

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7005124号

(P7005124)

(45)発行日 令和4年1月21日(2022.1.21)

(24)登録日 令和4年1月7日(2022.1.7)

(51)国際特許分類

F I

B 0 1 D 39/14 (2006.01)

B 0 1 D

39/14

M

B 0 1 D

39/14

G

B 0 1 D

39/14

C

B 0 1 D

39/14

E

請求項の数 22 外国語出願 (全16頁)

(21)出願番号 特願2016-82175(P2016-82175)

(22)出願日 平成28年4月15日(2016.4.15)

(65)公開番号 特開2017-6906(P2017-6906A)

(43)公開日 平成29年1月12日(2017.1.12)

審査請求日 平成31年4月9日(2019.4.9)

(31)優先権主張番号 14/689,503

(32)優先日 平成27年4月17日(2015.4.17)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(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Products Unlimited ,
Inc .

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

(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 , I
nc .

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

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】

上流側と下流側とを有する繊維構造体であって、各ミクロンサイズの繊維が少なくとも 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、複数の個別の長さのナノ繊維と

を含み、

前記複数の個別の長さのナノ繊維の少なくとも 5 0 % は、捲縮していないナノ繊維であり、捲縮していない前記複数の個別の長さのナノ繊維の少なくとも一部が、前記複数のミクロンサイズの繊維から、少なくとも 1 つの局在したマイクロポariumを形成する少なくとも 1 つのマイクロポアの中に延在しており、

前記捲縮していないナノ繊維は、7 0 % 以上の捲縮率を有し、

捲縮していない前記複数の個別の長さのナノ繊維の前記少なくとも一部の長さは、前記少なくとも 1 つのマイクロポアの空間よりも長い、繊維構造体。

【請求項 2】

前記ミクロンサイズの繊維の前記直径が、2 ミクロンから約 1 0 0 0 ミクロンである請求項 1 に記載の繊維構造体。

【請求項 3】

前記複数の個別の長さのナノ繊維が、0 . 0 0 1 ミクロンから約 2 ミクロンの直径を有する請求項 1 に記載の繊維構造体。

【請求項 4】

前記複数の個別の長さのナノ繊維が、それら自身と絡み合ってマイクロボリュームを形成する請求項 1 に記載の繊維構造体。

【請求項 5】

前記複数の個別の長さのナノ繊維の分布が、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請求項 1 に記載の繊維構造体。

【請求項 6】

前記複数の個別の長さのナノ繊維の直径が、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請求項 1 に記載の繊維構造体。

【請求項 7】

前記複数のミクロンサイズの繊維および前記複数の個別の長さのナノ繊維の 1 以上の上に接着剤をさらに含む請求項 1 に記載の繊維構造体。

【請求項 8】

前記複数のミクロンサイズの繊維および前記複数の個別の長さのナノ繊維の 1 以上に付着した 1 以上の機能性ナノ粒子をさらに含む請求項 1 に記載の繊維構造体。

【請求項 9】

前記 1 以上の機能性ナノ粒子が、活性炭および抗菌材料の 1 以上を含む請求項 8 に記載の繊維構造体。

【請求項 10】

前記複数のミクロンサイズの繊維および前記複数の個別の長さのナノ繊維の 1 以上が、静電材料を含む請求項 1 に記載の繊維構造体。

【請求項 11】

前記複数のミクロンサイズの繊維および前記複数の個別の長さのナノ繊維の 1 以上が、疎水性材料を含む請求項 1 に記載の繊維構造体。

【請求項 12】

前記複数のミクロンサイズの繊維またはおよび前記複数の個別の長さのナノ繊維の 1 以上が、親水性材料を含む請求項 1 に記載の繊維構造体。

【請求項 13】

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 つのミクロポアを規定している、複数のミクロンサイズの繊維を提供する工程と、
(i) 複数の細長いナノ繊維をあるサイズに切断すること、(i i) 液体中に分散された複数の細長いナノ繊維を、グライディングすることまたはミリングすることの少なくとも一方、および (i i i) 乾燥したナノ繊維の凝集体をグライディングすること、の少なくとも 1 つにより、複数のナノ繊維を提供する工程と、

