

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6516971号
(P6516971)

(45) 発行日 令和1年5月22日(2019.5.22)

(24) 登録日 平成31年4月26日(2019.4.26)

(51) Int.Cl.	F 1		
D04H 1/4382 (2012.01)	D04H 1/4382		
B01D 39/16 (2006.01)	B01D 39/16	A	
B03C 3/28 (2006.01)	B03C 3/28		
B03C 3/02 (2006.01)	B03C 3/02	B	
B03C 3/017 (2006.01)	B03C 3/017	Z	

請求項の数 27 外国語出願 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2014-52361 (P2014-52361)	(73) 特許権者	514065140 プロダクツ・アンリミテッド・インコーポ レイテッド P r o d u c t s U n l i m i t e d, I n c. アメリカ合衆国68131ネブラスカ州オ マハ、ノース・フォーティサード・アベニ ュー915番
(22) 出願日	平成26年3月14日 (2014.3.14)		
(65) 公開番号	特開2014-205943 (P2014-205943A)		
(43) 公開日	平成26年10月30日 (2014.10.30)		
審査請求日	平成29年2月21日 (2017.2.21)		
(31) 優先権主張番号	61/789, 309		
(32) 優先日	平成25年3月15日 (2013.3.15)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		
(31) 優先権主張番号	14/075, 635		
(32) 優先日	平成25年11月8日 (2013.11.8)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 濾過媒体の纖維構造体およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

各々が少なくとも 1 ミクロンの直径を有する本体を含んでいる、複数のミクロンサイズの纖維と、

前記複数のミクロンサイズの纖維の前記本体のそれぞれに付着した、複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維と、を含み、

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維が、前記複数のミクロンサイズの纖維のそれぞれの間に規定される少なくとも 1 つのポアの中に、前記少なくとも 1 つのポアの平均的な大きさの半分の長さより短い長さで延在している、

上流側と下流側とを有する纖維構造体。

10

【請求項 2】

前記ミクロンサイズの纖維の前記直径が、2 ミクロンから 1 0 0 0 ミクロンであることを特徴とする、請求項 1 に記載の纖維構造体。

【請求項 3】

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維が、0.001 ミクロンから 2 ミクロンの範囲の直径を有することを特徴とする、請求項 1 に記載の纖維構造体。

【請求項 4】

前記複数のナノ纖維が、それら自体と絡み合ってミクロボリュームを形成していることを特徴とする、請求項 1 に記載の纖維構造体。

【請求項 5】

20

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維の分布が、前記纖維構造体の前記上流側から前記下流側に向かって増加していることを特徴とする、請求項 1 に記載の纖維構造体。

【請求項 6】

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維の直径が、前記纖維構造体の前記上流側から前記下流側に向かって減少していることを特徴とする、請求項 1 に記載の纖維構造体。

【請求項 7】

各々が少なくとも 1 ミクロンの直径を有する本体を含み、複数のミクロンサイズの纖維のそれぞれが、前記複数のミクロンサイズの纖維の間に少なくとも 1 つのポアを規定している、複数のミクロンサイズの纖維と、

前記複数のミクロンサイズの纖維の前記本体のそれぞれに付着し、前記ミクロンサイズの纖維から、前記ミクロンサイズの纖維の間に形成された前記少なくとも 1 つのポアの中に向かって、前記少なくとも 1 つのポアの平均的な大きさの半分の長さより短い長さで延在している、複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維と、

を含む、濾過媒体。

【請求項 8】

前記複数のナノ纖維がそれら自体に絡み合って、1 つ以上のミクロボリュームおよび 1 つ以上の 3 次元的に構成されたミクロポアを形成していることを特徴とする、請求項 7 に記載の濾過媒体。

【請求項 9】

前記複数のミクロンサイズの纖維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維との 1 つ以上に付着して接着剤をさらに含むことを特徴とする、請求項 7 に記載の濾過媒体。

【請求項 10】

前記複数のミクロンサイズの纖維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維との 1 つ以上に付着した 1 つ以上の機能性ナノ粒子をさらに含むことを特徴とする、請求項 7 に記載の濾過媒体。

【請求項 11】

前記 1 つ以上の機能性ナノ粒子が活性炭を含むことを特徴とする、請求項 10 に記載の濾過媒体。

【請求項 12】

前記複数のミクロンサイズの纖維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維との 1 つ以上が、静電材料を含むことを特徴とする、請求項 7 に記載の濾過媒体。

【請求項 13】

前記複数のミクロンサイズの纖維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維との 1 つ以上が、疎水性の材料を含むことを特徴とする、請求項 7 に記載の濾過媒体。

【請求項 14】

前記複数のミクロンサイズの纖維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維との 1 つ以上が、親水性の材料を含むことを特徴とする、請求項 7 に記載の濾過媒体。

【請求項 15】

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維の分布が、前記濾過媒体の上流側から下流側に向かって増加していることを特徴とする、請求項 7 に記載の濾過媒体。

【請求項 16】

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維の直径が、前記濾過媒体の上流側から下流側に向かって減少していることを特徴とする、請求項 7 に記載の濾過媒体。

【請求項 17】

微細なナノ纖維を作るように、乾燥したナノ纖維の集合体をグラインディングする工程またはブレンディングする工程の少なくとも 1 つと、

前記微細なナノ纖維に捲縮を加えて、捲縮したナノ纖維を作る工程と、

前記捲縮したナノ纖維を濾過媒体の纖維上に直接被覆する工程と、

を含む、濾過媒体を形成する方法。

【請求項 18】

10

20

30

40

50

前記濾過媒体のミクロンサイズの纖維の製造工程の間または前記濾過媒体の前記ミクロンサイズの纖維の製造工程の後の少なくとも1つにおいて、前記捲縮したナノ纖維が複数の前記ミクロンサイズの纖維に被覆されることを特徴とする、請求項17に記載される方法。

