



(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 I466710 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：097140603

(22)申請日：中華民國 97 (2008) 年 10 月 23 日

(51)Int. Cl. : **B01D39/20 (2006.01)**

(30)優先權：2007/10/24 美國 60/982,328

(71)申請人：摩特股份有限公司 (美國) MOTT CORPORATION (US)
美國

(72)發明人：柏格斯 戴瑞克 BURGESS, DEREK (US)；懷特 威尼 WHITE, WAYNE F. (US)；羅曼諾 艾佛德 ROMANO, ALFRED M. (US)；皮弗格貝爾 陶德 PFLUGBEIL, TODD W. (US)；巴拉莉 理查 BALAZY, RICHARD D. (US)；魯鮑 肯尼斯 RUBOW, KENNETH L. (US)；羅森貝格 約翰 ROSENBERGER, JOHN E. (US)

(74)代理人：林秋琴；何愛文

(56)參考文獻：

US 4687579

US 5937263

審查人員：李嘉修

申請專利範圍項數：42 項 圖式數：11 共 47 頁

(54)名稱

燒結的纖維過濾器及其製造方法

SINTERED FIBER FILTER AND METHOD OF MAKING THE SAME

(57)摘要

提供燒結的纖維過濾器其可以供給在操作期間高粒子捕捉效率及/或低壓降，及在如半導體製程的應用是有用的。用來製造過濾器的至少一部份個別纖維(例如，金屬纖維)的形狀具有三維的方向，其容許用做一低堆積密度與高孔隙度的過濾介質。某些過濾器具有一圓柱的或類管狀具有較高密度的錐形末端。製造該等過濾器的方法，例如，使用單軸壓，也被加以說明。

Sintered fiber filters are provided that can afford high particle capture efficiency and/or low pressure drop during operation, and are useful in application such as semiconductor processing. The shape of at least a portion of the individual fibers (e.g., metal fibers) used to make the filter have a three-dimension aspect, which allows for a low packing density and high porosity filtration media. Certain filters have a cylindrical or tube-like shape with tapered ends of higher density. Methods of making such filters, for example, using axial pressing, are also described.

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本領域關於燒結的金屬過濾器與製造方法及使用其以過濾流體，包括要求高效率過濾及/或經過過濾器有一低壓降的應用。

【先前技術】

多孔隙的金屬過濾器，例如，從金屬粉末或金屬纖維製造，廣泛地使用在各種不同的應用。例如，在半導體製造及其他工業製程，常常需要一非常乾淨的環境用來生產敏感的產品。例如，在電子工業，同軸的過濾器常用來過濾流體的顆粒物質以降低該顆粒物質引入半導體製造的製程，因而降低電子產品的污染。流體可以包括氣體及/或液體。

某些在電子工業的應用使用同軸過濾器其可以達到99.9999999%高效率的移除率，在一額定流量，決定於一最易穿透粒徑（Most Penetrating Particle Size），亦即，9對數減低值（9LRV）（LRV, Log Reduction Value）。用來評估9LRV等級的測試方法說明在 Rubow, K.L., 及 Davis, C.B., “Particle Penetration Characteristics of Porous Metal Filter Media for High Purity Gas Filtration”, Proceedings of the 37rd Annual Technical Meeting of the Institute of Enviromental Sciences, pp. 834-840 (1991); Rubow, K.L., Prause, D.S. 及 Eisenmann, M.R., ‘A Low Pressure Drop Sintered Metal Filter for Ultra-High Purity Gas Systems’,

Proc. of the 43rd Annual Technical Meeting of the Institute of
Enviromental Sciences, (1997); 及半導體裝置與材料國際
(SEMI) 測試方法 SEMI F38-0699“Test Method for
Efficiency Qualification of Point-of-Use Gas Filter”,全部併
入本文作為參考。

可能對電子工業重要的另一特徵是通過同軸過濾器的
壓降。而壓降可以隨著通過過濾器流體的流率及流體的壓
力等級而改變，在工業上，較低的壓降一般是較佳的。這
是因為某些製程流體，如從液體源蒸發產生的氣體，具有
限制的能力去加壓氣體系統；因此，具較高壓降的過濾器
可能反而降低（限制）製程流體的流動。甚且，在一典型
的高純度流體供應系統每一元件貢獻到經過該系統的整體
壓降。該流體過濾器典型地是對總系統壓降最重要的貢獻
者。減少經過每個，或任一個，元件的壓降，將降低通過
系統的整體壓降。對系統操作者這是需要的，因為利用減
少系統壓力供應要求，其容許有利的經濟操作。例如，在
一系統中具有利用一壓縮汽缸供應的流體，利用降低經過
系統的壓降，可以擷取更多體積的氣體用在晶圓製程。

【發明內容】

本文描述的是燒結的纖維過濾器。在某些具體實施
例，該等過濾器提供在操作期間高效率移除顆粒及/或低壓
降，及在諸如半導體製程是有用的。組成該過濾器至少一
部份個別纖維（例如，金屬纖維）的形狀具有三維的方向，
其容許做為一低堆積密度與高孔隙度的過濾介質。該低密

度/高孔隙度提升經過由介質形成所得的過濾器之一低壓降。改變加壓程度及/或改變在過濾器鑄造期間纖維的量容許控制過濾的規格，或粒子捕捉的效率及所得過濾器的壓差。在某些具體實施例，過濾器具有一圓柱的或類管狀，在某些例子具有較高密度的錐形末端容許用來焊接，例如，到一金屬端帽及/或過濾器總成。也揭露製造該等過濾器的方法，例如，使用單軸壓。

一方面提供一過濾器元件包括一燒結的纖維金屬介質。該過濾器元件具有一圓柱體。在某些例子，該圓柱體具有從元件的一中心部份向元件的一終端部份減少的一外徑，及該過濾器介質具有從元件的一中心部份向元件的一終端部份增加的一密度。在至少某些具體實施例，在元件的一中心部份介質的密度約 15%或更低。在某些具體實施例，該元件提供一過濾效率至少 5 對數減低值 (Log Reduction Value, LRV) 在一通量 33 SLM/in²，在某些例子在一通量 37 SLM/in²，及在某些例子在一通量 37.9 SLM/in²，在一最易穿透粒徑 (Most Penetrating Particle Size) 下量測，在該過濾器的出口具有氮氣流及大氣條件。在某些具體實施例，該過濾器元件具有一過濾效率至少 9 LRV 在一通量 6 SLM/in²，或在一通量 7 SLM/in²，或在一通量 7.6 SLM/in²，或在一通量 106 SLM/in²。在某些具體實施例，該過濾器元件被包含在一金屬殼中。在其他具體實施例，該過濾器元件不被包含在一金屬殼中，但在每一末端被固定到硬體。沒有限定實施例的該硬體包括凸緣、管子、及

架座。在某些具體實施例，在元件的一中心部份介質的密度約 12%或較低，例如，約 6%或較低。揭露的元件通常在本文中指定為一“過濾器元件”，除了過濾也可以用在其他的應用。例如，該元件也可以用做一流動擴散器、一分佈器、一避震器、一吸錫線、一除霧器、一消音器、一矯正器、或另外相關的元件。