濾過媒体を形成するために、前記複数のナノ繊維を前記ミクロンサイズの繊維のそれぞれに直接付着させる工程と

を含む濾過媒体の形成方法であって、

前記濾過媒体において、前記複数のナノ繊維の少なくとも 50 % は捲縮していないナノ繊維であり、前記捲縮していないナノ繊維の少なくとも一部が、前記複数のミクロンサイズの繊維から、少なくとも 1 つの局在したマイクロボリュームを形成する少なくとも 1 つのミクロポアの中に延在するように構成されており、

前記捲縮していないナノ繊維は、70 % 以上の捲縮率を有し、

前記捲縮していないナノ繊維の前記少なくとも一部は、前記少なくとも 1 つのミクロポアの空間よりも長い、濾過媒体の形成方法。

【請求項 14】

前記複数のナノ繊維を付着させる前記工程が、前記濾過媒体の前記ミクロンサイズの繊維を製造するプロセス中、または前記濾過媒体の前記ミクロンサイズの繊維を製造する前記プロセス後の少なくとも一方において、前記複数のナノ繊維を前記ミクロンサイズの繊維のそれぞれに被覆させることを含む請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

前記複数のナノ繊維を付着させる前記工程が、前記ナノ繊維と前記ミクロンサイズの繊維とをブレンドすることにより、前記複数のナノ繊維を前記濾過媒体のミクロンサイズの繊維に付着させることを含む請求項 13 に記載の方法。

【請求項 16】

濾過媒体を形成するために、前記複数のナノ繊維を前記ミクロンサイズの繊維のそれぞれに直接付着させる前記工程が、湿式製法により、前記複数のナノ繊維を、前記ミクロンサイズの繊維のそれぞれに直接付着させることを含む、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 17】

前記複数のナノ繊維を前記ミクロンサイズの繊維のそれぞれに直接付着させる前記工程が、液体と前記複数のナノ繊維との混合物を、前記ミクロンサイズの繊維に噴霧することを
10

【請求項 18】

複数の濾過層を含む濾過媒体構造体であって、前記複数の濾過層の少なくとも 1 つの層が、各ミクロンサイズの繊維が少なくとも 1 ミクロンの直径を有する本体を含み、前記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 つのポアの中に延在している、複数の個別の長さのナノ繊維と

を含み、

20

前記複数の個別の長さのナノ繊維の少なくとも 50% は、捲縮していないナノ繊維であり、捲縮していない前記複数の個別の長さのナノ繊維の少なくとも一部が、前記ミクロンサイズの繊維から、少なくとも 1 つの局在したマイクロボリュームを形成する少なくとも 1 つのポアの中に延在しており、

前記捲縮していないナノ繊維は、70%以上の捲縮率を有し、

捲縮していない前記複数の個別の長さのナノ繊維の前記少なくとも一部は、前記少なくとも 1 つのポアの空間よりも長い、濾過媒体構造体。

【請求項 19】

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 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配置されている請求項 18 に記載の濾過媒体構造体。
30

【請求項 20】

前記複数の層の各層が、個別の長さのナノ繊維を前記複数の層のそれぞれとは異なる量で含む請求項 18 に記載の濾過媒体構造体。

【請求項 21】

前記複数の層の各層が、前記複数の層のそれぞれとは異なる大きさの、個別の長さのナノ繊維を含む請求項 18 に記載の濾過媒体構造体。

【請求項 22】

前記複数の層の各層が、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 つを含む請求項 18 に記載の濾過媒体構造体。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

[関連出願の相互参照]

本出願は、米国特許法第 120 条の下で、2013 年 11 月 8 日に出願された、「濾過媒体の繊維構造体およびその製造方法」と題する米国出願第 14 / 075,635 の利益を主張し、当該出願は、米国特許法第 119 条 (e) の下で、2013 年 3 月 15 日に出願された、「ハイレフト (HIGH LOFT) 繊維構造体およびその製造方法」と題する米国仮出願第 61 / 789,309 の利益を主張する。米国出願第 14 / 075,635 は、参照により全体として本明細書に組み入れられる。

【背景技術】

50

【 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ア流体を含んでよい。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、かつ個別の長さ（または個別の長さ、a discrete length）を有している。例えば、個別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ときに、ナノ繊維はそれら自身の間で絡み合い、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、改質された繊維を形成する。多数のこれらの改質された繊維は、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。

