

(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 I
DO4H 1/4382 (2012.01)	DO4H 1/4382
BO1D 39/16 (2006.01)	BO1D 39/16 A
BO3C 3/28 (2006.01)	BO3C 3/28
BO3C 3/02 (2006.01)	BO3C 3/02 B
BO3C 3/017 (2006.01)	BO3C 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
(22) 出願日	平成26年3月14日 (2014.3.14)		プロダクツ・アンリミテッド・インコーポ
(65) 公開番号	特開2014-205943 (P2014-205943A)		レイテッド
(43) 公開日	平成26年10月30日 (2014.10.30)		Products Unlimited,
審査請求日	平成29年2月21日 (2017.2.21)		Inc.
(31) 優先権主張番号	61/789, 309		アメリカ合衆国68131ネブラスカ州オ
(32) 優先日	平成25年3月15日 (2013.3.15)		マハ、ノース・フォーティサード・アベニ
(33) 優先権主張国	米国 (US)		ュー915番
(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】 濾過媒体の繊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繊維と、

前記複数のミクロンサイズの繊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繊維と、を含み、

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維が、前記複数のミクロンサイズの繊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繊維構造体。

10

【請求項 2】

前記ミクロンサイズの繊維の前記直径が、2ミクロンから1000ミクロンであることを特徴とする、請求項1に記載の繊維構造体。

【請求項 3】

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維が、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に記載の繊維構造体。

【請求項 4】

前記複数のナノ繊維が、それら自体と絡み合っ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に記載の繊維構造体。

【請求項 5】

20

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維の分布が、前記繊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 に記載の繊維構造体。

【請求項 6】

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維の直径が、前記繊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 に記載の繊維構造体。

【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繊維のそれぞれが、前記複数のミクロンサイズの繊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繊維と、

前記複数のミクロンサイズの繊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繊維から、前記ミクロンサイズの繊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繊維と、

を含む、濾過媒体。

【請求項 8】

前記複数のナノ繊維がそれら自体に絡み合って、1 つ以上のミクロポリュームおよび 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繊維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維との 1 つ以上に対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繊維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維との 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繊維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維との 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繊維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維との 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繊維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維との 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繊維の分布が、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繊維の直径が、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】

微細なナノ繊維を作るように、乾燥したナノ繊維の集合体をグライ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、

前記微細なナノ繊維に捲縮を加えて、捲縮したナノ繊維を作る工程と、

前記捲縮したナノ繊維を濾過媒体の繊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繊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繊維の製造工程の後の少なくとも1つにおいて、前記捲縮したナノ繊維が複数の前記ミクロンサイズの繊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】

前記捲縮したナノ繊維とミクロンサイズの繊維を合わせてブレンドすることによって、前記捲縮したナノ繊維を前記濾過媒体の前記ミクロンサイズの繊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、前記捲縮したナノ繊維が、複数のミクロンサイズの繊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、前記捲縮したナノ繊維が、複数のミクロンサイズの繊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繊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、

20

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繊維のそれぞれが、前記複数のミクロンサイズの繊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繊維と、

前記複数のミクロンサイズの繊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繊維から、前記ミクロンサイズの繊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繊維と、

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繊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繊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繊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。

【 0 0 0 2 】

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）および漉し（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】

【 0 0 0 3 】

付着したより小さな直径のナノ繊維のための支持体としてミクロンサイズの繊維を用いている、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、ナノ繊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繊維がミクロ繊維に付着する時に、ナノ繊維はそれら自体の間で絡み合い、ならびにミクロ繊維と、ミクロ繊維の上およびミクロ繊維の周りに絡みつき、改善された繊維を形成する。多数のこれらの改善された繊維は、空気濾過媒体内に構築されるように構成される。

【 0 0 0 4 】

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】

【 0 0 0 5 】

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、ナノ繊維がミクロ繊維に付着している、本開示の実施形態に係る媒体の繊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繊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繊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、繊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繊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、媒体の繊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、媒体の繊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、媒体の繊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、媒体の繊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、媒体の繊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、媒体の繊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、媒体の繊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、媒体の繊維構造体の顕微鏡写真である。

