藉此，可藉由插裝間隔物 49a~49c 之積層構造之該等貫通孔 50a~50c 之集合，而構成使流體流速恆定之貫通孔。

根據以上情況，於圖 9A、圖 9B 所示之奈米粒子分級用慣性過濾器 41 中，構成各者之零件可進行替換組合，因此，可藉由該等之替換組合，而容易地控制流體流速或控制分級。

參照圖 10，對藉由在圖 9A、圖 9B 所示之奈米粒子分

級用慣性過濾器 41 中替換組合複數個粒子分級用薄片 47a ~ 47c、與可替換組合之插裝間隔物 49a ~ 49c 而控制分級直徑之例進行說明。於圖 10 之 (a1) 中表示具有 3 片粒子分級用薄片 47a ~ 47c、及 3 片插裝間隔物 49a ~ 49c 之慣性過濾器 51，於圖 10 之 (a2) 中表示其分級特性 c4。於圖 10 之 (b1) 中表示具有 5 片粒子分級用薄片 47a ~ 47e、及 4 片插裝間隔物 49a ~ 49d 之慣性過濾器 53，於圖 10 之 (b2) 中表示其分級特性 c5。於圖 10 之 (c1) 中表示具有 2 片粒子分級用薄片 47a、47b、及 2 片插裝間隔物 49a、49b 之慣性過濾器 55，於圖 10 (c2) 中表示其分級特性 c6。於圖 10 之 (d) 中表示將粒子分級用薄片之片數作為橫軸且將分級作為縱軸之分級直徑特性。如圖 10 之 (d) 所示，可知若粒子分級用薄片之積層片數增加，則分級直徑變小。

參照圖 11 對藉由流量調整嘴及插裝間隔物來控制分級直徑之例進行說明。於圖 11 之 (a1) 中表示具有賦予基準流速之流量調整嘴 45a、粒子分級用薄片 47a ~ 47c、及插裝間隔物 48a1 ~ 48a3 之慣性過濾器 57。於圖 11 之 (a2) 中表示有慣性過濾器 57 之分級特性 c7。該分級特性 c7，係由流量調整嘴 45a 所具備之縮徑貫通孔 51a 之流體通過方向上之每一單位長度的直徑之縮徑率及插裝間隔物 48a1 ~ 48a3 所賦予者，且將其稱為基準流體流速。而且，於圖 11 之 (b1) 中表示具有賦予大於基準流速之流速之流量調整嘴 45b、粒子分級用薄片 47a ~ 47c、及插裝間隔物 48b1 ~ 48b3 之慣性過濾器 59。於圖 11 之 (b2) 中表示慣性過濾器 59 之分級

特性 c8。該流量調整嘴 45b 之縮徑貫通孔 51b 之縮徑率較大，且插裝間隔物 48b1~48b3 之貫通孔徑較小，因此，流體流速大於上述基準流體流速，且流體中之奈米粒子之慣性碰撞效應變大，其結果，該分級特性由特性 c7 變為特性 c8，從而可捕獲更小粒徑之奈米粒子。

於圖 11 之 (c1) 中表示具有賦予大於基準流速之流速之流量調整嘴 45c、粒子分級用薄片 47a~47c、及插裝間隔物 48c1~48c3 之慣性過濾器 61。於圖 11 之 (c2) 中表示慣性過濾器 61 之分級特性 c9。該流量調整嘴 45c 之縮徑貫通孔 51c 之縮徑率較小，且插裝間隔物 48c1~48c3 之貫通孔徑較大。因此，流體流速小於上述基準流體流速，且流體中之奈米粒子之慣性碰撞效應變小，其結果，該分級特性由特性 c7 變為特性 c9。

可由該等圖而清晰地獲知，可藉由流量調整嘴 45a~45c 及插裝間隔物 48a1~48a3、48b1~48b3、48c1~48c3 之替換組合，而控制分級直徑。

參照圖 12，對藉由插裝間隔物來控制分級直徑之例進行說明。於圖 12 之 (a1) 中表示具有賦予基準空間率之插裝間隔物 49a1~49c1 之慣性過濾器 63，於圖 12 之 (a2) 中表示慣性過濾器 63 之分級特性 c9。將該慣性過濾器 63 之空間率作為基準空間率。將該慣性過濾器 63 之插裝間隔物 49a1~49c1 各自之間隔物厚度設為例如  $t$ 。整體而言，藉由插裝間隔物 49a1~49c1 所構成之等徑貫通孔長度為孔長  $3t$ 。47a~47c 係為粒子分級用薄片。

而且，於圖 12 之 (b1) 中表示插裝間隔物 49a2~49c2 之慣性過濾器 65，於圖 12 之 (b2) 中表示慣性過濾器 65 之分級特性 c10。於該慣性過濾器 65 之情形時，插裝間隔物 49a2~49c2 各自之間隔物厚度為例如  $2t$ ，藉此，與慣性過濾器 63 相比，由插裝間隔物 49a2~49c2 構成之等徑貫通孔長度成為孔長  $6t$ 。因此，空間率變大（填充度小），分級特性係可捕獲更小粒徑之奈米粒子。

於圖 12 之 (c1) 中表示具有插裝間隔物 49a3~49c3 之慣性過濾器 67，於圖 12 之 (c2) 中表示慣性過濾器 67 之分級特性 c11。於該慣性過濾器 67 之情形時，插裝間隔物 49a3~49c3 各自之間隔物厚度為例如  $0.5t$ ，藉此，與慣性過濾器 63 相比，由插裝間隔物 49a3~49c3 構成之等徑貫通孔長度成為孔長  $1.5t$ 。因此，空間率變小（填充度大）。可由該等圖明確地獲知，可藉由插裝間隔物之替換組合，而以圖 12 之 (a2)、(b2)、(c2) 所示之方式控制分級直徑。

參照圖 13A-1~圖 13B-3，對藉由流量調整嘴及插裝間隔物進行流量調整之例進行說明。圖 13A-1 所示之慣性過濾器 69 係包含流量調整嘴 50a、粒子分級用薄片 52a~52c、及插裝間隔物 54a1~54c1。於圖 13A-2 中表示流量調整嘴 50a 之俯視圖與後視圖，於圖 13A-3 中表示插裝間隔物 54a1~54c1 之俯視圖。流量調整嘴 50a、粒子分級用薄片 52a~52c、及插裝間隔物 54a1~54c1 係各自之與流體通過方向正交之面內之外形尺寸相同。粒子分級用薄片 52a~52c 係以

交替地由流量調整嘴 50a 與插裝間隔物 54a1~54c1 夾持之狀態積層。於插裝間隔物 54a1~54c1，分別形成有直徑與流量調整嘴 50a 之縮徑貫通孔 70 之下游側開口相同之單一貫通孔 70a~70c，且該等單一貫通孔 70a~70c 於相同位置上，與流體通過方向 A0 疊合。

圖 13B-1 所示之慣性過濾器 71 係包含流量調整嘴 50b、粒子分級用薄片 52a~52c、及插裝間隔物 54a2~54c2。於圖 13B-2 表示流量調整嘴 50b 之俯視圖與後視圖，於圖 13B-3 表示插裝間隔物 54a2~54c2 之俯視圖。流量調整嘴 50b、粒子分級用薄片 52a~52c、插裝間隔物 54a2~54c2 係各自之與流體通過方向正交之面內之外形尺寸相同。粒子分級用薄片 52a~52c 係以交替地由流量調整嘴 50b 與插裝間隔物 54a2~54c2 夾持之狀態積層。於流量調整嘴 50b 形成有複數個縮徑貫通孔 70，於插裝間隔物 54a2~54c2，分別形成有與流量調整嘴 50b 之複數個縮徑貫通孔 70'各自之下游側開口對應且直徑與其相同之複數個貫通孔 70a~70c，該等複數個貫通孔 70a~70c 分別於相同之位置上，在流體通過方向 A1-A3 上疊合。