【 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。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 6 】

【 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、個別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 の個別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媒体の繊維構造体のある焦点深度における顕微鏡写真である。

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

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

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

【 図 10 】 図 10 は、捲縮していないナノ繊維がミクロ繊維に付着した、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である。

【 図 11 】 図 11 は、捲縮していないナノ繊維を用いた、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である。

【 図 12 】 図 12 は、捲縮していないナノ繊維を用いた、本開示の実施形態に係る媒体の繊維構造体のある焦点深度における顕微鏡写真である。

【図 1 3】図 1 3 は、捲縮していないナノ繊維を用いた、本開示の実施形態に係る媒体の繊維構造体のある焦点深度における顕微鏡写真である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

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ることが可能なナノ繊維のウェブ（webs）を支持することができ、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できる。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できる。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。

【0008】

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、個別の長さを備えている捲縮した本体構造を有することができる。例えば、個別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とき、ナノ繊維はそれら自身の間で絡み合い、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、改質された繊維を形成する。ある実施形態において、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。ある実施形態において、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。ある実施形態において、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。ある実施形態において、ミクロ繊維へのナノ繊維の付着は、タッキファイヤーのような接着材料を用いる、ナノ繊維とミクロ繊維との間の接着により達成される。多数のこれらの改質された繊維（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。

【0009】

本明細書に記載される改質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できるように、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。

【0010】

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でき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。

【 0 0 1 1 】

コミュニケーション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。

「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 1 0 0 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 1 0 0 倍の長さを有する、柔軟な糸状の物体である。

「捲縮（またはクリンプ、crimp）」とは、繊維自身が、自然な、弛緩したおよび拘束されていない状態にあるときに、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。

10

「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とき、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（D 1）を絵によって表したものを示す。

“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とき、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（D 2）を絵によって表したものを示す。

20

「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 1 0 0 を掛けることで、「捲縮率」を測定する。

「ハイロフト媒体（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、媒体を作るミ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

「ミクロボリューム」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、ミクロボリュームの上、内部および全体に至ってランダムに配置されたミクロポアを形成している。

30

【実施例】

【 0 0 1 2 】

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ロフトパッドである。符号 1 0 は、より大径のミクロ繊維 1 4 の周囲に、ナノ繊維 1 2 が付着しおよび絡み付いている、本開示のハイロ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 1 2 がミクロ繊維 1 4 に付着していることである。図 1 および図 2（並びに図 5 ~ 9 に示される媒体の繊維構造体の対応する顕微鏡写真）のナノ繊維 1 2 は、大径のミクロ繊維 1 4 の周囲に付着しおよび絡み付いている相当量の捲縮したナノ繊維を用いる。ある実施形態において、相当量の捲縮したナノ繊維 1 2 は、ナノ繊維の全量の少なくとも約 5 0 % を含む。ナノ繊維の捲縮した構造は、捲縮をナノ繊維に与えること、ナノ繊維（合成材料または非合成材料であってよい）の材料特性等に由来することができる。図 1 0 および図 1 3 は、大径のミクロ繊維 1 4 の周囲に付着しおよび絡み付いている相当量の捲縮していないナノ繊維 1 2 を有する例示的な実施形態を示す。ある実施形態において、相当量の捲縮していないナノ繊維 1 2 は、ナノ繊維の全量の少なくとも約 5 0 % を含む。捲縮していないナノ繊維は、弛緩した状態にある繊維構造体に関連する、著しい（または、有意な、significant）波状の、曲がった、渦巻いた、曲線状、渦巻き状、鋸歯状または同様の形状を含まない繊維構造体を用い、ガラス繊維を含むことができるが、それに限定されない。例えば、例示的な実施形態において、捲縮していないナノ繊維は、約 7 0 % 以上の捲縮率を有する。

40

50

【 0 0 1 3 】

図 1 および図 2（相当量の捲縮したナノ繊維を有する）並びに図 1 0 および図 1 1（相当量の捲縮していないナノ繊維を有する）に示されるように、複数のナノ繊維 1 2 は、ハイロフト繊維媒体のより大径のミクロ繊維 1 4 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 1 2 自身の間にも絡み付いている。さらに、ナノ繊維は、ハイロフト媒体のミクロ繊維 1 4 によ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 1 4 】