10

20

30

40

50

【図 1 3】図 1 3 は、本開示の実施形態に係る焦点深度における、媒体の繊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繊維（「ミクロ繊維」）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繊維（「ナノ繊維」）とを含んでもよい。濾過構造体は、繊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、ミクロ繊維は、大径のミクロ繊維から成る既存の線維基材の表面上に直接作用することが可能なナノ繊維のウェブ（webs）を支持することが出来、あるいはナノ繊維の層をミクロ繊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（すなわち、一直線）であるナノ繊維

、または

b) 短くかつ非常に真っ直ぐであるナノ繊維

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、ナノ繊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繊維のための支持体としてミクロンサイズの繊維を用いている、濾過装置およびその製造方法を説明する。ナノ繊維は、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繊維がミクロ繊維に付着する時、ナノ繊維はそれら自体の間で絡み合い、ならびにミクロ繊維と、ミクロ繊維の上およびミクロ繊維の周りに、強固に付着して絡みつき、改善された繊維を形成する。1つの実施形態において、ミクロ繊維へのナノ繊維の付着は、ミクロ繊維とナノ繊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、ミクロ繊維へのナノ繊維の付着は、ミクロ繊維とナノ繊維との間の、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、ミクロ繊維へのナノ繊維の付着は、ミクロ繊維上およびミクロ繊維の周りへの、ナノ繊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繊維（例えば、付着したナノ繊維およびミクロ繊維）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繊維構造体は、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繊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、捲縮したナノ繊維は、支持しているミクロ繊維に対して、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）、繊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

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】

「繊維」とは、円状の繊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繊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、繊維自体が、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繊維の形状である。図3は、捲縮したナノ繊維を絵によって表したものを提供する。

【0013】

「捲縮した長さ（crimped length）」は、繊維が自然な、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、繊維の一方の一端から同一の繊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、捲縮したナノ繊維の捲縮した長さ（D1）を絵によって表したものを示す。

【0014】

“真っ直ぐにされた長さ”とは、繊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繊維が測定される時の、繊維の一方の一端から同一の繊維の他方の一端までの長さである。図4は、ナノ繊維の真っ直ぐにされた長さ（D2）を絵によって表したものを示す。

【0015】

「捲縮率」とは、繊維の「真っ直ぐにされた長さ」と比較した、繊維の「捲縮した長さ」の比をパーセントで表したものである。繊維の「捲縮した長さ」を、繊維の「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】

「ハイレフト媒体（High Loft Media）」とは、3次元的に安定した繊維のマトリックスであり、体積基準で測定された、繊維固体物（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、媒体を作るマイクロ繊維の直径よりも大きい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。

【0017】

「マイクロボリューム」とは、本開示のナノ繊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、ナノ繊維は、マイクロボリュームの上、内部および全体に至ってマイクロポアを無作為に形成している。

【0018】

・実施例

図1において、例示的な繊維構造体または繊維基材は、6デニールの繊維から作られた1/2インチの厚さのハイレフトパッドである。符号10は、より大径のマイクロ繊維14の周囲に、ナノ繊維12が付着しおよび絡み付いている、本開示のハイレフトな繊維構造体を表す。図1と図2の主な相違は、図1と比較して図2では、より多くのナノ繊維12がマイクロ繊維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、複数のナノ繊維12は、ハイレフト繊維媒体のより大径のマイクロ繊維14の周囲に付着しおよび絡み付くだけでなく、複数のナノ繊維12自体の間にも絡み付いている。さらに、ナノ繊維は、ハイレフト媒体のマイクロ繊維14によ

10

20

30

40

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。

【 0 0 2 0 】

図 1 および図 2 は、従来の濾過媒体の大径の繊維 1 4 がナノ繊維 1 2 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、ナノ繊維 1 2 は、個々のナノ繊維 1 2 として、およびナノ繊維が絡み合った小さな房 1 6 として、それら自体をより大径の繊維 1 4 に付着している。これらの房はまた、ナノ繊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繊維構造体の顕微鏡写真が、図 5 ~ 1 3 に示されており、画像は典型的な媒体の繊維構造体で構成された、付着したナノ繊維を有するミクロ繊維を示している。顕微鏡写真はさらに、絡み合ったナノ繊維によって形成されたミクロボリュームを示す。

