

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2025-511964
(P2025-511964A)

(43)公表日 令和7年4月16日(2025.4.16)

| (51)国際特許分類 | F I | テーマコード(参考) |
|-------------------------|---------------|-------------|
| D 0 4 H 1/736(2012.01) | D 0 4 H 1/736 | 4 D 0 1 9 |
| B 0 1 D 39/16 (2006.01) | B 0 1 D 39/16 | A 4 L 0 4 7 |
| D 0 4 H 3/16 (2006.01) | B 0 1 D 39/16 | E |
| D 0 4 H 1/413(2012.01) | D 0 4 H 3/16 | |
| | D 0 4 H 1/413 | |

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全55頁)

| | | | |
|-------------------|--|---------|-----------------------------------|
| (21)出願番号 | 特願2024-559670(P2024-559670) | (71)出願人 | 524351349 |
| (86)(22)出願日 | 令和5年4月7日(2023.4.7) | | マティヴ ルクセンブルク |
| (85)翻訳文提出日 | 令和6年12月9日(2024.12.9) | | ルクセンブルク 5 3 2 6 コンターン |
| (86)国際出願番号 | PCT/US2023/017967 | | リユー エドモン ルテ 1 7 |
| (87)国際公開番号 | WO2023/196652 | (71)出願人 | 514065151 |
| (87)国際公開日 | 令和5年10月12日(2023.10.12) | | エルエムエス・テクノロジーズ・インコ |
| (31)優先権主張番号 | 63/329,162 | | ーポレイテッド |
| (32)優先日 | 令和4年4月8日(2022.4.8) | | L M S T e c h n o l o g i e s , I |
| (33)優先権主張国・地域又は機関 | 米国(US) | | n c . |
| (81)指定国・地域 | AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW), EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES, FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV | (74)代理人 | 100103610 |
| | 最終頁に続く | | 弁理士 吉 田 和彦 |
| | | (74)代理人 | 100109070 |
| | | | 最終頁に続く |

(54)【発明の名称】 繊維状材料を製造するためのシステム及び方法

(57)【要約】

繊維状材料及びフィルターなどの製品を製造するためのシステム、装置及び方法が提供される。システムは、1つ又は複数の繊維ストリームを生成するための第1の装置、及びガス状媒体内のナノ粒子を単離するための第2の装置を含む。第2の装置は、ナノ粒子をストリーム中に形成し、このストリームを繊維ストリーム中に供給し、繊維状材料を形成する。これは、繊維状材料全体を通してより均一にナノ粒子を分散させる。加えて、ナノ粒子は、材料内の全体表面積を増大させ、これは、特定の用途では、その濾過効率を高め、フィルターを通る圧力の低下などの他の因子を大きく損なうことなしに、サブミクロン混入物の捕捉を可能にする。これらのシステム及び方法で製造されたフィルターは、過酷な検査に耐えることができ、これは、フィルターが、フィルターの寿命を通して実質的に同一レベルの濾過性能を達成することを可能にする。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

繊維状材料の製造方法であって、
第 1 の繊維ストリームを用意すること；
第 2 のナノ粒子ストリームを生成すること；及び
前記第 1 及び第 2 のストリームを混合して前記繊維状材料を形成すること、
を含み、前記ナノ粒子が少なくとも 1 つの 1 ミクロン未満の次元を有する、方法。

【請求項 2】

前記ナノ粒子を前記第 1 の繊維ストリーム中に実質的に均一に供給することを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 3】

前記繊維及び前記ナノ粒子が前記繊維材料全体にわたり実質的に均一に一緒に混合されるように前記繊維状材料を形成することを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

繊維フィラメントを加熱及び押出して、前記第 1 の繊維ストリームを形成することを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記繊維フィラメントを引き伸ばし、分離することを更に含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

カーディング装置で前記第 1 の繊維ストリームを形成することを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 7】

第 1 及び第 2 のカーディング装置を用意すること、及び前記第 1 と第 2 のカーディング装置の間で、前記第 2 のナノ粒子ストリームを前記第 1 の繊維ストリーム中に導入することを更に含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

繊維状材料を溶融状態に加熱し、前記繊維状材料を押し出して繊維状材料の溶融糸を形成すること；

溶融糸の第 1 及び第 2 のストリームを形成すること；及び

30

前記第 1 及び第 2 の溶融糸のストリームを形成領域で整列させること、
を更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

個別のナノ繊維の前記第 2 のストリームを前記形成領域で前記第 1 及び第 2 の溶融糸のストリームに収束させることを更に含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記ナノ粒子をガス状媒体内で単離する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

ナノ繊維のマクロクラスターをナノ繊維群に機械的に分離することを更に含む、請求項 10 に記載の方法。

40

【請求項 12】

前記ナノ繊維群を個別のナノ粒子に変換することを更に含む、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記ナノ繊維群に減圧を加え、前記ナノ繊維群を圧縮空気ストリーム中に引き込むことを更に含む、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記ナノ繊維群を表面に対し前進させて、前記ナノ繊維群の少なくとも一部を前記ナノ粒子に分解することを更に含む、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

50

前記ナノ繊維群を、約 10 . 16 ~ 約 30 . 48 m / s (約 2 , 000 ~ 約 6 , 000 フィート / 分) の速度で前記表面に対し前進させる、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 16】

前記ナノ繊維群から前記ナノ粒子を分離することを更に含む、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

前記ナノ繊維群及び前記ナノ粒子に渦巻きを当て、減圧を加えて、前記ナノ粒子から前記ナノ繊維群を引き出すことを更に含む、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記ナノ粒子を前記第 2 の繊維ストリームに分散させることを更に含む、請求項 17 に記載の方法。 10

【請求項 19】

前記繊維状材料をフィルターに変換することを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 20】

繊維状材料を製造するためのシステムであって、

1 つ又は複数の繊維ストリームを生成するための第 1 の装置；

ガス状媒体内のナノ粒子を単離するための第 2 の装置であって、前記ナノ粒子は、少なくとも 1 つの 1 ミクロン未満の次元を有する、装置を含み；

前記第 2 の装置は、前記ナノ粒子をストリーム中に形成し、前記ストリームを 1 つ又は複数の前記繊維ストリーム中に供給し、前記繊維状材料を形成する、システム。 20

【請求項 21】

前記ナノ粒子を 1 つ又は複数の前記繊維ストリーム中に実質的に均一に供給するように構成されたノズルを更に含む、請求項 20 に記載のシステム。

【請求項 22】

前記ノズルは、前記繊維全体にわたり実質的に均一に前記ナノ粒子を混合する速度で、前記ナノ粒子を前記繊維ストリーム中に供給する、請求項 21 に記載のシステム。

【請求項 23】

前記第 1 の装置は、繊維フィラメントを加熱及び押出するように構成された 1 つ又は複数の押出機と、前記押出機に連結された紡糸ブロックとを含むスパンボンド装置を含む、請求項 20 に記載のシステム。 30

【請求項 24】

前記第 1 の装置は、カーディング装置を含む、請求項 20 に記載のシステム。

【請求項 25】

第 1 及び第 2 のカーディング装置を更に含み、前記第 2 の装置は、前記第 1 及び第 2 のカーディング装置の間に前記ナノ粒子を分散する、請求項 24 に記載のシステム。

【請求項 26】

前記第 1 の装置は、前記繊維状材料を熔融状態に加熱し、前記繊維状材料を押し出して繊維状材料の熔融糸を形成するように構成された第 1 及び第 2 のメルトブローンダイを含む、請求項 20 に記載のシステム。

【請求項 27】 40

前記第 1 及び第 2 のメルトブローンダイは、第 1 及び第 2 の繊維ストリームを生成し、前記第 1 及び第 2 の繊維ストリームを形成領域で組み合わせるように整列される、請求項 26 に記載のシステム。

【請求項 28】

前記ノズルは、個別のナノ粒子の前記ストリームを前記形成領域で前記第 1 及び第 2 の繊維ストリームに収束させるように整列される、請求項 27 に記載のシステム。

【請求項 29】

前記第 2 の装置は、ナノ繊維マクロクラスターをナノ繊維クラスターに機械的に分離するためのセパレーターを含む、請求項 20 に記載のシステム。

【請求項 30】 50

前記第 2 の装置は、
 圧縮空気源；
 ポンプ；
 前記圧縮空気源を前記ポンプに連結する第 1 の通路；及び
 前記セパレーターを前記ポンプに連結する第 2 の通路、
 を含む、請求項 20 に記載のシステム。

【請求項 31】

前記ポンプは、減圧を生成し、前記セパレーターから前記第 2 の通路を通して小さいナノ繊維クラスターを引き出すように構成された排出装置を含む、請求項 30 に記載のシステム。

10

【請求項 32】

前記排出装置に連結されたエネルギー源；
 前記排出装置に連結された第 3 の通路；及び
 前記第 3 の通路内の表面を含み、
 前記エネルギー源は、前記小さいナノ繊維クラスターを前記表面に対して前進させて、
 前記小さいナノ繊維クラスターの少なくとも一部を個別のナノ粒子に変換するように構成されている、請求項 31 に記載のシステム。

【請求項 33】

前記ナノ繊維クラスターを、約 10 . 16 ~ 約 30 . 48 m / s (約 2 , 0 0 0 ~ 約 6 , 0 0 0 フィート / 分) の速度で前進させる、請求項 32 に記載のシステム。

20

【請求項 34】

前記エネルギー源は、前記表面に対して前記小さいナノ繊維クラスターを引き込み、前記小さいナノ繊維クラスターを個別のナノ粒子に分解するように構成された第 2 のポンプを含む、請求項 32 に記載のシステム。

【請求項 35】

第 3 の通路に連結された内部チャンバーを有する反応器を更に含み、
 前記反応器は、前記ナノ繊維クラスターから前記個別のナノ粒子を分離するように構成されている、請求項 32 に記載のシステム。

【請求項 36】

前記反応器の前記内部チャンバーは、前記通路に連結された 1 つ又は複数の入口を含み、前記ポンプは、前記個別の繊維及び前記ナノ繊維クラスターを、前記入口を通じて、前記反応器内に渦巻きを作り出す速度ベクトルで前進させるように構成されている、請求項 35 に記載のシステム。

30

【請求項 37】

前記内部チャンバーは、実質的に中央管を含み、前記速度ベクトルは、前記管の長手方向軸に対し直交する方向を含む、請求項 36 に記載のシステム。

【請求項 38】

前記中央管は、上部開口を有する実質的に円筒形の外表面を含み、前記個別の繊維及び前記ナノ繊維クラスターは、前記中央管の前記外表面の周りを渦巻き状に前進させられる、請求項 37 に記載のシステム。

40

【請求項 39】

前記個別のナノ粒子は、前記中央管の前記上部開口中に引き込まれる、請求項 38 に記載のシステム。

【請求項 40】

前記内部チャンバーは、前記 1 つ又は複数の入口から前記内部チャンバーの反対端に 1 つ又は複数の出口を含み、前記システムは、前記出口に連結され且つ前記チャンバーに減圧を加えて前記ナノ繊維クラスターを前記出口を通して引き出すように構成されるエネルギー源を更に含む、請求項 39 に記載のシステム。

【請求項 41】

前記繊維状材料は濾材を含む、請求項 20 に記載のシステム。

50

【請求項 4 2】

請求項 1 に記載の方法により形成された繊維状材料。

【請求項 4 3】

請求項 1 に記載の方法により形成された濾材。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2022年4月8日出願の米国特許仮出願第63/329,162号の優先権を主張する。この仮出願の全開示は、本出願において参照により本明細書に組み込まれる。本出願は、2022年4月8日出願の同一出願人による同時係属の米国特許仮出願第63/329,009号、同第63/328,983号、同第63/328,998号、同第63/328,970号、同第63/328,959号、同第63/329,018号、同第63/329,137号、同第63/329,158号、同第63/329,146号、同第63/329,155号、同第63/329,161号、同第63/329,161号明細書にも関する。これらの全開示は、本出願において、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

10

本明細書は、概して、材料内にナノ粒子を組み込んだ濾材などの繊維状材料及び繊維状材料を含む製品の製造システム及び製造方法に関する。

【背景技術】

20

【0002】

繊維状材料は、それらの微細繊維サイズのために濾過装置で混入物を捕捉するのに特に有用である。濾材の繊維はマイクロメートル尺度で測定され、スパンボンド、メルトブローン、エレクトロスピンニング又は他の技術により形成できる。微細繊維は、流体が濾材を通して流れる間に、濾材中で混入物を捕捉し、除去する。

【0003】

繊維状材料を組み込んだ2つの主たるタイプの濾過装置には、表面フィルター及びデブスフィルターが挙げられる。膜又はフィルムなどの表面フィルターは、混入物が濾材構造に入る前に捕捉される障壁として機能する。これらの表面フィルターは通常、サブミクロン細孔径及び狭い細孔径分布を有する。表面フィルターは、比較的高い粒子捕捉効率を有する傾向がある。しかし、それらはまた、比較的高い圧力低下及び低い集塵容量を有する。高い圧力低下は、フィルターを通る空気流の低下を生ずる。低い集塵容量は、フィルターの寿命を顕著に短くする。従って、表面フィルターは、空気濾過産業界では、限られた数の用途にしか使用されていない。

30

デブスフィルターは、中から高効率で、低い圧力低下、及び比較的高い集塵容量を有する空気濾過装置で一般に用いられている。従来の住宅及び市販のエアフィルター、例えば、HEPAフィルターは通常、約0.3~10ミクロンの粒子を捕捉する能力により格付けされる。この格付けは、最小効率報告値、即ち、MERVと呼ばれ、米国暖房冷凍空調学会(ASHRAE)により開発されている。MERV値は1~16の範囲であり、より高い値は、特定のタイプの粒子の除去でより高い効率を示す。

40

混入物は、広範囲のサイズを有する。しかし、1ミクロンより小さい混入物は、人体に対して最も有害な粒子であり、比較的濾過が困難である。例えば、従来の機械的なエアフィルターは通常、繊維状濾過材料で約8~10のMERV値を報告している。従って、これらの濾材は通常、ウィルス及び他の有害な病原体などのサブミクロン粒子を捕捉しない。

【0004】

濾過産業界は、これらのサブミクロン粒子を捕捉するために2つの異なる方法：静電力及び濾材内のナノ粒子の利用に焦点を絞った。静電フィルターは、摩擦電気法、コロナ放電、ハイドロチャージング、静電紡糸又は他の既知の方法を用いて、繊維状材料内の繊維を静電的に帯電させることにより形成される。静電フィルターは、サブミクロン粒子の捕

50

捉に最も効率的で、1～3ミクロンのサイズの粒子の捕捉にかなり効率的で、及び3～10ミクロンのより大きな粒子の捕捉に極小さい程度に効率的である。静電繊維は、フェースマスク及びウィルスなどのサブミクロンの混入物を濾過する高効率フィルターなどの多くの濾過用途で一般的に使用される。

静電フィルターの1つの欠点は、静電荷が時間と共に及びフィルターの使用と共に減衰することである。従って、フィルターの効率は比較的急速に低下し、その寿命を短くする。例えば、初期MERV値13の静電フィルターは、静電力の減衰後、MERV値が少なくとも2～3点減少する可能性がある。これは、フィルターの寿命を損ない、サブミクロン粒子を捕捉するその能力を部分的に又は完全に阻害し得る。

【0005】

サブミクロン混入物を捕捉する別の方法は、繊維と併せたナノ粒子の使用である。濾過システムは、比較的大きなマイクロメートル尺度で測定される直径を有する繊維、及びそれに比べてより小さいナノ粒子を含む濾材を採用し得る。ナノ粒子は、濾材内の全体繊維サイズを減少させることにより、粒子捕捉のための濾材内の表面積を増大させる。ナノ粒子はまた、相互に崩壊する傾向があり、濾材内の充填密度を高める。マイクロファイバー材料上の層中で形成された少量のナノメートルサイズの繊維でも、材料の濾過特性を改善できる。

ナノ粒子を濾材中に組み込むための最も一般的な方法は、不織布基材上へのエレクトロスピニングにより、連続的なナノ繊維薄層を適用することである。ナノ粒子は通常、バルク濾材層の面に対し平行又は直角に広がり、粗い濾材により提供されるより大きな粒子の濾過に加えて、小粒子の高効率濾過を提供する。例えば、米国特許第6,743,273号明細書は、連続的なナノファイバー層が基材表面上に堆積した濾材を開示している。米国特許第10,799,820号明細書はまた、濾材表面上の連続的なナノファイバー層を含む空気濾過用濾材を開示している。

【0006】

ナノ粒子を組み込んだ既存の濾材は、これらのフィルターの相対効率を改善したが、ナノ粒子が通常、不織布材料の表面上に分散されているために、これらのフィルターの商業的潜在力は、特定の用途に限定されてきた。フィルターの表面上のこの比較的薄い層のナノ粒子は、粒子の限定された濾過のみを提供し、比較的低い粒子保持容量を有する。

ナノ材料を濾材中に組み込み、全体濾過効率を高めるための多くの試みがなされてきたが、これらの試みは、いわゆる「湿式」法に限定されてきた。これらの湿式法は、短く切断されたナノ繊維を液体スラリー中に組み込み、絡み合ったナノ繊維を界面活性物質を用いて分離することを含む。例えば、米国特許第10,252,201号明細書は、湿式法で形成された短く切断されたナノ繊維と短く切断された粗い繊維の混合物から作製された濾材を開示している。同様に、米国特許出願第2021/0023813号明細書は、炭素ナノ繊維などの不連続な繊維を含む連続繊維不織布基材からなる複合材料構造物の製造方法を開示している。この方法は、ナノ材料が不織布基材中に埋め込まれている不連続繊維のスラリーを介した連続繊維不織布基材の延伸を含む。

これらの構造物は、高められた効率を示したが、それらは、濾材が通常の使用条件に晒されるに伴い、寿命短縮及び/又は効率の低下などの他の問題に遭遇している。更に、これらの湿式法は、不織布材料全体にわたり均一にナノ粒子をうまく組み込むことができず、その結果、材料内でのナノ粒子の凝集を生じ、それにより、その効率及び全体粒子保持容量が低下する。

従って、必要なのは、濾材などの繊維状材料を含む製品を製造するための改善されたシステム及び方法である。繊維状材料全体にわたってナノ粒子を組み込み、それにより、フィルターの性能特性を改善することが特に好ましいであろう。

【発明の概要】

【0007】

以下に、請求主題のいくつかの態様の基本的理解を提供するために、請求主題の概要を示す。この要約は、請求主題の包括的概要ではない。この概要は、請求主題の重要な又は

10

20

30

40

50

不可欠な要素を特定することを意図するものでも、請求主題の範囲を詳細に記述することを意図するものでもない。その唯一の目的は、後で提示されるより詳細な説明の序文として、請求主題のいくつかの概念を簡略化した形式で示すことである。

【0008】

繊維状材料及び繊維状材料を含む製品を製造するためのシステム、装置及び方法が提供される。繊維状材料は、シート、層、フィルム、孔あきフィルム、メッシュ、網又は他の濾材などの繊維の基材を含み得る。製品は、繊維に結合し、少なくとも基材の一部中に組み込まれたナノ粒子を含む。

一態様では、繊維状材料を製造するシステムは、1つ又は複数の繊維ストリームを生成するための第1の装置、及びガス状媒体内のナノ粒子を単離するための第2の装置を含む。第2の装置は、ナノ粒子をストリーム中に分散し、このストリームを繊維ストリーム中に供給し、繊維状材料を形成する。

第2の装置は、クラスター、凝集塊又は他のナノ粒子群を少なくとも1つの1ミクロン未満の次元を有する個別のナノ粒子に変換する(例えば、解放する、分解する及び/又は分離する)ように構成される。個別のナノ粒子は、空気、ヘリウム、窒素、酸素、二酸化炭素、などの任意の好適なガス状媒体中で生成され得る。個別のナノ粒子をガス状媒体中で単離し、その後、それらを繊維ストリーム中に分散させることは、ナノ粒子を繊維状材料及び/又は製品全体にわたりより均一に分散させることを可能にする。

特定の実施形態では、製品は、エアフィルター、フェースマスク、ガスタービン及びコンプレッサー空気取入口フィルター、パネルフィルターなどの濾材及びフィルターである。ナノ粒子は、濾材内の全体表面積を増大させ、これは、その濾過効率を高め、フィルターを通る圧力の低下(即ち、空気流の低下)などの他の因子を大きく損なうことなしに、サブミクロン混入物の捕捉を可能にする。加えて、本明細書に記載のシステム及び方法で生産されたフィルターは、過酷な検査に耐えることができ、これは、フィルターが、フィルターの寿命を通して同一レベルの濾過性能を達成することを可能にする。

【0009】

システムは、第2の装置に連結され、繊維ストリーム中に実質的に均一にナノ粒子を供給するように構成されたノズルなどの分散装置を更に含み得る。繊維ストリームは、メルトブローン、スパンボンド又はスパンレース、熱接着、カーデッド、エアレイド、湿式、押し出し、共形成、ニードルパンチ、縫い合わせ、水圧交絡、などの当該技術分野において既知の任意の好適な機序で生成され得る。

一実施形態では、システムは、繊維ストリームを生成するためのスパンボンド装置を含む。スパンボンド装置は、例えば、繊維フィラメントを加熱し、押し出すように構成された1つ又は複数の押出機及び押出機に連結された1つ又は複数の紡糸口金を含む紡糸ブロックを含む。融解フィラメントは、引き伸ばされ、分離され、その後、ネット上に層状に重ねられてウェブが形成される。ナノ粒子のストリームは、細長化(atenuation)領域の前、又は結合(固化)工程の前に繊維ストリーム中に導入され得る。

別の実施形態では、システムは、繊維ストリームを生成するためのカーディング装置を含む。カーディング装置は、例えば、相互に直列に配置された第1及び第2のカーディング装置を含み得る。ナノ粒子のストリームは、第1のカーディングライン後、及び第2のカーディングラインの前の任意の位置で導入してよく、それにより、ナノ粒子は2つのカーディング繊維ウェブ間に挟まれる。その後、ナノ粒子を含む全ての繊維は、エアスルーボンディングオープン中で一緒に結合される(ナノ粒子が熱的に絡み合わされる)。

更に別の実施形態では、システムは、繊維状材料を溶融状態に加熱し、繊維状材料を押し出して繊維状材料の溶融糸を形成するように構成された第1及び第2のメルトブローンダイを含む。メルトブローンダイは、第1及び第2の繊維ストリームを生成し、形成領域で第1及び第2の繊維ストリームを組み合わせるように整列される。繊維化装置のノズルは、好ましくは、個別のナノ粒子とストリームを第1及び第2のストリームとを形成領域で収束させるように整列される。