図 1 および図 2 並びに図 1 0 および図 1 1 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、それら自身をより大径の繊維 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 ~ 9（相当量の捲縮したナノ繊維を有する）並びに図 1 2 および図 1 3（相当量の捲縮していないナノ繊維を有する）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。

【 0 0 1 5 】

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 よりも小さくする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、捲縮しているとき（または捲縮していない繊維が用いられるとき）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。実施形態において、小径の繊維はポアの空間より長く、局在したマイクロウェブ（micro-web）を形成できる。しかし、これらの局在したマイクロウェブは空間において 3 次元的である。これらは、局在したミクロボリュームということができる（図 1 3 の 1 3 0 0 で示される）。実施形態において、ミクロボリュームは、濾過媒体に亘って至る所にランダムに分布することができる。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よい。

【 0 0 1 6 】

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

10

20

30

40

50

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って形成される表面積およびマイ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。

【 0 0 1 7 】

10

実施形態において、機能性（functional）ナノ粒子が、改質された繊維構造体（すなわち、ナノ繊維が付着したミクロン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、改質された繊維構造体に堆積および／または付着した活性炭および／または抗菌材料を含んでよい。ミクロ繊維およびナノ繊維への活性炭および抗菌材料のようなナノ粒子の付着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起因して、圧力低下が著しく増加することなく、繊維のガス吸収効率および殺菌の効力を促進することができる。

【 0 0 1 8 】

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できる。

20

【 0 0 1 9 】

未加工の（または、原料の、raw）ナノ繊維は、いくつかの形態で作ることができる。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よい。この形態において、ナノ繊維は切断することができ、実施形態において、切断および捲縮して、直径に対する長さの所望の比率を得ることができる。未加工のナノ繊維の他の形態は、液体（特定の形態においては水である）中に分散された、グラインドされ（または、磨砕され、粉碎され、ground）またはミリングされた（または、鍊磨された、微粉碎された、milled）、予め捲縮したナノ繊維から構成されてよい。ナノ繊維と液体との混合物は、液体噴霧装置によってミクロ繊維に適用されてよい。さらに、ナノ繊維（例えば、捲縮したおよび／または捲縮していない）と液体との混合物は、湿式製法（または、湿式堆積プロセス、wet laid process）を用いて濾過媒体を作るのに使用されてよい。未加工のナノ繊維の他の形態は、ナノ繊維の凝集体である、乾燥した塊（clumps）または大きな塊（chunks）である。濾過媒体のミクロ繊維に付着するための個々のナノ繊維（例えば、捲縮したおよび／または捲縮していない）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、磨砕、粉碎、grinding）が利用されてよい。

30

【 0 0 2 0 】

本開示の製品の製造方法は、

- （１）ミクロ繊維 １４ および １５ を製造する工程の間に、ナノ繊維 １２ をミクロ繊維 １４ および １５ に付着させる工程と、
 - （２）ミクロ繊維が製造された後に、ナノ繊維 １２ をミクロ繊維 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、ナノ繊維 １２ をミクロ繊維 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、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 1 】

本明細書に記載される 1 つ以上の方法において、ナノ繊維 １２ は、絡み付き、接着、帯電

50

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、それら自身を濾過媒体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ナノ繊維は、それ自身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。

10

【００２２】

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、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できる。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できる。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。

【００２３】

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。

20

【００２４】

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できる。

【００２５】

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。

30

【００２６】

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よい。最終的な濾過媒体の効果的なポア（すなわち、マイクロボリューム）の大きさは、マイクロ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。

【００２７】

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、マイクロボリューム）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。

40

【００２８】

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

50

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。本明細書の開示内容は、以下の態様を含み得る。

(態様 1)

上流側と下流側とを有する繊維構造体であって、各ミクロンサイズの繊維が少なくとも 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、複数の個別の長さのナノ繊維とを含む繊維構造体。

(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 ミクロンである態様 1 に記載の繊維構造体。

(態様 3)

前記複数の個別の長さのナノ繊維が、約 0 . 0 0 1 ミクロンから約 2 ミクロンの直径を有する態様 1 に記載の繊維構造体。

(態様 4)

前記複数の個別の長さのナノ繊維が、それら自身と絡み合っミクロボリウムを形成する態様 1 に記載の繊維構造体。

(態様 5)