圖 13A-1 所示之慣性過濾器 69 與圖 13B-1 所示之慣性過濾器 71，係流體通過方向上之貫通孔之數量不同，但可使圖 13A-1 之慣性過濾器 69 之流體通過方向 A0 上之流體流速、與圖 13B-1 之慣性過濾器 71 之流體通道 A1~A3 之流體流速恆定且彼此相同，並使慣性過濾器 71 之流量更多於慣性過濾器 69 之流量。

參照圖 14，對實施形態之慣性過濾器之實用例進行說明。於圖 14 中表示橫軸取空氣力學直徑且縱軸取捕獲效率之慣性過濾器之分級特性。c12 係理論值之分級特性，黑四邊形◆、及黑三邊形▲係具有 5 片粒子分級用薄片與 5 片插裝間隔物之第 1、第 2 慣性過濾器之分級特性，x 係具有 5 片粒子分級用薄片與 20 片插裝間隔物之第 3 慣性過濾器之分級特性。 $\Delta P = 4.14、4.34、5.41$  (kPa) 係各第 1~第 3 慣性過濾器之初始壓力損失，cut-off 徑 = 165、160、130 (nm) 係各第 1~第 3 慣性過濾器之分級直徑。又，流量係為 1.5 升/分鐘。根據以上情形，判斷出實施形態之慣性過濾器，係理論值與實驗值大致一致，且具有良好之分級特性之慣性過濾器。

參照圖 15，表示作為製品之慣性過濾器。該慣性過濾器係包含 2 個圓筒狀凹凸一對連接器 80、81，且藉由將一凸連接器 80 之前端凸部 80a 插入至另一凹連接器 81 之凹部 81a 而於內部構成箭線方向之流體通道。而且，成為如下構造：藉由於該狀態下自凸連接器 80 側將螺帽 82 旋入至凹連接器 81 之外周螺旋槽 81b，而由該螺帽 82 將兩連接器 80、81 緊固。而且，構成為於凸連接器 80 之前端凸部 80a 之內部設置有沿箭線方向縮徑之貫通孔 80b、複數個粒子分級用薄片 80c、及插裝間隔物 80d。

如以上說明，於本實施形態中，可提供如下之慣性過濾器，其係如下慣性過濾器構成：包含以均勻之排列形態具有複數個粒子分級孔之粒子分級用薄片，且使該粒子分

級用薄片之面積大於設置有該粒子分級孔之位置上之流體通過面積，並且設置為其之一部分於流體通過方向上將該流體通道分隔成 2 個以進行粒子分級之分隔壁狀，因此，與在等徑貫通孔內填入有纖維之慣性過濾器不同，易於獲得預期之初始分級性能，且長期使用過程中分級特性穩定。尤其可提供如下之慣性過濾器：不存在如以先前方式在等徑貫通孔填入有纖維之情形般，因纖維之填充密度、定向、空間形狀不均一而使初始分級特性難以控制之情形，又，不存在於分級動作中，因受到氣流之壓力，纖維沿流體通過方向被壓縮而難以進行穩定之分級之情形，又，由於自纖維改為薄片，故而，易於獲得過濾器清洗亦變得容易且慣性過濾器之再利用亦變得容易等預期之初始分級性能，且長期使用過程中捕獲效率難以下降，可進行穩定之粒子分級。