10

【 0 0 2 1 】

図 2 はまた、媒体内の新規な繊維構造体を作っている異なる径の複数の繊維を示す。簡単にするために、3つの繊維の大きさ、すなわち大径 1 4、中径 1 5 および小径 1 2、がある。これらの繊維の全ては、合成材料または非合成材料であってもよい。一般的に、大径および中径の繊維は、媒体に構造的な強度を提供するように作られ、小径の繊維は大径および中径の繊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繊維は、2 ~ 1 0 0 0 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。小径の繊維の直径は、0 . 0 0 1 ~ 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、小径の繊維は適切に選択されるべきである。小径の繊維は、付着する繊維の直径の 1 0 分の 1 よりも小さくすべきことが分かっている。例えば、大径または中径の繊維の直径が 2 0 ミクロンである場合、それに付着する小径の繊維の直径は 2 ミクロンまたはそれよりも小さくあるべきである。小径の繊維の長さの選択は、大径および中径の繊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、小径の繊維は、捲縮している時に、大径および中径の繊維の周囲、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、絡みついた小径の繊維の長さは、大径および中径の繊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。小径の繊維が捲縮しておらず、かつ過度に長い場合は、それらは大径の繊維にわたって、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繊維構造体を構成するためには、隙間（opening）への小径の繊維の延伸（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、大径および中径の繊維により形成されるポアの平均的な大きさが 1 0 0 0 ミクロンである場合、小径の繊維の延伸は約 5 0 0 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繊維は、異なる直径および長さを有する繊維の構成であってもよい。

20

30

【 0 0 2 2 】

実施形態において、ナノサイズの繊維 1 2 によって増強されたミクロ繊維 1 4 および 1 5 から構成される媒体は、ミクロ繊維 1 4、1 5 およびナノ繊維 1 2 によって、捕獲繊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、ナノ繊維 1 2 は大径の繊維 1 4 と 1 5 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。ナノ繊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。ミクロ繊維 1 4 および 1 5 によって形成された媒体のポア内へのナノ繊維 1 2 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 次元的なナノ繊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繊維構造体から、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、タッキファイヤー）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。ミクロンサイズの繊維およびナノ繊維によ

40

50

って形成される表面積およびマイクロポ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。マイクロ繊維およびナノ繊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マイクロポリュームは、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。

【 0 0 2 3 】

実施形態において、機能性 (functional) ナノ粒子が、改善された繊維構造体 (すなわち、ナノ繊維が付着したマイクロサイズの繊維を含む濾過媒体) に付着する。機能性ナノ粒子は、例えば、改善された繊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マイクロ繊維およびナノ繊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、繊維のガス吸収効率を促進することができる。

10

【 0 0 2 4 】

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。本開示の新規な繊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出来る。

【 0 0 2 5 】

未加工の (または原料、raw) ナノ繊維は、いくつかの形態で作ることが出来る。1つの形態では、ナノ繊維は長い分離した繊維として作られてもよい。この形態において、ナノ繊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。未加工のナノ繊維の他の形態は、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繊維から構成されてもよい。ナノ繊維と液体の混合物は、液体スプレー装置によってマイクロ繊維に適用されてもよい。さらに、捲縮されたナノ繊維と液体の混合物は、湿式製法を用いて濾過媒体を作るのに使用されてもよい。未加工のナノ繊維の他の形態は、ナノ繊維が集合した、乾燥した塊 (clumps) または大きな塊 (chunks) である。濾過媒体のマイクロ繊維に付着するための個々の捲縮されたナノ繊維を取り出すための後の加工より前に、ナノ繊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

【 0 0 2 6 】

本開示の製品を作る方法は、

(1) マイクロ繊維 14 および 15 を製造する工程の間に、捲縮したナノ繊維 12 をマイクロ繊維 14 および 15 に付着させる工程と、

(2) マイクロ繊維が製造された後に、捲縮したナノ繊維 12 をマイクロ繊維 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、捲縮したナノ繊維 12 をマイクロ繊維 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、捲縮したナノ繊維 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

【 0 0 2 7 】

本明細書に記載される1つ以上の方法において、捲縮したナノ繊維 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 のより大径の繊維 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繊維は、それ自体と絡み合いやすくなることができ、かつ大径のマイクロ繊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、ナノ繊維は、全てのマイクロ繊維、または濾過媒体内の特定の深さもしくは特定の部分のマイクロ繊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) 的なナノ繊維ウ