【請求項19】

前記捲縮したナノ纖維とミクロンサイズの纖維を合わせてブレンドすることによって、前記捲縮したナノ纖維を前記濾過媒体の前記ミクロンサイズの纖維に付着させる工程をさらに含むことを特徴とする、請求項17に記載される方法。

【請求項20】

前記濾過媒体の製造工程の間に、前記捲縮したナノ纖維が、複数のミクロンサイズの纖維に被覆されることを特徴とする、請求項17に記載される方法。 10

【請求項21】

前記濾過媒体の製造工程の後に、前記捲縮したナノ纖維が、複数のミクロンサイズの纖維に被覆されることを特徴とする、請求項17に記載される方法。

【請求項22】

前記濾過媒体が前記ミクロンサイズの纖維の直径よりも大きく5インチ(127ミリメートル)よりも小さい厚さを有する濾過媒体であることを特徴とする、請求項17に記載される方法。

【請求項23】

複数の層を含み、前記複数の層の各々が、
各々が少なくとも1ミクロンの直径を有する本体を含み、複数のミクロンサイズの纖維のそれぞれが、前記複数のミクロンサイズの纖維の間に少なくとも1つのポアを規定している、前記複数のミクロンサイズの纖維と、 20

前記複数のミクロンサイズの纖維の前記本体のそれぞれに付着し、前記ミクロンサイズの纖維から、前記ミクロンサイズの纖維の間に形成された前記少なくとも1つのポアの中に向かって、前記少なくとも1つのポアの平均的な大きさの半分の長さより短い長さで延在している、別々の長さの捲縮したナノ纖維と、

を含む、濾過媒体構造体。

【請求項24】

前記複数の層が、前記ミクロンサイズの纖維の直径よりも大きく5インチ(127ミリメートル)よりも小さい厚さを有する濾過媒体として構成されていることを特徴とする、請求項23に記載される濾過媒体構造体。 30

【請求項25】

前記複数の層の各々が、前記複数の層のそれぞれとは異なる量の、別々の長さの捲縮したナノ纖維を含むことを特徴とする、請求項23に記載される濾過媒体構造体。

【請求項26】

前記複数の層の各々が、前記複数の層のそれぞれとは異なる大きさの、別々の長さの捲縮したナノ纖維を含むことを特徴とする、請求項23に記載される濾過媒体構造体。

【請求項27】

前記複数の層の各々が、前記複数の層のそれぞれとは、異なるポアの大きさまたは異なる厚さの少なくとも1つを含むことを特徴とする、請求項23に記載される濾過媒体構造体。 40

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

・関連出願の記述

本出願は、米国特許法第119条(e)の下で、2013年3月15日に出願された“HIGH LOFT FIBER STRUCTURE AND METHOD OF MAKING SAME”と題する米国仮特許出願第61/789,309に基づく優先権を主張する。米国仮出願第61/789,309は、参照することにより本明細書に取 50

り込まれる。

【0002】

濾過システムは、流体の流れに含まれる成分を、流体の流れに含まれる他の成分から物理的に分離するために、工業用、商業用および家庭用の環境で利用される。流体の流れは、濾過される成分が運ばれる気体状または液体状のキャリヤ流体を含んでもよい。濾過システムは、衝突、遮断、散乱（または拡散、diffusion）および濾し（straining）等によって、濾過される成分を物理的に除去する濾過材を用いてもよい。

【発明の概要】

【0003】

付着したより小さな直径のナノ纖維のための支持体としてミクロンサイズの纖維を用いている、濾過装置およびその製造方法を説明する。1つ以上の実施形態において、ナノ纖維は捲縮した本体構造を有し、かつ別々の長さ（または個別の長さ、a discrete length）を有している。例えば、別々の長さを有するこれらの捲縮したナノ纖維がミクロ纖維に付着する時に、ナノ纖維はそれら自体の間で絡み合い、ならびにミクロ纖維と、ミクロ纖維の上におよびミクロ纖維の周りに絡みつき、改善された纖維を形成する。多数のこれらの改善された纖維は、空気濾過媒体内に構築されるように構成される。

【0004】

この概要は、詳細な説明において詳述される概念の抜粋を、簡易な形式で紹介するように提供される。この概要は、請求される発明の主題の趣旨または本質的な側面を特定することを意図していない。さらに、この概要は、請求される発明の主題の範囲を決定する助力として用いられることを意図していない。

【図面の簡単な説明】

【0005】

限定的および包括的ではない本開示の実施形態は、以下の図を参照して説明される。特段の指定がない限り、同じ符号は複数の図を通して同じ部分を意味する。

【図1】図1は、ナノ纖維がミクロ纖維に付着している、本開示の実施形態に係る媒体の纖維構造体の顕微鏡写真の図面である。

【図2】図2は、本開示の別の実施形態に係る媒体の纖維構造体の顕微鏡写真の図面である。

【図3】図3は、典型的な、弛緩しかつ自然な状態にある、別々の長さの捲縮した纖維の拡大した図面であり、「捲縮した長さ」の測定の規定を説明している。

【図4】図4は、典型的な、纖維を真っ直ぐにするのに十分な引張加重の下での、図3の別々の長さの捲縮した纖維の拡大した図面であり、「真っ直ぐにされた長さ」の測定の規定を説明している。