在某些具體實施例，該圓柱體具有一在過濾器元件中心的內徑在約 0.1 吋至約 2.0 吋之間，例如，在約 0.4 吋至約 0.8 吋之間。在某些具體實施例，該圓柱體具有一在過濾器元件中心的壁厚在約 0.1 吋至約 1.5 吋之間。在某些具體實施例，該過濾器元件在該元件的中心具有一壁厚約 0.2 吋至約 0.3 吋，及在該元件的終端一厚度約 0.1 吋。在某些具體實施例，該過濾器元件的長度約 0.5 吋至約 15 吋，例如，約 1 吋至約 5 吋，或約 2 吋至約 3 吋。

在某些具體實施例，該過濾器元件被用來過濾一流體，將被過濾的一種流體與該過濾器元件接觸。在某些具體實施例，該流體是氣體。在某些具體實施例，該過濾器提供一壓降在約 2 psi 與約 10 psi 之間在一通量 6.8 至 42 SLM/in²，具有氮氣流及大氣出口條件。在某些具體實施例，該過濾器提供一壓降在約 0.1 psi 與約 5 psi 之間在一通量 0.8 至 42 SLM/in²。在其他具體實施例，該過濾器提供一壓降在約 5 psi 與約 25 psi 之間在一通量 15 至 106 SLM/in²。而在其他具體實施例，該過濾器提供一壓降在約 0.1 psi 與約 0.5 psi 之間在一通量 1.6 至 8 SLM/in²。在某些

具體實施例，該過濾器提供一每單位壓降效率（LRV）在約 1 與約 11 psid^{-1} 之間，在一通量 7 至 37 SLM/in^2 ，或在另一具體實施例每單位壓降 LRV 可能盡量低至 0.4 psid^{-1} 在一通量高達 106 SLM/in^2 。

5 另一方面提供一種製造一燒結的金屬過濾器元件的方法。該方法包括提供一種具有一圓柱腔的鑄模在該圓柱腔的一末端具有一封閉端，及在該圓柱腔的另一末端是一填充帽。該填充帽可以移開以提供一開口端，及一核心棒可移動地密封在封閉端及在腔內同軸向地延伸。該鑄模以開口端垂直定向向上地佈置，及金屬纖維與液體通過開口端
10 進入腔內，關於該核心棒實質上徑向均勻地。在鑄模內產生一壓力差從鑄模排出液體，壓力施加到鑄模及因此到達腔內的金屬纖維，以致金屬纖維黏著形成實質上一管形的結構。該實質上管形的結構從鑄模移出及燒結以獲得一多孔的管形燒結金屬過濾器元件。在某些具體實施例，該鑄模是被振盪的。在某些具體實施例，壓力差以一真空產生。在其他具體實施例，壓力差是利用施加壓力到填充帽產生。在某些具體實施例，多孔的管形燒結金屬過濾器元件的末端被緻密化，例如，當施加一滾輪磨光器工具到過濾器元件的該等末端時旋轉該過濾器元件。在另一方面，提供一種過濾一流體的方法，其中該流體以包含一燒結的纖維介質的一過濾器元件過濾，其中該過濾器元件有一圓柱體具有從一中心部份向一終端部份減少的一外徑，其中該纖維介質的密度從一中心部份增加到一終端部份，其中在
15
20

一中心部份該介質的密度約 15%或更低，及其中該過濾器元件在氮氣流及在過濾器出口大氣條件下在一通量 37.9 SLM/in²，在一最易穿透粒徑提供一至少 5 LRV 的過濾效率。

在某些具體實施例，該鑄模的封閉端是可移除的。在某些具體實施例，一真空管線接到鑄模，及當引入金屬纖維與液體到腔內時打開。在某些具體實施例，該管形結構在燒結前乾燥。在某些具體實施例，多孔的管形燒結金屬過濾器元件被焊接到一端帽及/或一過濾器外殼。

【實施方式】

提供燒結的纖維過濾器，在至少某些具體實施例，在操作期間提供高效率及/或低壓降，例如，對在半導體製程流體的過濾。在某些具體實施例，過濾器具有一圓柱的或類管子的形狀。

本文描述的過濾器元件是從金屬、金屬氧化物、或陶瓷材料製造。在至少某些具體實施例，該過濾器元件是從一金屬纖維介質製造，其中組成介質中至少一部份個別金屬纖維具有某些三維度的形狀，其容許做為一低堆積密度及高孔隙過濾介質。例如，當傾倒時，該等纖維可以具有一堆積密度低至約 2-3%。在本文使用的術語“三維方向”或“三維度”關於一金屬纖維的形狀表示與一理論上為筆直的纖維做比較，在纖維主軸任意方向的改變，例如，導致一彎曲的、纏繞的、糾纏的、螺旋的、低垂彎曲的、z-形的、90 度彎曲的或辮子的形狀。當具有某些三維度的形狀的該等纖維被放下或傾倒時，他們傾向連結，導致具有一絨毛

5 纖維的一介質，在個別纖維之間具有一實質數量(substantial amount)的開放空間。在某些具體實施例，至少約 5%、至少約 10%、至少約 20%、至少約 30%、至少約 40%、至少約 50%、至少約 60%、至少約 75%或至少約 90%個別金屬纖維具有一三維方向的形狀。測定在介質中具有某些三維度形狀的該纖維百分比，例如，在一顯微鏡下檢定一代表數量的纖維。

10 在某些具體實施例，該等纖維是包括彎曲的及糾纏的纖維之短金屬纖維。該等纖維是商用的（例如，來自 N.V. Bekaert S.A., Belgium）。該等纖維的一實施例，及其製備的方法描述在美國專利號碼 7045219 (Losfeld 等人)，其併入本文作參考。做為簡短的總結，美國專利號碼 7045219 揭露一組短金屬纖維包括”糾纏的”纖維與”彎曲的”纖維，例如，具有一等效直徑在 1 與 150 微米之間。該等糾纏的纖維可以代表 5 到 35%的纖維，及具有一平均長度至少 5 倍於彎曲纖維的平均長度。該等彎曲的纖維可以具有一平均長度在 10 與 2000 微米之間，及一部份彎曲的纖維可以具有一主軸改變一角度至少 90 度。整組纖維的長度/直徑比率可以超過 5。該等纖維在其內部互相或彼此糾纏，及每一糾纏纖維的主軸常常改變及不可預期地。某些纖維具有一混亂的形狀，看起來像一辮子，或存在一形狀像一線團。當傾倒時，該等纖維可以具有一視密度(apparent density)在 10 到 40%的範圍。該等短金屬纖維可以利用一梳理操作使金屬纖維個別化獲得，使用一粉碎機器切割或使糾纏與篩分