50

ェブ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(volumetric))ナノ繊維によって向上された濾過媒体を提供する。

【0028】

製造中に、乾燥したナノ繊維12、濾過媒体10またはその両方を帯電させることによって、捲縮したナノ繊維12と、大径のマイクロ繊維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。一度繊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、繊維間の結合をさらに促進する。

【0029】

捲縮したナノ繊維12と、より大径のマイクロ繊維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、タッキファイヤー)で被覆することによりさらに促進させることができ、繊維間に接着剤(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ヤーおよび帯電の作用は、ナノ繊維12のマイクロ繊維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。従って、たとえタッキファイヤーおよび帯電無しに、捲縮したナノ繊維12がマイクロ繊維14に十分に付着したとしても、タッキファイヤーおよび帯電は、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、より大径の濾過繊維14および15に付着させる工程の間における、捲縮したナノ繊維12の物理的状态は、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繊維構造体における捲縮したナノ繊維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、マイクロ繊維およびナノ繊維は、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、ミクロン繊維および捲縮したナノ繊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、本明細書に記載される繊維構造体は、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繊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繊維を有し、下流側は最多量および/または最小径の付着したナノ繊維を有する。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繊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繊維と、

前記ミクロンサイズの繊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

したナノ繊維と、

を含む、上流側と下流側とを有する繊維構造体。

(態様 2)

前記ミクロンサイズの繊維の前記直径が、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 に記載の繊維構造体。

(態様 3)

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維が、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 に記載の繊維構造体。

(態様 4)

前記複数のナノ繊維が、それら自体と絡み合ってマイ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 に記載の繊維構造体。

(態様 5)

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維が、前記複数のミクロンサイズの繊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 に記載の繊維構造体。

(態様 6)

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維の分布が、前記繊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 に記載の繊維構造体。

(態様 7)

前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維の直径が、前記繊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 に記載の繊維構造体。

(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繊維のそれぞれが、前記ミクロンサイズの繊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繊維と、

前記ミクロンサイズの繊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繊維から、前記ミクロンサイズの繊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繊維と、
を含む、濾過媒体。

(態様 9)

前記複数のナノ繊維がそれら自体に絡み合って、1 つ以上のマイ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マイ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。

(態様 1 0)

前記複数のミクロンサイズの繊維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維との 1 つ以上に対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 1 1)

前記複数のミクロンサイズの繊維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維との 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 1 2)

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 1 3)

前記複数のミクロンサイズの繊維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維との 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 1 4)

前記複数のミクロンサイズの繊維と前記複数の別々の長さの捲縮したナノ繊維との 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 1 5)

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

10

20

30

40

50

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繊維の分布が、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繊維の直径が、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)

微細なナノ繊維を作るように、乾燥したナノ繊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、

前記微細なナノ繊維に捲縮を加えて、捲縮したナノ繊維を作る工程と、

前記捲縮したナノ繊維を濾過媒体の繊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繊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繊維の製造工程の後の少なくとも 1 つにおいて、前記捲縮したナノ繊維が複数の前記ミクロンサイズの繊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)

前記捲縮したナノ繊維とミクロンサイズの繊維を合わせてブレンドすることによって、前記捲縮したナノ繊維を前記濾過媒体の前記ミクロンサイズの繊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。

(態様 21)

前記濾過媒体の製造工程の間に、前記捲縮したナノ繊維が、複数のミクロンサイズの繊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、前記捲縮したナノ繊維が、複数のミクロンサイズの繊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。

(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繊維のそれぞれが、前記ミクロンサイズの繊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繊維と、

前記ミクロンサイズの繊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繊維から、前記ミクロンサイズの繊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繊維と
を含む、濾過媒体構造体。

(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繊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繊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)