【図5】図5は、本開示の実施形態に係る焦点深度における、媒体の纖維構造体の顕微鏡写真である。

【図6】図6は、本開示の実施形態に係る焦点深度における、媒体の纖維構造体の顕微鏡写真である。

【図7】図7は、本開示の実施形態に係る焦点深度における、媒体の纖維構造体の顕微鏡写真である。

【図8】図8は、本開示の実施形態に係る焦点深度における、媒体の纖維構造体の顕微鏡写真である。

【図9】図9は、本開示の実施形態に係る焦点深度における、媒体の纖維構造体の顕微鏡写真である。

【図10】図10は、本開示の実施形態に係る焦点深度における、媒体の纖維構造体の顕微鏡写真である。

【図11】図11は、本開示の実施形態に係る焦点深度における、媒体の纖維構造体の顕微鏡写真である。

【図12】図12は、本開示の実施形態に係る焦点深度における、媒体の纖維構造体の顕微鏡写真である。

10

20

30

40

50

【図13】図13は、本開示の実施形態に係る焦点深度における、媒体の纖維構造体の顕微鏡写真である。

【発明を実施するための形態】

【0006】

・概要

濾過システムは、流体の流れに含まれる成分を、流体の流れに含まれる他の成分から物理的に分離するための濾過媒体を利用する。濾過システムは空気濾過媒体を用いてもよく、改善された濾過効率（例えば、より多くのより小さな粒子を捕獲する能力）を得ることを目的として、マイクロメートルで測定できる直径を有する相対的に大径の纖維（「ミクロ纖維」）と、ナノメートルで測定できる直径を有する相対的に小径の纖維（「ナノ纖維」）とを含んでもよい。濾過構造体は、纖維の大きさを減少させることによって、粒子を捕獲するための媒体内の表面積を増大させるように構成されてもよい。例えば、ミクロ纖維は、大径のミクロ纖維から成る既存の線維基材の表面上に直接作ることが可能なナノ纖維のウェブ（webs）を支持することが出来、あるいはナノ纖維の層をミクロ纖維媒体の層間に設置することが出来る。このような構成では、

a) 過度に長く、比較的連続し、および柔軟かつ曲げやすいが、幅または直径と比較して著しい長さを有しており、事実上1次元的（すなわち、一直線）であるナノ纖維

、または

b) 短くかつ非常に真っ直ぐであるナノ纖維

を用いることが出来る。これらの構成は、濾過効率についての重要な課題があり、例えば、薄くかつ弾力性がない、流体の流れに対して制限がある（例えば、圧力損失の影響を受けやすい）、増大した表面積負荷を有する、設計自由度が低い（例えば、ナノ纖維構造体は上流側に位置することを要求される）、増大した材料を有する設計構造（例えば、ひだ状の構造）を利用する、コンパクトな構成で整列する傾向を有する等の課題である。

【0007】

従って、付着したより小さな直径を有するナノ纖維のための支持体としてミクロンサイズの纖維を用いている、濾過装置およびその製造方法を説明する。ナノ纖維は、別々の長さを備えている捲縮した本体構造を有することが出来る。例えば、別々の長さを有するこれらの捲縮したナノ纖維がミクロ纖維に付着する時、ナノ纖維はそれら自体の間で絡み合い、ならびにミクロ纖維と、ミクロ纖維の上におよびミクロ纖維の周りに、強固に付着して絡みつき、改善された纖維を形成する。1つの実施形態において、ミクロ纖維へのナノ纖維の付着は、ミクロ纖維とナノ纖維との間の接着力によって達成される。1つの実施形態において、ミクロ纖維へのナノ纖維の付着は、ミクロ纖維とナノ纖維との間の、静電引力および/またはファンデルワールス力によって達成される。1つの実施形態において、ミクロ纖維へのナノ纖維の付着は、ミクロ纖維上およびミクロ纖維の周りへの、ナノ纖維の機械的な絡み合いによって達成される。多数のこれらの改善された纖維（例えば、付着したナノ纖維およびミクロ纖維）は、空気濾過媒体内に構築されるように構成される。

【0008】

本明細書に記載される改善された纖維構造体は、多数のミクロボリューム（micro-volumes）を形成するように構成されてもよく、多数のミクロボリュームはミクロ纖維のみによって形成されるポアよりも小さくてもよく、そして、例えば圧縮に対抗することによって、開いた構造を保持してもよい。1つの実施形態において、捲縮したナノ纖維は、支持しているミクロ纖維に対して、空間内に3次元的に分布し（例えば、上流および下流の分布）、纖維の表面積およびミクロボリュームを増大させてもよい。3次元的な分布はまた、流体（例えば、空気および/または他の気体）の一部が濾過材を通り抜けることが出来るように、濾過媒体の特定の一部分の完全な閉塞への耐性を提供する。

【0009】

実施形態は、実施形態の一部分を形成し、かつ実例として特定の例示的な実施形態を示している添付の図面を参照して、以下にさらに詳しく説明する。これらの実施形態は、当業者がその開示を実施することが出来る程度に十分詳しく開示されている。しかし、実施

10

20

30

40

50

形態は多くの異なる形態で実施されてもよく、本明細書に説明される実施形態に限定されるように構成されるべきではない。以下の詳細な説明は、従って、本開示の範囲が添付の請求の範囲によってのみ規定されるという事で、限定的な意味で取られるべきではない。

【0010】

意思疎通と理解を向上させることを目的として、以下の定義を本明細書に適用する。

【0011】

「纖維」とは、円状の纖維の場合はその断面直径の少なくとも100倍の長さを有し、または円状ではない纖維の場合はその最大断面直径の少なくとも100倍の長さを有する、柔軟な糸状の物体である。

【0012】

「捲縮(またはクリンプ、crimp)」とは、纖維自体が、自然な、弛緩したおよび拘束されていない状態にある時に、波状の、曲がった、渦巻いた、曲線状、渦巻き状、鋸歯状またはこれらと同様の形状であるような纖維の形状である。図3は、捲縮したナノ纖維を絵によって表したもの提供する。

10

【0013】

「捲縮した長さ(crimped length)」は、纖維が自然な、弛緩したおよび拘束されていない状態において測定される時の、纖維の一方の一端から同一の纖維の他方の一端までの、直線で測定される長さである。図3は、捲縮したナノ纖維の捲縮した長さ(D1)を絵によって表したもの示す。

【0014】

20

「真っ直ぐにされた長さ」とは、纖維が捲縮するのを防ぐのに十分な引張加重の下での拘束方法において纖維が測定される時の、纖維の一方の一端から同一の纖維の他方の一端までの長さである。図4は、ナノ纖維の真っ直ぐにされた長さ(D2)を絵によって表したもの示す。