【0010】

10

20

30

40

50

特定の実施形態では、第2の装置は、クラスター、凝集塊又は他のナノ繊維群を含むように構成された筐体及び筐体に連結されたポンプを含む。システムは、ポンプに連結された1つ又は複数の通路及び通路内のガス状媒体を更に含む。ポンプは、ガス状媒体を通して、又はそれと共に、通路内の1つ又は複数の表面に対して、ナノ繊維群を少なくとも1つの1ミクロン未満の次元を有する個別のナノ粒子に解放する、及び/又は分離するのに十分な速度及び/又は運動量でナノ繊維クラスターを前進させるように構成される。

【0011】

出願人は、ナノ繊維クラスターを好適な表面に、少なくとも一部のこれらのナノ繊維クラスターを個別のナノ粒子に分解及び分離させるのに必要な動力的エネルギーを生成するのに十分な速度で前進させることにより、個別のナノ粒子をガス状媒体内のナノ繊維クラスターから分離できることを発見した。特定の実施形態では、ナノ粒子の速度は、約2.54 m/s ~ 約50.8 m/s (約500フィート/分 (fpm) ~ 約10,000 fpm)、好ましくは、約10.16 m/s ~ 約30.48 m/s (約2,000 fpm ~ 約6,000 fpm)である。

10

特定の一態様では、システムは、ナノ繊維のマクロクラスター又は凝集塊をシステムに導入するためのホッパー又は類似の装置などのフィーダー及びフィーダーに連結され、ナノ繊維のマクロクラスターをより小さいナノ繊維クラスターに分離するように構成されたセパレーターを含む。マクロクラスターは、任意の好適なサイズであってよく、相互に交絡していても、又はそうでなくてもよい。

いくつかの実施形態では、システムは、圧縮空気又は別の好適なガスなどのガス源、及び1つ又は複数の通路を通してセパレーターからシステム中へより小さいナノ繊維クラスターを引き込むためのポンプを更に含む。圧縮空気源は、ナノ繊維をシステム全体にわたり循環し、最終的に外部の好適な分散装置中に循環する可動流体を供給する。ポンプは、容積式、遠心力利用、軸流などの任意の好適なポンプを含み得る。一実施形態では、ポンプは、小さいナノ繊維クラスターをセパレーターから通路を通してポンプに吸引するために十分な減圧を生成するように構成された排出装置を含む。

20

【0012】

システムは、第1の排出装置に連結され、第1の排出装置からの小さいナノ繊維クラスターを、表面に対し、ナノ繊維を分解させ、少なくとも一部の小さいナノ繊維クラスターを個別のナノ粒子に変換するのに十分な速度で前進させるように構成された第2のポンプ、第2の排出装置などのエネルギー源を更に含み得る。表面は、連絡点での通路の内壁、又は他の内壁の方向の変化、例えば、曲面、垂直表面などの通路を通るナノ繊維の流れを妨害する任意の表面であってよい。あるいは、通路は、通路内に配置された壁又は他の表面、又は流体経路の通路中への突出物を含んでもよい。一実施形態では、通路は、連結部から延びる2つの別々の通路を含む、実質的にT形状の連結部へ伸びる。第2の排出装置は、ナノ繊維をT形状連結部の壁に、少なくとも一部のナノ繊維を分解するのに十分な速度で前進させるように構成される。

30

【0013】

特定の実施形態では、システムは、まだ完全には分解されていないナノ繊維の凝集塊から既に単離されている個別のナノ粒子を分離するための1つ又は複数の反応器を更に含む。反応器は、通路に連結され、内部チャンバー及び個別のナノ粒子から離れたナノ繊維のより小さいクラスターを引き込むように構成された減圧源を有する筐体を含む。

40

いくつかの実施形態では、反応器はそれぞれ、実質的に中央部のロッド又はシリンダー及び内部チャンバーの一端に位置し、中央ロッドを実質的に取り囲む1つ又は複数の入口を含む。入口は、通路に連結され、それにより、ナノ繊維クラスター及び個別のナノ粒子は、入口を通してチャンバー中に引き込まれる。中央ロッドは、入口の反対側の一端に開口部を含む。開口部は、中央ロッド内の内側チャンネルに連結され、ノズル又は他の分散装置に連結された出口を有する。これは、ナノ粒子が入口を通して反応器に移った後、中央ロッド中に移り、分散装置に入る。

入口は、中央ロッドに対し一定角度で方向付けられ得、それにより、ナノ繊維及びナノ

50

粒子は、反応器の外表面に対し横方向角度で内部チャンバーに入る。好ましい実施形態では、少なくとも1つ又は複数の入口は、ナノ繊維及びナノ粒子が反応器に入ると、それらが中央ロッドの略接線方向に動くように方向づけられる。ナノ繊維及びナノ粒子はロッドの周りの環状チャンバーに入ると、ナノ繊維及びナノ粒子の速度ベクトル（速度と方向）は、反応器内に渦巻きを作り、それらを中央ロッドの周りで一端から他端まで巡回させる。個別のナノ粒子は、まだクラスター化されている絡み合ったナノ繊維よりもかなり軽いので、これらの個別のナノ粒子は、中央ロッドの入口に引き込まれる。チャンバー内の渦巻きはまた、それらが反応器を通過するに伴い、ナノ繊維のクラスターを更に破壊し得る（例えば、解放、分離及び/又は個別化し得る）。

反応器は、入口の反対側に位置する1つ又は複数の出口を更に含んでもよい。まだ分解されていない、より大きく、より重いナノ繊維のクラスターは、これらの出口を通して引き出される。従って、単離及び個別化されたナノ粒子は、ノズル中に引き込まれ、ナノ繊維のクラスターは、出口を通して引き出される。これらの出口は、第1又は第2のポンプに、又はナノ繊維のクラスターを更に分解してそれらを再循環させるように設計されているシステム内の追加のポンプに連結され得る。

10

【0014】

別の態様では、ガス状媒体内の個別のナノ粒子を単離する方法は、第1の繊維ストリームを用意することを含む。この方法は更に、ガス状媒体内の第2のナノ粒子ストリームを単離し、第1及び第2のストリームを混合して繊維状材料を形成することを含む。ナノ粒子は、空気、ヘリウム、窒素、酸素、二酸化炭素、などの任意の好適なガス状媒体中で生成され得る。

20

いくつかの実施形態では、方法は、ナノ粒子を第1の繊維ストリームへ実質的に均一に供給し、繊維及びナノ粒子ストリームから繊維状材料を形成することを更に含む。ナノ粒子は、繊維状材料内の全体表面積を増大させ、これは、その濾過効率を高め、フィルターを通る圧力の低下（即ち、空気流の低下）などの他の因子を大きく損なうことなしに、サブミクロン混入物の捕捉を可能にする。

一実施形態では、繊維ストリームは、繊維フィラメントの加熱及び押出により生成される。融解フィラメントは、引き伸ばされ、分離され、その後、ネット上に層状に重ねられてウェブが形成される。ナノ粒子のストリームは、細長化領域の前、又は結合（固化）工程の前に繊維ストリーム中に導入され得る。

30

別の実施形態では、繊維ストリームは、カーディングにより生成される。カーディング装置は、例えば、相互に直列に配置された第1及び第2のカーディング装置を含み得る。ナノ粒子のストリームは、第1のカーディングライン後、及び第2のカーディングラインの前の任意の位置で導入してよく、それにより、ナノ粒子は2つのカーディング繊維ウェブ間に挟まれる。その後、ナノ粒子を含む全ての繊維は、エアスルーボンディングオーブン中で一緒に結合される（ナノ粒子が熱的に絡み合わされる）。

更に別の実施形態では、第1及び第2の繊維ストリームは、繊維状材料を熔融状態に加熱し、繊維状材料を押し出して繊維状材料の熔融糸を形成することにより生成される。糸は、第1及び第2の繊維ストリームを形成領域で組み合わせるように整列される。繊維化装置のノズルは、好ましくは、個別のナノ粒子の第3のストリームと第1及び第2のストリームとを形成領域で収束させるように整列される。

40

特定の実施形態では、ナノ繊維のマクロクラスターは、最初に、相互から機械的に分離されて、繊維化装置を通して前進させるために好適なサイズを有するより小さいナノ繊維クラスターを形成する。繊維化装置は、ナノ繊維クラスターを個別のナノ粒子に分解する。

【0015】

方法は、減圧をナノ繊維クラスターに適用して、ナノ繊維クラスターを圧縮空気流中に引き込み、表面に対してナノ繊維クラスターを前進させて少なくとも一部のナノ繊維クラスターを個別のナノ粒子に分解することを含む。表面は、例えば、連結点での通路の内壁、又は他の内壁の方向の変化を有する面、例えば、曲面、垂直表面などであってよい。一

50

実施形態では、ナノ繊維は、連結部から延びる2つの別々の通路を含む、実質的にT形状連結部中に前進させられる。ナノ繊維の速度は、約 2.54 m/s ～約 50.8 m/s (約 500 fpm ～約 $10,000\text{ fpm}$)、好ましくは、約 10.16 m/s ～約 30.48 m/s (約 $2,000\text{ fpm}$ ～約 $6,000\text{ fpm}$)であり得る。

【0016】

特定の実施形態では、方法は、まだ完全には分解されていないナノ繊維凝集塊から既に単離されている個別のナノ粒子を分離することを更に含む。これらの実施形態では、粒子(ナノ繊維凝集塊及び個別のナノ粒子の両方)は、1つ又は複数の反応器の内部チャンバー中に送られる。粒子は反応器中で分離され、それにより、ナノ粒子は、ノズルに配置、残りのナノ繊維凝集塊は、システムを通して再循環させるために反応器を出る。好ましい実施形態では、粒子は、中央ロッドに対して様々な角度で反応器中に前進させて、それにより、ナノ繊維及びナノ粒子の速度ベクトル(速度と方向)は、反応器内に渦巻きを作り、それらを中央ロッドの周りで一端から他端まで巡回させる。個別のナノ粒子は、まだクラスター化されている絡み合ったナノ繊維よりもかなり軽いので、これらの個別のナノ粒子は、中央ロッドの入口に引き込まれる。チャンバー内の渦巻きは、それらが反応器を通過するに伴い、ナノ繊維のクラスターを更に破壊する(例えば、解放する、分離する及び/又は個別化する)。

本記述の種々の実施形態により満たされる本明細書での望ましい対象物の記載は、これらの対象物のいずれか又は全ては本記述の最も一般的実施形態において、又はその更に特定の実施形態のいずれかにおいて、個別に又は一括して必須の特徴として存在することを意味又は示唆することを意図するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】ナノ粒子を材料の一部中に分散させた繊維状材料の側面図である。

【図2】ナノ粒子を材料の全体にわたり分散させた繊維状材料の側面図である。

【図3】ナノ粒子を材料を通して勾配をつけて分散させた繊維状材料の側面図である。

【図4】二重層濾材を示す。

【図5】図5A～5Cは、繊維状材料中に組み込まれた生体成分(biocomponent)繊維を示す。

【図6】ひだ状繊維濾材を示す。

【図7】代表的空気フィルターを示す。

【図8】第1及び第2の支持膜及び濾材を有するガスフィルターを示す。

【図9】図9A及び9Bは、支持膜として使用するための孔あきフィルムを示す。

【図10A】ナノ粒子をフィルム中に組み込んだ孔あきフィルムの異なる実施形態を示す。

。

【図10B】ナノ粒子をフィルム中に組み込んだ孔あきフィルムの異なる実施形態を示す。

。

【図10C】ナノ粒子をフィルム中に組み込んだ孔あきフィルムの異なる実施形態を示す。

。

【図10D】ナノ粒子をフィルム中に組み込んだ孔あきフィルムの異なる実施形態を示す。

。

【図10E】ナノ粒子をフィルム中に組み込んだ孔あきフィルムの異なる実施形態を示す。

。

【図11】実質的に円筒形のガスフィルターを示す。

【図12】基材内に繊維状材料を製造するためのシステムを概略的に示す。

【図13】ナノ繊維群を個別のナノ粒子に変換するためのシステムを概略的に示す。

【図14】図14A～14Cは、それぞれ、ナノ繊維のマクロクラスター、ナノ繊維のより小さいクラスター及び個別化されたナノ粒子の写真である。

【図15】図13のシステムの排出装置を示す。

【図16】図13のシステムの反応器を示す。

10

20

30

40

50

【図 17】 ナノ繊維クラスターを個別のナノ粒子に変換するための別の実施形態を示す。

【図 18】 二重層繊維状材料を製造するためのシステムを示す。

【図 19】 ナノ粒子が材料の深さ全体に分散された繊維状材料を示す。

【図 20】 ナノ粒子が材料の深さ全体に分散され、スクリム層がナノ粒子の上を覆っている繊維状材料を示す。

【図 21】 ナノ粒子が 2 つの層の内面上に分散された二重層繊維状材料を示す。

【図 22】 流体ストリーム中で繊維状材料を製造するためのシステムの代替的实施形態を示す。

【図 23 A】 結合剤を用いていない繊維状材料の写真である。

【図 23 B】 結合剤を用いた繊維状材料の写真である。

【図 24 A】 ナノ粒子が材料全体を通して凝集塊又はクラスター中に分散した繊維状材料の写真である。

【図 24 B】 ナノ粒子が材料全体を通して実質的に均一に分散した繊維状材料の写真である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

この記述及び添付図面は、例示的实施形態を示し、限定するものと見なすべきではなく、特許請求の範囲が等価物を含む本記述の範囲を定める。種々の機械的、組成物的、構造的、及び操作上の変化は、本記述の範囲及び特許請求の範囲から逸脱することなくなされ得る。いくつかの事例では、周知の構造及び技術は、本記述を不明瞭にしないように、詳細に示すことも、又は記述することもなされなかった。2 つ以上の図中の類似の数字は、同じ又は類似の要素を表す。更に、要素及びそれらの関連態様は、可能ならいつでも、それらが特に示され、記載されない他の実施形態に含まれ得る。例えば、一実施形態を基準にして要素が詳細に記述され、及び第 2 の実施形態を基準にして記述されない場合、要素はそれにもかかわらず、第 2 の実施形態に含まれるように請求され得る。更に、本明細書の記述は、例示的目的のみのためであり、システムの、又は図示した構成要素の実際の形状、サイズ、又は寸法を必ずしも反映するとは限らない。

【0019】

本明細書及び添付特許請求の範囲で用いられる場合、単数形「a」、「an」、及び「the」、及び任意の単語の任意の単数使用は、明示的に及び明確に 1 つの指示対象に限定されない限り、複数の指示対象を含むことに留意されたい。本明細書で使用する時、用語の「含む (include)」及びその文法的変形は非限定的であることを意図し、従って、列挙した項目の詳細説明は、列挙項目に置換又は付加できる他の類似の項目を除外しない。

他に注記がなければ、語句「約 (about)」又は「約 (approximately)」などが示されていても、そうでなくても、任意の定量値は、近似値である。本明細書で記載の材料、方法、及び実施例は、例示されているに過ぎず、限定を意図するものではない。

【0020】

繊維状材料及び繊維状材料を含む製品を製造するためのシステム、装置及び方法が提供される。繊維状材料は、シート、層、フィルム、孔あきフィルム、メッシュ、網又は他の濾材などの繊維の基材を含み得る。製品は、繊維に結合し、少なくとも基材の一部中に組み込まれたナノ粒子を含む。

本明細書で使用される場合、「ナノ粒子」という用語は、少なくとも 1 つの軸又は次元で、1 ミクロン未満の寸法を有する任意の粒子を意味する。例えば、1 マイクロメートル未満の直径又は幅を有する繊維及び 1 マイクロメートルより大きな長さを有する繊維は、本明細書で使用される場合、ナノ粒子である。

特定の実施形態では、各個別のナノ粒子は、約 1 ~ 約 1000 ナノメートルの間のサイズ、好ましくは約 1 ~ 約 650 ナノメートルの間のサイズの範囲である小さい粒子であってよい。個数粒度分布の少なくとも半分の粒子の粒径は、100 ナノメートル以下という

10

20

30

40

50

測定値であり得る。大部分のナノ粒子は通常、数百個のみの原子から構成される。ナノ粒子のサイズが原子スケールに近づくにつれて、材料特性は変化する。これは、体積に対する表面積の比率の増大に起因し、表面原子が材料性能を支配する。それらの非常に小さいサイズのために、ナノ粒子は、粉末、プレート、シート又はより大きな繊維などのバルク材料と比較すると、極めて大きな体積対表面積比を有する。この特性は、ナノ粒子は、それらの電子を閉じ込め、量子効果を生み出すのに十分に小さいので、ナノ粒子が予想外の光学的、物理的及び化学的特性を有することを可能にする。

いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、1ミクロン未満の少なくとも1つの次元を有するナノ繊維を含む（即ち、繊維の断面形状に応じて、直径、幅又は高さなど）。ナノ繊維は、連続的な長さを有し得、又はナノ繊維は、1～100,000ミクロン、好ましくは、約100～10,000ミクロンなどの離散形の長さを有し得る。

10

【0021】

本明細書で考察される繊維性基材は、中間に入れられた、絡み合わされた又は互いに結合された、個別の繊維又はより糸の不織布構造を含み得る。不織布には、繊維又はフィラメントを機械的、熱的、又は化学的に絡み合わせるにより（及び穿孔性フィルムにより）互いに結合されたシート又はウェブ構造を含み得る。それらは、別々の繊維、融解プラスチック又はプラスチックフィルムから直接作られる実質的に平坦な、多孔質シートであり得る。好適な不織布材料の例には、限定されないが、メルトブローン、スパンボンド又はスパンレース、熱接着、ボンデッドカーデッド、エアレイド、湿式、共形成、ニードルパンチ、縫い合わせ又は水圧交絡などによる、繊維、層又はウェブが挙げられる。

20

【0022】

特定の実施形態では、基材は編物及び/又は織物状材料を含み得る。編物は、目的の用途に好適する任意の編みパターンを含み得る。フィルター用途のための好適な編物には、横編み、縦編み、編みメッシュパネル、圧縮編みメッシュなどが挙げられる。フィルター用途に好適な織物状材料には、モノフィラメント布地、多繊維布地、ナイロンメッシュ、ポリエステルメッシュ、ポリプロピレンメッシュなどの織物濾材が挙げられる。織布は、例えば、メッシュフィルタープレス布、織布フィルターパッド及び他の型抜き片、遠心濾過バッグ、液体濾過バッグ、集塵バッグ、ベッド乾燥機バッグ、回転ドラムフィルター、フィルターベルト、葉状濾過器、ロール濾材、などに使用され得る。

いくつかの実施形態では、繊維状材料は、混ぜ合わされた又は絡み合った、短く切断された繊維及び/又はフィラメントを含む構造物を含み得る。本明細書で使用される場合、短く切断された繊維は、有限長さの繊維を意味する。本明細書で使用される場合、フィラメントは、実質的に連続的な長さを有する繊維を意味する。いくつかの実施形態では、基材は、短く切断された粗いマイクロファイバー及び/又は微細繊維を含み得る。本明細書で使用する場合、「微細繊維」は、1ミクロン未満の直径を有する繊維を意味し、「粗い繊維」は、10ミクロンを越える直径を有する繊維を意味し、マイクロファイバーは、10ミクロン未満の直径を有する合成繊維である。

30

【0023】

特定の実施形態では、ナノ粒子は、基材内で「深さ方向に」分散される。本明細書で使用される場合、「深さ方向に」という用語は、ナノ粒子が基材の第1の表面を越えて分散され、それにより、少なくとも一部のナノ粒子は、第1及び第2の両側の面の間の基材又は濾材の内部構造中に配置されることを意味する。特定の実施形態では、ナノ粒子は、第1の表面から反対側の第2の表面まで実質的に濾材全体にわたり分散される。他の実施形態では、ナノ粒子は、第1の表面から第1及び第2の表面の間の位置まで、濾材の一部を通過して分散される。

40

いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、支持繊維に対して、空間中で三次元的に分布し、これは、繊維状材料内の繊維表面積及び微小体積を増大させ得る。三次元分布はまた、繊維状材料の特定の部分の完全遮断に対する抵抗をもたらし、これは、それが、流体（例えば、空気及び他のガス）のフィルターの通過を可能にし、それにより、フィルター全体にわたる総圧力低下を減らすので、濾材で特に有用である。

50

他の実施形態では、ナノ粒子は、基材の厚さ全体にわたり密度勾配をつけて配置され、それにより、1つの表面近傍で、反対側の表面より高い密度のナノ粒子が配置される、又は基材の中央部に比べて、より高い密度のナノ粒子が表面上に配置される。そこで示される密度勾配は、実質的に線形的であってよく、これは、一連の別々のステップを減らし得る、又は勾配はランダム（即ち、一般に、線形又は階段的でない密度の低減方式）であってもよい。この密度勾配は、フィルターなどの特定の用途に対し、（以下で考察するように）いくつかの有利な特徴を提供する。

【0024】

ナノ粒子は、ガラス、生体溶解性ガラス、セラミック材料、アクリル系、炭素、アルミナなどの金属、ポリマー（ナイロン、ポリエチレンテレフタレート、など）、ポリ塩化ビニル（PVC）、ポリオレフィン、ポリアセタール、ポリエステル、セルロースエーテル、ポリアルキレンスルフィド、ポリ（アリーレンオキシド）、ポリスルホン、修飾ポリスルホンポリマー及びポリビニルアルコール、ポリアミド、ポリスチレン、ポリアクリロニトリル、ポリ塩化ビニリデン、ポリメチルメタクリレート、ポリフッ化ビニリデン及びこれらの任意の組み合わせなどの任意の好適な材料を含み得る。

いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、2成分分割型パイ及び海島型として生成され得る。次に、フィラメントはサブミクロンフィラメントが得られる程度まで延伸される。連続的なフィラメントナノ繊維は、目的の長さに、好ましくは、約100～約10,000ミクロンに、切断される。

いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、吸収剤及び吸着剤である。いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、活性炭繊維又は活性炭粉末である。いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、触媒粒子又は触媒繊維である。いくつかの実施形態では、結合不織布を投入して、短く切断された繊維が得られる、シュレッダー又は粉碎機又はエッジトリマー装置にサブミクロン繊維不織布を供給することによりナノ粒子を得ることができる。例えば、軽量生体成分メルトブロン又はナノメルトブロン布地は、シュレッダーに供給でき、サブミクロンナノ粒子を得ることができる。

【0025】

いくつかの実施形態では、異なるナノ粒子を混合してもよい。例えば、ナノ繊維及びナノビーズを混合できる。異なる融点を有する2種の異なるナノ繊維もまた、より低い融点のナノ粒子がより高い融点のナノ繊維のための結合剤として機能させ得るように混合できる。異なる直径及び異なる長さを有するナノ粒子も同様に混合できる。

いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、環境的に持続可能な原材料から選択される。ナノ粒子は、成体可溶性ガラスナノ繊維、生分解性ナノ粒子、堆肥にできるナノ粒子、又はリサイクル可能な組成物を損なう場合がある。

異なるタイプのナノ粒子を混合できる。いくつかのナノ粒子は、機能性ナノ粒子であり得る。例えば、機能性ナノ粒子には、繊維状材料中の繊維に堆積した、及び/又は結合した活性炭及び/又は抗菌物質が挙げられ得る。これは、繊維のガス吸収効率及び細菌死滅化の効率を改善し得る。加えて、ガラス及び炭素が堆積したナノ粒子を有する繊維状マイクロファイバーは、濾材として、濾過及び脱臭機能を提供する。

【0026】

いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、機械的な絡み合いを介して繊維に結合される。この機械的結合は、以下でより詳細に考察されるように、接着剤又は結合剤で補足できる。特定の実施形態では、ナノ粒子は、縮らせられていない（即ち、それらは、弛緩状態にあるナノ粒子に関連した、大きな波状、曲げ、ねじれ、渦巻鋸歯状、又は類似の形状を含まない）。他の実施形態では、ナノ粒子は、別々の長さを有する縮らせた本体構造を有し得る。例えば、別々の長さを有するこれらの縮らせたナノ繊維は、繊維に結合される場合、それらは、それら自体の間で、また、繊維と共に、その上に、及びその周りに、堅い結合で絡まって、修飾繊維を形成する。他の実施形態では、ナノ繊維のミクロン繊維への結合は、繊維とナノ粒子の間の静電引力及び/又はファンデルワールス引力により達成される。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

濾材内の深さ方向に分散されたナノ粒子を含む、エアフィルター、フェースマスク、ガスタービン及びコンプレッサー空気取入口フィルター、パネルフィルターなどの濾材及びフィルターも同様に提供される。いくつかの実施形態では、フィルターは、濾材に結合された1つ又は複数の支持層を含む。支持層及び/又は濾材は、層内の深さ方向に分散されたナノ粒子を含み得る。いくつかの実施形態では、ガス又は液体のそれを通る流れのための1つ又は複数の開口部を備えた、ナノ粒子がポリマー層内で深さ方向に配置されたポリマー層、膜又はフィルムが提供される。他の実施形態では、繊維状材料は、指用包帯パッド、フェースマスクなどのための可撓性表面層を備える。

【 0 0 2 8 】

繊維状材料及び繊維状材料を含む製品（例えば、ガスフィルター）を生産するためのシステム、装置及び方法が本明細書で提供される。空気、ヘリウム、窒素、酸素及び二酸化炭素などのガス状（液体ではなく）媒体中で個別のナノ粒子を単離するための、及びガストリーム、エアロゾル、気化器、噴霧又は他の好適な送達メカニズムを介して、別の製品、フィルム、層又は基材中に分散できるシステム及び方法も提供され得る。

【 0 0 2 9 】

以下の記述は、繊維状材料及び濾材に対して主に提示されるが、本明細書で開示の装置及び方法は、種々のその他の用途での使用に容易に適合され得ることを理解されたい。例えば、本明細書で開示の繊維状材料は、家庭浄化製品、屋根ふき及び床張り製品、自動車室内装飾材料及びヘッドライン写真製版機、再使用可能バッグ、壁紙、濾過装置、絶縁体などでの使用に有用であり得る。加えて、本明細書で記載される方法で単離及び生成される個別のナノ粒子は、種々のコーティング、複合材料及び/又は例えば、ポリマーの添加物、食品包装、難燃剤類、燃料電池、電池、蓄電器、ナノセラミックス、光源、材料製造、製造方法、複合材料、セメント及び他の材料の強化、医療診断用途、医療用治療装置又は治療法、骨又は組織修復のための足場などの組織工学、飲料水、産業工程、食品及び飲料製品、薬学的及び生物学的製剤、組織イメージング、医学療法送達、生分解性化合物などの環境用途、などに利用され得る。

【 0 0 3 0 】

図1は、複数の繊維12及びナノ粒子14を含む繊維状材料又は基材10を示す。基材10は、第1の表面16及び第1の表面16と反対側の第2の表面18を有し、第1及び第2の表面16、18の間の幅又は厚さを確定する。ナノ粒子14は、第1の表面16を通して基材中に堆積している。図に示すように、ナノ粒子14は、第1の表面16を通して基材10と第1及び第2の表面16、18の間の「深さ」中に侵入する。いくつかの実施形態では、ナノ粒子14は、第1の表面から、第1及び第2の表面16、18の間の幅又は厚さの少なくとも25%、又はより好ましくは、少なくとも厚さの50%侵入する。他の実施形態では、ナノ粒子14は、第1の表面16～第2の表面18まで実質的に基材10全体を通して侵入する。

ナノ粒子14は、好ましくは、基材10中に分散の前に、分解され、分離され、相互から単離されている個別のナノ粒子を含む（図24Bに示されるように）。従って、ナノ粒子14は、層中の繊維状製品中には存在せず、ナノ繊維の大きな凝集又は塊は有さない（図24Aに示すように）。これは、基材全体にわたりナノ粒子のより大きな分散を提供し、これは、ガスフィルターなどのいくつかの用途では、混入物の濾別のためのより効率的な濾過能力をもたらす。加えて、これは、材料内の平方メートル当りのグラム（gsm）又は「アドオン量」単位でのナノ粒子のより大きな面密度を有する繊維状材料を提供する。本明細書で使用される用語「アドオン量」は、薄層、シート又はフィルム材料中の材料、繊維又は粒子の面密度（gsm）を意味する。

特定の実施形態では、ナノ粒子は、約 0.1 g/m^2 ～約 20 g/m^2 、好ましくは、少なくとも約 2.0 g/m^2 のアドオン量を含み得る。具体的アドオン量又は面密度は、用途に依存し得る。例えば、出願人は、より高い面密度又はアドオン量は、混入物の濾別における繊維状材料の効率を高めることを明らかにした。従って、ナノ粒子の具体的アド

10

20

30

40

50

オン量は、濾材の目的とする効率に依存し得る。

【0031】

図2は、複数の繊維12及びナノ粒子14を含む繊維状材料又は基材20を示す。図に示すように、ナノ粒子14は、第1の表面16～第2の表面18まで基材20の全幅を通して侵入する。特定の実施形態では、ナノ粒子14は、図2に示すように、基材の繊維12の実質的に全体を通して分散されている。特定の実施形態では、第1の表面16に位置するナノ粒子の密度は、表面16、18の間の基材20の中央部に内に分散されたナノ粒子の密度の50%未満だけ異なる。いくつかの実施形態では、この差異は25%未満、好ましくは10%未満である。特定の実施形態では、基材20の中央部に内に分散された個別のナノ粒子の量又は数は、第1の表面16に、又はその近傍に分散された個別のナノ粒子の量の少なくとも約50%、好ましくは少なくとも約75%、及びより好ましくは約90%である。

10

他の実施形態では、ナノ粒子14は、第1の表面16～第2の表面18まで密度勾配をつけて配置される。例えば、図3は、ナノ粒子14は、第2の表面18より高い密度のナノ粒子14が、第1の表面16近傍に配置されている、密度勾配を形成する基材30を示す。特定の実施形態では、第1の表面16に位置するナノ粒子の密度は、第2の表面18に分散されたナノ粒子の密度の約75%超異なる。いくつかの実施形態では、この差異は50%超である。いくつかの実施形態では、差異は25%超である。特定の実施形態では、第2の表面18に、又はその近傍に分散された個別のナノ粒子の量又は数は、第1の表面16に、又はその近傍に分散された個別のナノ粒子の量の少なくとも約50%未満、好ましくは少なくとも約25%未満、及びより好ましくは約10%未満である。

20

【0032】

図3に示す密度勾配は、第1の表面16～第2の表面18まで実質的に線形的であり得る。あるいは、ナノ粒子14の密度は、第1の表面16～第2の表面18まで、一連の別々のステップで低減され得る、又は勾配はランダム（即ち、一般に、線形又は階段的でない密度の低減方式）であってもよい。

他の実施形態では、ナノ粒子は、第1及び第2の表面16、18の両方から基材中に添加され得る。これらの実施形態では、第1及び第2の表面16、18の面密度又は「アドオン量」は、相互に実質的に同一であり得る、又は用途に応じて異なり得る。これらの実施形態では、基材の中央部に存在する面密度又は「アドオン量」は、表面16、18より低い。例えば、基材の中央部の面密度は、表面16、18の面密度の75%であり得る、又はそれは、約50%、40%、又は25%であり得る。

30

【0033】

繊維状材料の厚さ全体にわたるナノ粒子の分布は、例えば、イメージング技術を用いて測定できる。電子顕微鏡又は他の技術を用いて、製品の厚さの中央部の製品の水平断面で取得された繊維製品の拡大図は、製品の上部又は下部表面で取得された画像と比較できる、又は3つの全ての画像を比較して、堆積ナノ粒子の量の変化する程度を測定できる。コンピュータ化画像解析処理を採用できる。例えば、図3では、ラインA-Aで断面を取得し、及びB-Bで断面を取得できる。各断面の平面画像を電子顕微鏡、走査電子顕微鏡、及び他の顕微鏡により取得できる。断面A-Aで取得した断面の平面画像は、例えば、断面B-Bで取得した平面画像と比較できる。同じ二次元サイズの試料中のマイクロファイバーの数、ナノ粒子の数、又は両方を評価し、比較できる。加えて、イメージング技術を3次元試料に使用できる。これらの技術を用いて、繊維の配向及び他の特性を評価できる。これらの技術を用いて、ナノ粒子が基材の深さ中に堆積されたこと、基材の重要な部分の実質的に全体にわたり、実質的に全深さ中にわたり、又は基材深さのいくつかの部分の全体にわたり堆積されたことを特定できる。

40

【0034】

基材の意図された繊維は、限定されないが、エアレイド方法、紡糸口金、ゲル紡糸、溶融紡糸、湿式紡糸、乾式紡糸、海島型短繊維又はスパンボンド、分割型パイステープル又はスパンボンド及びその他を含む任意の方法により製造できる。このような方法は、米国

50

特許第 4, 406, 950 号、同第 6, 338, 814 号、同第 6, 616, 435 号、同第 6, 861, 142 号、同第 7, 252, 493 号、同第 7, 300, 272 号、同第 7, 309, 430 号、同第 7, 422, 071 号、同第 7, 431, 869 号、同第 7, 504, 348 号、同第 7, 774, 077、同第 9, 522, 357 号、同第 9, 993, 761 号明細書及び米国特許出願公開第 2009/266, 759 号明細書に記載されている。これらの完全な開示は、本出願において、参照により本明細書に組み込まれる。

意図されている繊維は、限定されないが、環状、インゲンマメ、ドッグボーン、三葉状、バーベル、星、Y 形状などを含む多くの断面形状を有し得る。これらの形状及び/又は他の従来形状をいくつかの実施形態で用いて、目的の性能特性が得られる。基材中の繊維は、熱接着、化学結合により、相互に絡み合わされることにより、接着剤などの結合剤を介して、相互に連結されたままで存在する。

【0035】

繊維は、人工又は天然繊維であってよい。繊維のための好適な材料としては、限定されないが、ポリプロピレン、ポリエステル (PET)、PEN ポリエステル、PCT ポリエステル、ポリプロピレン、PBT ポリエステル、コポリアミド、ポリエチレン、高密度ポリエチレン (「HDPE」)、LLDPE、架橋ポリエチレン、ポリカーボネート、ポリアクリレート、ポリアクリロニトリル、ポリマロニトリル、ポリスチレン、スチレン無水マレイン酸、ポリメチルペンテン、シクロオレフィンコポリマー又はフッ素化ポリマー、ポリテトラフルオロエチレン、ペルフルオロ化エチレン及びヘキサフルオロプロピレン (hexafluoropropylene) 又は P(VDF-TrFe) などの P(VDF-TrFe) とのコポリマー又は P(VDF-TrFe-CFE) などのターポリマー、プロピレン、ポリイミド、ポリエーテルケトン、セルロースエステル、ナイロン及びポリアミド、ポリメタクリル酸、ポリ(メチルメタクリレート)、ポリオキシメチレン、ポリスルホネート、アクリル樹脂、スチレン化アクリル樹脂、前酸化アクリル樹脂、フッ化アクリル樹脂、酢酸ビニル、アクリル酸ビニル、エチレン酢酸ビニル、スチレン-ブタジエン、エチレン/塩化ビニル、酢酸ビニルコポリマー、ラテックス、ポリエステルコポリマー、カルボキシル化スチレンアクリル樹脂又は酢酸ビニル、エポキシ、アクリル系マルチポリマー、フェノール樹脂、ポリウレタン、セルロース、スチレン又はこれらの任意の組み合わせが挙げられる。他の従来繊維材料も意図されている。

【0036】

繊維は、異なるサイズの繊維を含み得、繊維は通常、約 1 ~ 約 1,000 ミクロンの範囲の直径、及び約 1.3 センチ ~ 7.6 センチ (約 0.5 ~ 3 インチ) の範囲の長さを有する。繊維は、細孔径が、フィルターの上面 (上流) から下面 (下流) へ減少して捕捉効率及び粒子保持容量を高める、勾配密度濾材として構成され得る。この構成はまた、異なる量のナノ粒子の異なる深さでの濾材への分散を可能にする。例えば、濾材の上流側は、より多くの空隙を許容するために最大繊維サイズ及びより大きなナノ粒子密度を有し得、一方で、濾材の下流側は、より低いナノ粒子密度を得るためにより小さいサイズの繊維を有する。あるいは、濾材の下流部分でより大きなナノ粒子密度を得るために、この構造は、逆転され得る。

濾材中の繊維は、熱結合、化学的結合又は相互の絡み合わせにより、他の繊維に連結されたままで存在し得る。特に、機械的濾過では、2 成分 (bicomponent) 繊維を使用しよく、これらは、2 種のポリマーを同じ紡糸口金から、同じフィラメント内に含まれる両方のポリマーを押し出すことにより成形される。2 成分繊維に好適する材料には、限定されないが、ポリプロピレン (PP) / ポリエチレン (PE)、及びポリエチレンテレフタレート (PET) / ポリプロピレン (PP) などが挙げられる。

【0037】

いくつかの実施形態では、基材は、スパンボンド又はエアスルーボンDEDカーDED不織繊維を含む「嵩高」繊維状材料を含み得る。本明細書で使用される場合、「嵩高」という用語は、空隙の体積が総固体の体積よりも大きいことを意味する。エアスルーボンDED

ッドカーデッド不織布繊維では、基材の嵩高さは、当業者に既知の各種手段により制御できる。例えば、嵩高さは、結合の間に、より小さい圧縮力を濾材に加えることにより増大させることができる。別の例では、嵩高不織布材料は、3.3デシテックス(3デニール)以上、5.6デシテックス(5デニール)以上、6.7デシテックス(6デニール)以上などのより大きな厚さを有する繊維を用いて製造できる(以下で更に詳細に考察される)。他の実施形態では、嵩高さは、図5Cに示すような、及び以下で更に詳細に考察される、偏心生体成分繊維を用いて増大させ得る。

【0038】

特定の実施形態では、繊維は、混入物、特に、E2及びE3粒子群の範囲の混入物の捕捉時の濾材の効率を改善するために、シリコーン系コーティングを含み得る。シリコーン系コーティングは、反応性シリコーンマクロエマルジョンを含み得る。シリコーンエマルジョンは、例えば、ジメチルシリコーンエマルジョン、アミノタイプシリコーンエマルジョン、有機官能性シリコーンエマルジョン、レジンタイプシリコーンエマルジョン、膜形成シリコーンエマルジョン、などを含み得る。一実施形態では、反応性シリコーンマクロエマルジョンは、アミノ官能性ポリジメチルシロキサン及び/又はポリエチレングリコールモノトリデシルエーテルを含む。好適なシリコーンコーティングは、同一出願人による2022年9月14日出願の米国特許仮出願第63/406,686号明細書に記載されており、この全開示は、参照により本明細書に組み込まれる。

濾材は、フィルター中の繊維の摩擦帯電を調節し、摩擦帯電の安定性及び/又は持続期間を増やすために、電荷添加剤を含み得る。これは、寿命、粒子保持容量、及びフィルターを通る空気流の圧力低下などの他の重要なフィルター特性を損なうことなく、フィルターの全体濾過効率を高める。摩擦帯電のための好適な電荷添加剤は、同一出願人による2022年9月28日出願の米国特許仮出願第63/410,731号明細書に記載されており、この全開示は、参照により本明細書に組み込まれる。

【0039】

繊維は、用途に好適する厚さを有し得る。いくつかの実施形態では、繊維は、約1~約10,000マイクロメートル、又は約1~約1,000マイクロメートル又は約10~100マイクロメートルの範囲の少なくとも1つの次元を有する。繊維の厚さはまた、デシテックス単位(デニール単位)でも測定され得、これは、繊維の線形質量密度の尺度の単位である。いくつかの実施形態では、繊維は、約1.1デシテックス(約1デニール)~約11デシテックス(約10デニール)の線密度を有し得る。ナノ粒子は、約1~約1,000マイクロメートル又は約1~約100マイクロメートルの範囲の少なくとも1つの次元を有する繊維である。上記繊維及びナノ粒子の次元は、繊維又はナノ粒子の形状に応じて、直径又は幅であってよい。

【0040】

ひだ状又は非ひだ状エアフィルターなどのガスフィルターの場合、繊維は、約1.1デシテックス(約1デニール)~約11デシテックス(約10デニール)の線密度を有し得る。濾材は、同じ又は異なる線密度を有する繊維を含み得る。

エアフィルター中の繊維は通常、フィルターを通過する混入物を捕捉するために繊維が十分に細いことを確実にするように、約3.3デシテックス(約3デニール)以下の線密度を有する。出願人は、意外にも、濾材全体に分散されたナノ粒子を用いると、繊維は、例えば、3.3デシテックス(3デニール)を越える、より大きな線密度を有し得ることを見出した。これは、ナノ粒子が大きな濾過能力をもたらすためである。場合によっては、繊維は、3.3デシテックス(3デニール)、5.6デシテックス(5デニール)以上、又は6.7デシテックス(6デニール)以上、又は7.8~11デシテックス(7~10デニール)ほども大きい線密度を有し得る。

出願人はまた、いくつかの用途では、従来のフィルターで使われるもの(例えば、約3.3デシテックス(約3デニール))より大きな線密度を有する繊維は、濾材内に、より多くの開放空間又は気孔を与え、これは、その内部に分散されるナノ粒子のより大きな密度を可能にすることも見出した。これは、当業者の直感に反する可能性があるが、出願人

10

20

30

40

50

は、ナノ粒子を組み込むより大きな線密度を有する繊維は、フィルターの全体効率を実際に改善することを発見した。

【0041】

特定の実施形態では、濾材は、少なくとも2種の異なる繊維厚さ、又は線密度を含み、同じ濾材内に少なくとも2つの異なるフィルター層をもたらし得る。例えば、場合によっては、濾材の一部は、3.3デシテックス(3デニール)を越える、例えば、5.6デシテックス(5デニール)以上又は6.7デシテックス(6デニール)以上の線密度を有する繊維を含む。濾材の他の部分は、3.3デシテックス(3デニール)以下のより標準的な線密度を有する繊維を含む。この2重層濾材は、より大きな厚さの繊維内で高密度を有するナノ粒子で主として混入物を濾過する第1のフィルター部分、及びより低い線密度を有する繊維で主として混入物を濾過する第2のフィルター部分を作り出すが、両部分は、繊維全体に分散されたナノ粒子を含み得る。特定の実施形態では、濾材は、各部分内に異なるデニール繊維範囲を有する3種又はそれを越える別々の部分又は層を含み得る。

10

【0042】

図4は、第1の表面42及び第1の表面と反対側の第2の表面44を有する第1の基材40；及び第1の表面52及び第1の表面と反対側の第2の表面54を有する第2の基材50を含む二重層濾材を示す。基材40の第2の表面44は、当業者に既知の任意の方法で第1の基材の第2の表面54に結合される。第1の基材40は、例えば、3.3デシテックス(3デニール)以下の程度の比較的より小さい線密度の繊維46を含む。第2の基材50は、例えば、3.3デシテックス(3デニール)以上の、例えば、5.6デシテックス(5デニール)、6.7デシテックス(6デニール)以上の程度の比較的より大きい線密度の繊維56を含む。第2の基材50はまた、全体に分散され、繊維56に結合された及び/又は第2の基材50に保持された個別のナノ粒子58も含む。第1の基材40は、ナノ粒子を同様に含んでも、又は含まなくてもよい。

20

第1の基材40は、主として繊維46で混入物を濾過するように構成されるが、既に言及したように、第1の基材40もナノ粒子を含み得る。第2の基材50は、繊維56及びナノ粒子58の両方で混入物を濾過するように構成される。

いくつかの実施形態では、基材は、銀、亜鉛、銅、オルガノシリコン、トリブチルスズ、塩素、臭素、又はフッ素化合物を含む有機化合物類等の抗菌薬及び/又は抗ウイルス組成物などの添加物を含み(c m p r m i s e)得る。

30

繊維は、2種以上の異なる繊維相互に結合した繊維を含む生体成分繊維を含み得る。繊維は、同一材料又は異なった材料を含んでもよい。

【0043】

図5A~5Cは、本明細書で開示の繊維状材料と共に使用され得る生体成分繊維の種々の例を示す。図5Aは、コアの繊維62及び周囲の鞘繊維64を有する繊維60を示す。この実施形態では、コア部62は、実質的に鞘と同心円である。図5Bは、相互に並んで配置されている第1及び第2の繊維72、74を有する生体成分繊維70を示す。図5Cは、コア繊維82及び鞘繊維84を有する生体成分繊維80を示す。この実施形態では、コア部82は、鞘84の長手方向軸に対して偏心しており、これは、生体成分繊維の全体嵩高さを高める。無論、他の構成も可能である。例えば、コア部は、ドッグボーン形状、正方形、三角形又は菱形などの円形以外の形状を含み得る。あるいは、繊維は、複数コア部を含み得る、又はそれは3つ、4つ又はそれを越える象限に分かれ得る。