前記複数の個別の長さのナノ繊維の少なくとも一部が、前記複数のミクロンサイズの繊維によって形成された少なくとも 1 つのミクロポアの中に延在している態様 1 に記載の繊維構造体。

(態様 6)

前記複数の個別の長さのナノ繊維の少なくとも一部が、前記複数のミクロンサイズの繊維から、少なくとも 1 つの局在したミクロボリウムを形成する少なくとも 1 つのミクロポアの中に外向きに延在している態様 5 に記載の繊維構造体。

(態様 7)

前記複数の個別の長さのナノ繊維の分布が、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態様 1 に記載の繊維構造体。

(態様 8)

前記複数の個別の長さのナノ繊維の直径が、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態様 1 に記載の繊維構造体。

(態様 9)

前記複数のミクロンサイズの繊維および前記複数の個別の長さのナノ繊維の 1 以上の上に接着剤をさらに含む態様 1 に記載の繊維構造体。

(態様 1 0)

前記複数のミクロンサイズの繊維および前記複数の個別の長さのナノ繊維の 1 以上に付着した 1 以上の機能性ナノ粒子をさらに含む態様 1 に記載の繊維構造体。

(態様 1 1)

前記 1 以上の機能性ナノ粒子が、活性炭および抗菌材料の 1 以上を含む態様 1 0 に記載の繊維構造体。

(態様 1 2)

前記複数のミクロンサイズの繊維および前記複数の個別の長さのナノ繊維の 1 以上が、静電材料を含む態様 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および前記複数の個別の長さのナノ繊維の 1 以上が、疎水性材料を含む態様 1 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またはおよび前記複数の個別の長さのナノ繊維の 1 以上が、親水性材料を含む態様 1 に記載の濾過媒体。

10

20

30

40

50

(態様 1 5)

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つのミクロポアを規定している、複数のミクロンサイズの繊維を提供する工程と、

(i) 複数の細長いナノ繊維をあるサイズに切断すること、ここで、前記複数のナノ繊維が、前記ミクロンサイズの繊維から、少なくとも1つの局在したミクロボリュームを形成する少なくとも1つのミクロポアの中に外向きに延在するように構成されている、(i i) 液体中に分散された複数の細長いナノ繊維を、グライディングすることまたはミリングすることの少なくとも一方、および(i i i) 乾燥したナノ繊維の凝集体をグライディングすること、の少なくとも1つにより、複数のナノ繊維を提供する工程と、

濾過媒体を形成するために、前記複数のナノ繊維を前記ミクロンサイズの繊維のそれぞれに直接付着させる工程と
を含む濾過媒体の形成方法。

10

(態様 1 6)

前記複数のナノ繊維を付着させる前記工程が、前記濾過媒体の前記ミクロンサイズの繊維を製造するプロセス中、または前記濾過媒体の前記ミクロンサイズの繊維を製造する前記プロセス後の少なくとも一方において、前記複数のナノ繊維を前記ミクロンサイズの繊維のそれぞれに被覆させることを含む態様 1 5 に記載の方法。

(態様 1 7)

前記複数のナノ繊維を付着させる前記工程が、前記ナノ繊維と前記ミクロンサイズの繊維とをブレンドすることにより、前記複数のナノ繊維を前記濾過媒体のミクロンサイズの繊維に付着させることを含む態様 1 5 に記載の濾過媒体。

20

(態様 1 8)

濾過媒体を形成するために、前記複数のナノ繊維を前記ミクロンサイズの繊維のそれぞれに直接付着させる前記工程が、湿式製法により、前記複数のナノ繊維を、前記ミクロンサイズの繊維のそれぞれに直接付着させることを含む、態様 1 5 に記載の方法。

(態様 1 9)

前記複数のナノ繊維を前記ミクロンサイズの繊維のそれぞれに直接付着させる前記工程が、液体と前記複数のナノ繊維との混合物を、前記ミクロンサイズの繊維に噴霧することを含む態様 1 5 に記載の方法。

(態様 2 0)

複数の濾過層を含む濾過媒体構造体であって、前記複数の濾過層の少なくとも1つの層が、

30

各ミクロンサイズの繊維が少なくとも1ミクロンの直径を有する本体を含み、前記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つのポアの中に外向きに延在している、複数の個別の長さのナノ繊維と
を含む濾過媒体構造体。