【0015】

「捲縮率」とは、纖維の「真っ直ぐにされた長さ」と比較した、纖維の「捲縮した長さ」の比をパーセントで表したものである。纖維の「捲縮した長さ」を、纖維の「真っ直ぐにされた長さ」で割り、そして100を掛けることで、「捲縮率」を測定する。

【0016】

「ハイロフト媒体(High Loft Media)」とは、3次元的に安定した纖維のマトリックスであり、体積基準で測定された、纖維固体物(fiber solids)よりも非常に多くの空気を有するシート形態であり、さらに長さおよび幅、ならびに幅と長さの測定により確定される平面と垂直になるように測定された厚さを有しており、厚さは、媒体を作るミクロ纖維の直径よりも大きいが5インチよりも小さく、媒体は、気体状、液体状または固体状の不純物を流体の流れから取り除くのに利用される。

30

【0017】

「ミクロボリューム」とは、本開示のナノ纖維により規定される、3次元的な空間である。さらに同時に、ナノ纖維は、ミクロボリュームの上、内部および全体に至ってミクロポアを無作為に形成している。

【0018】

40

・実施例

図1において、例示的な纖維構造体または纖維基材は、6デニールの纖維から作られた1/2インチの厚さのハイロフトパッドである。符号10は、より大径のミクロ纖維14の周囲に、ナノ纖維12が付着しおよび絡み付いている、本開示のハイロフトな纖維構造体を表す。図1と図2の主な相違は、図1と比較して図2では、より多くのナノ纖維12がミクロ纖維14に付着していることである。

【0019】

図1および図2で示されるように、複数のナノ纖維12は、ハイロフト纖維媒体のより大径のミクロ纖維14の周囲に付着しおよび絡み付くだけでなく、複数のナノ纖維12自身の間にも絡み付いている。さらに、ナノ纖維は、ハイロフト媒体のミクロ纖維14によ

50

って形成されたポア（または細孔、pores）の中にまで延在する。

【0020】

図1および図2は、従来的な濾過媒体の大径の纖維14がナノ纖維12の付着により増強された本開示の新規な構造を、拡大図で示している。図に示されるように、ナノ纖維12は、個々のナノ纖維12として、およびナノ纖維が絡み合った小さな房16として、それら自体をより大径の纖維14に付着している。これらの房はまた、ナノ纖維の絡み合いによって3次元的に形成されたミクロボリュームを示す。異なる焦点深度での媒体の纖維構造体の顕微鏡写真が、図5～13に示されており、画像は典型的な媒体の纖維構造体で構成された、付着したナノ纖維を有するミクロ纖維を示している。顕微鏡写真はさらに、絡み合ったナノ纖維によって形成されたミクロボリュームを示す。

10

【0021】

図2はまた、媒体内の新規な纖維構造体を作っている異なる径の複数の纖維を示す。簡単にするために、3つの纖維の大きさ、すなわち大径14、中径15および小径12、がある。これらの纖維の全ては、合成材料または非合成材料であってもよい。一般的に、大径および中径の纖維は、媒体に構造的な強度を提供するように作られ、小径の纖維は大径および中径の纖維に付着するように作られる。濾過媒体で用いられる大径および中径の纖維は、2～1000ミクロンの範囲であってよい直径を有し、それらの長さは1/2インチ～3インチ程度であってもよい。小径の纖維の直径は、0.001～2ミクロンの範囲であってもよい。最適な性能を備える濾過媒体を構成するためには、小径の纖維は適切に選択されるべきである。小径の纖維は、付着する纖維の直径の10分の1よりも小さくするべきことが分かっている。例えば、大径または中径の纖維の直径が20ミクロンである場合、それに付着する小径の纖維の直径は2ミクロンまたはそれよりも小さくあるべきである。小径の纖維の長さの選択は、大径および中径の纖維によって形成されたポアのサイズに関係している。第1に、小径の纖維は、捲縮している時に、大径および中径の纖維の周囲、直径方向の周りおよび長手方向に沿って、互いに付着および絡み合うような長さを有するべきである。第2に、絡みついた小径の纖維の長さは、大径および中径の纖維によって形成されたポアの空間内に、適切に延在するような長さであるべきである。小径の纖維が捲縮しておらず、かつ過度に長い場合は、それらは大径の纖維にわたって、ウェブを形成し、結果として高い圧力損失と低い粒子（例えば、塵（dust））保持能力をもたらす。従って、本明細書に記載される纖維構造体を構成するためには、隙間（opening）への小径の纖維の延伸（extension）が、ポアの平均的な大きさの直径の半分よりも長くあるべきではない。例えば、大径および中径の纖維により形成されるポアの平均的な大きさが1000ミクロンである場合、小径の纖維の延伸は約500ミクロンであるべきである。当然ながら、媒体内に分散される小径の纖維は、異なる直径および長さを有する纖維の構成であってもよい。

20

【0022】

実施形態において、ナノサイズの纖維12によって増強されたミクロ纖維14および15から構成される媒体は、ミクロ纖維14、15およびナノ纖維12によって、捕獲纖維の大きさと同様の大きさの粒子の捕獲を可能にする。例えば、ナノ纖維12は大径の纖維14と15の間の隙間の中に延在し、最小限度の圧力損失の増加を伴うだけで、散乱、遮断および嵌入による粒子捕獲性能を効果的に増加させる。ナノ纖維の絡み合いによって作られたミクロボリュームは、小さな捕獲された粒子のための保持空間を提供し、それにより濾過媒体の塵の保持能力を増加させる。ミクロ纖維14および15によって形成された媒体のポア内へのナノ纖維12の延伸は、3次元的である。これは、表面積の量およびミクロボリュームの数が、2次元的なナノ纖維のウェブによって作られた表面積およびポアと比較して、実質的に増大していることを意味している。本明細書に記載される纖維構造体から、濾過媒体が作られてもよい。実施形態において、濾過媒体は接着剤（例えば、タツキファイヤー）の添加によって向上されてもよく、わずかな圧力損失の増大を伴って捕獲効率をより一層促進させる。濾過媒体は、構造的な強度、低コストの材料費と製造費、耐久性および使い易さと融通性等を保持する。ミクロンサイズの纖維およびナノ纖維によ