40

特定の実施形態では、繊維状材料(即ち、繊維及び/又はナノ粒子)は、静電的に帯電し、それにより、例えば、混入物は、機械的及び静電的濾過の両方で捕捉される。繊維とナノ粒子間の結合は、ナノ粒子、繊維又はそれらの両方を静電的に帯電させることにより高められ得る。例えば、特定の実施形態では、繊維は、静電的に帯電され、それにより、機械的濾過は、ナノ粒子により達成され、同時に、静電的濾過は、エレクトレット基材を通して達成できる。静電的又はエレクトレット基材は、カーディング及びニードリングにより作製された嵩高摩擦電気濾材であり得る。一実施形態では、ナノ粒子は、好ましくは、ニードリングの前に基材中に堆積され、その後、静電的繊維及びナノ粒

50

子の両方は一緒にニードリング処理される。

【 0 0 4 4 】

基材、ナノ粒子、又はそれらの両方は、摩擦電気法、コロナ放電、静電紡糸、ハイドロチャージング、充電棒又は他の既知の方法を用いて静電的に帯電され得る。コロナ帯電は、モノポリマー繊維又は繊維混合物、又は布地の充電に好適する。摩擦帯電は、異なる電気陰性度を有する繊維の充電に好適し得る。静電紡糸は、ポリマーの充電と繊維の紡糸を一段階工程として組み合わせている。摩擦帯電のための一つの好適な方法は、米国特許第 9, 0 7 4, 3 0 1 号に記載されており、その全開示は本明細書に参照により組み込まれる。

ナノ粒子は、摩擦電気効果を使用して粒子除去を強化するために、繊維に対する異なる摩擦電気特性で選択できる。この方法を用いて、生成されるナノ粒子は、電界中で形成され、摩擦電気効果を抑える可能性のある化学薬品による汚染に晒されることが少ない。粗い繊維とは異なる吸着特性又は表面電荷特性を有するナノ粒子は、例えば、油又は水濾過で同様に使用できる。この差異を使用して、濾材内で局在化した電界勾配を強化する又は作り出し、粒子除去を強化できる。ナノ粒子及び粗い繊維は、異なる湿潤特性を有し得る。

10

【 0 0 4 5 】

繊維状材料は、繊維間の結合、及び/又は基材中のナノ粒子の保持を促進し、それにより、ナノ粒子は、繊維に接着でき、あるいは、繊維により基材内に保持して、安定なマトリックスを形成できる接着剤又は結合剤などの結合剤又は結合材料を含み得る。結合剤又は結合材料は、基材全体にわたり個別のナノ粒子を繊維に結合させるために比較的小量で存在するのが好ましい。

20

結合剤は、デンプン、デキストリン、グアーガムなどの天然由来の材料、又は E V A、P V A、P V O H、S B R、ポリグリコリドなどの合成樹脂等を含む種々の従来の材料を含んでもよい。特定の実施形態では、溶媒蒸発時に結合が発生する溶媒系接着剤が使用される。

【 0 0 4 6 】

好ましい一実施形態では、結合剤又は結合材料はデキストリンを含む。更に別の実施形態では、結合剤は、水、2 - ヘキソキシエタノール、イソプロパノールアミン、ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム、ラウラミンオキシド及び水酸化アンモニウムなどの種々の物質の組成物を含む。更に別の実施形態では、結合剤は、少なくとも P V O H を含む。結合剤は、溶液、乳剤、懸濁液、ホットメルト、硬化性、未希釈及び/又は組み合わせであり得る。

30

いくつかの実施形態では、接着樹脂が使用され、接着樹脂は、基材上への接着剤のコーティング後に、架橋を起し得る。接着(水/耐溶剤性)は、接着剤配合物中の溶媒の蒸発に伴い、又は乾燥工程中の熱活性化により、自己架橋で促進され得る。特定の接着剤の場合では、架橋は、限定されないが、R F、U V、又は電子ビームを含む高エネルギー波長の電磁放射により実現できる。接着剤の量は、スプレー塗装機 1 4 0 のノズルサイズを調製することにより、又は接着剤組成物の流速を調節することにより、制御できる。結合剤は、スプレーノズル、ディップコーティング又は他の方法を用いて塗布できる。

40

いくつかの実施形態では、結合剤又は結合材料は、結合剤の表面又は界面張力を下げ、それにより、その分散及び湿潤特性を高め、結合剤をより容易に基材の深さに侵入させるために、界面活性物質を含み得る。本明細書で開示の接着剤と共に使用される好適な界面活性剤には、非イオン性、アニオン性、カチオン性及び両性界面活性剤、例えば、ステアリン酸ナトリウム、4 - (5 - ドデシル) ベンゼンスルホン酸、ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム湿潤剤、ドクセート(ジオクチルスルホコハク酸ナトリウム)、アルキルエーテルリン酸、塩化ベンザルコニウム(B A C)、ペルフルオロオクタンスルホン酸(P F O S) などが挙げられる。

【 0 0 4 7 】

いくつかの実施形態では、基材は、それ自身の結合組成物を含む。これらの実施形態で

50

は、結合剤又は結合材料を、基材に添加しても、又は添加しなくてもよい。このような一実施形態では、基材は、生体成分繊維を含み、成分の1つは、内核を少なくとも部分的に取り囲む外被膜を含む（図5A及び5C参照）。

鞘は、ナノ粒子に結合する材料を含み得る。例えば、鞘は、加熱及び/又は乾燥時に粘着性及び/又は流体になる材料を含み得る。加熱/乾燥ステップ（下記で考察）中、繊維の鞘部分は、それが粘着性及び/又は流体になってナノ粒子を基材に結合するようになるまで、その融点まで加熱される。好ましい実施形態では、結合及び乾燥は、同時に行われる。

【0048】

図23Aは、結合材料を使用しないで堆積させたナノ粒子を有する繊維製品の拡大画像である。図23Bは、デキストリン及び水の結合材料を用いてナノ粒子を繊維に接着させた繊維製品の拡大画像である。図に示すように、結合剤を使用すると、ナノ粒子は、より均一に繊維に接着する。

図23A及び23Bの実施例では、ポリエステルの内側部分及び高密度ポリエチレン（「HDPE」）の外側部分を有する2成分マイクロファイバーを有する基材を使用した。図23Aは、生体溶解性ガラスナノファイバーを基材の表面のみに堆積させ、静電力に依存してナノファイバーを保持する2成分マイクロファイバー基材を有するマイクロファイバー製品を示す。ナノファイバーの凝集及び不十分なナノファイバーの保持を、図23Aで認めることができる。基材は、メルトブローン、スパンボンド、又は本明細書で記載の他の方法を用いて作製できる。

図23Bの実施例では、結合材料が使用された。基材は、デキストリン及び水の混合物を噴霧され、ナノ繊維の高い均一性及びより高い保持率で、ナノ粒子が基材に適用された。さらなる実施例では、いずれかの本明細書で開示の結合材料を使用できる。更に、生体溶解性ガラスのナノ粒子は、基材の深さ中に堆積された。この実施例では、2成分マイクロファイバー基材其れ自体は、MERV値4～10であり、これは、本明細書記載の方法のいずれかを用いて達成できる。基材の深さ中に堆積され、静電荷を有するナノ粒子を用いて、一実施例では、元々MERV値8を有するマイクロファイバー基材を用いて、MERV値13を有する繊維製品が生成された。別の実施例では、元々MERV値6を有するマイクロファイバー基材を用いて、MERV値15を有する繊維製品が生成された。基材は、本明細書で記載の工程及び方法のいずれかなどのロールツーロール連続法でロールに適用され、繊維製品が商業規模で製造できる。一実施例では、ロールツーロール法は914センチ（30フィート）/分で稼働される。

【0049】

特定の実施形態では、本明細書で考察される繊維状材料は、液体フィルター、家庭及び市販空気濾過用のガスフィルター、外科マスク又は他の顔面被覆材などの混入物を除去又は吸収するフィルター装置の一部として含まれ得る。フィルター装置は、機械的なフィルター、吸収フィルター、隔離フィルター、イオン交換フィルター、逆浸透フィルター、表面フィルター又はデプスフィルターなどであってよく、空気又は水などから多くの異なるタイプの混入物を除去するように設計され得る。

このような一実施形態では、繊維状材料は、粒子及び混入物を空気から除去する、例えば、HEPAフィルター（即ち、ひだ状機械的空気フィルター）、UV光フィルター、静電フィルター、洗浄可能フィルター、濾材、紡糸ガラスフィルター、ひだ状又は非ひだ状エアフィルター、活性炭フィルター、ポケットフィルター、V-バンクコンパクトフィルター、フィルターシート、フラットセルフィルター及びフィルターカートリッジなどの空気フィルター中に組み込まれる。繊維状材料は、空気フィルター用の濾材を含み、支持層、スクリーン層により支持され得る、又はその他の層又は材料中に含まれ得る。出願人は、本明細書で考察したように、繊維状材料の深さ方向にナノ粒子を組み込みことにより、フィルターを通る圧力低下（即ち、空気流低下）を損なうことなく、空気フィルターの効率を実質的に高めることを発見した。加えて、これら材料は、全体粒子保持容量、従って、特に、効率を高めるために静電気的効果のみに又は主に依存するフィルターに比較して、

10

20

30

40

50

フィルターの寿命を増大させる。

【0050】

従来の家庭及び市販のエアフィルター、例えば、HEPAフィルターは通常、約0.3～10ミクロンの粒子を捕捉する能力により格付けされる。この格付けは、最小効率報告値、即ち、MERVと呼ばれ、米国暖房冷凍空調学会（ASHRAE）により開発されている。MERV値は1～16の範囲であり、より高い値は、特定のタイプの粒子の除去でより高い効率を示す。従来の機械的なエアフィルターは通常、繊維状濾過材料で約8のMERV値を報告している。

エアフィルターは通常、それらの初期効率（即ち、使用前の空気フィルターの効率）、及びそれらの経時的及び使用時効率に基づいて格付けされる。この後者の効率は通常、コンディショニング工程により試験され、ASHRAE標準52.2補足資料Jと呼ばれる。

【0051】

本明細書で提供されるエアフィルターは、約10より大きい初期MERV値及び水の約1.3センチ（約0.5インチ）未満の圧力低下を有する。場合によっては、初期MERV値は、約11であり、圧力低下は、水の約0.43センチ（約0.17インチ）以下の圧力低下であり、又は約1.3及び水の約0.91センチ（約0.36インチ）以下の圧力低下であり、又は約1.4及び水の約1.3センチ（約0.5インチ）以下の圧力低下である。

本明細書で提供されるガスフィルターは、ガスフィルターがASHRAE標準52.2補足資料Jでコンディショニングされた後で、MERV値10以上を有する。いくつかの実施形態では、ガスフィルターは、ASHRAE標準52.2、ISO標準16890又は任意の他の産業界で許容可能な標準でコンディショニングされた後に、MERV値13以上である。

本明細書で考察される繊維状濾材のMERV値は、濾材に使用される繊維のタイプ及びサイズ、濾材内の個別のナノ粒子の密度、濾材の幅、ひだ（もしあれば）の数とサイズ、などを含む多くの因子により変動する。MERV値は、繊維製品のシート、ならびに、ひだ状濾材として形成された繊維製品に対し測定でき、それぞれに対する圧力低下は変動し得る。同様に、濾材全体にわたる圧力低下もまた、上記で言及したものを含む、多くの因子に依存する。

【0052】

MERV値及び圧力低下に影響する1つの因子は、基材内の繊維の密度に対する、基材内のナノ粒子の密度又はアドオン量である。出願人は、基材密度とナノ粒子密度との間の比率が小さいほど、フィルターのMERV値及び圧力低下が高くなることを発見した。特定の実施形態では、本明細書で記載の濾材は、約0.1g/m²～約2.0g/m²、好ましくは、少なくとも約2g/m²のナノ粒子面密度を有する。

場合によっては、ナノ粒子の密度はまた、実際の濾材の密度（粗い繊維の密度）に依存する。下表2を参照して更に詳細に考察するように、約67の密度比率（アドオンナノ粒子g/smで除算した基材g/sm）は、水の約0.36センチ（約0.14インチ）の圧力低下及び10の初期MERV値を生じた。約33.4の密度比率は、MERV値を10に増大させ、同時に、圧力低下の約0.43センチ（約0.17インチ）への増大のみを生じた。約22.3の密度比率は、初期MERV値を12に、圧力低下を水の約0.61センチ（約0.24インチ）へ増大させた。

従って、フィルターの効率又はMERV値は、ナノ粒子のより高いアドオン量で増大し得る。特に、出願人は、例えば、少なくとも2g/m²のアドオン量で、約10のMERV値を有するフィルターを実現し得ることを発見した。4又は6g/m²のアドオン量は、それぞれ、約12及び13のMERV値を有するフィルターをもたらす。10g/m²以上のアドオン量は、15以上のMERV値を有するフィルターをもたらす。

【0053】

出願人はまた、より大きな厚さ又は線密度を有する繊維の包含は、より大きな細孔径、

従って、より大きな細孔容積を生じ、それにより、基材内のより高い密度のナノ粒子を可能にすることを発見した。これにより、より高いMERV値及び圧力低下を生じる（表2を参照して以下で考察されるように）。例えば、出願人は、MERV値14及び水の1.3センチ（0.5インチ）の圧力低下を有し、5.6デシテックス（5デニール）の生体成分繊維を含む空気フィルターを製造できた。同様に、出願人は、MERV値13及び水の約0.74センチ（約0.29インチ）のみの圧力低下を有し、5.6デシテックス（5デニール）の生体成分繊維を含むフィルターを製造できた。

ひだ状濾材90の一実施例を図6に示す。フィルター90は、用途に応じて、約0~10個のひだ/2.54センチ（1インチ）を含み得る。濾材は、段ボール又は金属フレームに取り付け、容易に置換可能なフィルター製品として使用できる。（図7）。図に示すように、ガスフィルター94は、本明細書で記載の繊維状材料で製造される。図に示すように、フィルター94は、濾材96に対する剛性及び構造を与えるひだ状繊維状濾材96及び支持層98を含む。

【0054】

図11は、本明細書で記載の繊維状材料で製造されたガスフィルター109を示す。ガスフィルター109は、繊維及び基材の深さ全体に分散されたナノ粒子を有する繊維状基材を含む。次に、基材は、シリンダー、錐体又は他の好適な形状に巻かれ、ガスタービン及びコンプレッサ空気取入口、パネルフィルターなどの用途で使用され得る。

本明細書で開示の繊維状材料で開発され得る他のタイプのフィルターには、円錐形フィルターカートリッジ、角形エンドキャップフィルターカートリッジ、ポケットフィルター、V-バンクコンパクトフィルター、パネルフィルター、フラットセルフィルター、ひだ付き又はひだ無しバッグカートリッジフィルター、などが挙げられる。

【0055】

本明細書で開示の繊維製品は、医療用マスク又は他の医療用途、例えば、人工呼吸器のカートリッジに使用し得る。医療用マスクは、保健医療作業員及び/又は患者を微生物及び他の物質から保護するように設計される。例えば、医療用マスクは、例えば、約3ミクロンの寸法を有し得る細菌を遮断でき、更には、例えば、約0.1ミクロンの寸法を有し得るウイルスを遮断できる。マスクは、繊維状材料を多層で用いて作製され、イヤーループ、締め紐、又は人の顔にマスクを取り付ける他の構造を有する。ワイヤーは、少なくともマスクの上部に組み込まれ、少なくともその部分を人の顔に適合させ得る。マスクは、人の顔の前面に多層繊維状材料を保持するように設計された剛性のポリマー構造を含むことができる。一実施例では、マスクは3層を有する。外層及び内層は、通気性を与えるスパンボンドポリプロピレンなどの繊維状材料を含むが、本明細書で言及したいずれの材料も使用できる。中間層は、内層と外層との間に配置され、基材の深さ中に堆積されて8を超える初期MERV、好ましくは10を超えるMERV、及びより好ましくは13のMERVを与えるナノ粒子を有するマイクロファイバー基材を含む。通気性のための、マスクを通過する圧力低下は、3~6mmの水、より好ましくは4mmの水である。マスクは約95%の効率を有するのが望ましい。マスクの他の実施例は、4層以上を有する。繊維製品の多層は、単一マスク中で組み合わせることができる。

【0056】

特定の実施形態では、繊維状材料は、開口部、気孔、又は穿孔を含む薄膜又は層中に含まれ得る。開口部は、パターン（例えば、環状、菱形形状、六角形、楕円形、三角形、矩形、など）でエンボス加工され、その後、エンボス加工により作られた薄くなった領域中で開口部が形成されるまで引き伸ばされる。このような孔あき基材は、ポリプロピレン、ポリエチレン、高密度ポリエチレン（「HDPE」）などの多くのポリマーから形成できる。ポリマー層は、例えば、押出フィルムを含む。孔あきフィルムは、商業的に入手でき、商標Deline（登録商標）として市販されている。基材は、ロールで供給され、ナノ繊維は、ロールツーロール法で基材中に堆積されている。図10A~10Eは、本明細書記載の方法で形成され得る孔あきフィルムの実施例を示す。

他の実施形態では、ガスフィルターは、濾材及び濾材に結合された実質的に固定支持層

10

20

30

40

50

を含む。支持層は、層内の深さ方向に分散された繊維及び個別のナノ粒子を含む。ナノ粒子は、支持層を通過する混入物を濾過するように構成される。

【0057】

図8を参照すると、複合材料フィルター部材814は、内部フィルター基材812及び1つ又は複数のフィルター支持部材又は膜810を含む。支持部材810は、ポリプロピレンフィルム、高密度ポリエチレンフィルム、ポリ乳酸フィルム又は押し出し可能フッ素樹脂材料、いくつかの実施形態では、ポリテトラフルオロエチレン及びペルフルオロアルキルビニルエーテルのコモノマーから作製されるペルフルオロアルコキシアルカン(PFA)等の熱可塑性ポリマー材料などのポリマーの押し出しシートから形成され得る。しかし、フッ素樹脂などの他のポリマー材料、例えば、エチレンクロロトリフルオロエチレン(ethylenechlorotrifluoroethylene)(ECTFE);ポリフッ化ビニリデン(PVDF)のエチレンテトラフルオロエチレン(ethylene tetrafluoroethylene)(ETFE)を使用し得る。

10

特定の実施形態では、上記で考察したように、支持膜810は、膜810内の深さ方向に分散された個別のナノ粒子を含む。ナノ粒子は、支持膜がフィルター膜814を通過する混入物の少なくとも一部を濾過することを可能にする(即ち、内部フィルター基材812により提供される濾過に加えて)。他の実施形態では、フィルター基材812及び/又は支持膜810は、このようなナノ粒子を含む。

PFAなどのフッ素樹脂材料は、半導体成分を浄化することを目的とするフィルター中で、及び極端な清浄度が必要で、汚染の可能性が最小化される他の環境で使用するのが極めて望ましい。このような支持膜は、流体をそれらの表面に沿って濾過されるように導き、加えて、流体を構造物を經由して下層のフィルター基材中に通して、望ましくない粒子を濾液から除去するように導くように設計される。

20

【0058】

図9A及び9Bに示すように、支持膜810は、複数の開口部828を含み得る。開口部は、丸い形状であるのが好ましいが、正方形、矩形、三角形などの他の形状も可能であることは理解されよう。基材は、ロール中に巻き付けられ、その後、巻きが解かれ、パンチプレスにより目的の所定のパターンでZ方向に通り抜ける開口部828を形成するように導かれる(図9A)。あるいは、設定後、シートは、パンチプレスを経由する連続操作に誘導され、そこで開口部828の所定のパターンを形成できる。

30

【0059】

図9Bを参照すると、開口形成後、フィルター支持部材は、両端矢印940により示されるように、濾材又は基材812により濾過される流体が通過するより大きな開放領域を得るために、長さ方向に引き伸ばして、開口部828を伸長できる。

代替的实施形態では、支持膜810は、多孔質であってよい(即ち、開口部828を有する多孔ではなく、又はそれに加えて)。この実施形態では、追加の流体流れは、実質的に多孔質支持膜で達成できる。例示的实施形態では、支持膜は、少なくとも0.5、即ち、50%、好ましくは0.8、即ち、80%及びより好ましくは約0.86、即ち、86%の気孔率値を有する。気孔率値は、材料の総体積の非固体又は気孔体積分率として定義される。このような複合材料濾材の更に完全な記述は、米国特許国際出願第US2020/040941号明細書で見つけることができる。この完全な開示は、本出願において、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

40

【0060】

フィルターのための本発明の支持膜は、当業者に既知の任意の方法により調製され得る。図9A及び9Bで示される一実施例では、支持膜は、リブを含む。例えば、支持膜は、ポリマー材料をシートの形態に押し出し、その後、シートを対向するローラーにより提供されるニップ領域を通過させる;ローラーの少なくとも1つは、座ぐり溝を備えた外表面を有する。1つのローラーの座ぐり溝は、もう一方のローラーのニップ領域の外表面又は座ぐり溝と整列され、シートの少なくとも1つの表面から直立したリブを有するリブ付きシートが形成される。あるいは、リブは、押し出し工程又は既知のエンボス加工方法の間

50

に形成され得る。リブが形成されると、支持膜は、ロール中に巻き付けられ、その後、巻きが解かれ、プレスにより目的の所定のパターンでそのZ方向に通り抜ける開口部を形成するように導かれる。あるいは、設定後、支持膜は、パンチプレスを経由する連続操作に誘導され、そこで、図9Aに最もよく見られるように、開口部の所定のパターンを形成できる。必要に応じ、支持膜は、例えば、フィルター層又は基材により濾過される流体が通過するより大きな開放領域を得るために、長さ方向に引き延ばされ(図9Bで両端矢印により示されるように)、開口部を伸長できる。

【0061】

図12は、繊維状材料及び上記した他の製品を製造するための全体システム110の概略図を示す。図に示すように、システム110は、繊維又は他の材料の基材130を製造工程を通して前進させるためのフィーダー120を含む。システム100は、塗装機140、繊維化システム150及び加熱及び/又は乾燥装置160を含む。特定の実施形態では、システム100は、基材130の下で繊維化システム150の反対側にある真空源又は他の減圧源170を更に含む。

10

一実施形態では、フィーダー120は、工程の下流端に巻取り機122及び上流端に巻出機124を含み、システム100を通して基材130を連続的に巻き上げる。特定の実施形態では、フィーダー120は、支持基材130がシステム100を介して下流に移動するに伴い、支持基材130のための巻出し/巻取り機間に伸びる支持体表面(図示せず)を更に含み得る。他の実施形態では、基材は、巻出機124から巻取り機122へ別の支持体表面なしで直接巻き戻される。