(態様 2 1)

前記複数の層が、ハイロフト濾過媒体として配置されている態様 2 0 に記載の濾過媒体構造体。

40

(態様 2 2)

前記複数の層の各層が、個別の長さのナノ繊維を前記複数の層のそれぞれとは異なる量で含む態様 2 0 に記載の濾過媒体構造体。

(態様 2 3)

前記複数の層の各層が、前記複数の層のそれぞれとは異なる大きさの、個別の長さのナノ繊維を含む態様 2 0 に記載の濾過媒体構造体。

(態様 2 4)

前記複数の層の各層が、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

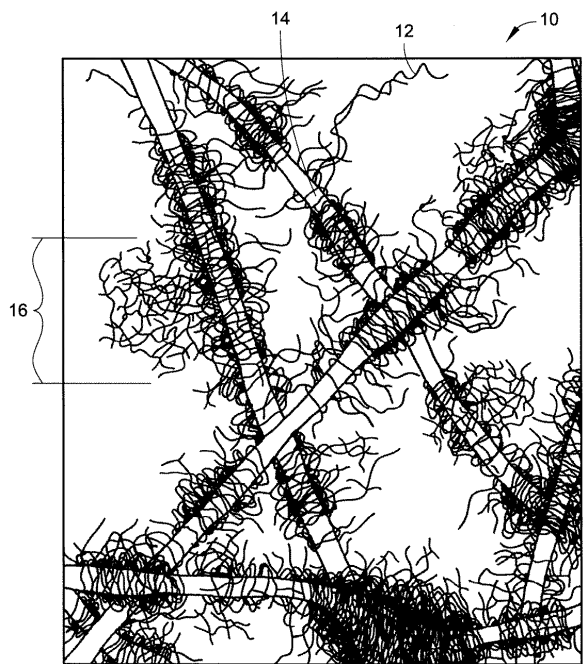
50

る厚さの少なくとも1つを含む態様20に記載の濾過媒体構造体。
(態様25)

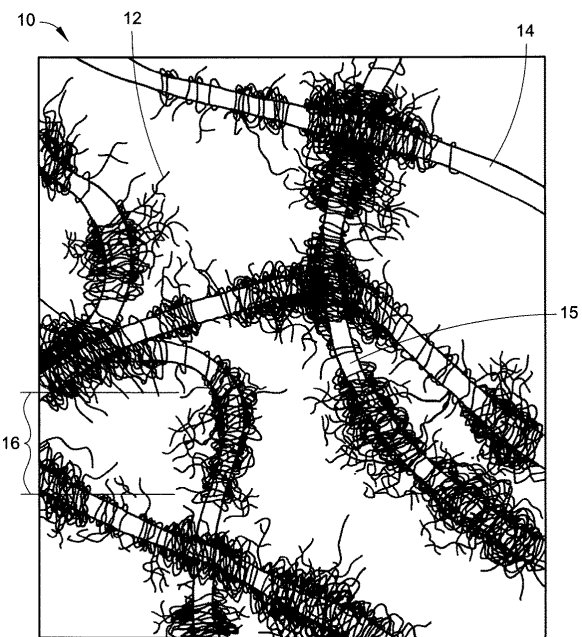
前記複数の個別の長さのナノ繊維の少なくとも一部が、前記ミクロンサイズの繊維から、
少なくとも1つの局在したマイクロボリュームを形成する少なくとも1つのポアの中に外
向きに延在している態様20に記載の濾過媒体構造体。