#### [產業上之可利用性]

本發明係作為配置於流體通道內且可藉由慣性碰撞效應等而對流體中之粒子進行分級之慣性過濾器及具備該慣性過濾器之粒子分級裝置尤為有效。

#### 【圖式簡單說明】

圖 1 係表示具備本發明實施形態之慣性過濾器之粒子分級裝置自側面觀察時之構成之圖。

圖 2A-1 係本發明實施形態之慣性過濾器所具備之奈米粒子分級用薄片的第 1 形狀例（平紋形狀）之主要部分放大剖面圖。

圖 2A-2 係本發明實施形態之慣性過濾器所具備之奈米粒子分級用薄片的第 1 形狀例（平紋形狀）之主要部分放大俯視圖。

圖 2B-1 係本發明實施形態之慣性過濾器所具備之奈米粒子分級用薄片的第 2 形狀例（斜紋形狀）之主要部分放大剖面圖。

圖 2B-2 係本發明實施形態之慣性過濾器所具備之奈米粒子分級用薄片的第 2 形狀例（斜紋形狀）之主要部分放大俯視圖。

圖 3A 係本發明實施形態之慣性過濾器所具備之奈米粒子分級用薄片的第 3 形狀例（圓孔形狀）之主要部分放大俯視圖。

圖 3B 係本發明實施形態之慣性過濾器所具備之奈米粒子分級用薄片的第 4 形狀例（長孔形狀）之主要部分放大俯視圖。

圖 3C 係本發明實施形態之慣性過濾器所具備之奈米粒子分級用薄片的第 5 形狀例（方孔形狀）之主要部分放大俯視圖。

圖 4A 係表示擴散過濾器與慣性過濾器各自之奈米粒子分級用薄片之形狀之主要部分放大俯視圖。

圖 4B 係比較表示具有圖 4A 之構成之擴散過濾器與慣性過濾器各自之奈米粒子分級用薄片之形狀之圖。

圖 5 係用於圖 1 之粒子分級裝置中所用的奈米粒子分級用慣性過濾器中流量調整嘴之流速調整之說明之圖。

圖 6A-1 係圖 1 之粒子分級裝置中所用之第 1 奈米粒子分級用慣性過濾器之剖面圖。

圖 6A-2 係第 1 奈米粒子分級用慣性過濾器之表面圖。

圖 6A-3 係第 1 奈米粒子分級用慣性過濾器之背面圖。

圖 6B-1 係圖 1 之粒子分級裝置中所用之第 2 奈米粒子分級用慣性過濾器之剖面圖。

圖 6B-2 係第 2 奈米粒子分級用慣性過濾器之表面圖。

圖 6B-3 係第 2 奈米粒子分級用慣性過濾器之背面圖。

圖 7 係具備經複數片積層之本發明實施形態之慣性過濾器的粒子分級裝置之側視圖。

圖 8 係表示圖 7 之慣性過濾器之相對於片數之 50% 阻斷直徑之圖。

圖 9A 係表示圖 7 之奈米粒子分級用慣性過濾器經分解之狀態之外觀構成的立體圖。

圖 9B 係表示圖 7 之奈米粒子分級用慣性過濾器組裝後之狀態下之剖面構成之圖。

圖 10 係用以說明在使用有圖 7 之慣性過濾器之粒子分級裝置中替換組合粒子分級用薄片之積層片數時之粒徑與捕獲效率之關係的圖。

圖 11 係用以說明在使用有圖 7 之慣性過濾器之粒子分級裝置中替換組合流量調整嘴及複數個插裝間隔物時之粒徑與捕獲效率之關係的圖。

圖 12 係用以說明在使用有圖 7 之慣性過濾器之粒子分級裝置中對複數個慣性過濾器替換組合其配置間隔時之粒

徑與捕獲效率之關係的圖。

圖 13A-1 係於使用有圖 7 之慣性過濾器之粒子分級裝置中使流量調整嘴與複數個插裝間隔物各自之貫通孔之形狀乃至個數替換組合之慣性過濾器（其 1）之剖面圖。

圖 13A-2 係表示組裝於圖 13A-1 之慣性過濾器（其 1）中之流量調整嘴之形狀的圖，左側為俯視圖，右側為背面圖。

圖 13A-3 係組裝於圖 13A-1 之慣性過濾器（其 1）中之插裝間隔物之俯視圖。

圖 13B-1 係於使用有圖 7 之慣性過濾器之粒子分級裝置中使流量調整嘴與複數個插裝間隔物各自之貫通孔之形狀乃至個數替換組合之慣性過濾器（其 2）的剖面圖。

圖 13B-2 係表示組裝於圖 13B-1 之慣性過濾器（其 2）中之流量調整嘴之形狀的圖，左側為俯視圖，右側為背面圖。

圖 13B-3 係組裝於圖 13B-1 之慣性過濾器（其 2）中之插裝間隔物之俯視圖。

圖 14 係以用於驗證本發明實施形態之慣性過濾器之過濾器性能的橫軸為空氣力學直徑，以縱軸為捕獲效率之圖。

圖 15 係表示本發明實施形態之慣性過濾器之圖。

圖 16 係先前之慣性過濾器之側視圖。

#### 【主要元件符號說明】

- 1 粒子分級裝置
- 3 粗粒子去除用慣性過濾器

- 5 奈米粒子分級用慣性過濾器
- 9 粒子分級用薄片

## 七、申請專利範圍：

1.一種慣性過濾器，係設置於供包含奈米粒子之流體通過之流體通道，藉由粒子慣性效應而捕獲該流體通道內之奈米粒子，且該流體流速愈大捕獲粒徑愈小之奈米粒子，其特徵在於：

該慣性過濾器，具備：

流量調整嘴，係配置於該流體通道上游側，且具有於該流體通過方向內徑縮徑之縮徑貫通孔，藉由該縮徑貫通孔之形態來調整該流體通道內之流體流速；以及

粒子分級用薄片，係配置於較該流量調整嘴更靠流體通道下游側且以一樣之排列形態具有用以藉由粒子慣性效應而捕獲奈米粒子之複數個粒子分級孔，且具有大於該縮徑貫通孔之下游側開口之薄片面積且該薄片以阻塞該下游側開口整面之方式設置成在流體通過方向將該流體通道分隔成2個之分隔壁狀；

可藉由將該流量調整嘴與該縮徑貫通孔之數量不同之其他流量調整嘴替換組合而進行流量調整。

2.如申請專利範圍第1項之慣性過濾器，其中，該粒子分級用薄片於流體通過方向係以單一之薄片構成。

3.如申請專利範圍第1項之慣性過濾器，其中，該粒子分級用薄片於流體通過方向係積層為複數片。

4.如申請專利範圍第1項之慣性過濾器，其中，該粒子分級用薄片係以網眼狀之排列形態具備多個貫通孔作為該粒子分級孔之薄片。

5.如申請專利範圍第4項之慣性過濾器，其中，該粒子分級用薄片係線徑為 $5\sim 20\ \mu\text{m}$ 、網眼為 $40\sim 300\ \mu\text{m}$ 之網眼狀薄片。

6.如申請專利範圍第1項之慣性過濾器，其中，將該流量調整嘴配置成可在調整流體流速時與該縮徑貫通孔之縮徑率不同之其他流量調整嘴替換組合。

7.如申請專利範圍第1項之慣性過濾器，其中，將該粒子分級用薄片配置成可與纖維直徑、網眼、空間率、空間形狀中之至少一個不同之其他粒子分級用薄片替換組合。

8.如申請專利範圍第1項之慣性過濾器，其中，將插裝間隔物插裝於複數個粒子分級用薄片之流體通過方向間進行積層，且將該插裝間隔物配置成可與貫通孔之直徑不同之其他插裝間隔物替換組合。

9.如申請專利範圍第1項之慣性過濾器，其中，將該粒子分級用薄片之複數片與插裝間隔物交互地積層。

10.如申請專利範圍第9項之慣性過濾器，其中，可藉由將該粒子分級用薄片與纖維直徑、網眼、空間率、空間形狀中之至少一個不同之其他粒子分級用薄片替換組合而進行分級控制。

11.如申請專利範圍第10項之慣性過濾器，其中，可藉由該粒子分級用薄片之積層片數控制而進行分級控制。

12.如申請專利範圍第9項之慣性過濾器，其中，可藉由該插裝間隔物之積層片數控制而進行分級控制。

13.如申請專利範圍第9項之慣性過濾器，其中，可將

該流量調整嘴與流路不同之其他流量調整嘴替換組合而進行流速調整。

14.如申請專利範圍第9項之慣性過濾器，其中，可藉由使該插裝間隔物可與貫通孔之直徑不同之其他插裝間隔物替換組合而進行流速調整。

15.如申請專利範圍第10項之慣性過濾器，其中，可藉由該插裝間隔物之間隔物厚度控制而進行分級控制。

16.如申請專利範圍第10項之慣性過濾器，其中，可藉由該流量調整嘴之流路數量及與該流路數量對應之插裝間隔物之貫通孔數量之控制而進行流量調整。

17.一種粒子分級裝置，於流體通過方向上游側配置填充有非壓縮性纖維之慣性過濾器用於去除粗粒子，且於下游側配置申請專利範圍第1項之慣性過濾器用於進行奈米粒子分級。

18.一種慣性過濾器，係設置於供包含奈米粒子之流體通過之流體通道，藉由粒子慣性效應而捕獲該流體通道內之奈米粒子，且該流體流速愈大捕獲粒徑愈小之奈米粒子，其特徵在於：

該慣性過濾器，具備：

流量調整嘴，係配置於該流體通道上游側，且具有於該流體通過方向內徑縮徑之縮徑貫通孔，藉由該縮徑貫通孔之形態來調整該流體通道內之流體流速；以及

粒子分級用薄片，係配置於較該流量調整嘴更靠流體通道下游側且以一樣之排列形態具有用以藉由粒子慣性效

應而捕獲奈米粒子之複數個粒子分級孔，且具有大於該縮徑貫通孔之下游側開口之薄片面積且該薄片以阻塞該下游側開口整面之方式設置成在流體通過方向將該流體通道分隔成 2 個之分隔壁狀；

可藉由將該流量調整嘴與該縮徑貫通孔之縮徑率不同之其他流量調整嘴替換組合而進行流體流速調整。

八、圖式：

(如次頁)