20

【0062】

塗装機140は、ナノ粒子が基材130内の繊維に接着して、安定なマトリックスを形成できるように、接着剤又は結合物質などの結合剤又は結合材料の液滴を基材130上に噴霧するように構成される。結合剤は、基材130の全体にわたり個別のナノ粒子を繊維に結合させるために比較的小量で存在するのが好ましい。好ましい実施形態では、塗装機140は、約20~30ミクロンの直径を有する接着剤液滴を生成し、基材130を通る接着剤の侵入深さを増大させる寸法のスプレーノズルを含む。無論、液滴サイズは、空気圧、空気体積、空気温度、湿度、スプレーホーンデザイン、接着剤のレオロジー特性/粘度及び担体などを含む多数の他のパラメーターにより影響を受け得る。

無論、結合剤又は結合材料による基材のコーティングは、超音波噴霧、ディップコーティング、スピンコーティング、グラビアコーティング、キスロールコーティング、スクリーンコーティング、粉末コーティング、静電的スパッタコーティング、又は類似のコーティング技術を含む他のコーティング方法によっても達成され得ることは理解されよう。

30

上記で考察したように、結合剤としては、デンプン、デキストリン、グアーガムなどの天然由来の材料、又はEVA、PVA、PVOH、SBRなどの合成樹脂を含む種々の従来の材料を含めてもよい。特定の実施形態では、溶媒蒸発時に結合が発生する溶媒系接着剤が使用される。

【0063】

好ましい一実施形態では、結合剤はデキストリンを含む。別の実施形態では、結合剤は、水、2-ヘキソキシエタノール、イソプロパノールアミン、ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム、ラウラミンオキシド及び水酸化アンモニウムなどの種々の物質の組成物を含む。更に別の実施形態では、結合剤は、PVOHを含む。結合剤は、溶液、乳剤、懸濁液、ホットメルト、硬化性、未希釈及び/又は組み合わせであり得る。

40

いくつかの実施形態では、接着樹脂が使用され、接着樹脂は、基材130上への接着剤のコーティング後に、架橋を起こし得る。接着(水/耐溶剤性)は、接着剤配合物中の溶媒の蒸発に伴い、又は乾燥工程中の熱活性化により、自己架橋で促進され得る。特定の接着剤の場合では、架橋は、限定されないが、RF、UV、又は電子ビームを含む高エネルギー波長の電磁放射により実現できる。接着剤の量は、スプレー塗装機140のノズルサイズを調製することにより、又は接着剤組成物の流速を調節することにより、制御できる。

50

【 0 0 6 4 】

いくつかの実施形態では、結合剤は、結合剤の表面又は界面張力を下げ、それにより、その分散及び湿潤特性を高め、結合剤をより容易に基材の深さに侵入させるために、界面活性物質を含み得る。本明細書で開示の結合剤と共に使用される好適な界面活性剤には、非イオン性、アニオン性、カチオン性及び両性界面活性剤、例えば、ステアリン酸ナトリウム、4 - (5 - ドデシル) ベンゼンスルホン酸、ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム湿潤剤、ドクセート (ジオクチルスルホコハク酸ナトリウム)、アルキルエーテルリン酸、塩化ベンザルコニウム (B A C)、ペルフルオロオクタンスルホン酸 (P F O S) などが挙げられる。

いくつかの実施形態では、スプレー塗装機 1 4 0 は、ナノ粒子が堆積される前に、結合剤が噴霧されるように、繊維化システム 1 5 0 の上流に配置される。他の実施形態では、スプレー塗装機 1 4 0 は、ナノ粒子堆積後に結合剤を噴霧できるように、繊維化システム 1 5 0 の下流に配置される。他の実施形態では、システム 1 0 0 は、2つの噴霧コーティングを含み；1つは、繊維化システム 1 5 0 の上流に配置され、2つ目のスプレー塗装機 (図示せず) は、繊維化システム 1 5 0 の下流に配置され、ナノ粒子の堆積後に第 2 の結合剤で基材 1 3 0 がコートされる。

いくつかの実施形態では、それぞれスプレー塗装機 1 4 0 を有する 2 つ以上のノズルヘッドが存在する。ノズルヘッドは、例えば、より良好な均一性のために、又は繊維噴霧幅を増大させるために、直列に配置され得る。あるいは、ノズルヘッドは、並列に、即ち、基材の幅全体にわたり配置され、結合剤が基材の幅全体にコートされていることを確実にし得る。

【 0 0 6 5 】

好ましい実施形態では、結合剤の侵入深度及び均一性を高めるために、減圧又は真空源 (図示せず) がスプレー塗装機 1 4 0 と反対側の基材 1 3 0 の下部に配置される。減圧源は、基材を通して結合剤を吸引する吸引ポンプなどの任意の好適な吸引装置であってよい。

いくつかの実施形態では、基材は、それ自身の結合組成物を含む。これらの実施形態では、結合剤を、基材に添加しても、又は添加しなくてもよい。このような一実施形態では、基材は、生体成分繊維 6 0 0 を含み、成分の 1 つは、内核 6 2 を少なくとも部分的に取り囲む外被膜 6 4 を含む。特定の実施形態では、鞘 6 4 及びコア 6 2 は、実質的に相互に同心円であり得る (図 5 A)。他の実施形態では、コア 8 4 は、鞘 8 2 と偏心性であり得る (図 5 C)。他の実施形態では、コア 7 2 及び鞘 7 4 は、相互に並んで位置し得る (図 5 B)。無論、他の構成も可能である。例えば、コア 1 8 4 は、ドッグボーン形状、正方形、三角形、菱形、などの円形以外の形状を含み得る。あるいは、繊維 1 8 0 は、複数コアを含み得る、又はそれは 3 つ、4 つ又はそれを超える象限に分かれ得る。

鞘 6 4 は、ナノ粒子に結合する材料を含み得る。例えば、鞘 6 4 は、加熱及び / 又は乾燥時に粘着性及び / 又は流体になる材料を含み得る。加熱 / 乾燥ステップ中、繊維の鞘 6 4 部分は、それが粘着性及び / 又は流体になってナノ粒子を基材に結合するようになるまで、その融点まで加熱される。好ましい実施形態では、結合及び乾燥は、乾燥装置 1 6 0 内で同時に行われる。

【 0 0 6 6 】

図 1 3 は、ナノ繊維群を個別のナノ粒子に変換するための繊維化システム 1 5 0 の概略図を示す。本明細書で使用される場合、用語「繊維化」は、相互に絡み合っている、そうでなくともよい、クラスター、凝集塊又は他のナノ粒子群を少なくとも 1 つの 1 μ 未満の次元を有する個別のナノ粒子に変換する (例えば、解放する、分離する、単離する及び / 又は個別化する) ことを意味する。図 1 4 A ~ 1 4 C は、絡み合ったナノ繊維のマクロクラスター (図 1 4 A)、絡み合ったナノ繊維のより小さいクラスター (図 1 4 B) 及び個別のナノ粒子 (図 1 4 C) の例を示す。

図に示すように、繊維化システム 1 5 0 は、ナノ粒子のより大きな又はマクロクラスター / 凝集塊 (図 1 4 A 参照) をシステム 1 5 0 に導入するためのホッパーなどのフィーダ

ー 200 を含む。フィーダー 200 は、当業者によって既知の、及び好ましくは、マクロ粒子クラスターを工程中に、下流の繊維化速度に依存する指定された速度で導入するように構成される任意の好適なホッパー装置を含み得る。ナノ粒子は、指定された速度で連続的に導入される得るか、又は指定された速度で間隔を置いて導入され得る。バンドル中のナノ粒子のマクロクラスターは、フィーダー 200 に導入の前に、分解される。

ナノ粒子は多くの異なる形態で繊維化装置 150 に導入され得ることを理解されたい。例えば、生のナノ繊維は、長い分離された繊維として生成され得る。この形態では、ナノ繊維は、目的の長さ対直径比を得るために切断され得る。

【0067】

システム 150 は、ナノ粒子のマクロクラスター/凝集塊を、ナノ粒子のより小さいク
 ラスター/凝集塊に分離又は分解するために、混合機などのセパレーター 210 を更に含
 む（図 14 B を参照）。フィーダー 200 は、任意の機械的な手段によりナノ繊維をセパ
 レーター 210 中に定常的連続状態で移す。移動速度は、フィーダー 120 に沿った基材
 130 の速度、ナノ粒子の繊維化速度、などの種々の要因に依存する。セパレーター 21
 0 に落とすナノ粒子の量を調節して、基材中に分散されるナノ粒子の量を制御して、連続
 製造工程を作成できる。

【0068】

一実施形態では、セパレーター 210 は、フィーダー 200 に連結された第 1 の開口部
 214 及び下流工程に連結された第 2 の開口部 216 を有する筐体 212 を含む。第 2 の
 開口部 216 は、特定のサイズを有するナノ繊維のクラスターにのみそれを通過させる寸
 法にされるのが好ましい。セパレーター 210 は、筐体 212 内の垂直軸の周りを回転し
 てナノ繊維の粗いクラスターを分離し、解放するように設計された複数の回転可能ブレ
 ード（図示せず）を含み得る。ブレードは、同じ又は異なるピッチ及びキャンパーを有し、
 それらが第 1 の開口部 214 から第 2 の開口部 216 に通過するに伴い、連続的分解又は
 絡み合った繊維の「開織」を可能にし得る。

【0069】

繊維化システム 150 は、セパレーター 210 からノズル 220 までシステムを通して
 伸びるガストリームを更に含む（以下でより詳細に考察される）。ガストリーム（以
 下の考察のように、一連のポンプに加えて）は、ナノ繊維をシステム 150 を通して動か
 す輸送力を与える。一実施形態では、ガストリームは、システムに圧縮空気を供給する
 ように構成される空気圧縮機 230 で形成されるが、他の形態のガスもシステム 150 を
 通ってナノ繊維を移送させるために使用し得ることは理解されよう。

システム 150 は、ナノ繊維クラスター及び最終的に個別のナノ粒子をシステム全体を
 通して移動させる 1 つ又は複数のポンプを含む。ポンプは、容積式、遠心力利用、軸流な
 どの任意の好適なポンプを含み得る。一実施形態では、第 1 のポンプ 240 は、第 1 の通
 路 242 により空気圧縮機 230 に流体連結された第 1 の入口及び第 2 の通路 244 によ
 りセパレーター 210 に流体連結された第 2 の入口を含む。圧縮空気は、第 1 のポンプ 2
 40 中に引き込まれ、減圧（例えば、真空）を作り出し、ナノ繊維のクラスターをセパ
 レーター 210 からポンプに引き込まれる（以下で更に詳細に考察される）。システム 15
 0 は、それぞれ第 1 のポンプ 240 の出口に流体連結された第 2 及び第 3 のポンプ 250
 、260 を更に含み得る。同様にして、第 2 及び第 3 のポンプ 250、260 は、第 3 の
 通路 252 を通ってナノ繊維クラスターを引き込む減圧を作り出す。

特定の実施形態では、ポンプ 240 は、排出装置 300 を含む。図 15 に示すように、
 排出装置 300 は、流体通路 308 を経由して出口 306 にそれぞれ連結された可動流体
 入口 302 及びナノファイバー入口 304 を含む。流体通路 308 は、収束性入口ノズル
 310、ディフューザースロート 312 及び発散性出口ディフューザー 314 を含む。高
 圧、低速空気は、低圧、高速空気に変換され、従って、吸引に必要な圧力差が生成される
 。ベンチュリ効果及びベルヌーイの原理に基づいて、一次流体媒体（例えば、圧縮空気）
 は、真空を作り出し、ナノ繊維を排出装置 300 に引き込み、及びそれらを出口 306 を
 通って追い出すために使用される。排出装置 300 の直径は、圧縮空気の体積流量、吸引

10

20

30

40

50

要件、圧力低下、及び圧縮空気の流体圧力に依存する。

【0070】

図13に戻って参照すると、第3の通路252は、第3の通路252を、それぞれ第2及び第3のポンプ250、260につながる2つの別々の通路に分ける連結部254を含む。連結部254は、第3の通路252に実質的に垂直に配置されてT形状交差点を形成する表面又は壁を含むのが好ましい。表面は、連絡点での通路の内壁、又は他の内壁の方向の変化、例えば、曲面、垂直表面などの通路を通るナノ繊維の流れを妨害する任意の表面であってよい。あるいは、通路は、通路内に配置された壁又は他の表面、又は流体経路の通路中への突出物を含んでもよい。一実施形態では、通路は、連結部から伸びる2つの別々の通路を含む、実質的にT形状の連結部へ伸びる。第2の排出装置は、ナノ繊維を、

10

【0071】

ナノ繊維クラスターが第3の通路252を通過して移動するに伴い、それらは、第2及び第3のポンプ250、260により加えられた減圧によりこの表面又は壁に対し前進させられる。ナノ繊維の連結部254に対するこの速度は、少なくとも一部のナノ繊維クラスターをより小さいナノ繊維クラスター及び/又は1ミクロン未満の少なくとも1つの次元を有する個別のナノ粒子に分解するのに十分な動力的エネルギーを有する衝突を作り出す。

ナノ粒子クラスターを分解するのに必要な動力的エネルギーを作り出すために、空気は、システム150全体を通して、約2.54 m/s ~ 約50.8 m/s (約500 fpm ~ 約10,000 fpm)、好ましくは、約10.16 m/s ~ 約30.48 m/s (約2,000 fpm ~ 約6,000 fpm)の速度で前進させられる。システム150は、十分な量の吸気圧力、少なくとも約138 kPa (約20 psi)を含む。この吸気圧力は、少なくとも約690 kPa (約100 psi)のシステム全体を通じた全体圧力を作り出す。

20

【0072】

特定の実施形態では、システム150は、第2及び第3のポンプ250、260の出口を反応器270と連結する第4及び第5の流体通路262、264を更に含む。図16に示すように、反応器270は、上面272、下面274及び上面272から下面274に伸びる内部環状チャンバー276を含む。反応器270は、解放上部入口278及び出口280を有する中央管275を更に含む。反応器270は、1つ又は複数の出口282を更に含んでもよい。反応器270は、環状チャンバー276内で回旋ガスの渦巻きを作り出すように構成されたエネルギー源(図示せず)に連結され得る。エネルギー源は、ポンプ、コンプレッサー、発電機などの任意の好適なエネルギー源を含み得る。回旋ガスは、好ましくは、中央管275の周りで反応器270の底部から最上部へ流れ、ナノ繊維クラスター及び個別のナノ粒子を下面275から上向きに上面272の方向に移動させる。

30

【0073】

別の実施形態では、渦巻きは、別のエネルギー源なしに作り出される。この実施形態では、ナノ繊維クラスター290及び個別のナノ粒子292は、底部入口284、285、286、287を通過して反応器270に入る。入口284、285、286、287は、上向きに傾斜され、中央管275の周りでナノ繊維及びナノ粒子の移動を促進する。好ましい実施形態では、入口284、285、286、287の少なくとも1つ又は複数は、ナノ繊維及びナノ粒子が反応器270に入り、それらが中央管275に対して接線方向になるように、傾斜される。それらが環状チャンバー276に入ると、ナノ繊維及びナノ粒子の速度ベクトル(速度と方向)は、反応器270内に渦巻きを作り、それらを中央管275の周りで、チャンバー276の上部まで上向きに旋回させる。回旋ガスは、好ましくは、中央管275の周りで反応器270の底部から最上部へ流れ、ナノ繊維クラスター及び個別のナノ粒子を下面275から上向きに上面272の方向に移動させる。何らかの中断が無ければ、ナノ繊維290及びナノ粒子292は、反応器の底部から最上部まで吹き

40

50

飛ばされる。チャンバー 276 内の渦巻きは、それらが反応器 270 を通過するに伴い、ナノ繊維クラスター 290 を更に分解し得る（例えば、解放、分離及び/又は個別化し得る）。

いくつかの実施形態では、反応器 270 はまた、環状チャンバー 276 内で回旋ガスの渦巻きを作り出すように構成されたエネルギー源（図示せず）に連結され得る。エネルギー源は、ポンプ、コンプレッサー、発電機などの任意の好適なエネルギー源を含み得る。

【0074】

システム 100 は、上部出口 282 に連結された別のポンプ又は減圧源（例えば、図 17 参照）を更に含み得る。この減圧は、繊維 290 が反応器 270 を出るように、出口 282 を通って繊維を引き出す。個別のナノ粒子 292 は、まだ一緒にクラスター化されている絡み合ったナノ繊維 290 よりもかなり軽いので、これらの個別のナノ粒子 292 は、中央管 275 の上部入口 278 に引き込まれる。一方、まだ分解されていない、より大きく、より重いナノ繊維 290 のクラスターは、上部出口 284 を通って引き出される。上部出口 284 は、他のポンプに連結され得るか（図示せず）、第 1 のポンプ 240 に連結され得る。この方法では、ナノ繊維クラスター 290 は、更に分解するために、工程を経由して再度送られ、再供給システムを作って、残りのナノ繊維クラスターを更に分解する。

10

【0075】

中央管 275 の出口 280 は、ノズル 220 に連結される（図 13 参照）。個別のナノ粒子 292 は、ノズル 220 に引き込まれ、そこで、それらは、基材の表面上に、又は繊維ストリーム中に分散される（下記で考察される）。ノズル 220 は、当業者により既知の任意の好適なノズルを含み得る。一実施形態では、ノズル 220 の下を通過する基材のサイズ（即ち、面積）に適合された外部寸法を有する複数の出口を有する。ノズル 220 は、システム全体の圧力により駆動される速度でナノ粒子を基材上に分散する。

20

【0076】

特定の実施形態では、システム 100 は、反応器 270 の出口 280 に連結された 2 つ以上のノズルを含む。ノズルは、任意の好適な形態、例えば、並列に、直列に、平行に、などで基材上に配列されてよい。

ポンプ 240、又はポンプ 250、260 は、ナノファイバー/空気混合物ストリームをノズル 220 に直接に（即ち、反応器 270 をバイパスして）供給し得ることは理解されよう。この実施形態では、システム内の圧力は、ほぼ全てのナノ繊維を個別のナノ粒子に分解又は解放するのに十分な動力的エネルギーを作り出すように設計され、それにより、反応器 270 は、より大きな繊維クラスターからナノ粒子を分離する必要がない。

30

【0077】

図 17 を参照すると、次に、繊維化システム 320 の別の実施形態が記載される。図に示すように、繊維化システム 320 は、より大きな又はマクロクラスターのナノ繊維を、システム 320 を通過する、より小さいクラスターのナノ繊維に分離するためのセパレーター 325 を含む。第 1 の排出装置 326 は、セパレーター 325 の出口に連結され、セパレーター 325 からシステム 320 にナノ繊維を引き込む役割をする。空気圧縮機（図示せず）はまた、排出装置 326 に連結され、上記で考察した、可動流体を提供する。

40

以前の実施形態と同様に、第 2 及び第 3 の排出装置 330、340 は、第 1 の排出装置 326 の出口に連結される。ナノ繊維は、第 1 の排出装置 320 を通って引き出され、T 形状交差点 350 の表面に対し前進させて、少なくとも一部のナノ繊維をより小さいナノ粒子クラスター又は個別のナノ粒子に分解する。

それぞれの第 2 及び第 3 の排出装置 330、340 は、追加の T 形状交差点 360、370 に連結される。以前の通り、ナノ繊維は、T 形状交差点 360、370 の表面に対し前進させられ、それらは更に分解される。T 形状交差点 360、370 はそれぞれ、反応器の底部分 380 に入る 2 つの流体通路に連結される。従って、反応器の底部分 380 は、ナノ繊維の通過のための 4 つの別々の入口 382、384、386、388 を有する。これらの入口のそれぞれは、好ましくは、上向きに傾斜され、反応器と反対側の角に配置

50

される。これは、ナノ繊維が反応器の渦巻き中に入り、その後、反応器の上部 390 まで上向きに渦を巻くのを可能にする。

【0078】

図 16 を参照して以前に考察したように、反応器は、解放上端及びノズルに連結された下端を有する中央管を備えた環状チャンバーを含む。個別のナノ粒子に十分に分解されたナノ繊維は、この解放上端を通して、ノズルを介した分散のための中央管中に流れる。まだ分解されていない、より重いナノ粒子クラスターは、4つの別々の出口 392、394、396、398 の 1 つを通して反応器を出る。上記で考察したように、排出装置 410、420 は、反応器 400 からナノ繊維を延伸するための輸送力を提供する。出口 392、394 はそれぞれ、T 形状交差点 412 を介して排出装置 410 に連結され、出口 396、398 はそれぞれ、T 形状交差点 422 を介して排出装置 420 に連結される。この場合、ナノ繊維は、それらは交差点 412、422 を通過するに伴い、2つの通路から 1 つの通路に流れる。

排出装置 410、420 はそれぞれ、T 形状交差点 430、440 に連結される。以前に記載のように、ナノ繊維は、T 形状交差点 430、440 に前進させて、それらを更に個別のナノ粒子に分解する。T 形状交差点 430、440 はその後、それぞれ、反応器 400 の底部分 380 に連結される（入口 432、434、442、444 を介して）。これは、更なる処理のためにナノ繊維を反応器 400 に戻すのを可能にする。この工程は、ナノ繊維の各クラスターに対し、それが完全にナノ粒子に分解され、中央管をノズルへ通過するまで継続される。最後のステップとして、個別化されたナノ繊維は、ノズルから任意の基材上に空気吹き付けされるか、又はいずれかの繊維紡糸ストリームと混合される。この工程の間、吸引力は最大 137.9 kPa (20 psi)、圧力は最大 689.5 kPa (100 psi) である。

【0079】

特定の実施形態では、繊維化システム 150 は、ナノ繊維がノズルを通過するのに好適する個別のナノ粒子に分解されたときを判定するためにナノ繊維を監視する別々の制御システムを含み得る。制御システムは、例えば、システム全体の圧力を単純に監視して、ナノ粒子に分解するのに十分な圧力がナノ繊維に加えられていることを確実にしてもよい。あるいは、この制御システムは、質量又はサイズなどのナノ粒子の特性を検出するためにシステム全体に配置された種々の異なるセンサーを備えてもよい。センサーは、例えば、制御システムが反応器 400 の、出口 392、394、396、398 に加えられた減圧、環状チャンバーの周りを通過する渦巻き速度、又はその後、ナノ粒子をノズルに引き込む中央管に加えられた圧力、などの種々のパラメーターを制御し得るように反応器 400 内に配置されてもよい。

【0080】

図 18 は、多層の繊維状材料を製造するためのシステム 500 の別の実施形態を示す。図に示すように、システム 500 は、システム 500 を通って下流の第 1 及び第 2 の基材 510、512 を巻き上げるために、第 1 及び第 2 の巻出機 502、504 及び単一卷取り機 506 を含む。以前のいくつかの実施形態におけるように、システム 500 は、それぞれの基材 510、512 のための支持体表面（図示せず）を更に含み得る。第 1 及び第 2 の巻出機 502、504 は、前記第 1 及び第 2 の基材 510、512 を工程中に進める働きをし、そこで、それらは一緒に連結され、その後、以下で考察のように、単一卷取り機 506 の方に巻取られる。