該等纖維。

如它們的形狀之結果，根據本文各種實施例使用的該等纖維傾向具有一低的堆積密度。因此，對一已給體積的纖維，一重要部份的體積是空的或是周遭的空間，亦即，傾向高的孔隙度。該低堆積密度/高孔隙度容許從該等纖維製造的過濾器當流體流過該過濾器呈現一低的壓降。該等纖維的低堆積密度可以在圖 1 及圖 2 看到，其說明使用在某些實施例的纖維，在它們已被燒結後的高放大倍率。圖 1 表示在 2000 倍放大倍率的纖維及圖 2 表示在 5000 倍放大倍率的纖維。圖 3 及圖 4 表示根據某些實施例，在其已被燒結及用來過濾後之金屬纖維介質，沉積其上的是被過濾的顆粒物質。圖 3 表示一放大倍率 3500 倍，及圖 4 表示一放大倍率 7500 倍。

某些具體實施例用來製造纖維的有用材料包括，但不限定一或更多的不銹鋼，包括 316L 不銹鋼、鎳、鈮、鈦、鋁、鎢、銅、金屬氧化物、陶瓷材料，及合金，如赫史特合金、青銅、Cu 合金，及 Fe-Cr-Al 合金。

根據各種實施例用做纖維使用的實施例尺寸包括纖維等效直徑約 1 微米到約 150 微米，例如，約 1 微米到約 75 微米、約 1 微米到約 50 微米、約 1 微米到約 35 微米或約 1 微米到約 10 微米；及纖維長度約 10 微米到約 2000 微米，例如，約 10 微米到約 1000 微米、約 10 微米到約 200 微米或約 10 微米到約 100 微米。一纖維的該“等效直徑”指示一圓的直徑當纖維垂直其主軸切下時具有相同的橫截面積。

一纖維的長度指沿其主軸的距離，假如該纖維被拉直以致在纖維主軸沒有變化。

在某些具體實施例，揭露由上述的纖維製造一纖維或纖維介質的方法。該方法的一非限定實施例包括鑄造纖維金屬介質成所需的形狀，例如，一圓柱的或類管形的過濾器。至少在某些例子，鑄造是利用軸壓實施，該鑄造也可以利用其他加壓方法實施，例如，均壓。在某些具體實施例，測量一纖維材料及與一液體混合形成一混合物其使用一成形夾具被鑄造。與一纖維材料可以混合的液體並無限定實施例，包括水、水基溶液、醇、醇基溶液、丙三醇、及其混合物。在某些具體實施例，該混合物沒有黏結劑。或者，該纖維可以被乾式鑄造，例如，利用空氣分級。達到一所需密度的各種緻密方法是已知的。

描述在本文中用來製造一過濾器元件的一適當的成形夾具之一非限定的實施例包括用來軸壓的一圓柱總成。在一個如此的總成中，說明在圖 5A 與 5B，一成形夾具 500 包括一成形管 501，兩端帽 502、503，一個較大孔的墊片 504，兩個較小孔的墊片 505，及兩個推管 506。例如，成形管 501 是一金屬圓柱，例如，具一中空核心的不銹鋼。在該說明的具體實施例，接近該成形管 501 的底邊是一凹型槽 507 在管子的外表面以一墊圈 508 套緊，例如，一 O 型環。如一非限定的實施例，在說明的具體實施例中，該成形管 501 是 11 吋長，具有一外徑近似 1.6 吋，及一內徑近似 1.2 吋。調整成形工具的尺寸以致可以生產不同尺寸與

密度的纖維管。

該成形管 501 與該等兩端帽 502、503 配對，例如，由塑膠製作，每端一個。在某些具體實施例，該底端帽 502，其可以與該成形管 501 的底端匹配，具有一閥體(valve)509 5 連接到一真空管線。在至少某些該具體實施例，該上端帽 503 是一填充帽其有一棒孔 510 通過該帽的中間，該核心棒 511 可以延伸通過，增加的該流通孔 512 圍繞該棒孔 510，該纖維與液體混合物可以流過，及一儲存槽頂端 513，在流過該流通孔 512 之前，該纖維與液體混合物可以倒入其中。 10 端帽 502、503 兩者被設計成配合整個該成形管 501。如此，端帽 502、503 兩者具有一內中空區段具有一直徑實質上相同於該成形管 501 的外徑。

該核心棒 511，例如，由不銹鋼製造，用在該成形管 501 之內。在某些具體實施例，該核心棒 511 的直徑較小(例如，在說明的具體實施例，直徑大約 0.5 吋)及稍比該成形管 501 內部長，以致當該成形管 501 的底端與該底端帽 502 15 匹配時，該成形管 501 放置圍繞該核心棒 511 及插入該底端帽 502，及該填充帽 503 連接到該成形管 501 的頂端，該核心棒 511 的頂端與在該填充帽 503 中的該棒孔 510 的一 20 頂端實質上串通。

該較小孔的墊片 505 具有一內徑實質上等於該核心棒 511 的直徑及一外徑實質上等於該成形管 501 的內徑。該較大孔的墊片 504 也具有一內徑實質上等於該核心棒 511 的直徑，但具有一外徑實質上等於該成形管 501 的外徑。該

等兩推管 506 具有一外徑小於該成形管 501 的內徑及一內徑大於該核心棒 511 的直徑。在某些具體實施例，該等推管 506 是不銹鋼。如一非限制的實施例，在說明的實施例，該等推管 506 中每個推管大約 7 吋長。調整成形工具的尺寸以致可以生產不同尺寸的纖維管及密度。

為了組合該成形夾具 500，該底端帽 502 放在一表面上，及該較大孔的墊片 504 放在該端帽 502 內。該成形管 501 的底端接著放進該底端帽 502 以致該墊圈 508 與該端帽 502 產生一封口。該成形管 501 被壓下進入該底端帽 502 直到該成形管座落在該底端帽 502 中的該較大墊片 504 上。接著放該核心棒 511 通過該成形管 501 及通過該較大墊片 504 以致該核心棒 511 座落在該底端帽 502 中。接著一較小的墊片 505 放在該核心棒 511 之上及插入該成形管 501 中。該較小的墊片 505 滑過所有路徑到該核心棒 511 以致其停放在該較大的墊片 504 頂端上。該填充帽 503 接著放在該核心棒 511 上及在該成形管 501 頂端上。該填充帽 503 緊貼地安裝該成形管 501 頂端上以避免當該纖維與液體混合物倒入該填充帽 503 時發生洩漏。

在如本文描述一種用來製造一過濾器之方法之一非限制的實施例，該組合的成形夾具 500 被放在一振動桌上，例如，一個 No.200 超重負荷振盪器 (Extra-Heavy Duty Vibrator) (Buffalo Dental Manufacturing Co., Syosset, NY)。一真空管線接著連接到在該底端帽 502 上之閥體 509，及打開真空，在至少某些例子起始地設定一低真空。接著打開

振動桌。充份打開真空管線之後，及一少量倒入該填充帽 503，良好地混合該纖維與液體混合物。當其倒入該填充帽 503，該纖維與液體混合物典型地連續混合及流進該核心棒 511 周圍的空間及在該成形管 501 內壁之中。在所有纖維與液體混合物已倒入該成形管 501 通過該填充帽 503 之後，額外的液體倒入該填充帽 503 以清潔沒流過該填充帽 503 及進入該成形管 501 之任何剩下的纖維材料。在某些取代的具體實施例，沒有使用振動桌。在某些取代的具體實施例，沒有使用一真空，利用施加加壓氣體到該鑄模的該填充帽端產生一壓差以從鑄模移除液體。