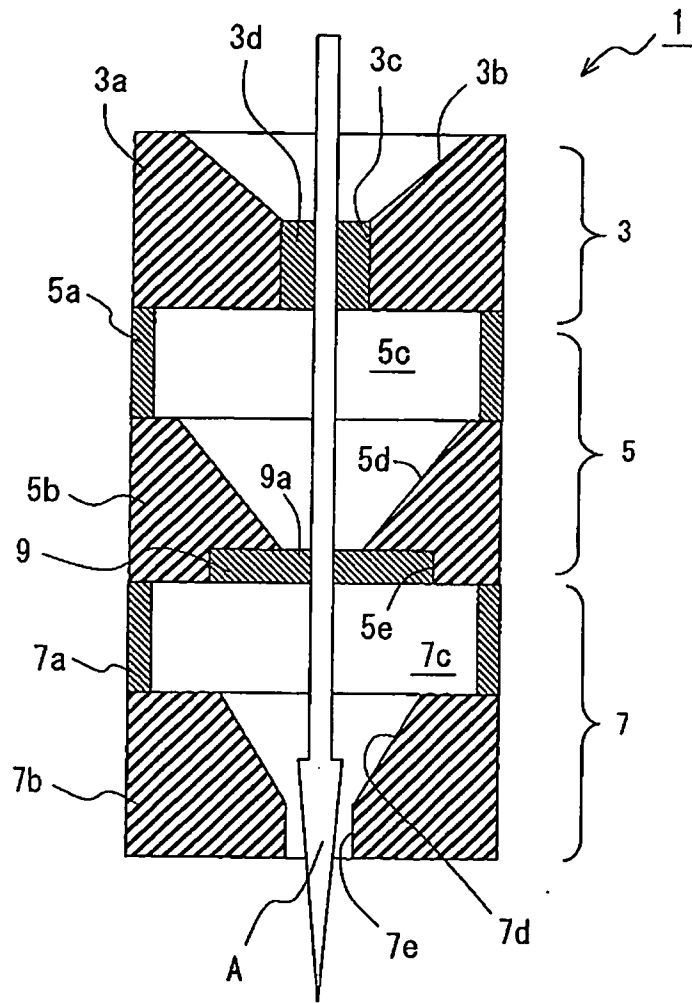


圖 1

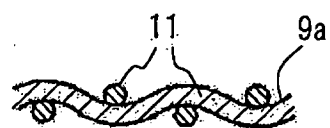


圖 2A-1

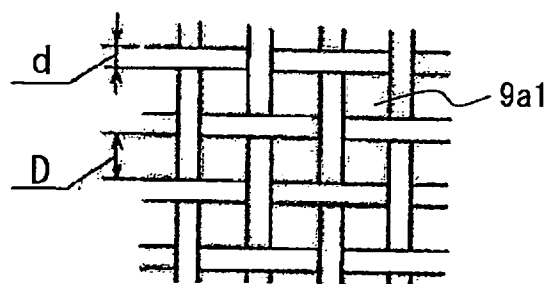


圖 2A-2



圖 2B-1

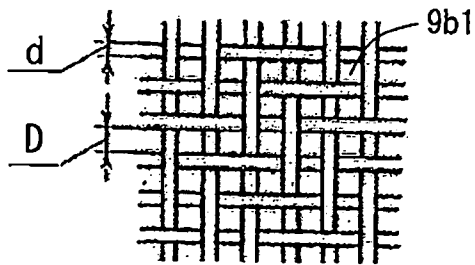


圖 2B-2

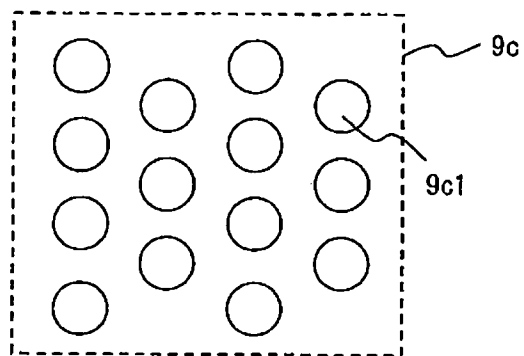


圖 3A

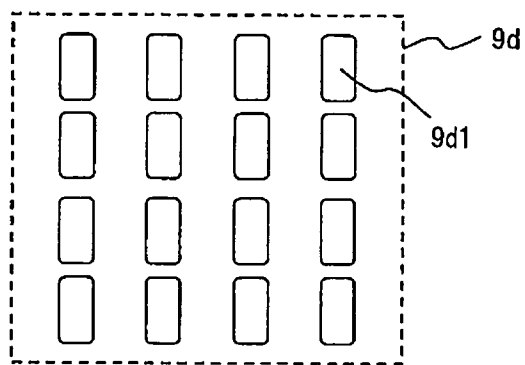


圖 3B

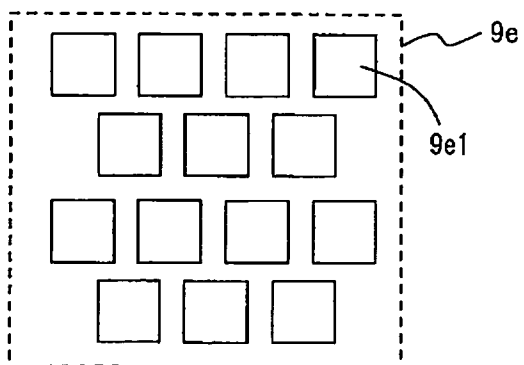


圖 3C



圖 4A

	擴散過濾器	慣性過濾器
預期之捕獲機構	擴散	慣性
線徑 $d$ ( $\mu\text{m}$ )	20左右	5~20
網眼 $D$ ( $\mu\text{m}$ )	20左右	40~300
過濾速度 (m/s)	0.001~ 0.1	1~100