30

40

50

って形成される表面積およびミクロボリュームの実質的な量は、吸着性、吸収性および撥水性を大いに改善する。ミクロ纖維およびナノ纖維によって形成される、実質的な表面積の量および膨大な数のミクロボリュームは、液体を保持および／または融合（coalescence）させる能力を増加することができる。

【0023】

実施形態において、機能性（functional）ナノ粒子が、改善された纖維構造体（すなわち、ナノ纖維が付着したミクロンサイズの纖維を含む濾過媒体）に付着する。機能性ナノ粒子は、例えば、改善された纖維構造体に堆積および／または付着した活性炭を含んでもよい。活性炭のようなナノ粒子がミクロ纖維およびナノ纖維に付着することについての上昇した能力は、媒体全体にわたる表面積の実質的な増加によって、圧力損失のわずかな増加を伴わずに、纖維のガス吸収効率を促進することができる。

10

【0024】

実施形態において、本明細書に記載される濾過媒体はハイロフト媒体として構成される。本開示の新規な纖維構造体とハイロフト媒体の組み合わせは、高い収集効率、低い圧力損失および高い塵の収容能力を有する新型の濾過媒体を提供し、既存の製造方法、製品および用途ならびに設備に容易に適用することができる。

【0025】

未加工の（または原料、raw）ナノ纖維は、いくつかの形態で作ることが出来る。1つの形態では、ナノ纖維は長い分離した纖維として作られてもよい。この形態において、ナノ纖維は切断および捲縮して、所望の直径に対する長さの比率を得ることが出来る。未加工のナノ纖維の他の形態は、液体（特定の実施形態においては水である）中に分散された、研削され（ground）または粉碎された（milled）、予め捲縮されたナノ纖維から構成されてもよい。ナノ纖維と液体の混合物は、液体スプレー装置によってミクロ纖維に適用されてもよい。さらに、捲縮されたナノ纖維と液体の混合物は、湿式製法を用いて濾過媒体を作ることに使用されてもよい。未加工のナノ纖維の他の形態は、ナノ纖維が集合した、乾燥した塊（clumps）または大きな塊（chunks）である。濾過媒体のミクロ纖維に付着するための個々の捲縮されたナノ纖維を取り出すための後の加工より前に、ナノ纖維の塊の大きさを減少させるのに、グラインディング（または粉碎、grinding）が利用されてもよい。

20

【0026】

30

本開示の製品を作る方法は、

（1）ミクロ纖維14および15を製造する工程の間に、捲縮したナノ纖維12をミクロ纖維14および15に付着させる工程と、

（2）ミクロ纖維が製造された後に、捲縮したナノ纖維12をミクロ纖維14および15に付着させる工程と、

（3）濾過媒体10の製造の間に、捲縮したナノ纖維12をミクロ纖維14および15に付着させる工程と、

（4）濾過媒体10が製造された後に、捲縮したナノ纖維12を用いて濾過媒体10を処理する工程と、

を含むが、これらに限定されない。

40

【0027】

本明細書に記載される1つ以上的方法において、捲縮したナノ纖維12は、絡み付き、接着、帯電およびファンデルワールス力（すなわち、一般的には小体の間の物理的な引力の自然に発生する力と記載する）等の1つ以上によって、それら自体を濾過媒体10のより大径の纖維14および15に付着する。顕微鏡で観察されたように、直径が小さくなり相対的に長くなる捲縮したナノ纖維は、それ自体と絡み合いやすくなることができ、かつ大径のミクロ纖維と絡みつきやすくなる。当然ながら、上述した製造方法から選択される1つまたは複数の方法に基づいて、ナノ纖維は、全てのミクロ纖維、または濾過媒体内の特定の深さもしくは特定の部分のミクロ纖維にさえも付着することができることに留意するべきである。言い換えれば、本開示は、2次元（すなわち、平面的な）的なナノ纖維ウ

50

エプのみによって向上された濾過媒体と比較して、3次元的な（すなわち、体積的（volume metric））ナノ纖維によって向上された濾過媒体を提供する。

【0028】

製造中に、乾燥したナノ纖維12、濾過媒体10またはその両方を帯電させることによつて、捲縮したナノ纖維12と、大径のミクロ纖維14および15との間の引力を向上させることが出来る。帯電は、例えば、摩擦帯電、コロナ放電または他の帯電方法によって発生させることが出来る。一度纖維が互いに触れ合うと、ファンデルワールス力は作用し始め、纖維間の結合をさらに促進する。

【0029】

捲縮したナノ纖維12と、より大径のミクロ纖維14および15との間の接着力は、それらを接着性材料（例えば、タッキファイナー）で被覆することによりさらに促進させることができ、纖維間に接着剤（またはにかわ、glue）のような接着力を提供することができる。

【0030】

添加したタッキファイナーおよび帯電の作用は、ナノ纖維12のミクロ纖維14への付着を改善するのに機能するだけでなく、さらに媒体の濾過効率を改善するのに機能する。従つて、たとえタッキファイナーおよび帯電無しに、捲縮したナノ纖維12がミクロ纖維14に十分に付着したとしても、タッキファイナーおよび帯電は、濾過媒体の製造方法の間に適用されてもよく、媒体の濾過能力を容易に向上させることが出来る。

【0031】

当然ながら、より大径の濾過纖維14および15に付着させる工程の間ににおける、捲縮したナノ纖維12の物理的状態は、湿っていてもまたは乾燥していてもよいことに留意すべきである。加えて、本明細書に記載される纖維構造体における捲縮したナノ纖維12の最終的な状態は、湿っていてもまたは乾燥していてもよい。