一當液面下降到該成形管 501，從該成形管 501 移除該填充帽 503。一第二較小孔的墊片 505 接著放在該核心棒 511 上及進入該成形管 501 中。一第一推管 506 接著放在該成形管 501 之內的該核心棒 511 周圍，及在該第二較小的墊片 505 頂端上。該第一推管 506 的重力慢慢推下該第二較小的墊片 505 進入管中。一當該第一推管 506 停止向下移動到該成形管 501，關掉振動桌與真空。切斷真空與接著從在該底端帽 502 上的該閥體 509 移除真空管線。

該成形管 501 接著放在其邊上，及該底端帽 502 與該較大的墊片 504 從該成形管 501 移除。該第二推管 506 插入該成形管 501 中通過該成形管 501 地底端以致其鄰近一較小的墊片 505。接著該第二管被推入成形管 501 中，例如，近似三吋。該成形夾具 500，包括該成形管 501，該核心棒 511，及該等兩個推管 506，接著被拿起及以底端向下

站立在任何硬表面上。施加向下壓力到該上推管 506，進一步壓縮該成形夾具 500。利用非限定的實施例，在說明的具體實施例中，壓縮該成形夾具直到該成形夾具 500 的總長度，包含從該成形管 501 延伸的該等兩個推管 506，近似 17 吋，產生一未淬火纖維管大約 3.2 吋長。調整成形工具的尺寸以致可以生產不同尺寸與密度的纖維管。

該成形夾具 500 接著站在一桌子上，以底端向上及頂端向下於桌上。現在移除在該成形管 501 頂端上的該推管 506，及該成形管 501 被推下直到其座落在桌子頂端上。被移除的該推管 506 接著馬上放到該成形管 501 底端上的該推管 506 之下，以致該等推管 506 相鄰。當它們相鄰時，推下該成形管 501 到桌子而該核心棒 511 保持穩定。如此將形成的纖維管推出該成形管 501。接著從該核心棒 511 移出該等兩個較小的墊片 505，及該形成的纖維管也從該核心棒 511 移出。

該形成的纖維管接著乾燥與燒結以形成一過濾器元件。在某些具體實施例，該形成的纖維管放在一燒結盤上，該燒結盤在兩固定環之間。該等固定環避免該形成的纖維管當其乾燥時膨脹。該形成的纖維管在一溫度約 70 到約 200°C 間乾燥，例如，在一爐中約 75°C，時間約 2 小時到約 12 小時之間，例如，約 3.5 小時。該乾燥的成形纖維管接著在一爐中燒結，例如在一真空爐或具有氮氣或氫氣的氣氛條件中之輸送帶上，約 30 到約 120 分鐘間，例如，約 60 分鐘，在約 1800 到約 2100°F 間，例如，約 1900°F。

冷卻後，該燒結的纖維管可以過濾。然而，在某些具體實施例，該燒結的纖維管被焊接到一過濾器外殼或其他硬體內。在某些該等具體實施例，該等纖維管末端被緻密化使容易焊接，其對具有一低堆積密度的一纖維管可能是困難的。在5 某些具體實施例，一燒結的纖維管在該等末端被緻密化而利用該管子的兩末端等高輪廓以致外徑接近末端而漸漸減少保持其過濾特性。如一非限定的實施例，在某些具體實施例這是利用在一車床上旋轉該燒結的過濾器管子及利用該旋轉的燒結過濾器管子與一外部轉輪接觸而在10 該等末端漸漸壓縮該燒結的過濾器管子來達成。在至少某些例子，這是利用一滾輪磨光器工具磨光來完成。緻密化壓縮管子末端，例如，約 1.5 到約 3.5 的因子，及在某些例子約 2.5。例如，在某些具體實施例，燒結的過濾器管子具有一沿著它們的整體長度的壁厚，在緻密化之前，大約15 0.25 吋到大約 0.30 吋。在某些該等具體實施例，在緻密化之後，燒結的過濾器管子在它們的末端具有一壁厚在大約 0.06 吋到大約 0.10 吋的範圍。在某些取代的具體實施例，該管子沒被緻密化，例如，整體具有近似均勻的密度與壁厚。

20 一軸壓操作如關於圖 5 的描述已令人驚訝地發現所提供的好處。然而，其他加壓纖維金屬的典型方法，如均壓，或等壓，也被重視。可以實施等壓，例如，利用放入該纖維混合物在一壓力容器內，其中其被徑向向內緻密。

例如，沿一圓柱軸加壓，如在本文描述的某些具體實

施例，軸壓無法期望將產生適當的纖維管。那是因為軸壓傳統上包括不均勻的力量分佈其在一加壓圓柱體的該長度產生一密度梯度，所以該密度沿著其長度軸的中心減少。然而，其發現如本文描述的軸壓方法，例如，如關於圖 5 的說明與描述，減少該梯度至不實際干擾過濾器功能的水準。而不受理論束縛，當一纖維與液體混合物被倒入一鑄模中時，相信在圓柱纖維部份的長度形成一密度梯度；軸壓傾向減少該梯度。局部上，該減少的發生是因為存在的液體協助提供一更均勻分佈的緻密力量（即是壓力）遍佈纖維管的元件及幫助潤滑以減少纖維在工具壁上的牽引。然而，纖維的乾壓也被重視。軸壓也有利地提供過濾器管子實質上均勻的內徑及外徑。如熟悉此項技術的人們所了解，利用控制參數如過濾器管子的壁厚與長度、振動等級、填充速率及纖維與液體混合物的均勻度、以及緻密速率，密度梯度可以被控制到某一範圍。

在某些具體實施例，一當緻密化，該等燒結的纖維管在該等緻密端被焊接。例如，該管子的一末端被焊接到一金屬端帽，其避免流體流過該管子的末端，及該管子的其它末端被焊接到一外殼出口，該處流體可以流過。圖 6 表示根據某些具體實施例一緻密化的燒結過濾器管子 600，其已焊接一端帽 602 在右邊及一外殼附件 604 在左邊。典型地，在一過濾器元件末端的緻密化使容易焊接可能導致在該燒結的纖維管內的裂隙，或其它對結構的傷害。然而，在至少某些具體實施例，例如，如說明在圖 6 中，這些問

題利用等高輪廓緻密化來減少，以致該密度從該燒結的過濾器管子的一中心部份 608 漸漸增加到該管子的一末端部份 606。該管子 600 是從該中心部份 608 到末端 606 成錐形或等高輪廓，反應該密度梯度。產生一密度梯度向過濾器管的末端漸漸增加幫助防止其可能因此突然變化的密度或緻密化製程所引起在纖維結構中的缺陷之發生。在該燒結的過濾器元件緻密化製程期間產生的該密度梯度，例如，如本文描述利用一滾輪磨光工具加以磨亮。

圖 7 表示如圖 6 所示已在一過濾器周圍建構的一過濾器外殼 700 的一非限定實施例，產生一最終同軸多孔金屬（finished inline porous）過濾器。該外殼 700 典型地是金屬，如不銹鋼，例如，316L 不銹鋼。在某些具體實施例，如本文描述該外殼結合一過濾器管子提供高溫容忍度，例如，在某些具體實施例高達約 450°C。在各種具體實施例，使用取代的外殼，包括使用在本領域的標準過濾器外殼。