圖 4B

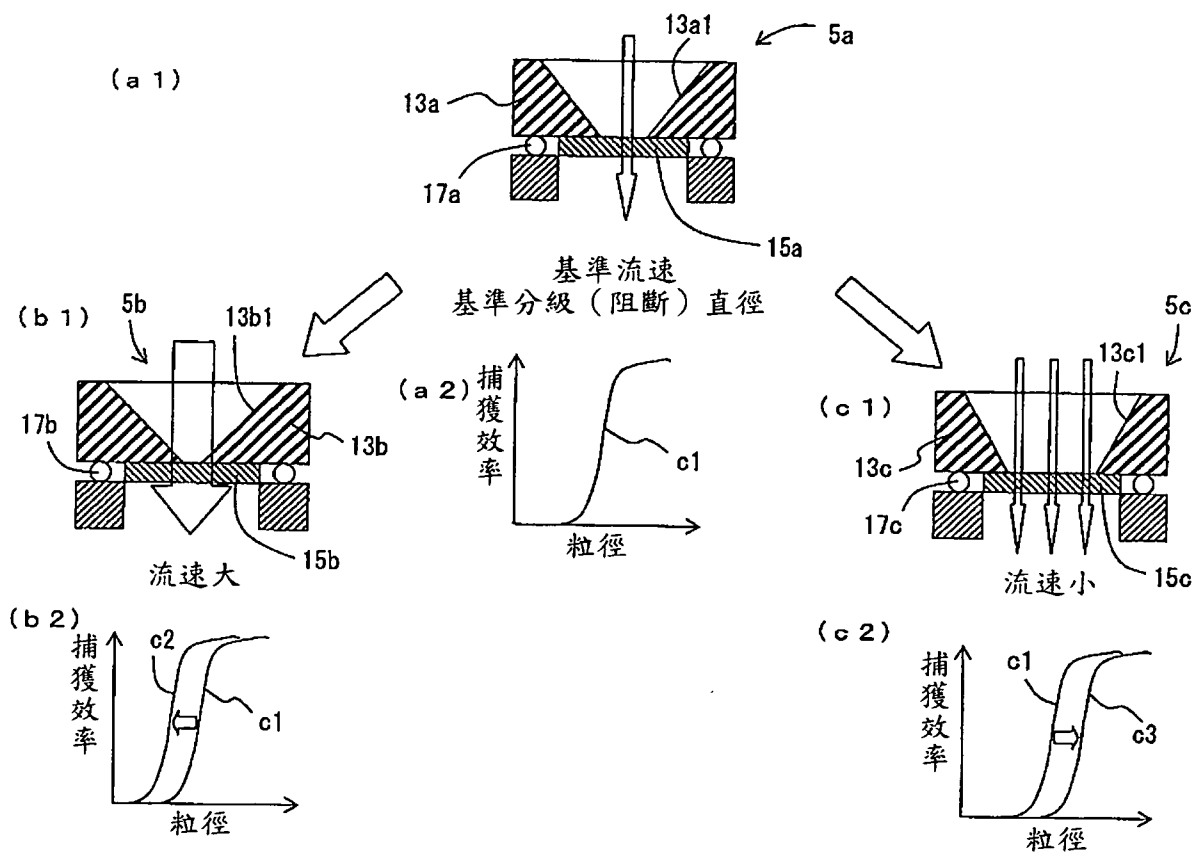


圖5

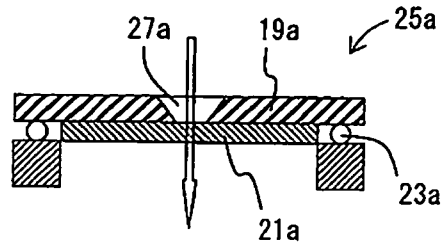


圖 6A-1

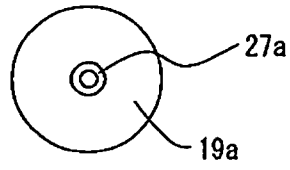


圖 6A-2

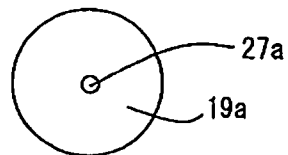


圖 6A-3

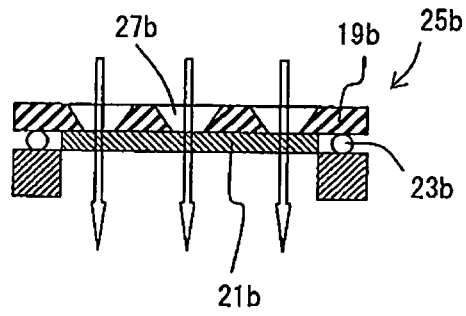


圖 6B-1

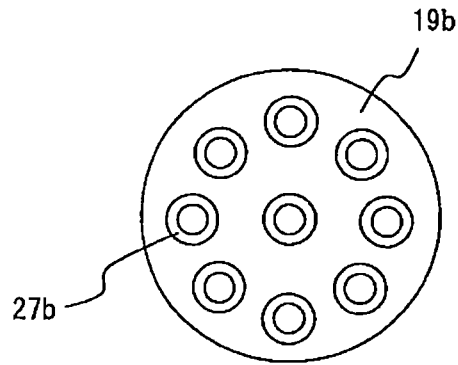