システム 500 は、第 1 及び第 2 の基材 510、512 に結合剤を適用するために、第 1 及び第 2 の巻出機 502、504 の下流にそれぞれ配置された第 1 及び第 2 のスプレー塗装機 520、522 を含む。システム 500 は、それぞれの吹付器 520、522 の下流に配置された第 1 及び第 2 の繊維化システム / 装置 530、532 を更に含む。以前に考察したように、繊維化装置 530、532 は、個別のナノ粒子を生成し、それらのナノ粒子を基材 510、512 上に分散する。

ナノ粒子が基材 510、512 中に分散されると、2つの基材は、連結点 540 で一緒

に連結され、それらは一緒に下流へ進められる。2つの基材は、この時点で相互に結合されてもよい、又はそれらを、単純に、順に重ねて置いてもよい。

【0081】

システム500は、2つの基材の連結点540の下流に、IRオープン550などのヒーター/乾燥装置を更に含む。加熱/乾燥装置は、2つの基材を加熱及び乾燥し、それらを相互に結合させ、ナノ粒子を基材内の繊維に結合させる。基材は、例えば、相互に積層させてもよい。

特定の実施形態では、ナノ粒子は、両方の基材510、512中に分散される。このような一実施形態では、システム500は、ナノ粒子がそれぞれの基材の第1の表面を通して分散されるように設計される。その後、基材は、第1の表面が相互に向き合うように連結できる。あるいは、第1の表面は、相互に反対側を向いてもよい（即ち、それぞれの基材の第2の反対側の表面で基材を連結する）。更に別の実施形態では、第1の基材の第1の表面は、第2の基材の第2の表面に連結される。

10

【0082】

図19は、繊維722及び少なくとも一部の濾材710を通して分散されたナノ粒子720を含む繊維状材料の濾材710を含むフィルター製品700を示す。図に示すように、濾材710は、第1の上面712及び第2の下面714を有する。ナノ粒子は、それらが上面712を超えて、濾材710の深さ中に伸びるように、上面712を全体に分散されている。フィルター製品700は、濾材710のための支持を提供する実質的に剛性のポリマー、又はそれを通してガス又は流体の通過のための（上記で考察された）複数の開口部を有する孔あきフィルムなどの当該技術分野において既知の任意の好適な支持層であってよい支持層730を更に含む。

20

【0083】

図20は、繊維722及び濾材710の一部を通して分散されたナノ粒子720を含む繊維状材料の濾材710を含む別のフィルター製品740を示す。この実施形態では、製品740は、支持層730に結合されたスクリーン層750を含む。

【0084】

図21は、相互に結合された第1及び第2の濾材762、764を含む二重層フィルター製品760を示す。図に示すように、ナノ粒子720は、各濾材762、764の深さ全体に分散されている。この実施形態では、ナノ粒子720は、濾材762、764の内表面766、768を通して分散されている。別の実施形態では（示さず）、ナノ粒子は、濾材762、764の外表面770、772を通して分散されている。更に別の実施形態では、ナノ粒子720は、濾材762の内表面766及び濾材764の外表面772上に堆積され得る。

30

別の態様では、繊維状材料を製造するシステムは、1つ又は複数の繊維ストリームを生成するための第1の装置、及びガス状媒体内のナノ粒子を単離するための第2の装置を含む。第2の装置は、ナノ粒子をストリーム中に分散し、このストリームを繊維ストリーム中に供給し、繊維状材料を形成する。システムは、第2の装置に連結され、繊維ストリーム中に実質的に均一にナノ粒子を供給するように構成されたノズルなどの分散装置を更に含む。繊維ストリームは、メルトブローン、スパンボンド又はスパンレース、熱接着、カーデッド、エアレイド、湿式、押し出し、共形成、ニードルパンチ、縫い合わせ、水圧交絡、などの当該技術分野において既知の任意の好適な機序で生成され得る。

40

一実施例では、システムは、フィラメントが融解ポリマーの紡糸及び融解フィラメントの延伸により形成される、スパンボンドラインを含み得る。フィラメントの繊維バンドルは、分離及び開織され、その後、網上に層状に重ねられてウェブを形成する。繊維は、熱接着及びエンボス加工によりシートの形態に結合される。第1のストリーム630は、例えば、細長化領域の前、又は結合（固化）工程の前に導入され得る。

別の実施形態では、システムは、相互に直列に配置された2つのカーディング装置を含み得る。第1のストリーム630は、第1のカーディングライン後、及び第2のカーディングラインの前の任意の位置で導入され、それにより、ナノ粒子は2つのカーディング織

50

維ウェブ間に挟まれる。その後、ナノ粒子を含む全ての繊維は、エアスルーボンディングオープン中で一緒に結合される（ナノ粒子が熱的に絡み合わされる）。

【0085】

1つ又は複数のストリームを生成する別の実施形態を図22に示す。この実施形態では、ナノ粒子は、2つのメルトブローダイの間に配置され、融解ポリマーを小さい孔に押し通して繊維を作製する。ナノ粒子がまだ粘着性のある繊維と出会うと、それらは、機械的に繊維と絡み合わされ、繊維と熱的に結合される。従って、いくつかの実施形態では追加の結合工程は必要ない。

図22に示すように、繊維構造を形成するための装置600は、上記のシステム及び装置に1つに類似の繊維化システム610を含む。繊維化システム610は、ノズル620又は個別のナノ粒子を第1のストリーム630中に分散するための類似の装置を含む。装置600は、個別のナノ粒子のストリーム630と混合される1つ又は複数の繊維ストリームを生成するためのシステムを更に含む。このシステムは、スパンボンド、カーディング、押し出し、などの当該技術分野で既知の任意のシステムを含み得る。

【0086】

別の実施形態では、装置は、第1及び第2の押出成形機650、652に連結されたホッパー640、642などの第1及び第2のフィーダーを含む。各押出成形機は、例えば、従来の駆動モーター（図示せず）により駆動される押し出しスクリュウ（図示せず）を含む。駆動モーターによる押し出しスクリュウの回転により、ポリマーは、押出成形機650、652を通して前進するに伴い、継続的に熔融状態に加熱される。熱可塑性ポリマーの熔融状態への加熱は、それが押出成形機650、652の別々の加熱領域を通して2つのメルトブローダイ660、662の方にそれぞれ前進するに伴い、その温度が徐々に高められて、複数の別々のステップで達成され得る。メルトブローダイ660、662は、熱可塑性樹脂の温度が押し出しのための高レベルで維持されている、更に別の加熱領域であり得る。

【0087】

各メルトブローダイ660、662は、2つのダイ毎の細長化ガスストリームが集まって、より糸が小さい孔又はメルトブローダイ中のオリフィス672を出るに伴い、混合され、熔融糸を細長化する単一ガスストリームを形成するように構成される。熔融糸20は、最長化して繊維にされるか、又は通常オリフィス672の直径未満である小径のマイクロファイバーの細長化の程度に応じて、細長化される。従って、各メルトブローダイ660、662は、混合及び細長化ポリマー繊維を含むガスの、対応する単一の一次空気ストリーム680、690を有する。

【0088】

ポリマー繊維を含む一次空気ストリーム680、690は、形成領域700で収束するように整列される。加えて、個別のナノ粒子の第1のストリーム630は、形成領域30での熱可塑性ポリマー繊維又はマイクロファイバーの2つの一次空気ストリーム680、690に添加される。個別のナノ粒子の2つの繊維の一次空気ストリーム680、690への導入は、混合一次空気ストリーム680、690内の第2の繊維状材料32の分配をもたらすように設計される。これは、3つ全てのガス流を制御された方法で収束させるように、2つの一次空気ストリーム680、690の間の個別のナノ繊維の第1のストリーム630を混合することにより達成され得る。

【0089】

不織布材料の製造に利用され得る好適なメルトブローダイの例は、米国特許第6,972,104号、同第8,017,534号、及び同第7,772,456号明細書及び米国特許出願公開第20200216979A1号明細書中でより詳細に考察されている。これらの全開時は、本出願において、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

【0090】

実施例1

ポリエステル内部環状部分及び外部同心HDPE部分を有する2成分繊維のマイクロ

10

20

30

40

50

ファイバー基材がロール状で提供された。ロールツーロール法で、基材に接着剤を噴霧し、生体溶解性ガラス繊維又はナノ粒子を堆積させた。次に、不織布生成物をオープンで加熱し、冷却した不織布生成物を別のロール上に集めた。

ナノ粒子は、図12～16に記載の方法に従って堆積させた。実験では、成体可溶性ガラスナノ繊維を用いる。ナノファイバー直径は約700nmで、長さは約500ミクロンである。2成分繊維から作製されたカーデッドエアスルーボンデッド不織布を以下の実施例で基材として使用する。

フラットシート濾材試料を0.559m/s(110fpm)の濾過速度で試験した。サンプルサイズは、30.48センチ×30.48センチ(12"×12")であった。0.3～10ミクロンのNaCl塩粒子を混入物として使用した。

10

【0091】

実施例2

3.3デシテックス(3デニール)のPET/PE2成分繊維から作製されたカーデッド不織布を基材として使用した。結合剤は、水、2-ヘキソキシエタノール、イソプロパノールアミン、ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム、ラウラミンオキシド、水酸化アンモニウムを含む組成物を結合剤として使用する。ナノファイバーアドオン量は、ラインスピードを調節することにより制御した。

【表1】

表1

| 試料 | gsm | ナノ粒子 アドオン gsm | 圧力降下 H ₂ O | 粒子群 | | | MERV値 |
|----|------|---------------------|--------------------------|-----|----|----|-------|
| | | | | E1 | E2 | E3 | |
| 基材 | 54.9 | | 0.18センチ (0.07インチ) | 0 | 17 | 58 | 7 |
| A1 | 55.7 | 0.82 | 0.36センチ (0.14インチ) | 23 | 62 | 94 | 10 |
| A2 | 56.5 | 1.64 | 0.43センチ (0.17インチ) | 32 | 73 | 97 | 11 |
| A3 | 57.4 | 2.46 | 0.61センチ (0.24インチ) | 47 | 86 | 98 | 12 |

20

30

この実施例は、ナノ粒子のアドオン量を制御することにより、MERV値はMERV7からMERV13まで増大することを示す。

【0092】

実施例3

5.6デシテックス(5デニール)の2成分繊維による嵩高エアスルーカーデッド不織布を基材として使用した。典型的デンプン結合物質を希釈し、ナノファイバー堆積の前に噴霧した。デンプン結合ナノ繊維は、溶媒として適切に蒸発し、IRヒーター下で乾燥が行われる。

40

50

【表 2】

表 2

| 試料 | 圧力降下 H ₂ O | 粒子群 | | | MERV値 |
|----|--------------------------|-----|-----|------|-------|
| | | E1 | E2 | E3 | |
| B1 | 0.25センチ (0.1インチ) | 24% | 58% | 88% | 10 |
| B2 | 0.43センチ (0.17インチ) | 34% | 71% | 90% | 11 |
| B3 | 0.66センチ (0.26インチ) | 47% | 85% | 98% | 12 |
| B4 | 0.74センチ (0.29インチ) | 59% | 91% | 99% | 13 |
| B5 | 1.3センチ (0.5インチ) | 76% | 97% | 100% | 14 |

10

【0093】

実施例 4

20

スパンボンド又はメルトブロウン濾材を基材として使用し、IPA排出後に本明細書で記載のようにして、ナノ粒子を基材中に組み込んだ。スパンボンド繊維を、フィラメントを生成するために紡糸及び延伸された融解ポリマーから作製した。基材の平均坪量は、約90gsmであり、平均厚みは約0.57mmであった。ナノ粒子を何ら組み込まないベース試料を使用した。本明細書で記載のように基材中に組み込まれたナノ粒子を含む、4種の別々の試料を調製した。試料2では、ナノ粒子をIPA排出後、メルトブロウン繊維中に組み込んだ。試料1、3及び4では、ナノ粒子を、IPA排出後、スパンボンド繊維中に組み込んだ。この試験の結果を下表3に示す。

【表 3】

表 3

30

| 試料 番号 | 基材 | PD | E1 | E2 | E3 | MERV |
|----------|--------------------|----------------------|-----|------|------|------|
| 1 | CAB81 (スパンボンド) | 1.0センチ (0.41インチ) | 96% | 100% | 100% | 16 |
| 2 | CAB81 (メルトブロウン) | 0.61センチ (0.24インチ) | 75% | 98% | 100% | 14 |
| 3 | CAB81 (スパンボンド) | 1.0センチ (0.40インチ) | 92% | 100% | 100% | 15 |
| 4 | CAB81 (スパンボンド) | 0.43センチ (0.17インチ) | 48% | 87% | 99% | 12 |
| ベース | CAB81 (スパンボンド) | 0.18センチ (0.07インチ) | 9% | 46% | 90% | 9 |

40

示したように、ナノ粒子を組み込んだ濾材試料の効率は、3種全ての粒子群で、ベース試料に対し増大し、E2及びE3粒子群で顕著な増大であった。試料の全体MERV値は、MERV7(ベース試料)からナノ粒子を含むMERV12へ、更にMERV16へ増大した。ナノ粒子のないベース試料は、水の0.18センチ(0.07インチ)の圧力低下であった。試料1~4は、水の0.43~1.0センチ(0.17~0.41インチ)

50

の範囲のわずかな圧力低下の増大であった。ナノ粒子をメルトブローン繊維中に組み込んだ、試料 2 では、MERV 値は 14 で、圧力低下は、水の 0.61 センチ (0.24 インチ) であった。

【0094】

実施例 5

5.6 デシテックス (5 デニール) のエアスルーカーデッド繊維を基材として使用した。ナノ粒子を組み込まないベース試料を使用した。本明細書で記載のように基材中に組み込まれたナノ粒子を含む、2 種の別々の試料を調製した。この試験の結果を下表 4 に示す。

【表 4】

表 4

| 試料番号 | 基材 | PD | E1 | E2 | E3 | MERV |
|------|-----------|-----------------------|-----|-----|-----|------|
| ベース | 5D繊維カーデッド | 0.076センチ (0.03インチ) | -1% | 2% | 38% | 6 |
| 1 | 5D繊維カーデッド | 0.79センチ (0.31インチ) | 57% | 90% | 98% | 13 |
| 2 | 5D繊維カーデッド | 0.84センチ (0.33インチ) | 61% | 92% | 98% | 13 |

10

20

示したように、ナノ粒子を組み込んだ濾材試料の効率は、3 種全ての粒子群で、ベース試料に比較して実質的に増大した。試料の全体 MERV 値は、MERV 6 (ベース試料) からナノ粒子を含む MERV 13 へ増大した。ナノ粒子のないベース試料は、水の 0.076 センチ (0.03 インチ) の圧力低下であった。試料 1 は、水の 0.79 ~ 0.84 センチ (0.31 ~ 0.33 インチ) の範囲のわずかな圧力低下の増大であった。

【0095】

実施例 6

メルトブローン繊維を基材として使用した。基材は、約 24 gsm の平均坪量であり、平均厚みは約 0.4 mm であった。ナノ粒子、又は PVOH などの接着剤を組み込まないベース試料を使用した。試料 1 は、ベルトで連結したメルトブローン繊維を含んだ。PVOH を繊維上に噴霧したが、ナノ粒子はその中に組み込まれなかった。試料 2 は、毛羽だった面を上にしたメルトブローン繊維を含んだ。PVOH を繊維上に噴霧したが、ナノ粒子はその中に組み込まれなかった。試料 3 は、PVOH を噴霧したメルトブローン繊維及び本明細書で記載のように繊維中に組み込まれたナノ粒子を含んだ。この試験の結果を下表 5 に示す。

30

40

50

【表 5】

表 5

| 試料番号 | 基材 | PD | E1 | E2 | E3 | MERV |
|------|--------|----------------------|-----|-----|-----|------|
| ベース | メルトブ라운 | 0.89センチ (0.35インチ) | 82% | 96% | 99% | 14 |
| 1 | メルトブ라운 | 0.97センチ (0.38インチ) | 68% | 88% | 93% | 13 |
| 2 | メルトブ라운 | 1.0センチ (0.41インチ) | 78% | 95% | 97% | 14 |
| 3 | メルトブ라운 | 2.6センチ (1.02インチ) | 92% | 99% | 99% | 15 |

10

示したように、ナノ粒子を組み込んだ試料3の効率は、3種全ての粒子群で、他の3種のベース試料に比べて増大し、E1粒子群で特に増大した。試料3の全体MERV値は、MERV13又は14（ベース試料）からナノ粒子を含むMERV15へ増大した。試料2及び3に加えたPVOHは、圧力低下を実質的に増大させなかった（即ち、ベース試料で0.89センチ（0.35インチ）、試料1及び2で0.97センチ（0.38インチ）及び1.0センチ（0.41インチ））。試料3の圧力低下は、水の約1.0センチ（0.40インチ）から水の約2.5センチ（約1インチ）に増大した。ナノ粒子をメルトブ라운繊維中に組み込んだ、試料3では、MERV値は15で、圧力低下は、水の2.59センチ（1.02インチ）であった。

20

【0096】

実施例7

5.6デシテックス（5デニール）のエアスルーカーデッド繊維を基材として使用した。ナノ粒子を組み込まないベース試料を使用した。本明細書で記載のように基材中に組み込まれたナノ粒子を有する5.6デシテックス（5デニール）のカーディング繊維を含む7種の追加の試料を調製した。この試験の結果を下表6に示す。

30

40

50

【表 6】

表 6

| 試料番号 | 基材 | PD | E1 | E2 | E3 | MERV |
|------|-----------|-----------------------|-----|-----|-----|------|
| ベース | 5D繊維カーデッド | 0.076センチ (0.03インチ) | -1% | 2% | 38% | 6 |
| 1 | 5D繊維カーデッド | 0.18センチ (0.07インチ) | 7% | 31% | 69% | 7 |
| 2 | 5D繊維カーデッド | 0.23センチ (0.09インチ) | 5% | 36% | 69% | 7 |
| 3 | 5D繊維カーデッド | 0.38センチ (0.15インチ) | 16% | 51% | 77% | 9 |
| 4 | 5D繊維カーデッド | 0.41センチ (0.16インチ) | 21% | 58% | 81% | 10 |
| 5 | 5D繊維カーデッド | 0.43センチ (0.17インチ) | 31% | 70% | 90% | 11 |
| 6 | 5D繊維カーデッド | 0.71センチ (0.28インチ) | 46% | 85% | 96% | 12 |
| 7 | 5D繊維カーデッド | 0.81センチ (0.32インチ) | 58% | 91% | 97% | 13 |

10

20

示したように、ナノ粒子を組み込んだ7種の試料の効率は、3種全ての粒子群で、ベース試料に比べて増大し、E2及びE3粒子群で特に増大した。試料の全体MERV値は、MERV6（ベース試料）からナノ粒子を含むMERV17へ、更にはMERV13へ増大した。圧力低下は、水の0.076センチ（0.03インチ）から最大で水の0.81センチ（0.32インチ）まで増大したに過ぎなかった。

【0097】

実施例 8

30

嵩高スパンボンド繊維を連続繊維ラインの基材として使用した。この試験は、2つの異なるバージョン：205-6及び205-2を含み、これらでは、連続繊維ラインに対する設定を変更し、異なる質量及び厚さを有する2種の基材を生成した。各バージョン（205-6及び205-2）に対するナノ粒子を組み込まないベース試料を使用した。本明細書で記載のように基材中に組み込まれたナノ粒子を有する205-6及び205-2繊維を含む6種の追加の試料を調製した。この試験の結果を下表7に示す。

40

50

【表 7】

表 7

| 試料番号 | 基材 | PD | E1 | E2 | E3 | MERV |
|------|-------|----------------------|-----|-----|-----|------|
| ベース | 205-6 | 0.10センチ (0.04インチ) | 0% | 9% | 43% | 6 |
| ベース | 205-2 | 0.10センチ (0.04インチ) | 0% | 8% | 37% | 6 |
| 1 | 205-6 | 0.22センチ (0.86インチ) | 88% | 98% | 99% | 15 |
| 2 | 205-2 | 1.2センチ (0.48インチ) | 79% | 96% | 99% | 14 |
| 3 | 205-6 | 2.2センチ (0.87インチ) | 82% | 97% | 99% | 14 |
| 4 | 205-2 | 1.1センチ (0.42インチ) | 61% | 90% | 98% | 13 |
| 5 | 205-6 | 2.0センチ (0.78インチ) | 79% | 97% | 99% | 14 |
| 6 | 205-2 | 0.58センチ (0.23インチ) | 44% | 79% | 96% | 11 |

10

20

示したように、ナノ粒子を組み込んだ6種の試料の効率は、3種全ての粒子群で、ベース試料に比較して実質的に増大した効率を示した。試料の全体MERV値は、MERV6（ベース試料）からナノ粒子を含むMERV11へ、更にはMERV14へ増大した。圧力低下は、水の0.10センチ（0.04インチ）から最大で水の2.2センチ（0.87インチ）まで増大したに過ぎなかった。205-2の圧力低下は、最大で、水の1.2センチ（0.48インチ）まで増大したに過ぎなかった。

【0098】

30

実施例 9

スパンボンド及びメルトブロウン繊維を基材として使用した。基材の平均坪量は、スパンボンド繊維で約70gsmで、メルトブロウン繊維で約24gsmであった。基材の平均厚みは、平均厚みは約0.75mmであった。ナノ粒子を組み込まないベース試料を使用した。本明細書に記載のように繊維中のナノ粒子を含むスパンボンド+メルトブロウン繊維を含む5種の追加の試料を調製した。試料1~3では、ナノ粒子をメルトブロウン繊維上に噴霧した。試料4及び5では、ナノ粒子を、スパンボンド繊維上に噴霧した。また、試料1及び2では、接着剤PVOHを、基材上に噴霧しなかった。試料3~5上にはPVOHを噴霧した。この試験の結果を下表8に示す。

40

50

【表 8】

表 8

| 試料番号 | 基材 | PD | E1 | E2 | E3 | MERV |
|------|-----------|----------------------|------|------|------|------|
| ベース | スパンボンド+MB | 0.18センチ (0.07インチ) | 2% | 17% | 29% | 5 |
| 1 | スパンボンド+MB | 1.0センチ (0.41インチ) | 100% | 100% | 100% | 16 |
| 2 | スパンボンド+MB | 1.4センチ (0.56インチ) | 100% | 100% | 100% | 16 |
| 3 | スパンボンド+MB | 0.66センチ (0.26インチ) | 99% | 100% | 100% | 16 |
| 4 | スパンボンド+MB | 1.0センチ (0.4インチ) | 100% | 100% | 100% | 16 |
| 5 | スパンボンド+MB | 0.43センチ (0.17インチ) | 97% | 100% | 100% | 16 |