【図面】

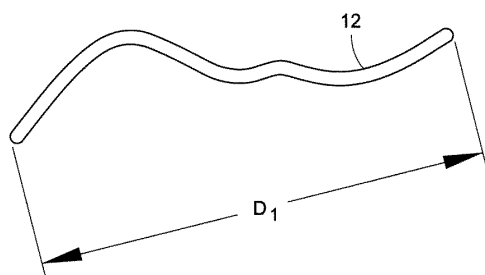
【図1】



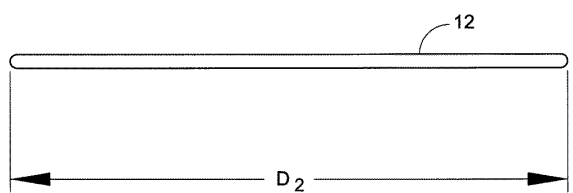
【図2】



【図3】



【図4】



10

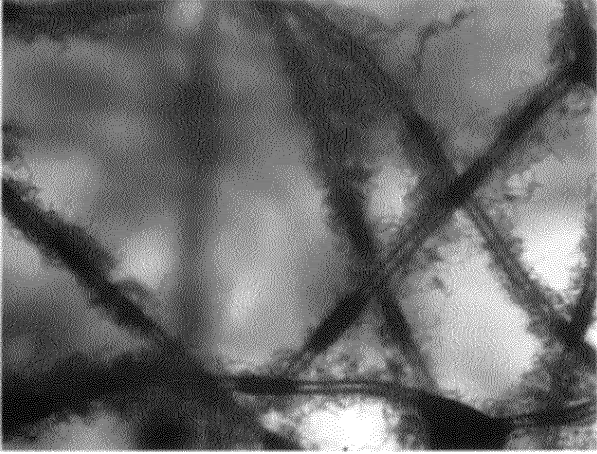
20

30

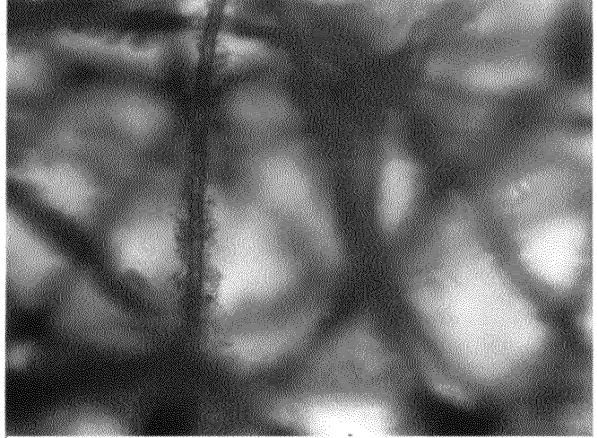
40

50

【図 5】

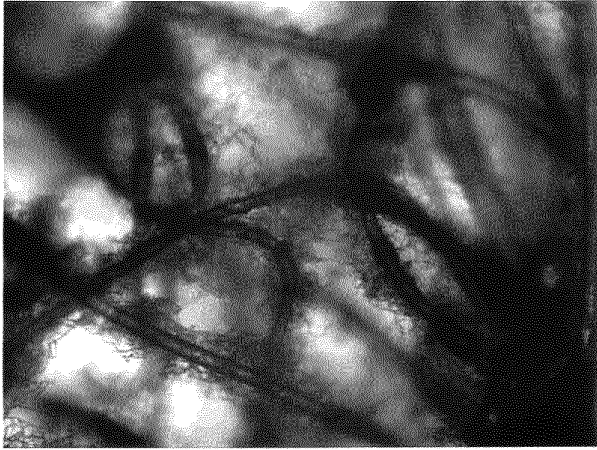


【図 6】



10

【図 7】



【図 8】



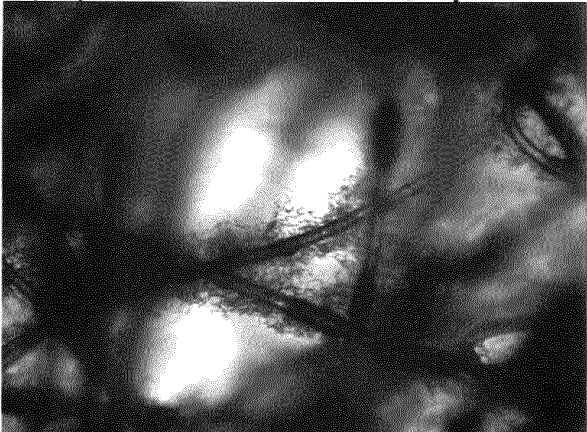
20

30

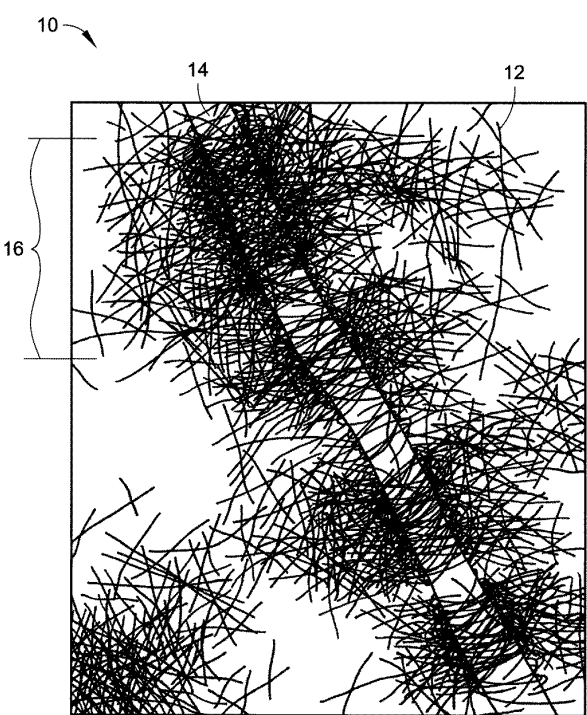
40

50

【図 9】



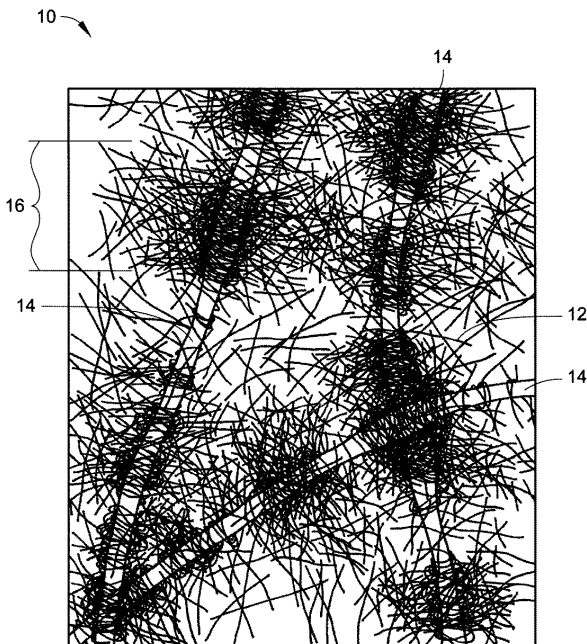
【図 10】



10

20

【図 11】



【図 12】

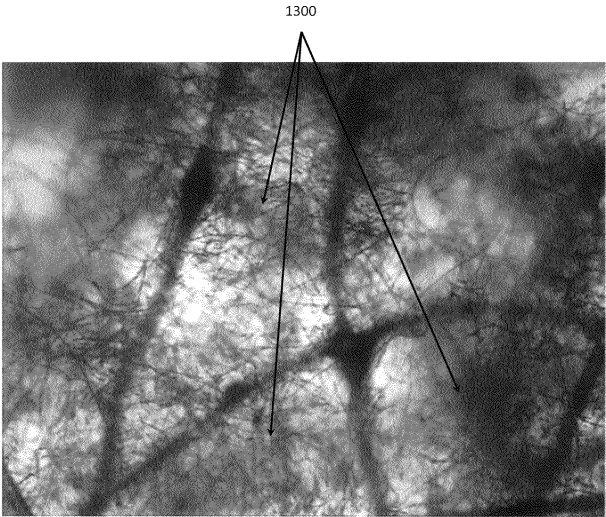


30

40

50

【 図 1 3 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

2 3 番

(74)代理人 100100158

弁理士 鮫島 睦

(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・ベイアー

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 宮部 裕一

(56)参考文献 特開 2 0 1 4 - 2 0 5 9 4 3 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 0 2 6 5 2 6 (U S , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 2 6 4 2 5 9 (U S , A 1)

特開 2 0 1 1 - 0 0 6 8 0 7 (J P , A)

特開 2 0 1 3 - 0 6 3 4 3 9 (J P , A)

特開 2 0 0 9 - 1 5 0 0 0 5 (J P , A)

特開 2 0 1 4 - 1 3 3 1 9 8 (J P , A)

特開 2 0 1 0 - 0 9 4 6 6 6 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

B 0 1 D 3 9 / 0 0 - 3 9 / 2 0

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