圖 6B-2

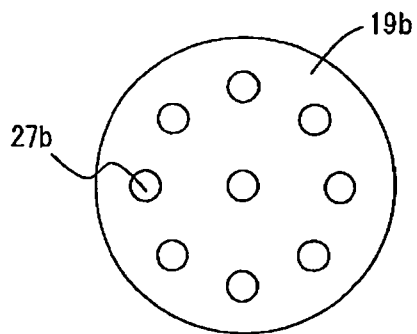


圖 6B-3

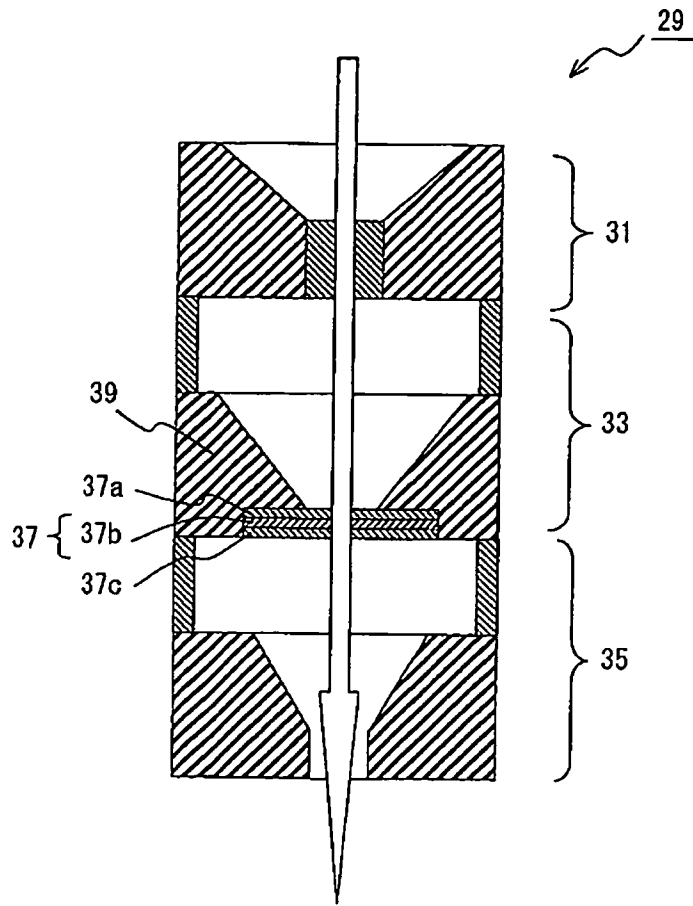


圖 7

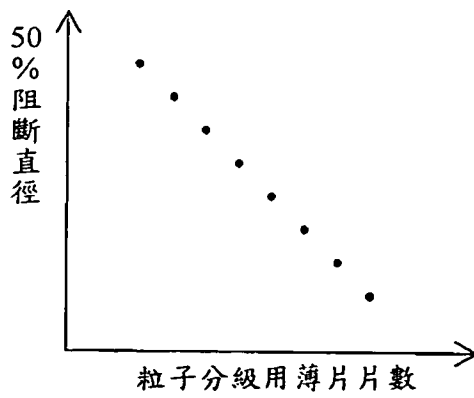


圖 8

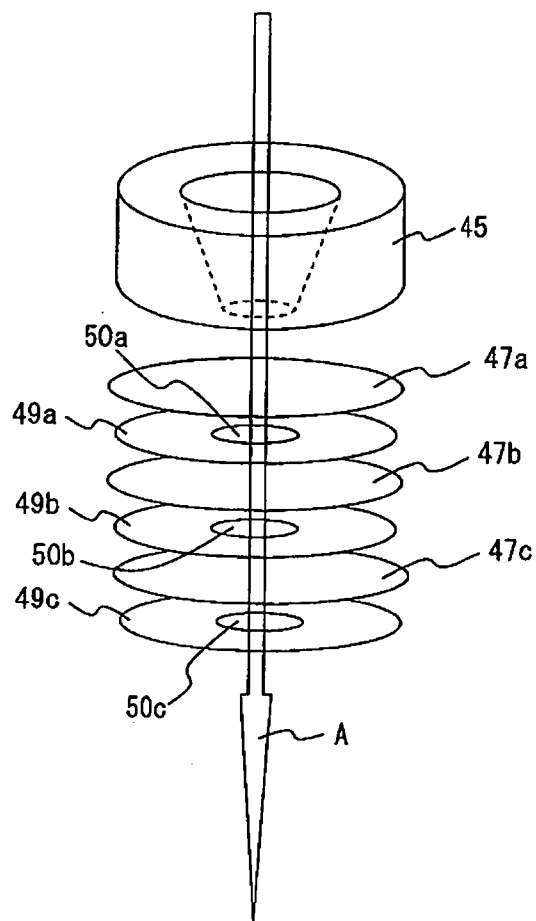


圖 9A

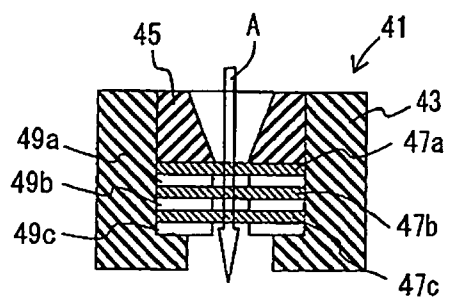


圖 9B

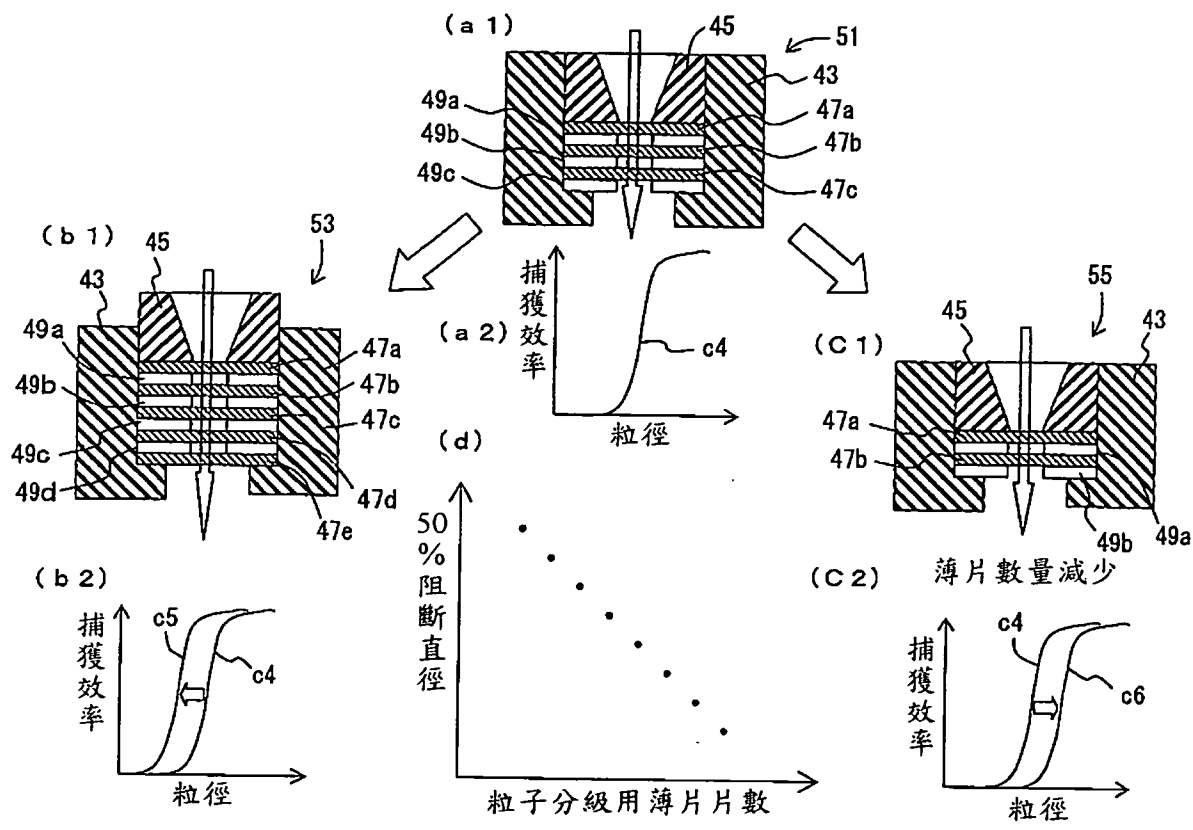