圖 8A-B 說明根據某些具體實施例一過濾器管子 600，具有端帽 602 及過濾器外殼附件 604，包含在過濾器外殼 700 之內。該外殼附件 604 提供一部位適合附接該過濾器管子 600 到該外殼 700 的一非限制的實施例。該轉接器 604 包括一內環部份 802 用來確保操作期間該過濾器元件 600 的末端，與一螺絲部份 804 同軸附接到一流體饋入口。

參考圖 8B，過濾器放在一流體流動的同軸線。在操作期間流體可以從過濾器外殼任一末端流進及流過。例如，在某些例子流體從圖的右邊流入經過該外殼 700 的右開口

701。流體不能穿透該過濾器元件 600 的右邊之端帽 602，所以其流入端帽 602 周圍及該過濾器元件 600 的周圍。流動壓力迫使流體通過該過濾器元件 600，因此過濾流體中極大部份的顆粒物質。流體穿透該過濾器元件 600，被該過濾器元件 600 過濾，及流出該過濾器元件 600 與流出該外殼 700 通過圖的左邊的左開口 702。

圖 9A-B 說明根據某些具體實施例的一圓柱過濾器元件 600。在某些例子，該過濾器元件 600 的內徑在約 0.1 吋與約 2 吋之間，例如，約 0.3 吋至約 1 吋、約 0.4 吋至約 0.8 吋或約 0.6 吋。在某些例子，在該過濾器元件 600 中心的壁厚是在約 0.1 吋與約 1.5 吋之間，例如，約 0.25 吋至約 1 吋或約 0.5 吋。如圖 9 說明，在某些具體實施例，從該過濾器元件 600 的一中心部份 608 向該過濾器元件 600 的一末端部份 606 外徑逐漸縮小，反應該過濾器元件 600 的該末端 606 之緻密化。例如，在某些具體實施例，該圓柱體在該過濾元件的中心具有一厚度約 0.2 吋至約 0.3 吋，及在該過濾元件之該等末端的一厚度約 0.1 吋。在某些例子，該圓柱過濾器 600 的長度約 0.5 吋至約 15 吋、約 1 吋至約 4 吋或約 2 吋至約 3 吋，例如，約 2.8 吋。

因為使用該纖維的三維形狀或曲度，如本文描述的過濾器元件在至少某些具體實施例呈現低密度/高孔隙度。在至少某些例子一燒結纖維過濾器元件的密度從約 2%到約 30%的範圍，例如，從約 5%到約 18%、約 5%到約 13%、約 4%到約 8%或約 10%到約 14%。在某些例子，一過濾器

的密度約 6%、約 12%或約 17%到約 18%。密度是可調整的，例如，根據壓縮程度及/或在製造該過濾器元件的纖維使用量而定。使用較大壓縮及/或較大纖維量得到較高密度。在某些例子，使用一較高密度提昇較高捕捉效率。在某些例子，使用一較低密度提昇橫過過濾器的較低壓降。

由於在零件中低密度，在至少某些具體實施例，如描述在本文中的過濾器在操作期間提供低壓降。如一非限制的實施例，在高壓壓縮的氣體線中，其中被過濾的氣體壓力可以超過 1000 psi，如本文描述的某些過濾器供給壓降從約 2 psi 到約 10 psi 的範圍。對在較低壓環境的應用，根據某些具體實施例過濾器供給壓降從約 0.1 psi 到約 5 psi 的範圍，例如，從約 0.2 psi 到約 1 psi 的範圍。

圖 10 是橫過一過濾器不同壓力對在變化的壓力下通過該過濾器流率的圖。在圖 10 中的壓降數據代表根據下面實施例 1 與 2 製造的一過濾器之 4 組數據。在所有例子的流體是高壓的極高純度氮氣。該氣體流率以放置在該過濾器與該背壓控制閥體（當使用時）下游的一質量流量計量測。對其中一組，在過濾器出口壓力是在大氣壓條件（正常是 1 atm 與 70°F）及上游壓力增加到同時獲得橫過過濾器的流率與不同的壓力。對其他 3 種情形，入口壓力保持一定在 30、60 或 90 psig 及監測橫過該過濾器的壓降而一閥體位在該過濾器下游被用來控制在過濾器出口的氣體流率與背壓。

在至少某些具體實施例該等過濾器提供高捕捉效率。

在某些具體實施例，在一最易穿透粒徑，亦即，9 對數減低
值（9 LRV）測定，提供 99.9999999%或更大的效率。在某
些具體實施例，使用較低效率，如 5 LRV 或更大，例如，
不需要很高效率，或特別地需要低壓降。圖 11 是表示經過
如描述在實施例 1 與 2 製造的一過濾器之過濾器效率與流
率間的關係圖，在一最易穿透粒徑量測。理論曲線是使用
由 Rubow 所發展用在纖維狀介質的粒子收集理論而得，
Rubow, K.L. 解釋在其博士論文，"Submicron Aerosol
Filtration Characteristics of Membrane Filters"，明尼蘇達大
學機械工程學系，Minneapolis, MN (1981).

某些具體實施例的過濾器之低堆積密度容許每單位等
級粒子捕獲的一較低壓降。放到另外方面，某些具體實施
例的過濾器容許每單位壓降一高等級的粒子捕獲。而本比
較可以用在任何粒徑，使用粒子捕獲效率做為在一最大穿
透粒子的量測代表最大困難捕獲的粒徑，亦即，具有最低
捕捉效率或最低 LRV 的粒徑。除非表示上其他地指示，本
文所有確認的 LRV 值是量測在一最大的穿透粒徑。進一
步，在一所給流率下 LRV 對壓降的比率也可以在任何系統
壓力下計算，例如，如表示在圖 10 中說明的 4 條不同壓降
曲線。為了一致性，所計算的該比率是在過濾器出口的壓
力是在大氣條件（正常是 1atm 與 70°F）的情形，該氣體是
極高純度的氮氣，及上游壓力增加到同時獲得橫過該過濾
器的流率與不同的壓力，如在圖 10 中所示。該比率也是與
氣體通量速率（速度）有關，其是每單位有效過濾器表面

積的流率。對一圓柱體，有效面積是根據在壁厚（計算緻密化末端之前的管子）中點的直徑來計算。在根據實施例 1 與 2 製備一過濾器的例子，有效直徑是 0.75 吋與所得有效面積是 6.6 平方吋。在流率 50、75 與 250 SLM，所得通量是 7.6、11.4 與 37.9 SLM/in²。在這 3 流率下，LRV 對壓降的比率個別地是 10.1、5.7 與 1.0 psid⁻¹。