【0032】

液体の吸収、吸着または融合のために、ミクロ纖維およびナノ纖維は、親水性または疎水性の材料から選択的に作られてもよい。最終的な濾過媒体の効果的なポア（すなわち、ミクロボリューム）の大きさは、ミクロン纖維および捲縮したナノ纖維の適切な大きさおよび組み合わせを選択することによって制御することができ、濾過媒体が液体を保持する能力またははじく能力のさらなる改善を提供する。

【0033】

実施形態において、本明細書で記載される纖維構造体は、上流から下流に向かってポアの大きさが減少する密度勾配のある媒体として構成され、捕獲効率と塵の保持能力を向上させる。このような構成は、上流側からの異なる深さにおける媒体に対して、様々な大きさおよび／または様々な量のナノ纖維を適用することを可能とする。言い換えれば、媒体の上流側は、最小量および／または最大径の付着したナノ纖維を有し、下流側は最大量および／または最小径の付着したナノ纖維を有する。さらに、所望のポア（すなわち、ミクロボリューム）の大きさは、媒体の複数の層を合わせて積み重ねることにより構成することができ、各々が異なる量および／または異なる大きさのナノ纖維を有している複合的な媒体を作ることができる。

【0034】

発明の主題は、特定の構造および方法論的な工程についての特有の言葉によって説明されたが、添付の請求の範囲によって規定される発明の主題が、記載されている特定の構造および／または工程に限定される必要がないことを理解されたい。むしろ、記載されている特定の特徴および作用は、請求の範囲を実施する例示的な形態として開示されている。

なお、本明細書の開示内容は、以下の態様を含み得る。

（態様1）

各々が少なくとも1ミクロンの直径を有する本体を含んでいる、複数のミクロンサイズの纖維と、

前記ミクロンサイズの纖維の前記本体のそれぞれに付着した、複数の別々の長さの捲縮

10

20

30

40

50

したナノ纖維と、

を含む、上流側と下流側とを有する纖維構造体。

(態様 2)

前記ミクロンサイズの纖維の前記直径が、約 2 ミクロンから約 1 0 0 0 ミクロンであることを特徴とする、態様 1 に記載の纖維構造体。

(態様 3)

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維が、約 0 . 0 0 1 ミクロンから約 2 ミクロンの範囲の直径を有することを特徴とする、態様 1 に記載の纖維構造体。

(態様 4)

前記複数のナノ纖維が、それら自体と絡み合ってミクロボリュームを形成していることを特徴とする、態様 1 に記載の纖維構造体。

10

(態様 5)

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維が、前記複数のミクロンサイズの纖維によって形成されたポアの中に延在することを特徴とする、態様 1 に記載の纖維構造体。

(態様 6)

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維の分布が、前記纖維構造体の前記上流側から前記下流側に向かって増加していることを特徴とする、態様 1 に記載の纖維構造体。

(態様 7)

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維の直径が、前記纖維構造体の前記上流側から前記下流側に向かって減少していることを特徴とする、態様 1 に記載の纖維構造体。

20

(態様 8)

各々が少なくとも 1 ミクロンの直径を有する本体を含み、複数のミクロンサイズの纖維のそれぞれが、前記ミクロンサイズの纖維の間に少なくとも 1 つのポアを規定している、複数のミクロンサイズの纖維と、

前記ミクロンサイズの纖維の前記本体のそれぞれに付着し、前記ミクロンサイズの纖維から、前記ミクロンサイズの纖維の間に形成された前記少なくとも 1 つのポアの中に向かって外向きに延在している、複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維と、
を含む、濾過媒体。

(態様 9)

前記複数のナノ纖維がそれら自体に絡み合って、1 つ以上のミクロボリュームおよび 1 つ以上の 3 次元的に構成されたミクロポアを形成していることを特徴とする、態様 8 に記載の濾過媒体。

30

(態様 10)

前記複数のミクロンサイズの纖維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維との 1 つ以上に對して接着剤をさらに含むことを特徴とする、態様 8 に記載の濾過媒体。

(態様 11)

前記複数のミクロンサイズの纖維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維との 1 つ以上に付着した 1 つ以上の機能性ナノ粒子をさらに含むことを特徴とする、態様 8 に記載の濾過媒体。

(態様 12)

40

前記 1 つ以上の機能性ナノ粒子が活性炭を含むことを特徴とする、態様 1 1 に記載の濾過媒体。

(態様 13)

前記複数のミクロンサイズの纖維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維との 1 つ以上が、静電材料を含むことを特徴とする、態様 8 に記載の濾過媒体。

(態様 14)

前記複数のミクロンサイズの纖維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維との 1 つ以上が、疎水性の材料を含むことを特徴とする、態様 8 に記載の濾過媒体。

(態様 15)

50

前記複数のミクロンサイズの纖維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維との 1 つ

以上が、親水性の材料を含むことを特徴とする、態様 8 に記載の濾過媒体。

(態様 16)

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維の分布が、前記濾過媒体の上流側から下流側に向かって増加していることを特徴とする、態様 8 に記載の濾過媒体。

(態様 17)

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維の直径が、前記濾過媒体の上流側から下流側に向かって減少していることを特徴とする、態様 8 に記載の濾過媒体。

(態様 18)

微細なナノ纖維を作るよう、乾燥したナノ纖維の集合体をグラインディングする工程またはブレンディングする工程の少なくとも 1 つと、

10

前記微細なナノ纖維に捲縮を加えて、捲縮したナノ纖維を作る工程と、

前記捲縮したナノ纖維を濾過媒体の纖維上に直接被覆する工程と、
を含む、濾過媒体を形成する方法。

(態様 19)

前記濾過媒体のミクロンサイズの纖維の製造工程の間または前記濾過媒体の前記ミクロンサイズの纖維の製造工程の後の少なくとも 1 つにおいて、前記捲縮したナノ纖維が複数の前記ミクロンサイズの纖維に被覆されることを特徴とする、態様 18 に記載される方法。

(態様 20)