圖 10

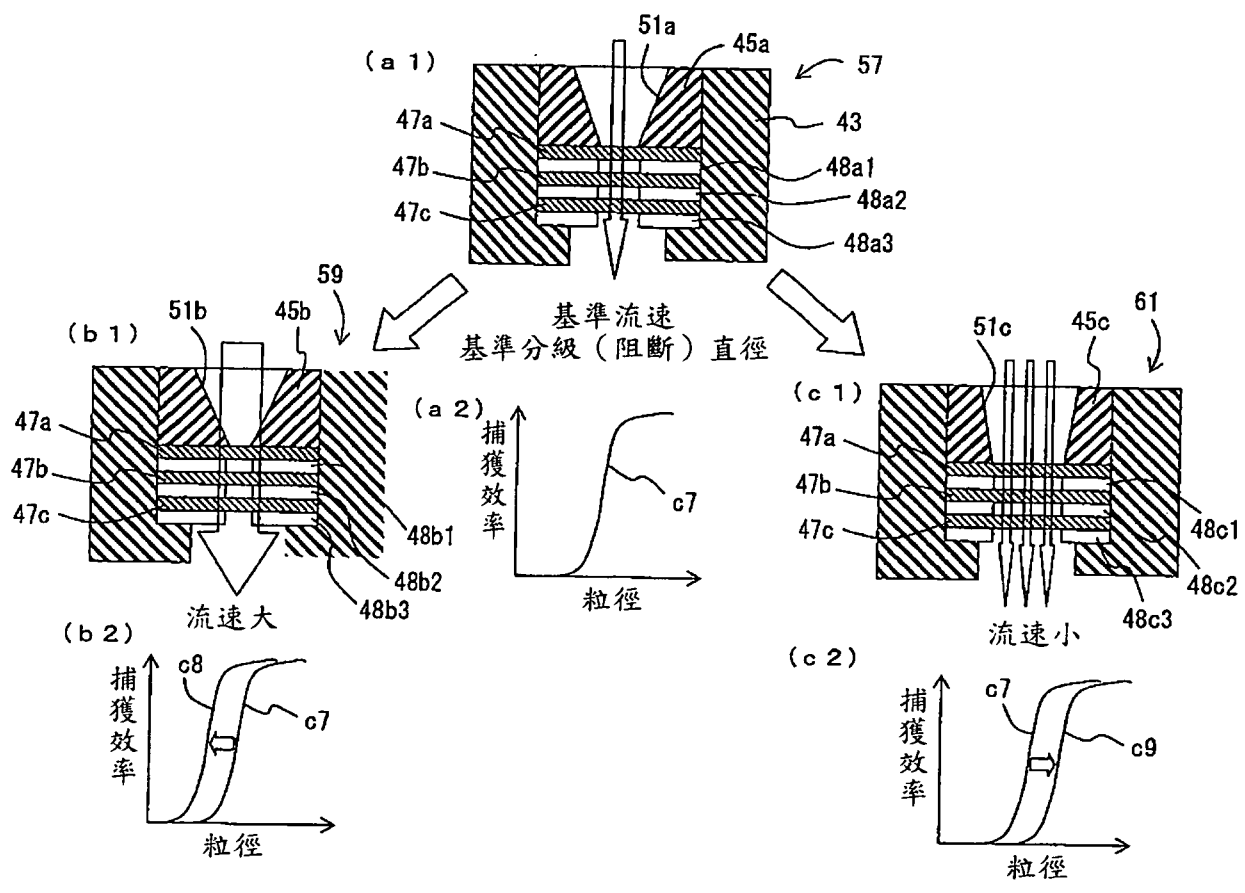


圖 11

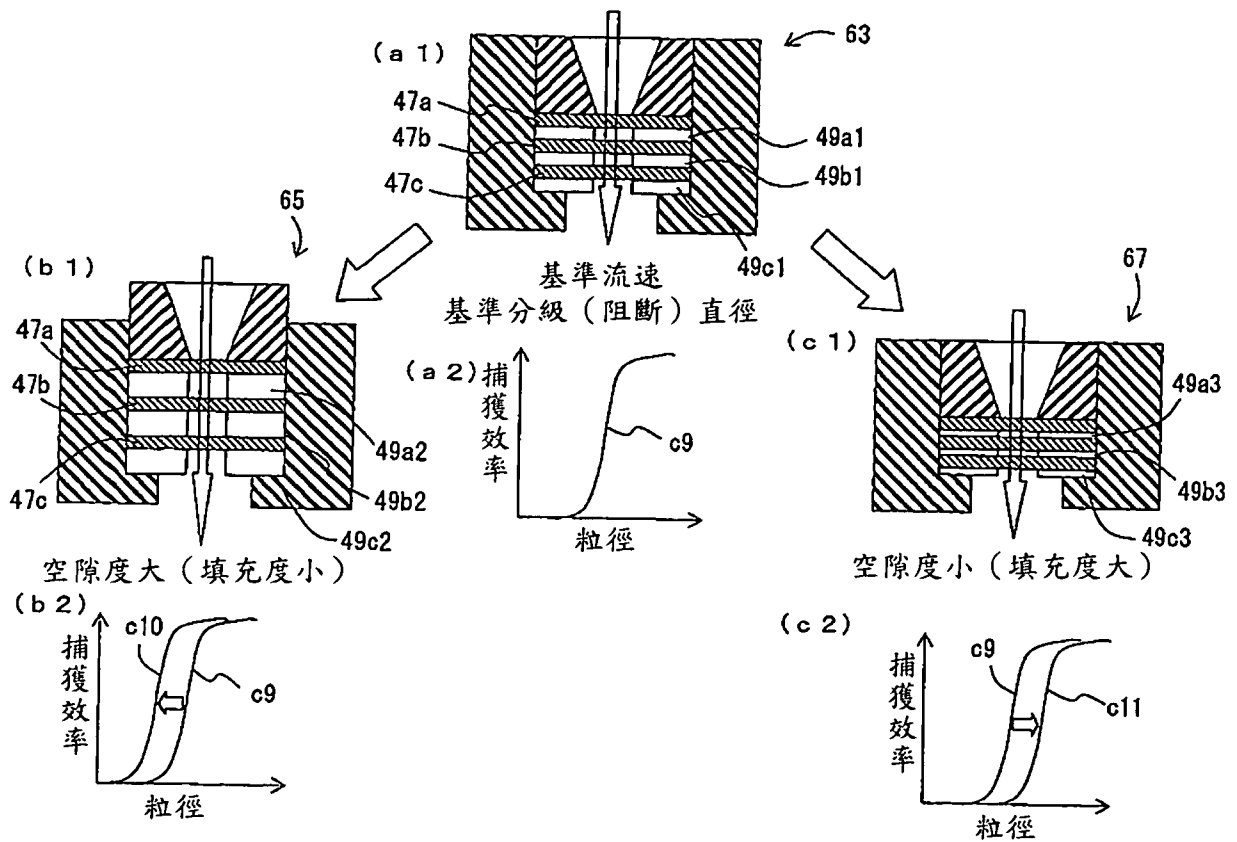


圖12

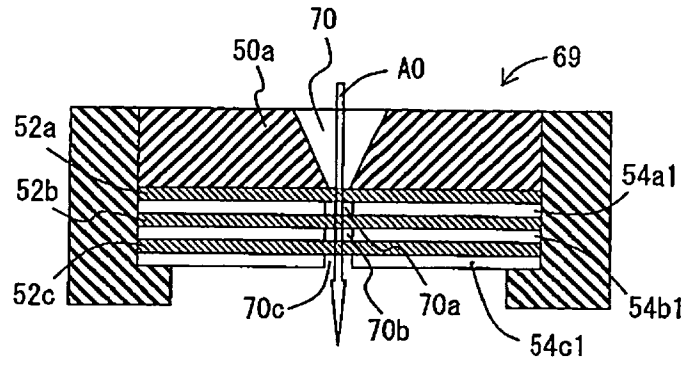


圖 13A-1

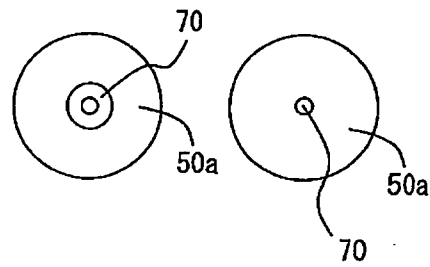


圖 13A-2

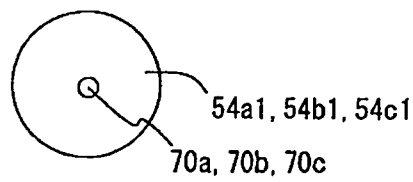


圖 13A-3