粒子保留試驗是使用下面步驟實施。每一過濾器以多分散的 NaCl 粒子測試其最大的額定流量。平均粒徑是 0.07 μm ，其是在最易穿透粒徑的附近。試驗過濾器在室溫以壓縮過濾的極高純度氮氣清洗。在試驗的粒子測試部份的開始之前粒子的背景值被降至零。試驗過濾器的上游與下游之粒子濃度同時以兩濃縮粒子計數器（CPC）量測。該粒子保留結果列表計為對數減低值（LRV）。LRV 是過濾器上游粒子濃度對過濾器下游粒子濃度的比率對數。用來評估高 LRV 等級的試驗方法描述在 Rubow 等人，"A Low Pressure Drop Sintered Metal Filter for Ultr-High Purity Gas Systems", Proceedings of the 43rd Annual Technical Meeting of the Institute of Environmental Sciences, pp. 834-840 (1991), 及 Rubow, K.L., Prause D.S., 與 Eisenmann, M.R., "A Low Pressure Drop Sintered Metal Filter for Ultra-High Purity Gas Systems", Proc. of the 43rd Annual Technical Meeting of the Institute of Environmental Sciences, (1997), 其併入本文作為參考。

例如，量測根據實施例 1 與 2 製備的一圓柱過濾器以

提供一移除等級在一最大的粒徑，在一流量小於 50 SLM 具有超過 9 LRV 的效率，及在一流量小於 250 SLM 超過 5 LRV。

在某些取代具體實施例，相似於那些描述在上面的製程被用來生產具有不同形狀，如一星星或皺摺形狀的過濾器。這些形狀可以具有內部特徵對應於外部特徵的輪廓，是圓柱的及/或這些的某些組合。經由使用對應於所得形狀的一模子或鑄模產生這些變化的形狀。在某些具體實施例，相似於那些描述在上面的製程被用來生產具有非圓形截面，在一內徑、一外徑或兩者的過濾器。在某些具體實施例，所得過濾器具有沿過濾器的一長度，在一內徑、一外徑或兩者，一非均勻的形狀。利用非限制的實施例，相似於那些描述在上面的製程被用來生產在過濾器的一中心部份具有一星形外表面，及在過濾器的末端部份具有一圓柱形外表面的過濾器。例如，這可以利用其具有一星形內部在一中心部份及一圓柱形的內部在末端部份的一成形管來加以完成。過濾器的內表面根據對應的核心棒形狀可以相似地具有一非均勻的形狀。

如描述在本文的過濾器在需要纖維過濾器的地方之各種應用是有用的。例如，如那些熟悉本項技藝人士所了解，根據某些具體實施例的過濾器被提供在一外殼中或固定到其他硬體如一凸緣或安置併入一系統中，該系統提供氣體給半導體製程，例如，在壓縮氣體線，及用在生物製藥工業製程。

下面非限定的實施例進一步說明某些具體實施例。

實施例 1

使用如美國專利號碼 7045219 (N.V. Bekaert S.A., Belgium-Bekinox SF 1.5 μ m/316 LV Z60) 中描述的金屬纖維製造一種圓柱過濾器元件。該等纖維是 316L 不銹鋼，約 1.5 微米直徑及正常約 75 到約 100 微米長。稱量 22 g 的金屬纖維到一玻璃燒杯中。量取 1000 mL 去離子水倒入一塑膠三孔燒杯中，及量取 200 mL 去離子水倒入一分開的塑膠三孔燒杯中。22 g 的纖維混入 1000 mL 去離子水中及以一玻璃攪拌棒攪拌直到充份混合。該纖維/水的混合物被倒入及使用如圖 5 中說明的成型夾具壓縮，使用一振動桌及真空，如上詳細的描述參考圖 5 夾具的操作。在壓縮前額外的 200 mL 去離子水被用來清洗剩下的纖維進入工具中。壓縮產生一未淬火纖維管近似 3.2 吋長。從成形夾具移出纖維管及放入一在兩環間的一燒結盤中。該管在一 75°C 的爐中乾燥至少 3.5 小時，及接著在一 1900°F 的真空爐中燒結 60 分鐘。所得的管子具有一 1.10 吋外徑及一 0.41 吋內徑。該過濾器元件接著切割成一長度 2.8 吋與該等末端被滾輪磨光以得到圖 9 所示的等高輪廓形狀具有每末端的外徑在 0.80 吋。

實施例 2

根據實施例 1 製造的過濾器元件接著焊接及組裝得到如圖 6 與 8 所示的一過濾器。該過濾器接著試驗得到壓降數據與粒子收集效率數據，個別如圖 10 與 11 所示。

在一根據實施例 1 製造的過濾器實施一過濾器粒子負載試驗。空氣流率是 100 SLM，粒徑是 0.07 微米，其被測定代表最大的穿透粒徑，最高濃度是每立方公分 20000 顆粒子，及起始 LRV 是 7.3。對該試驗的最高總粒子是 5 兆顆粒子，及最後的 LRV 是大於 9。起始壓降是 1.8 psid 及最後壓降是 2.1 psid，其代表 0.3 psid 或 16% 的增加。這些結果顯示當過濾器承受一高度粒子負載（亦即，在半導體工業所知的相對高值）時過濾器壓降增加僅一適當量。

實施例 3

使用如美國專利號碼 7045219 (N.V. Bekaert S.A., Belgium-Bekinox SF 1.5 μm /316 LV Z60) 中描述的金屬纖維製造一種圓柱過濾器元件。該等纖維是 316L 不銹鋼，約 1.5 微米直徑及正常約 75 到約 100 微米長。稱量 44 g 的金屬纖維到一玻璃燒杯中。量取 1500 mL 去離子水倒入一塑膠三孔燒杯中，及量取 200 mL 去離子水倒入一分開的塑膠三孔燒杯中。44 g 的纖維混入 1500 mL 去離子水中及以一玻璃攪拌棒攪拌直到充份混合。該纖維/水的混合物被倒入及使用如圖 5 中說明的成型夾具壓縮，使用真空，如上詳細的描述參考圖 5 夾具的操作。在壓縮前額外的 200 mL 去離子水被用來清洗剩下的纖維進入工具中。壓縮產生一未淬火纖維管近似 3.2 吋長。

從成形夾具移出纖維管及放入一在兩環間的一燒結盤中。該管在一 75°C 的爐中乾燥至少 3.5 小時，及接著在一 1900°F 的真空爐中燒結 60 分鐘。所得的管子具有一 1.10

吋外徑及一 0.41 吋內徑。該過濾器元件接著切割成一長度 2.8 吋與該等末端被滾輪磨光以得到圖 9 所示的等高形狀具有每末端的外徑在 0.80 吋到 1.00 吋接著焊接及組裝得到如圖 6 與 8 所示的一過濾器。

5 在一 1.40 吋長，非等高輪廓的過濾器元件截面上實施壓降與效率試驗。加壓氣體是氮氣及在過濾器出口以大氣條件量測壓降與效率兩者。粒徑是 0.07 微米，其被測定代表最大的穿透粒徑。該過濾器元件在一氣體流率 150 SLM 與壓降 13.1 psid 產生一粒子保留等級 >9 LRV。在一氣體流
10 率 175 SLM 與壓降 14.9 psid 該粒子保留等級也是 >9 LRV。在一氣體流率 250 SLM 與壓降 19.2 psid 該粒子保留等級也是 >9 LRV。在一流率 50、100、150 與 200 SLM，壓降個別地是 5.1、9.2、12.9 與 16.3 psid。