10

示したように、ナノ粒子を組み込んだ5種の試料の効率は、3種全ての粒子群で、ベース試料に比較して実質的に増大した効率を示した。試料の全体MERV値は、MERV5（ベース試料）からナノ粒子を含むMERV16へ増大した。圧力低下は、水の0.18センチ（0.07インチ）から最大で水の1.42センチ（0.56インチ）まで増大したに過ぎなかった。試料3～5（基材上へPVOHを噴霧した）では、圧力低下は、最大で水の1.0センチ（0.4インチ）まで増大したに過ぎなかった。

20

【0099】

実施例10

5.6デシテックス（5デニール）のエアスルーカーデッドガラス繊維を基材として使用した。ナノ粒子を組み込まないベース試料を使用した。本明細書で記載のように組み込まれたナノ粒子を有する5.6デシテックス（5デニール）のカーデッドガラス繊維を含む3種の追加の試料を調製した。この試験の結果を下表9に示す。

30

【表 9】

表 9

| 試料番号 | 基材 | PD | E1 | E2 | E3 | MERV |
|------|-----------|-----------------------|-----|-----|-----|------|
| ベース | 5D繊維カーデッド | 0.076センチ (0.03インチ) | -1% | 2% | 38% | 6 |
| 1 | 5D繊維カーデッド | 0.69センチ (0.27インチ) | 59% | 91% | 99% | 13 |
| 2 | 5D繊維カーデッド | 0.46センチ (0.18インチ) | 45% | 83% | 98% | 12 |
| 3 | 5D繊維カーデッド | 0.61センチ (0.24インチ) | 54% | 89% | 99% | 13 |

40

示したように、ナノ粒子を組み込んだ3種の試料の効率は、3種全ての粒子群で、ベース試料に比較して実質的に増大した効率を示した。試料の全体MERV値は、MERV6（ベース試料）からナノ粒子を含むMERV12又はMERV13へ増大した。圧力低下は、水の0.076センチ（0.03インチ）から最大で水の0.69センチ（0.27

50

インチ)まで増大したに過ぎなかった。

【0100】

実施例11

5.6デシテックス(5デニール)及び7.8デシテックス(7デニール)のエアスルーカーデッドガラス繊維を基材として使用した。濾材はエアスルーボンデッドであった。ナノ粒子を組み込まないベース試料を使用した。本明細書で記載のように組み込まれたナノ粒子を有する5.6デシテックス(5デニール)及び7.8デシテックス(7デニール)のカーデッドガラス繊維の繊維ブレンドを含む19種の追加の試料を調製した。この試験の結果を下表10に示す。

【表10】

表10

| 試料番号 | 基材 | PD | E1 | E2 | E3 | MERV |
|------|------------|-----------------------|-----|-----|-----|------|
| ベース | 5D/7Dカーデッド | 0.076センチ (0.03インチ) | -1% | 2% | 38% | 6 |
| 1 | 5D/7Dカーデッド | 0.38センチ (0.15インチ) | 37% | 64% | 95% | 10 |
| 2 | 5D/7Dカーデッド | 0.53センチ (0.21インチ) | 33% | 70% | 92% | 11 |
| 3 | 5D/7Dカーデッド | 0.43センチ (0.17インチ) | 42% | 80% | 98% | 11 |
| 4 | 5D/7Dカーデッド | 0.64センチ (0.25インチ) | 47% | 82% | 96% | 12 |
| 5 | 5D/7Dカーデッド | 0.51センチ (0.20インチ) | 48% | 84% | 98% | 12 |
| 6 | 5D/7Dカーデッド | 0.56センチ (0.22インチ) | 49% | 84% | 98% | 12 |
| 7 | 5D/7Dカーデッド | 0.58センチ (0.23インチ) | 53% | 85% | 97% | 13 |
| 8 | 5D/7Dカーデッド | 0.58センチ (0.23インチ) | 53% | 87% | 98% | 13 |
| 9 | 5D/7Dカーデッド | 0.58センチ (0.23インチ) | 54% | 88% | 98% | 13 |
| 10 | 5D/7Dカーデッド | 0.69センチ (0.27インチ) | 54% | 88% | 98% | 13 |
| 11 | 5D/7Dカーデッド | 0.71センチ (0.28インチ) | 54% | 87% | 98% | 13 |
| 12 | 5D/7Dカーデッド | 0.61センチ (0.24インチ) | 56% | 89% | 98% | 13 |
| 13 | 5D/7Dカーデッド | 0.66センチ (0.26インチ) | 56% | 88% | 98% | 13 |
| 14 | 5D/7Dカーデッド | 0.64センチ (0.25インチ) | 57% | 90% | 98% | 13 |
| 15 | 5D/7Dカーデッド | 0.69センチ (0.27インチ) | 57% | 89% | 98% | 13 |
| 16 | 5D/7Dカーデッド | 0.71センチ (0.28インチ) | 57% | 89% | 98% | 13 |
| 17 | 5D/7Dカーデッド | 0.71センチ (0.28インチ) | 58% | 90% | 98% | 13 |
| 18 | 5D/7Dカーデッド | 0.76センチ (0.30インチ) | 58% | 90% | 98% | 13 |
| 19 | 5D/7Dカーデッド | 0.74センチ (0.29インチ) | 59% | 89% | 98% | 13 |
| 20 | 5D/7Dカーデッド | 0.79センチ (0.31インチ) | 65% | 94% | 99% | 13 |

10

20

30

40

50

示したように、ナノ粒子を組み込んだ全19種の試料の効率は、3種全ての粒子群で、ベース試料に比較して実質的に増大した効率を示した。試料の全体MERV値は、MERV6（ベース試料）からナノ粒子を含むMERV10へ、更にはMERV13へ増大した（大部分の試料はMERV13に格付けされた）。圧力低下は、水の0.076センチ（0.03インチ）から最大で水の0.79センチ（0.31インチ）まで増大したに過ぎなかった。

【0101】

装置、システム及び方法がその特定の好ましい実施形態に従って本明細書で詳細に記述されてきたが、その中の多くの改善及び変更を当業者により行なうことが可能である。従って、前記記述は、それにより、限定されると解釈されるべきではなく、このような前述の自明の変更を含むと解釈され、次記の特許請求の趣旨と範囲によってのみ限定されるべきである。

【0102】

例えば、第1の態様では、第1の実施形態は、繊維状材料の製造方法を含む。方法は、第2のナノ粒子ストリームを生成する第1の繊維ストリームを提供し、ナノ粒子は、少なくとも1つの1ミクロン未満の次元を有し、第1及び第2のストリームを混合して繊維状材料形成することを含む。

第2の実施形態は、実質的に均一にナノ粒子を第1の繊維ストリーム中に供給することを更に含む、第1の実施形態である。

第3の実施形態は、繊維状材料を形成し、それにより、繊維及びナノ粒子を一緒に、材料全体にわたり実質的に均一に混合することを更に含む、最初の2つの実施形態の任意の組み合わせである。

第4の実施形態は、繊維フィラメントを加熱及び押し出しして、第1の繊維ストリームを形成することを更に含む、最初の3つの実施形態の任意の組み合わせである。

第5の実施形態は、繊維フィラメントを引き伸ばし及び分離することを更に含む、最初の4つの実施形態の任意の組み合わせである。

第6の実施形態は、カーディング装置で第1の繊維ストリームを形成することを更に含む、最初の5つの実施形態の任意の組み合わせである。

第7の実施形態は、第1及び第2のカーディング装置を提供し、第2のナノ粒子ストリームを第1及び第2のカーディング装置の間の第1の繊維ストリーム中に導入することを更に含む、最初の6つの実施形態の任意の組み合わせである。

第8の実施形態は、繊維状材料を溶融状態に加熱し、繊維状材料を押し出しして、繊維状材料の溶融系を形成すること、溶融系の第1及び第2の溶融系ストリームを形成すること、及び溶融系の第1及び第2のストリームを形成領域で整列させることを更に含む、最初の7つの実施形態の任意の組み合わせである。

第9の実施形態は、個別のナノ繊維の第2のストリームと溶融系の第1及び第2のストリームとを形成領域で収束させることを更に含む、最初の8つの実施形態の任意の組み合わせである。

第10の実施形態は、ナノ粒子がガス状媒体内で単離される、最初の9つの実施形態の任意の組み合わせである。

第11の実施形態は、ナノ繊維のマクロクラスターをナノ繊維群に機械的に分離することを更に含む、最初の10個の実施形態の任意の組み合わせである。

第12の実施形態は、ナノ繊維群を個別のナノ粒子に変換することを更に含む、最初の11個の実施形態の任意の組み合わせである。

第13の実施形態は、ナノ繊維群を圧縮空気ストリーム中に引き込むようにナノ繊維群に減圧を適用することを更に含む、最初の12個の実施形態の任意の組み合わせである。

第14の実施形態は、ナノ繊維群を表面に対して前進させて、ナノ繊維群の少なくとも一部を個別のナノ粒子に分解することを更に含む、最初の13個の実施形態の任意の組み合わせである。

第15の実施形態は、ナノ繊維群を約10.16 m/s ~ 約30.48 m/s（約2 ,

10

20

30

40

50

0 0 0 f p m ~ 約 6 , 0 0 0 f p m) の速度で表面に対し前進させる、最初の 1 4 個の実施形態の任意の組み合わせである。

第 1 6 の実施形態は、ナノ繊維群から個別のナノ粒子を分離することを更に含む、最初の 1 5 個の実施形態の任意の組み合わせである。

第 1 7 の実施形態は、ナノ繊維群及びナノ粒子に渦巻を当てること、及びナノ繊維群に減圧を加え、ナノ粒子からナノ繊維群を引き出すことを更に含む、最初の 1 6 個の実施形態の任意の組み合わせである。

第 1 8 の実施形態は、ナノ粒子を第 2 の繊維ストリーム中に分散させることを更に含む、最初の 1 7 個の実施形態の任意の組み合わせである。

第 1 9 の実施形態は、繊維状材料をフィルターに変換することを更に含む、最初の 1 8 個の実施形態の任意の組み合わせである。 10

第 2 0 の実施形態は、最初の 1 9 個の実施形態の任意の組み合わせから形成された繊維状材料である。

第 2 1 の実施形態は、最初の 1 9 個の実施形態の任意の組み合わせから形成された濾材である。

【 0 1 0 3 】

第 2 の態様では、第 1 の実施形態は、繊維状材料を製造するためのシステムである。システムは、1 つ又は複数の繊維ストリームを生成するための第 1 の装置、ガス状媒体内のナノ粒子を単離するための第 2 の装置を含み、ナノ粒子は、1 ミクロン未満の少なくとも 1 つの次元を有し、第 2 の装置は、ナノ粒子をストリーム中に形成し、ストリームを 1 つ又は複数の繊維ストリーム中に供給し、繊維状材料を形成する。 20

第 2 の実施形態は、ナノ粒子を 1 つ又は複数の繊維ストリーム中に実質的に均一に供給するように構成されているノズルを更に含む、第 1 の実施形態である。

第 3 の実施形態は、ノズルは、繊維全体にわたり実質的に均一にナノ粒子を混合する速度で、ナノ粒子を繊維ストリーム中に供給する、最初の 2 つの実施形態に任意の組み合わせである。

第 4 の実施形態は、第 1 の装置が、繊維フィラメントを加熱及び押し出すように構成された 1 つ又は複数の押出機と、押出機に連結された紡糸ブロックとを含むスパンボンド装置、及び、最初の 3 つの実施形態の任意の組み合わせである。

第 5 の実施形態は、第 1 の装置がカーディング装置を含む、最初の 4 つの実施形態の任意の組み合わせである。 30

第 6 の実施形態は、第 1 及び第 2 のカーディング装置を更に含む、第 2 の装置は、第 1 及び第 2 のカーディング装置の間にナノ粒子を分散する、最初の 5 つの実施形態の任意の組み合わせである。

第 7 の実施形態は、第 1 の装置は、繊維状材料を熔融状態に加熱し、繊維状材料を押し出して繊維状材料の熔融糸を形成するように構成された第 1 及び第 2 のメルトブローンダイを含む、最初の 6 つの実施形態の任意の組み合わせである。

第 8 の実施形態は、第 1 及び第 2 のメルトブローンダイが、第 1 及び第 2 の繊維ストリームを生成し、形成領域で第 1 及び第 2 の繊維ストリームと組み合わせるように整列される、第 7 の実施形態である。 40

第 9 の実施形態は、ノズルが、個別のナノ分子と第 1 及び第 2 繊維ストリームとを形成領域で収束させるために整列されるように構成された、第 8 の実施形態である。

第 1 0 の実施形態は、第 2 の装置が、ナノ繊維マクロクラスターをナノ繊維クラスターに機械的に分離するためのセパレーターを含む、最初の 9 つの実施形態の任意の組み合わせである。

第 1 1 の実施形態は、第 2 の装置が、圧縮空気源、ポンプ、圧縮空気源をポンプに連結する第 1 の通路及びポンプをセパレーターに連結する第 2 の通路を含む、最初の 1 0 個の実施形態の任意の組み合わせである。

第 1 2 の実施形態は、ポンプが、セパレーターから、第 2 の通路を通して、小さいナノ繊維クラスターを引き出すために減圧を生成するように構成されている排出装置を含む、 50

最初の 11 個の実施形態の任意の組み合わせである。

第 13 の実施形態は、排出装置に連結されたエネルギー源、排出装置に連結された第 3 の通路及び第 3 の通路内の表面を更に含み、エネルギー源は、小さいナノ繊維クラスターを表面に対して前進させて、小さいナノ繊維クラスターの少なくとも一部を個別のナノ粒子に変換するように構成される、最初の 12 個の実施形態の任意の組み合わせである。

第 14 の実施形態は、ナノ繊維クラスターを約 10 . 16 m / s ~ 約 30 . 48 m / s (約 2 , 000 f p m ~ 約 6 , 000 f p m) の速度で前進させる、最初の 13 個の実施形態の任意の組み合わせである。

第 15 の実施形態は、エネルギー源は、表面に対し小さいナノ繊維クラスターを引き込み、小さいナノ繊維クラスターを個別のナノ粒子に分解するように構成される第 2 のポンプを含む、最初の 14 個の実施形態の任意の組み合わせである。

第 16 の実施形態は、第 3 の通路に連結された内部チャンバーを有する反応器を更に含み、反応器は、ナノ繊維クラスターから個別のナノ粒子を分離するように構成されている、最初の 15 個の実施形態の任意の組み合わせである。

第 17 の実施形態は、反応器の内部チャンバーは、通路に連結された 1 つ又は複数の入口を含み、ポンプは、個別の繊維及びナノ繊維クラスターを、入口を通じて、反応器内に渦巻きを作り出す速度ベクトルで前進させるように構成されている、最初の 16 個の実施形態の任意の組み合わせである。

第 18 の実施形態は、内部チャンバーは、実質的に中央管を含み、速度ベクトルは管の長手方向軸に対し直交する方向を含む、最初の 17 個の実施形態の任意の組み合わせである。

第 19 の実施形態は、中央管は、上部開口を有する実質的に円筒形の外表面を含み、個別の繊維及びナノ繊維クラスターが、中央管の外表面の周りを渦巻き状に前進させられる、最初の 18 個の実施形態の任意の組み合わせである。

第 20 の実施形態は、個別のナノ粒子が中央管の上部開口中に引き込まれる、最初の 19 個の実施形態の任意の組み合わせである。

第 21 の実施形態は、内部チャンバーは、1 つ又は複数の入口から内部チャンバーの反対端に 1 つ又は複数の出口を含み、システムは、出口に連結されたエネルギー源を更に含み、チャンバーに減圧を適用し、ナノ繊維クラスターを出口を通じて引き出すように構成されている、最初の 20 個の実施形態の任意の組み合わせである。

第 22 の実施形態は、繊維状材料が濾材を含む、最初の 21 個の実施形態の任意の組み合わせである。

【図面】

【図 1】

【図 2】

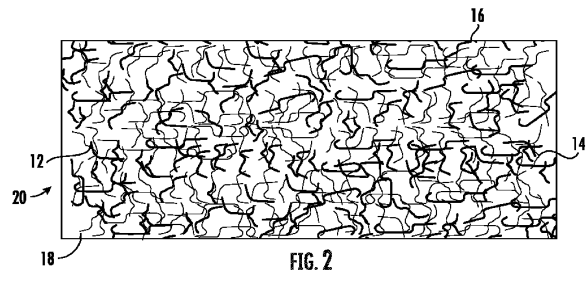
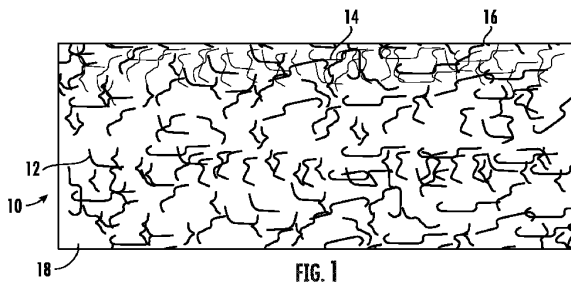
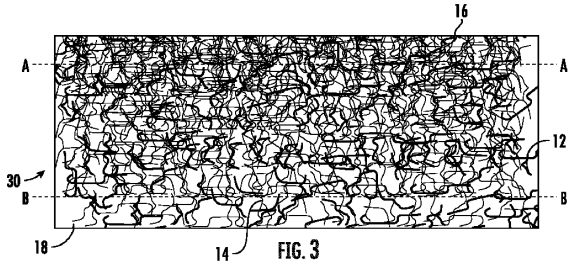