10

20

30

40

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】

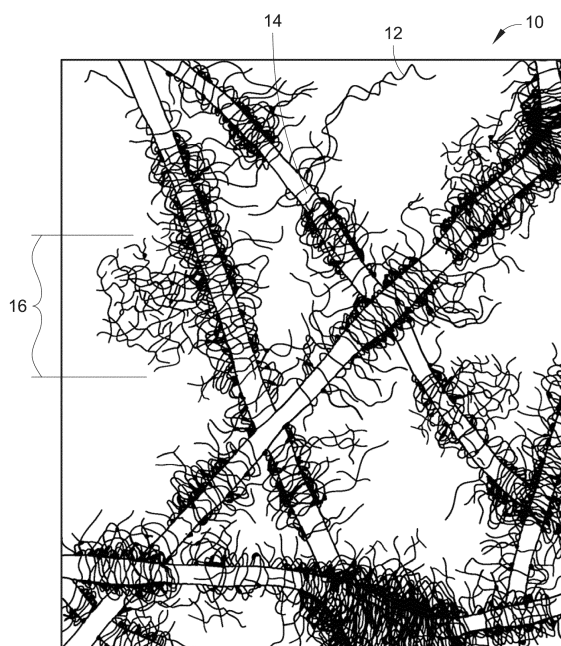


図1

【図2】

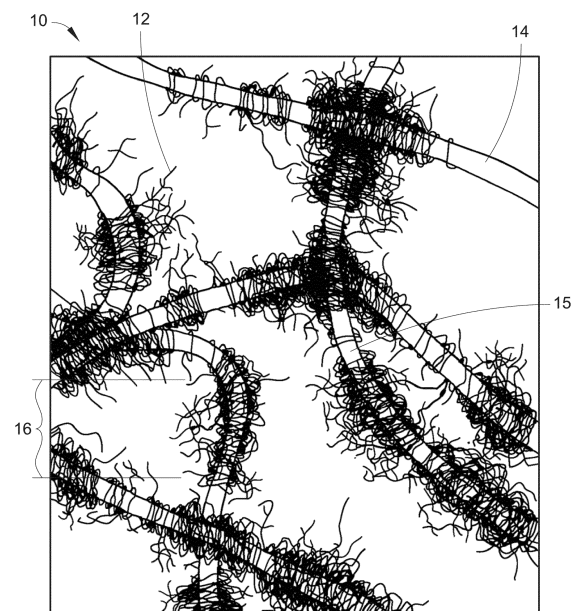


図2

【図 3】

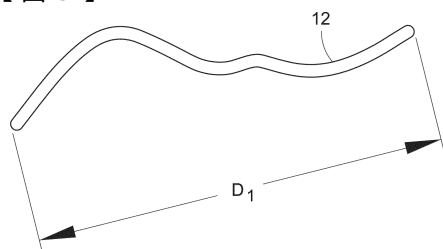


図 3

【図 4】

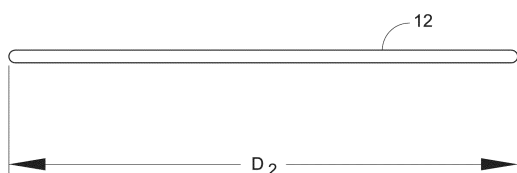


図 4

【図 5】

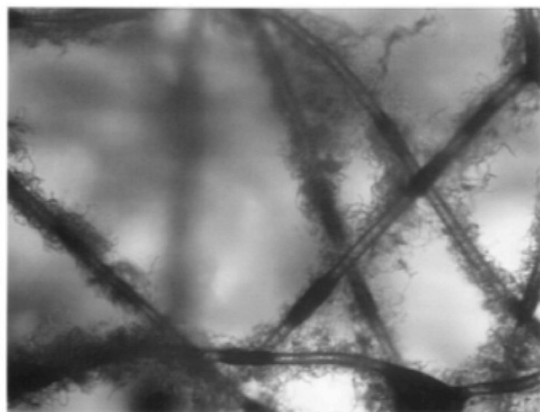


図 5

【図 6】

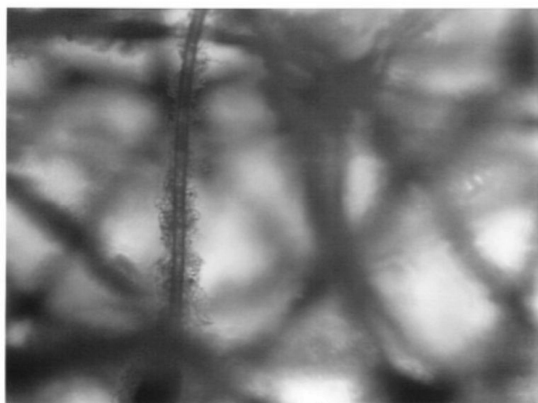


図 6

【図 7】

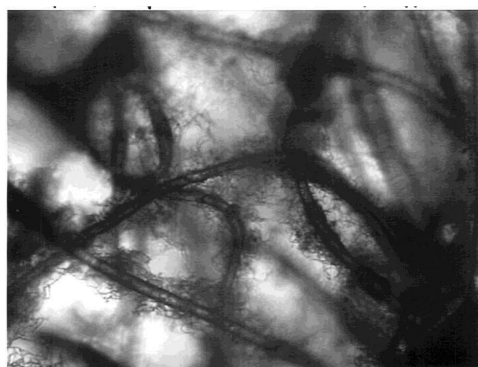


図 7

【図 8】



図 8

【図 9】

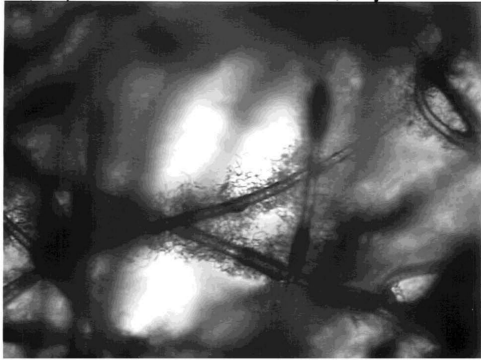


図 9

【図 1 1】

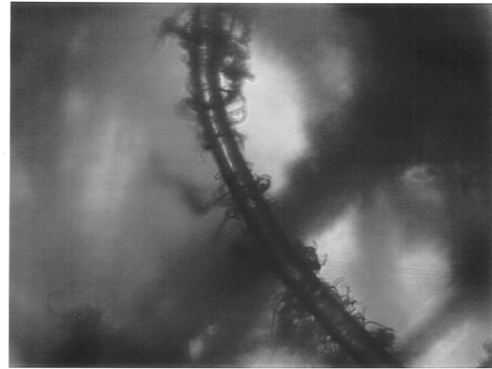


図 1 1

【図 1 0】



図 1 0

【図 1 2】

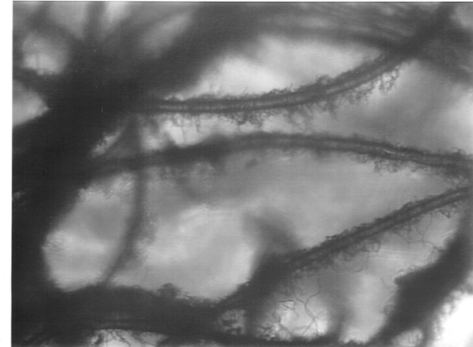


図 1 2

【図 1 3】



図 1 3

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
 LMS Technologies, Inc.
 アメリカ合衆国 5 5 4 3 9 ミネソタ州ブルーミントン、セシリア・サークル 6 4 2 3 番

(74)代理人 100100158

弁理士 鮫島 睦

(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 5 5 4 3 9 ミネソタ州ブルーミントン、セシリア・サークル 6 4 2 3 番

(72)発明者 アル・バティン

アメリカ合衆国 5 5 4 3 9 ミネソタ州ブルーミントン、セシリア・サークル 6 4 2 3 番

(72)発明者 スコット・ビー・ベア

アメリカ合衆国 6 8 1 3 1 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 9 1 5 番

(72)発明者 ゲイリー・ボスピサル

アメリカ合衆国 6 8 1 3 1 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 9 1 5 番

審査官 相田 元

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 2 8 5 1 0 1 (U S , A 1)

特開 2 0 1 1 - 0 0 6 8 0 7 (J P , A)

特開 2 0 0 9 - 1 5 0 0 0 5 (J P , A)

特開 2 0 0 7 - 0 4 6 4 7 8 (J P , A)

特開平 0 5 - 2 2 0 3 1 3 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 2 / 0 0 6 3 0 0 (W O , A 1)

特開平 0 3 - 2 7 9 4 5 2 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 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