15 在一 1.00 吋長，非等高輪廓的過濾器元件截面上實施壓降與效率試驗。加壓氣體是氮氣及在過濾器出口以大氣條件量測壓降與效率兩者。粒徑是 0.07 微米，其被測定代表最大的穿透粒徑。該過濾器元件在一氣體流率 250 SLM 與壓降 25.0 psid 產生一粒子保留等級 >9 LRV。在一流率 50、100、150 與 200 SLM，壓降個別地是 7.1、12.4、17.0
20 與 21.4 psid。

實施例 4

使用如美國專利號碼 7045219 (N.V. Bekaert S.A., Belgium-Bekinox SF 1.5 μm /316 LV Z60) 中描述的金屬纖維製造一種圓柱過濾器元件。該等纖維是 316L 不銹鋼，約

1.5 微米直徑及正常約 75 到約 100 微米長。稱量 11 g 的金屬纖維到一玻璃燒杯中。量取 500 mL 去離子水倒入一塑膠三孔燒杯中，及量取 100 mL 去離子水倒入一分開的塑膠三孔燒杯中。11 g 的纖維混入 500 mL 去離子水中及以一玻璃攪拌棒攪拌直到充份混合。該纖維/水的混合物被倒入及使用如圖 5 中說明的成型夾具壓縮，使用真空，如上詳細的描述參考圖 5 夾具的操作。在壓縮前額外的 100 mL 去離子水被用來清洗剩下的纖維進入工具中。壓縮產生一未淬火纖維管近似 3.2 吋長。

從成形夾具移出纖維管及放入一在兩環間的一燒結盤中。該管在一 75°C 的爐中乾燥至少 3.5 小時，及接著在一 1900°F 的真空爐中燒結 60 分鐘。所得的管子具有一 0.865 吋外徑及一 0.550 吋內徑及一密度在 6 與 7.2 百分比緻密的範圍。該過濾器元件接著被切割成一長度 2.8 吋與該等末端被滾輪磨光以得到圖 9 所示的等高形狀具有每末端的外徑在 0.80 吋到 0.60 吋。該過濾器元件在一氣體流率 50 SLM 與壓降 0.53 psid 產生一粒子保留等級 6.6 LRV。在一流率 5、10、20 與 30 SLM，壓降個別地是 0.09、0.16、0.23 與 0.33 psid。該試驗氣體是加壓氮氣及在過濾器出口以大氣條件量測壓降與效率兩者。粒徑是 0.07 微米，其被測定以代表最大的穿透粒徑。

對那些熟悉本技藝人士從研讀本揭露是明顯清楚的，本發明可以使用除了那些特定揭露在上面的其它形式之具體實施例實施。描述在上面的特別具體實施例，因此，是

考慮做說明而不是限制。本發明的範圍如表達在附錄的申請專利範圍，而不是限定包含在前面描述的實施例。

【圖式簡單說明】

5 下面提出的附圖僅為了說明目的，而不是企圖做限制。

圖 1. 為金屬纖維介質燒結後的照片，使用在某些具體實施例，放大倍率 2000 倍。

圖 2. 為金屬纖維介質燒結後的照片，使用在某些具體實施例，放大倍率 5000 倍。

10 圖 3. 為根據某些具體實施例金屬纖維介質的照片，其已經燒結及用於過濾後，放大倍率 3500 倍，載滿所過濾的顆粒物質。

圖 4. 為根據某些具體實施例金屬纖維介質的照片，其已經燒結及用於過濾後，放大倍率 7500 倍，載滿所過濾的顆粒物質。

15 圖 5A 及 5B. 為說明根據某些具體實施例用來製造一過濾器之一種成形夾具。

圖 6. 為根據某些具體實施例一過濾器總成的一側視圖。末端被緻密化，在過濾器元件的末端具有比在中心區段較小的外徑。過濾器元件的右端已被焊接到一端帽及過濾器元件的左端已被焊接到一外殼出口。

20 圖 7. 為根據某些具體實施例一過濾器的一側視圖。

圖 8A. 為根據某些具體實施例一過濾器的一上視圖。

圖 8B. 為根據某些具體實施例一過濾器的一縱向橫截面表

示過濾器元件內部。

圖 9A. 為根據某些具體實施例一過濾器的一上視圖。

圖 9B. 為根據某些具體實施例一過濾器的一縱向橫截面。

圖 10. 為根據某些具體實施例橫過一過濾器的壓力差對在
5 不同壓力通過過濾器流率的關係圖。

圖 11. 為根據某些具體實施例為一最易穿透粒徑的該移除
效率對通過一過濾器流率的關係圖。

【主要元件符號說明】

10	500 成形夾具	513 儲存槽頂端
	501 成形管	600 緻密化的燒結過濾
	502 端帽	25 器管子
	503 端帽	602 端帽
	504 較大孔的墊片	604 外殼附件
15	505 較小孔的墊片	606 末端
	506 推管	608 中心部份
	507 凹型槽	30 700 過濾器外殼
	508 墊圈	701 右開口
	509 閥體	702 左開口
20	510 棒孔	802 內環部份
	511 核心棒	804 螺絲部份
	512 流通孔	

35

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 無 ）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

無

5

10

15

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

20

25

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：97140603

※申請日：97.10.23

※IPC 分類：B01D 39/12 (2006.01)

5 一、發明名稱：(中文/英文)

燒結的纖維過濾器及其製造方法

SINTERED FIBER FILTER AND METHOD OF MAKING
THE SAME

二、中文發明摘要：

10 提供燒結的纖維過濾器其可以供給在操作期間高粒子
捕捉效率及/或低壓降，及在如半導體製程的應用是有用
的。用來製造過濾器的至少一部份個別纖維（例如，金屬
纖維）的形狀具有三維的方向，其容許用做一低堆積密度
與高孔隙度的過濾介質。某些過濾器具有一圓柱的或類管
15 狀具有較高密度的錐形末端。製造該等過濾器的方法，例
如，使用單軸壓，也被加以說明。

三、英文發明摘要：

20 Sintered fiber filters are provided that can afford high
particle capture efficiency and/or low pressure drop during
operation, and are useful in application such as semiconductor
processing. The shape of at least a portion of the individual
fibers (e.g., metal fibers) used to make the filter have a
three-dimension aspect, which allows for a low packing
density and high porosity filtration media. Certain filters
25 have a cylindrical or tube-like shape with tapered ends of
higher density. Methods of making such filters, for example,
using axial pressing, are also described.