前記捲縮したナノ纖維とミクロンサイズの纖維を合わせてブレンドすることによって、
前記捲縮したナノ纖維を前記濾過媒体の前記ミクロンサイズの纖維に付着させる工程をさらに含むことを特徴とする、態様 18 に記載される方法。

20

(態様 21)

前記濾過媒体の製造工程の間に、前記捲縮したナノ纖維が、複数のミクロンサイズの纖維に被覆されることを特徴とする、態様 18 に記載される方法。

(態様 22)

前記濾過媒体の製造工程の後に、前記捲縮したナノ纖維が、複数のミクロンサイズの纖維に被覆されることを特徴とする、態様 18 に記載される方法。

(態様 23)

前記濾過媒体がハイロフト濾過媒体であることを特徴とする、態様 18 に記載される方法。

30

(態様 24)

複数の層を含み、前記複数の層の各々が、

各々が少なくとも 1 ミクロンの直径を有する本体を含み、複数のミクロンサイズの纖維のそれぞれが、前記ミクロンサイズの纖維の間に少なくとも 1 つのポアを規定している、前記複数のミクロンサイズの纖維と、

前記ミクロンサイズの纖維の前記本体のそれぞれに付着し、前記ミクロンサイズの纖維から、前記ミクロンサイズの纖維の間に形成された前記少なくとも 1 つのポアの中に向かって外向きに延在している、複数の別々の長さの捲縮したナノ纖維と
を含む、濾過媒体構造体。

40

(態様 25)

前記複数の層が、ハイロフト濾過媒体として構成されていることを特徴とする、態様 24 に記載される濾過媒体構造体。

(態様 26)

前記複数の層の各々が、前記複数の層のそれぞれとは異なる量の、別々の長さの捲縮したナノ纖維を含むことを特徴とする、態様 24 に記載される濾過媒体構造体。

(態様 27)

前記複数の層の各々が、前記複数の層のそれぞれとは異なる大きさの、別々の長さの捲縮したナノ纖維を含むことを特徴とする、態様 24 に記載される濾過媒体構造体。

(態様 28)