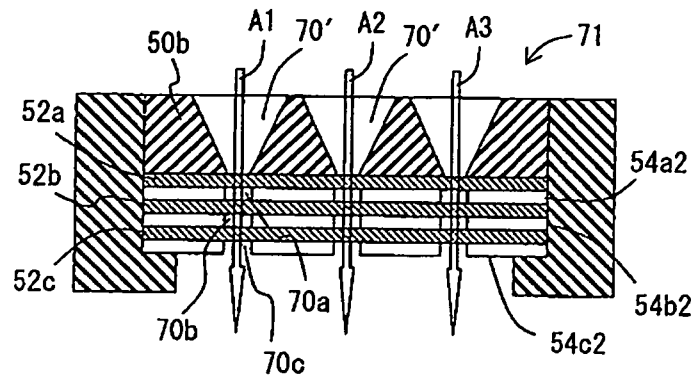


圖 13B-1

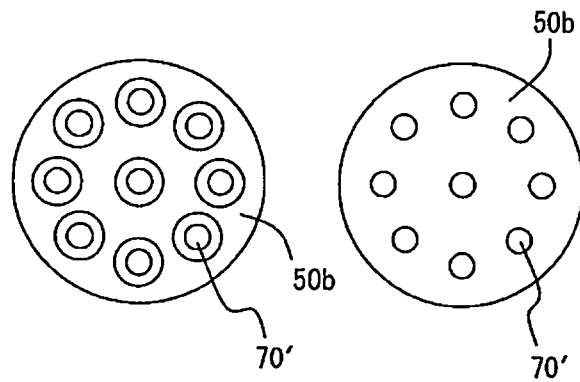


圖 13B-2

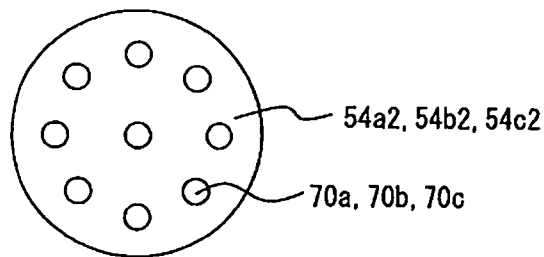


圖 13B-3

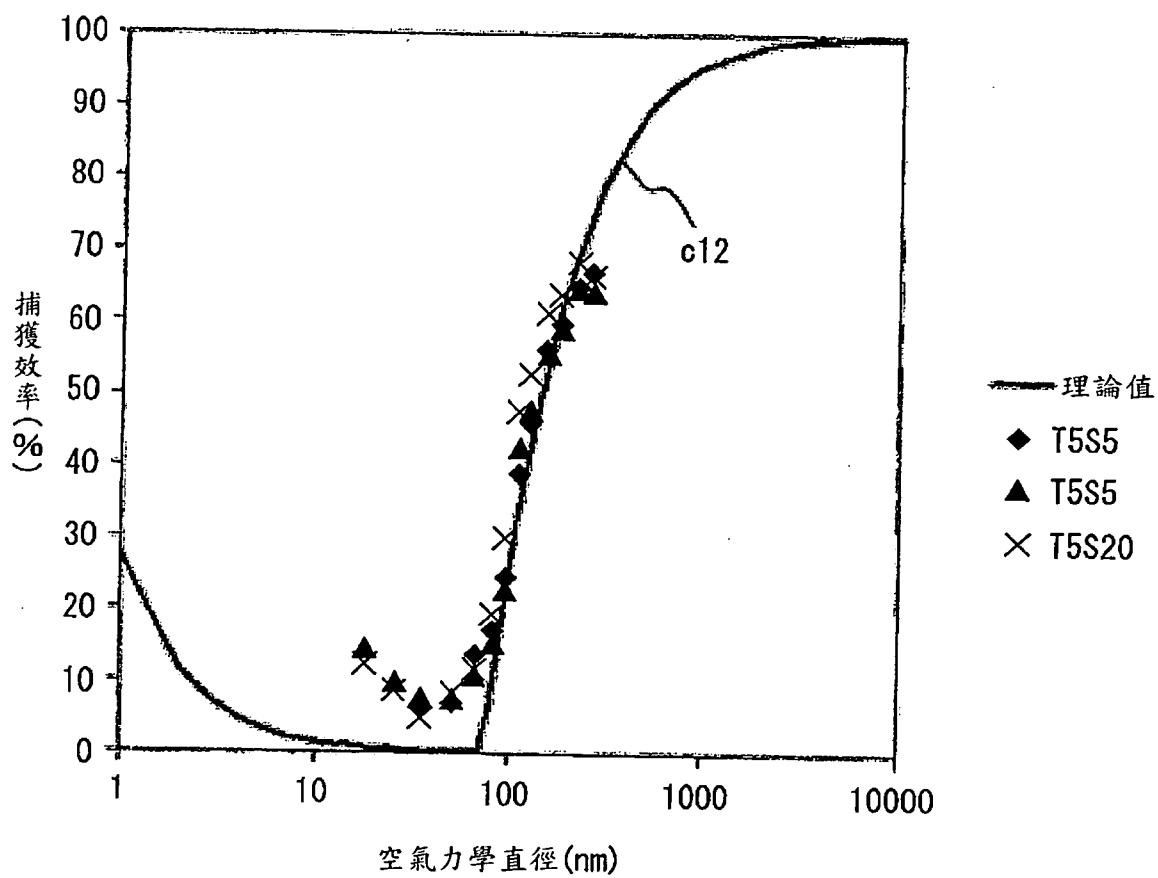


圖14

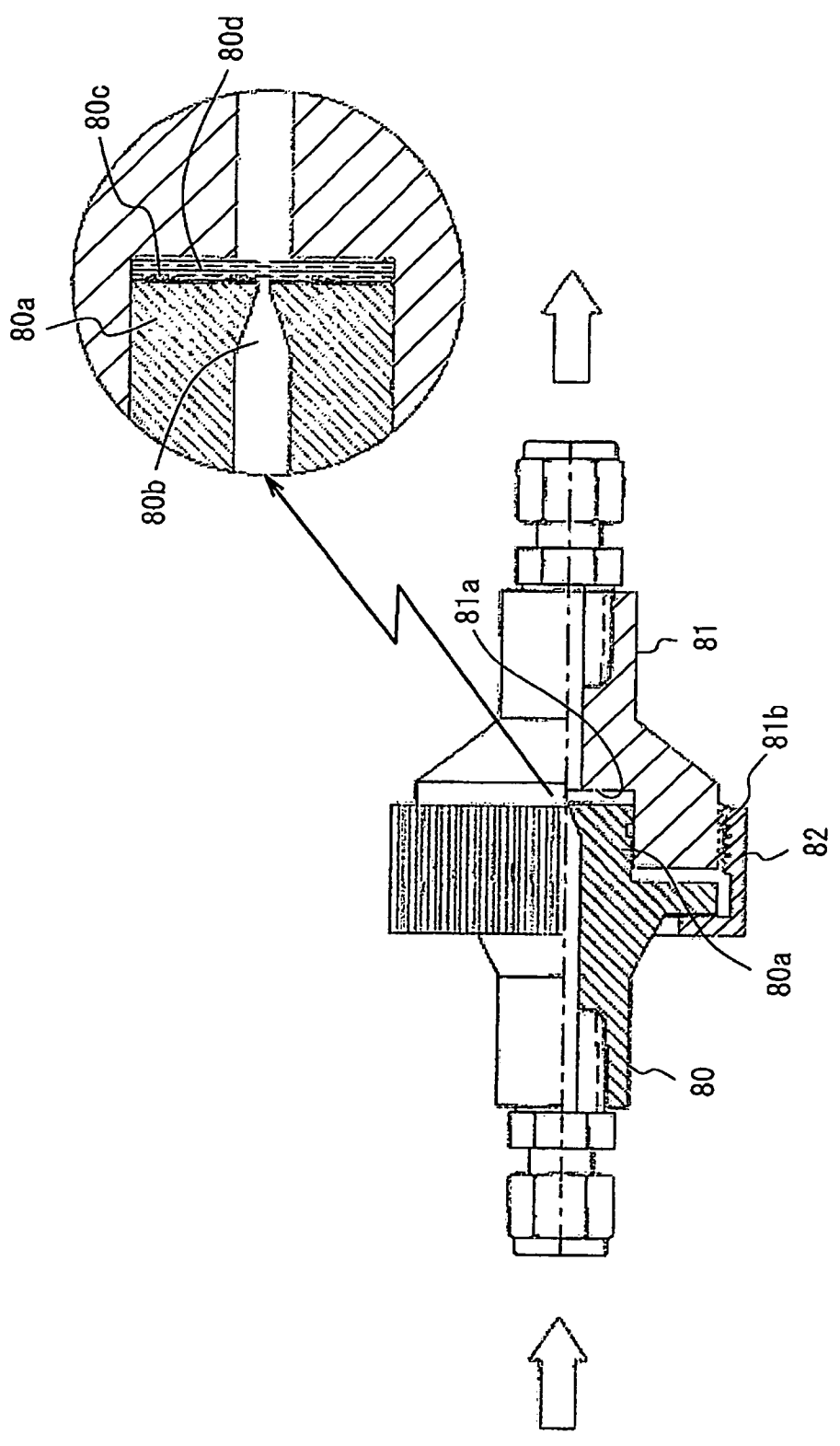


圖15

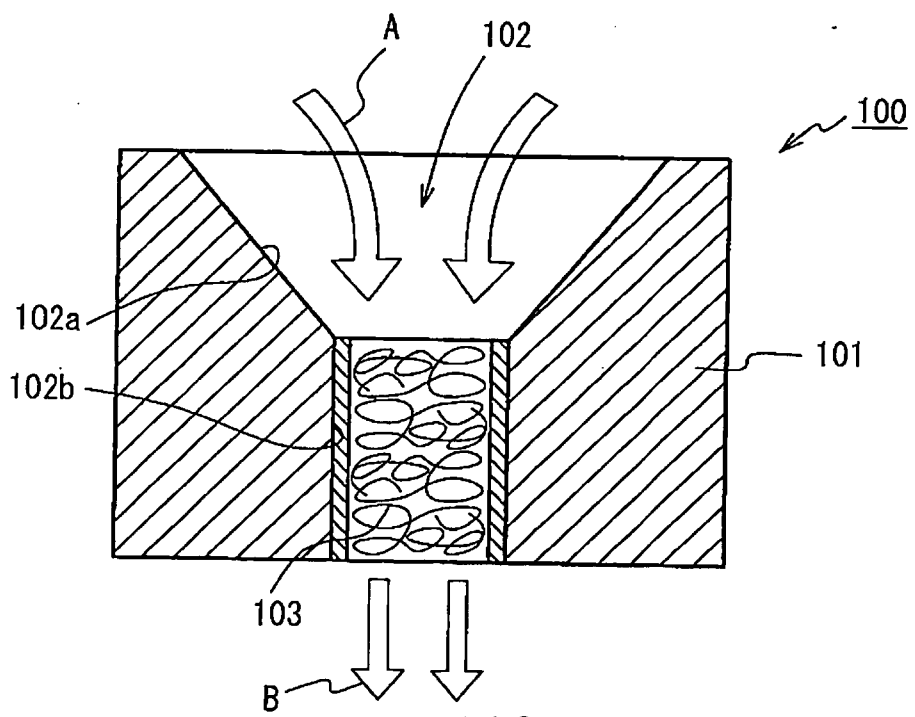


圖 16