七、申請專利範圍：

1. 一種包含一燒結的纖維介質之過濾器元件，
該過濾器元件具有一圓柱體，該圓柱體具有從元件之
中心部份向元件之一末端部份減小的一外徑，及
該纖維介質具有從元件之中心部份向元件之一末端部
份增加的一密度，其中該介質之該密度在元件的中心
部份約為 15%或更低，及
其中該元件在氮氣流動及在過濾器出口大氣條件下，
在一通量 33 SLM/in²，在一最易穿透粒徑，提供一至
少 5 對數減低值的一過濾效率。
2. 如請求項 1 的過濾器元件，其中該纖維介質包括金屬
纖維。
3. 如請求項 2 的過濾器元件，其中該金屬包括不銹鋼。
4. 如請求項 1 的過濾器元件，其中該元件被包含在一金
屬外殼中。
5. 如請求項 1 的過濾器元件，其中該介質之該密度在元
件的中心部份約 12%或更低。
6. 如請求項 5 的過濾器元件，其中該介質之該密度在元
件的中心部份約 6%或更低。
7. 如請求項 1 的過濾器元件，在氮氣流動及在過濾器出
口大氣條件下，在一通量 6 SLM/in²，在一最易穿透粒
徑，具有一至少 9 對數減低值的一過濾效率。
8. 如請求項 1 的過濾器元件，其中該過濾器元件在過濾
器元件的中心具有一壁厚約 0.1 吋到約 1.5 吋。

9. 如請求項 8 的過濾器元件，其中該過濾器元件在過濾器元件的中心具有一壁厚約 0.2 吋到約 0.3 吋。
10. 如請求項 9 的過濾器元件，其中該過濾器元件在過濾器元件的該等末端具有一壁厚約 0.1 吋。
- 5 11. 如請求項 1 的過濾器元件，其中該圓柱體在過濾器元件的中心具有一內徑在約 0.1 吋與約 2 吋之間。
12. 如請求項 11 的過濾器元件，其中該圓柱體在過濾器元件的中心具有一內徑在約 0.4 吋與約 0.8 吋之間。
13. 如請求項 1 的過濾器元件，其中該過濾器元件的長度約 0.5 吋到約 15 吋。
- 10 14. 如請求項 1 的過濾器元件，其中該過濾器元件的長度約 1 吋到約 5 吋。
15. 如請求項 1 的過濾器元件，其中該過濾器在氮氣流動及大氣出口條件下，在一通量約 6 SLM/in² 到約 42 SLM/in²，提供約 1 psi 與約 13 psi 之間的一壓降。
- 15 16. 如請求項 1 的過濾器元件，其中該過濾器在氮氣流動及大氣出口條件下，在一通量約 0.8 SLM/in² 到約 42 SLM/in²，提供在約 1 psi 與約 13 psi 之間的一壓降。
17. 如請求項 1 的過濾器元件，其中該過濾器在氮氣流動及大氣出口條件下，在一通量約 6 SLM/in² 到約 105 SLM/in²，提供每單位壓降之 LRV 在約 0.4 psid⁻¹ 與約 25 psid⁻¹ 之間。
- 20 18. 如請求項 1 的過濾器元件，其中該過濾器元件在每一末端被固定到硬體。

19. 如請求項 18 的過濾器元件，其中該硬體包括一凸緣。
20. 如請求項 2 的過濾器元件，其中該金屬包括一或更多的鎳、鈹、鈦、鋁、鎢、銅、金屬氧化物、陶瓷材料、赫史特合金、青銅、Cu-合金與 Fe-Cr-Al 合金。
21. 如請求項 1 的過濾器元件，其中該纖維介質從具有纖維等效直徑約 1 微米到約 10 微米的纖維製造。
22. 如請求項 1 的過濾器元件，其中該纖維介質從具有纖維長度約 1 微米到約 2000 微米的纖維製造。
23. 如請求項 1 的過濾器元件，其中該纖維介質從具有三維方向的纖維製造。
24. 一種製造一燒結的纖維過濾器元件之方法，該方法包括：
 - (a) 提供一鑄模其具有一圓柱腔體且在該圓柱腔體的一末端為一封閉端，及在該圓柱腔體的另一末端為一填充帽，其中該填充帽可以移開以提供一開口端，及一核心棒可動地密封在該封閉端及同軸地延伸在該腔體內；
 - (b) 以該開口端向上配置垂直地定向該鑄模；
 - (c) 引入纖維及液體進入該腔體通過該開口端實質上徑向地均勻在該核心棒周圍；
 - (d) 在鑄模中產生一壓差以從鑄模排出液體；
 - (e) 施加壓力到該鑄模及因而到該腔體中的該纖維，因此使該纖維黏著以形成一實質上管形的結構；
 - (f) 從該鑄模移除該實質上管形的結構及

(g) 燒結該實質上管形的結構以得到一多孔的管形燒結過濾器元件；

(h) 緻密化該多孔的管形燒結過濾器元件的該等末端。

25. 如請求項 24 的方法，其中緻密化該多孔的管形燒結過濾器元件的該等末端，包括當施加一滾輪磨光工具到該過濾器元件的該等端時旋轉該過濾器元件。

26. 如請求項 24 的方法，其中緻密化該多孔的管形燒結過濾器元件的該等末端，包括當施加一工具到該過濾器元件的至少一末端時旋轉該過濾器元件，及其中該工具被設計以提供從過濾器元件的一中心部份到過濾器元件的一末端逐漸的轉變。

27. 如請求項 24 的方法，其中該纖維包括金屬纖維。

28. 如請求項 27 的方法，其中該金屬包括不銹鋼。

29. 如請求項 24 的方法，其中該液體包括水。

30. 如請求項 24 的方法，其中該封閉端是可移動的。

31. 如請求項 24 的方法，進一步包括附接一真空管線到該鑄模，及當引入纖維與液體到腔體時打開真空管線。

32. 如請求項 24 的方法，進一步包括在燒結該管形結構前乾燥該管形結構。

33. 如請求項 24 的方法，進一步包括焊接該多孔管形燒結過濾器元件的一末端到一端帽。

34. 如請求項 24 的方法，進一步包括焊接該多孔管形燒結過濾器元件的一末端到一過濾器端接頭或外殼。

35. 如請求項 24 的方法，進一步包括施加壓力到該燒結的

管形結構以控制密度、形狀、或結構的長度。

36. 如請求項 24 的方法，進一步包括振動該鑄模。

37. 如請求項 24 的方法，其中在鑄模中產生一壓差以從該鑄模排出液體包括供應一真空到該鑄模。

38. 如請求項 24 的方法，其中在鑄模中產生一壓差以從該鑄模排出液體包括供應加壓氣體到腔體的開口端。

39. 一種過濾一流體的方法，包括以一過濾器元件接觸要被過濾的一流體，其中該過濾器元件包括一燒結的纖維介質，

其中該過濾器元件有一圓柱體具有一外徑從元件的中心部份向元件的一末端部份減小，

其中該纖維介質具有一密度，其從元件的中心部份向元件的一末端部份增加，其中在元件中心部份的該介質密度約 15% 或較低，及

其中該元件在氮氣流動及在過濾器出口大氣條件下，在一通量 33 SLM/in²，在一最易穿透粒徑，提供一至少 5 對數減低值的一過濾效率。

40. 如請求項 39 的方法，其中該流體是一氣體。

41. 如請求項 39 的方法，其中該過濾器元件在氮氣流動及在過濾器出口大氣條件下，在一通量 33 SLM/in²，在一最易穿透粒徑，移除至少約 99.999% 在流體中之粒子。

42. 如請求項 39 的方法，其中該過濾器元件在氮氣流動及在過濾器出口大氣條件下，在一通量 6 SLM/in²，在一

最易穿透粒徑，移除至少約 99.9999999%在流體中之
粒子。