50

前記複数の層の各々が、前記複数の層のそれぞれとは、異なるポアの大きさまたは異なる厚さの少なくとも1つを含むことを特徴とする、態様24に記載される濾過媒体構造体。

【図1】

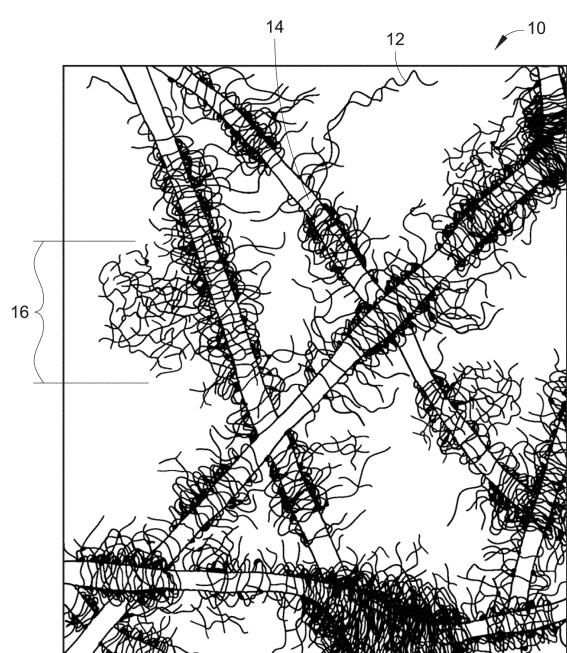


図1

【図2】

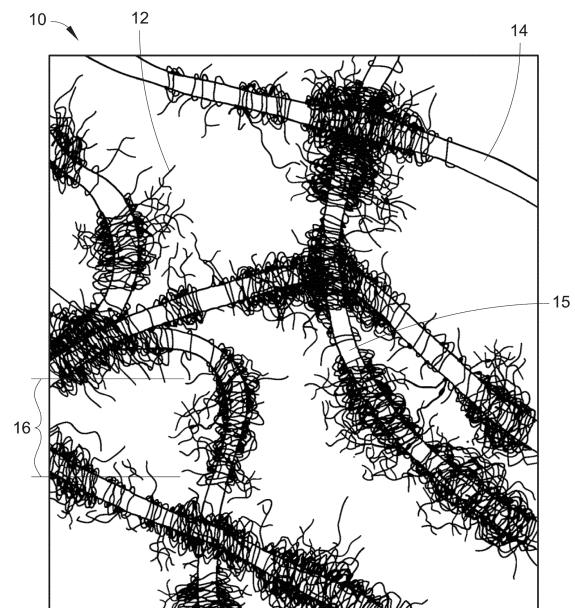


図2

【図3】

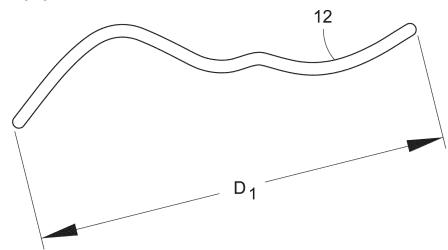


図3

【図4】

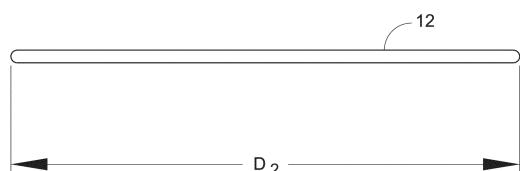


図4

【図5】

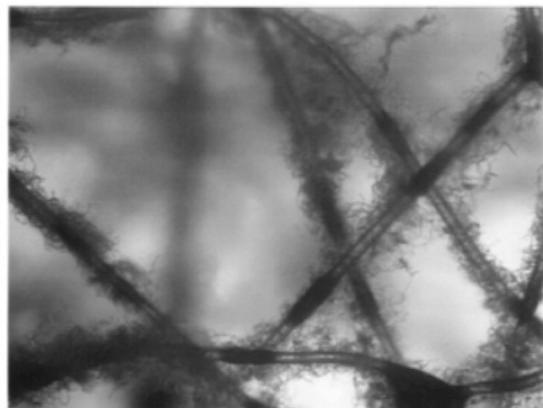


図5

【図6】

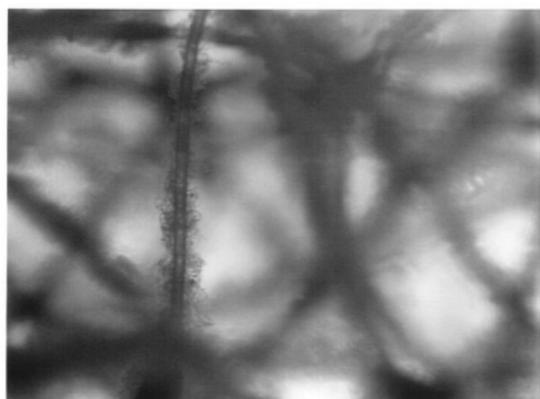


図6

【図7】

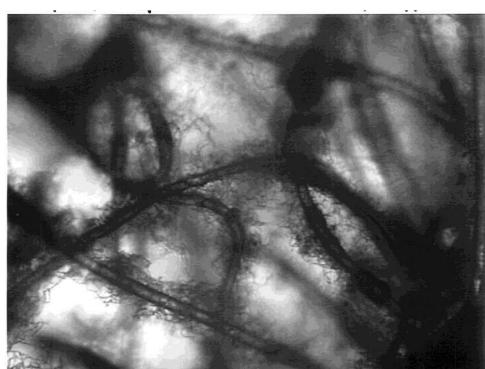


図7

【図8】



図8

【図9】

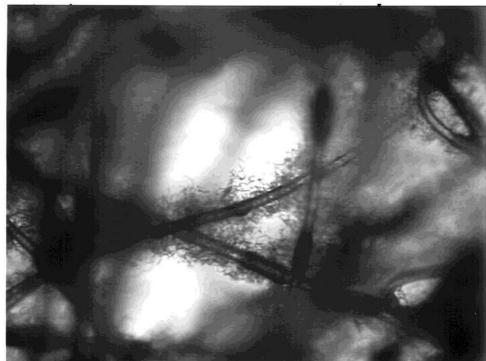


図9

【図10】



図10

【図11】

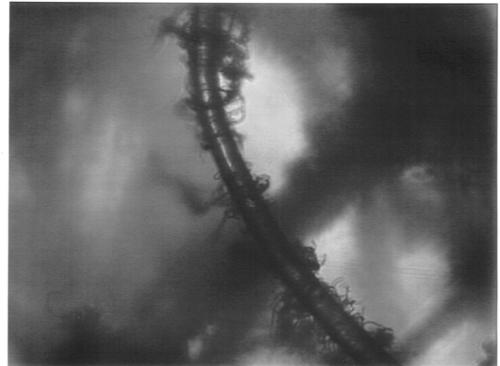


図11

【図12】

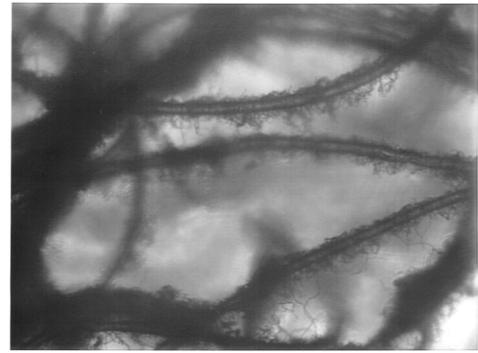


図12

【図13】

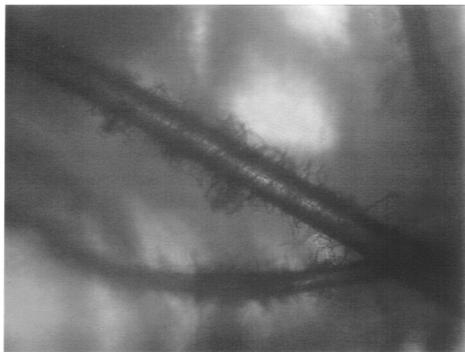


図13

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
D 0 4 H 1/4391 (2012.01) D 0 4 H 1/4391
D 0 4 H 1/58 (2012.01) D 0 4 H 1/58

(73)特許権者 514065151

エルエムエス・テクノロジーズ・インコーポレイテッド
L M S T e c h n o l o g i e s , I n c .
アメリカ合衆国55439ミネソタ州ブルーミントン、セシリ亞・サークル6423番

(74)代理人 100100158

弁理士 鮫島 瞳

(74)代理人 100138863

弁理士 言上 恵一

(74)代理人 100145403

弁理士 山尾 憲人

(72)発明者 クイ・チウ・クウォック

アメリカ合衆国55439ミネソタ州ブルーミントン、セシリ亞・サークル6423番

(72)発明者 アル・バティン

アメリカ合衆国55439ミネソタ州ブルーミントン、セシリ亞・サークル6423番

(72)発明者 スコット・ビー・ベイアー

アメリカ合衆国68131ネブラスカ州オマハ、ノース・フォーティサード・アベニュー915番

(72)発明者 ゲイリー・ポスピサル

アメリカ合衆国68131ネブラスカ州オマハ、ノース・フォーティサード・アベニュー915番

審査官 相田 元

(56)参考文献 米国特許出願公開第2010/0285101(US, A1)

特開2011-006807(JP, A)

特開2009-150005(JP, A)

特開2007-046478(JP, A)

特開平05-220313(JP, A)

国際公開第2012/006300(WO, A1)

特開平03-279452(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

D 0 4 H 1 / 0 0 - 1 8 / 0 4

B 0 1 D 3 9 / 0 0 - 4 1 / 0 4

B 0 3 C 3 / 0 0 - 1 1 / 0 0