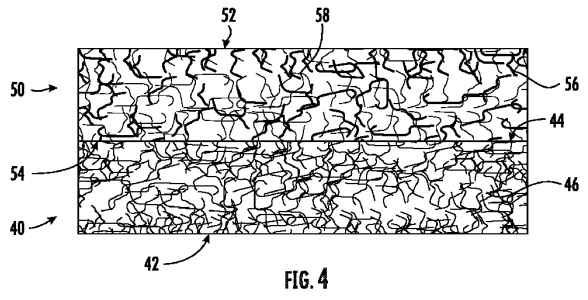
FIG. 1

FIG. 2

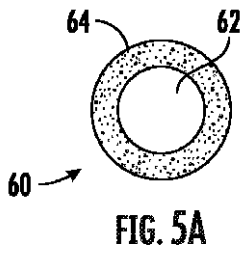
【 図 3 】



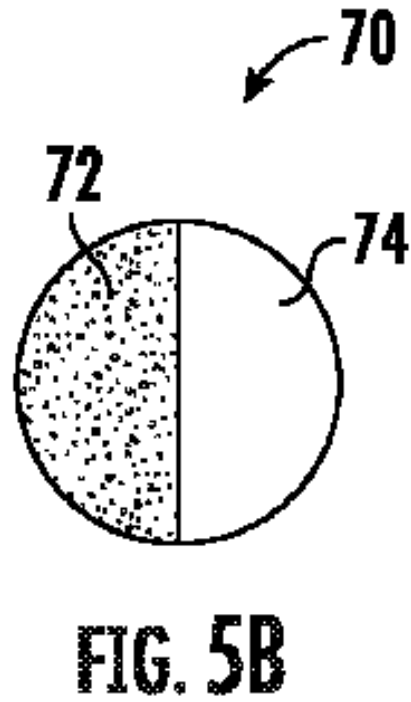
【 図 4 】



【 図 5 A 】



【 図 5 B 】



10

20

30

40

50

【 図 5 C 】

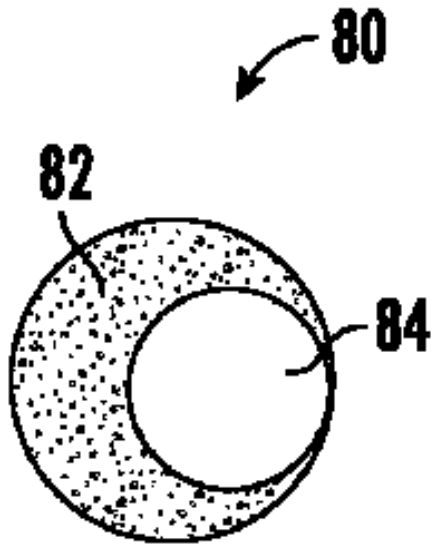


FIG. 5C

【 図 6 】

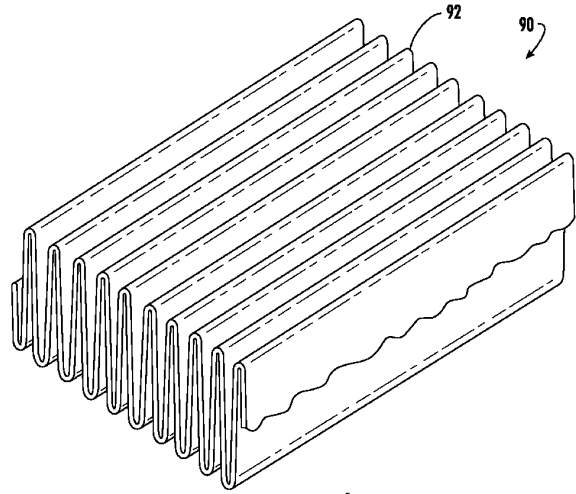


FIG. 6

10

20

【 図 7 】

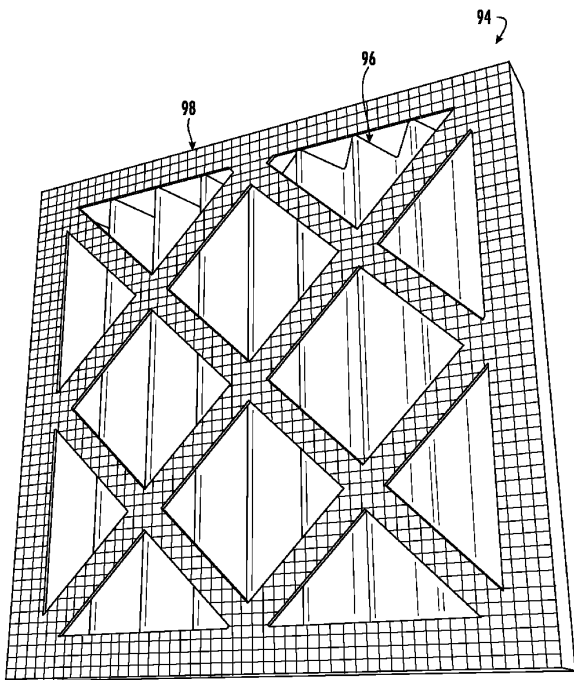


FIG. 7

【 図 8 】

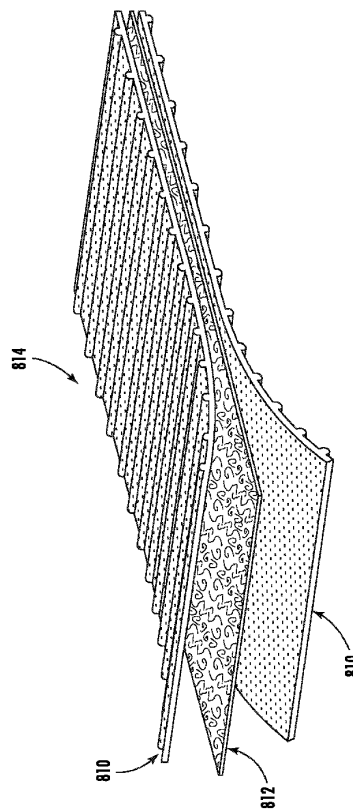


FIG. 8

30

40

50

【 図 9 A 】

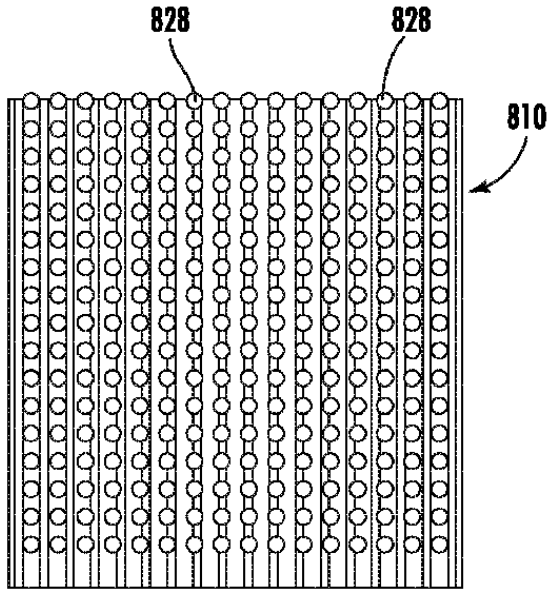


FIG. 9A

【 図 9 B 】

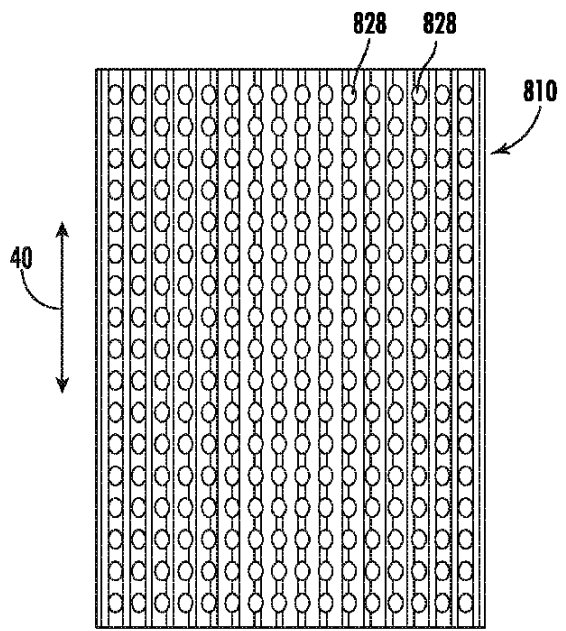


FIG. 9B

10

20

【 図 10 A 】

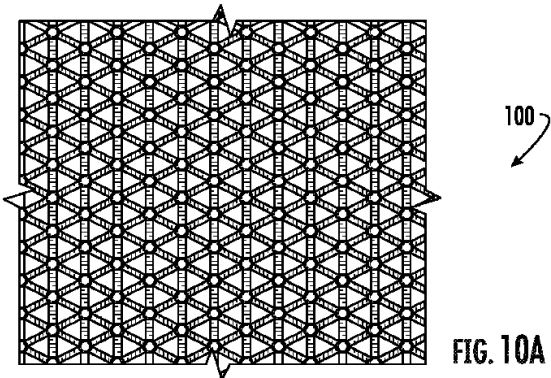


FIG. 10A

【 図 10 B 】

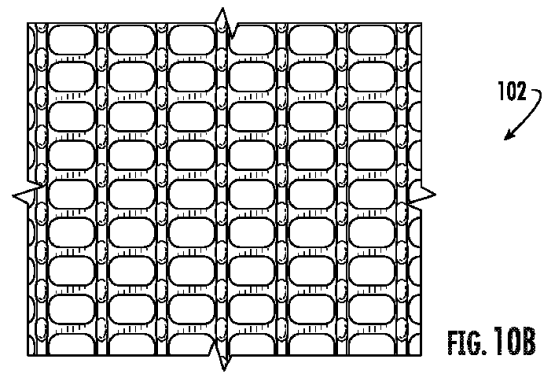


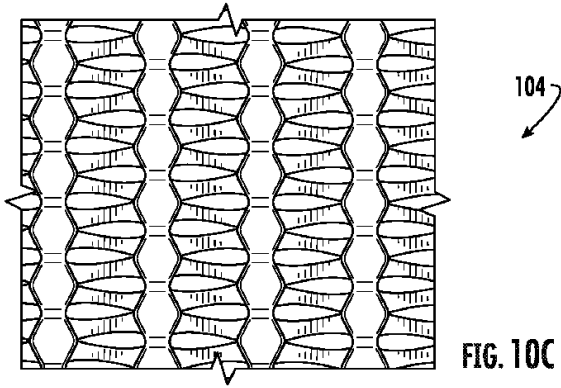
FIG. 10B

30

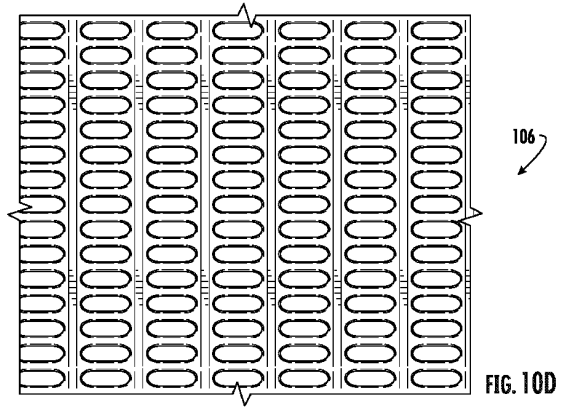
40

50

【 10 C 】

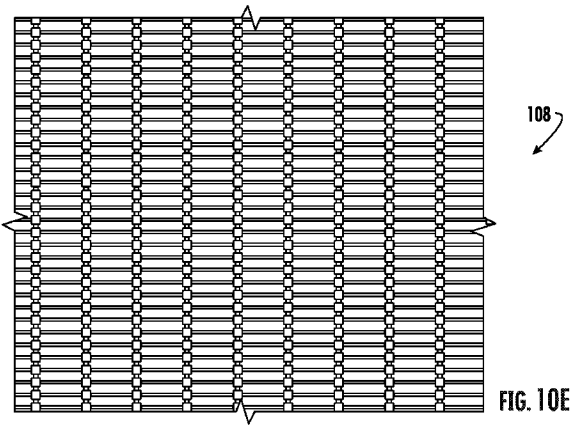


【 10 D 】

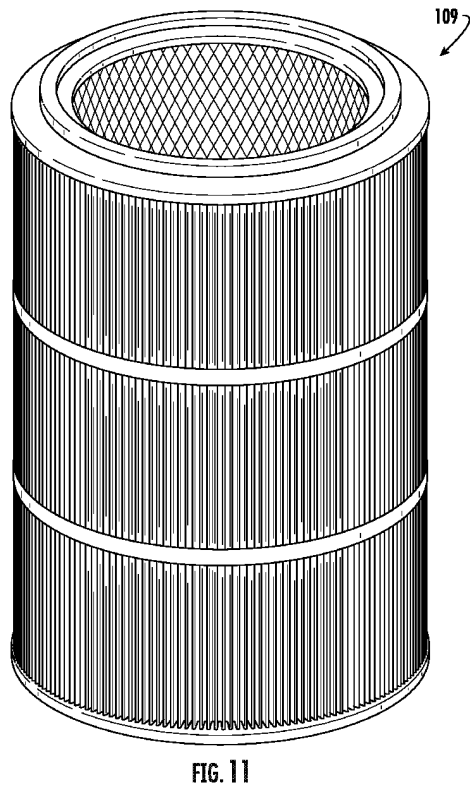


10

【 10 E 】



【 11 】



20

30

40

50

【 1 2 】

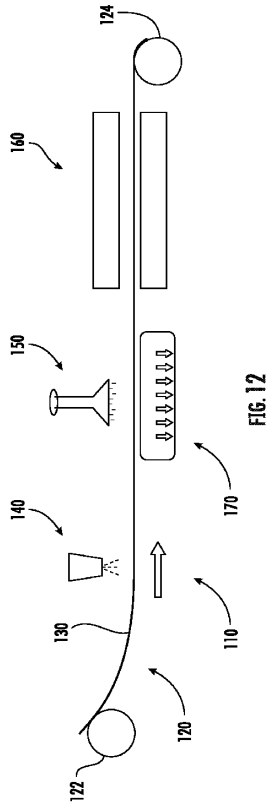


FIG. 12

【 1 3 】

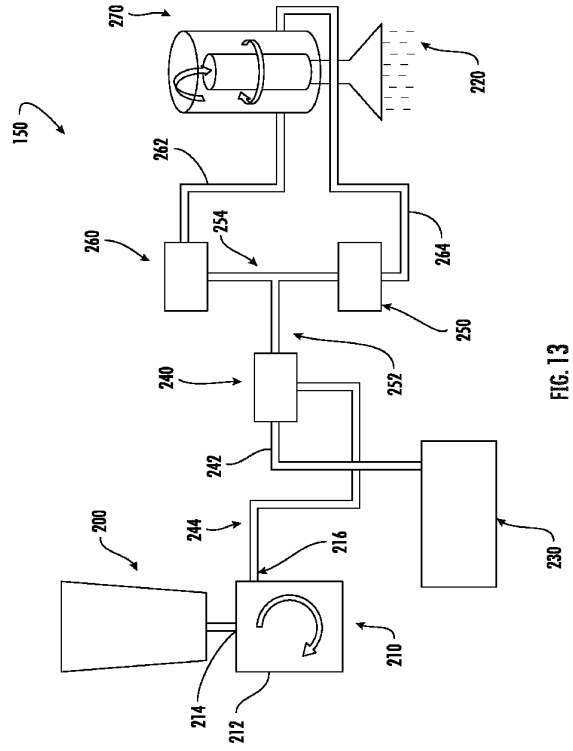


FIG. 13

10

20

【 1 4 A 】

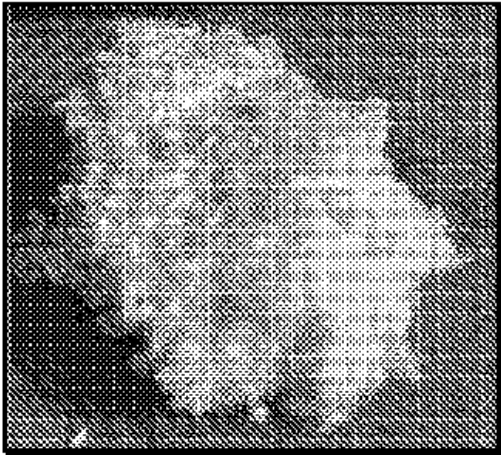


FIG. 14A

【 1 4 B 】

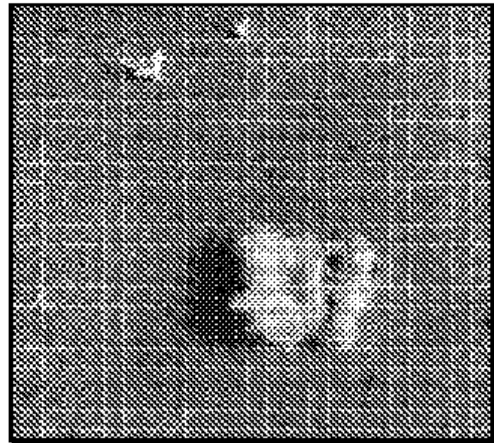


FIG. 14B

30

40

50

【 14 C 】

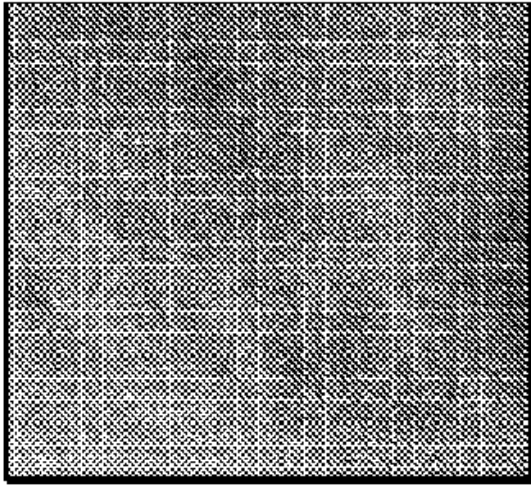


FIG. 14C

【 15 】

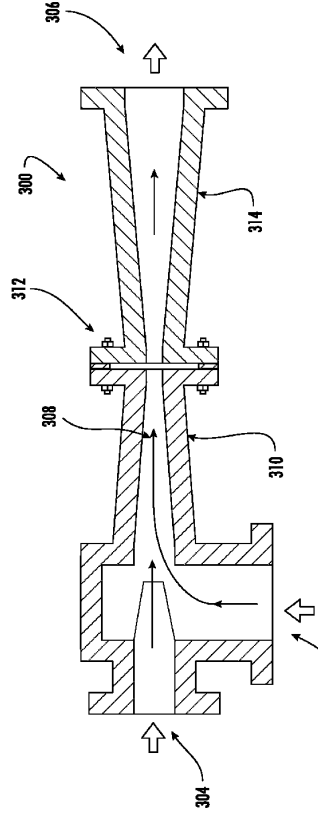


FIG. 15

10

20

【 16 】

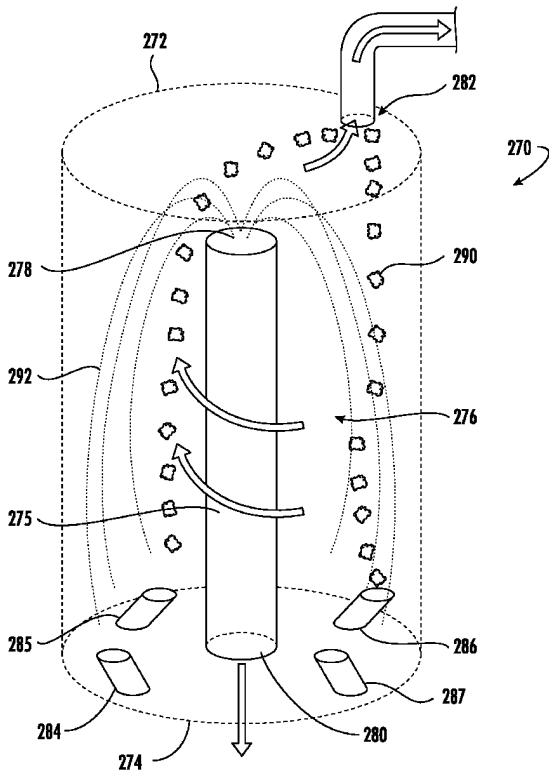


FIG. 16

【 17 】

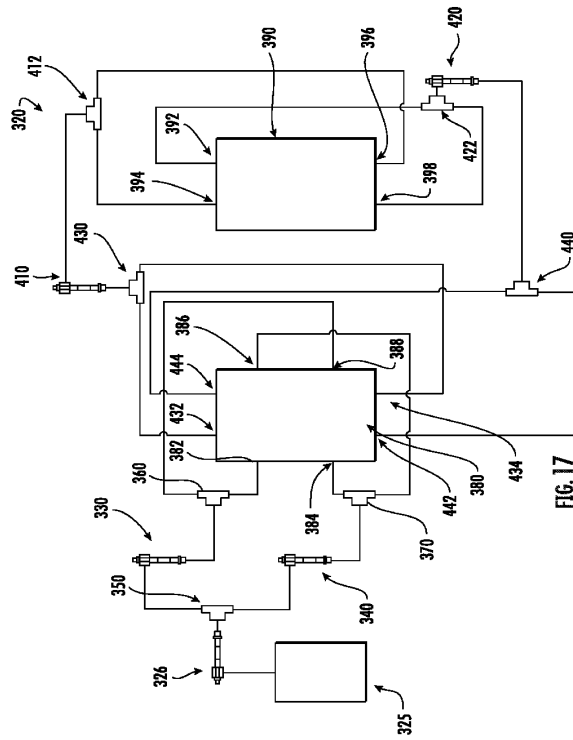


FIG. 17

30

40

50

【 図 18 】

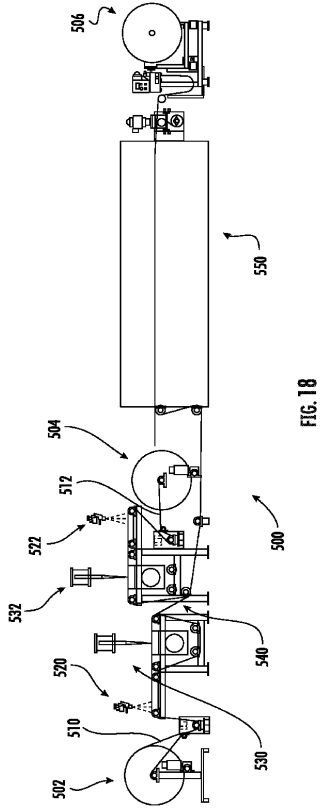


FIG. 18

【 図 19 】

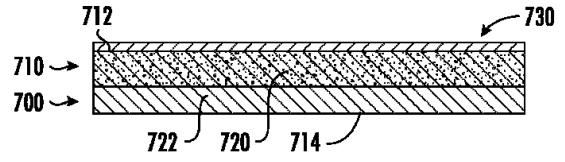


FIG. 19

10

20

【 図 20 】

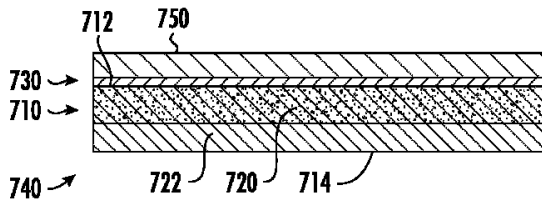


FIG. 20

【 図 21 】

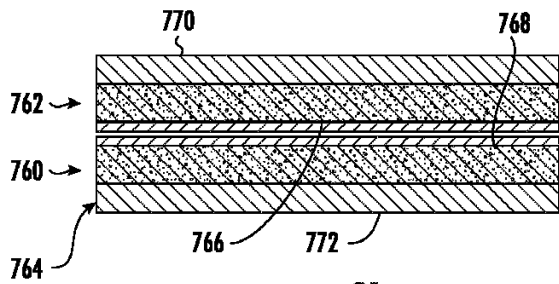


FIG. 21

30

40

50

【 2 2 】

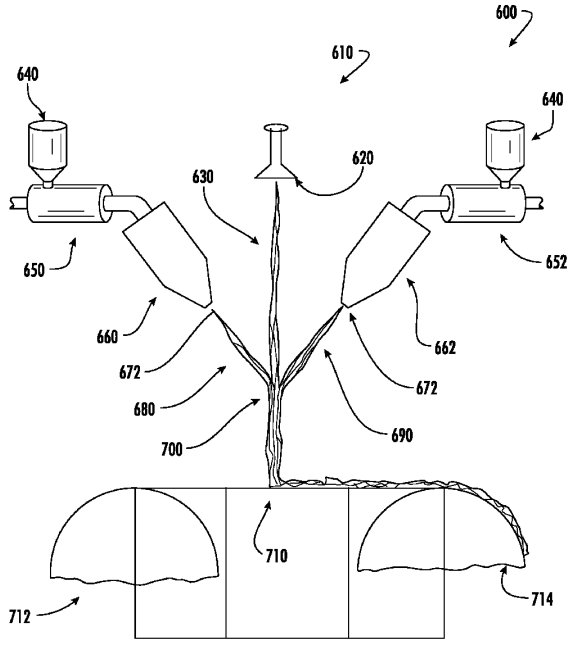


FIG. 22

【 2 3 A 】

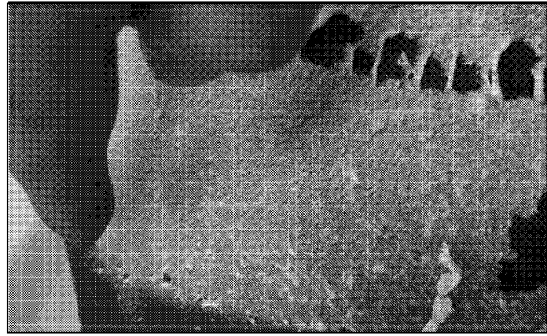


FIG. 23A

10

20

【 2 3 B 】

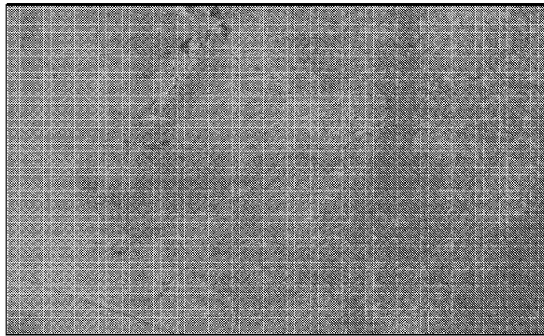


FIG. 23B

【 2 4 A 】

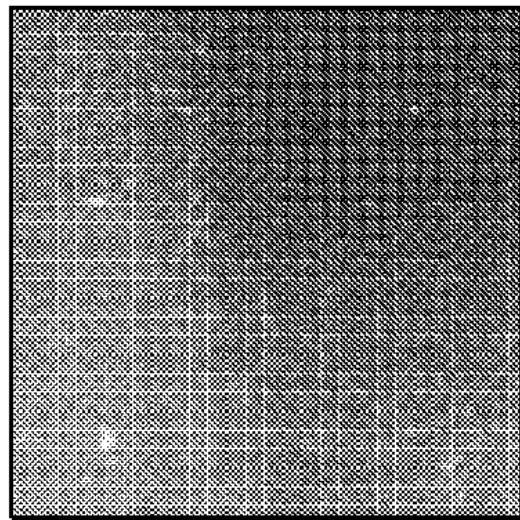


FIG. 24A

30

40

50

【 2 4 B 】

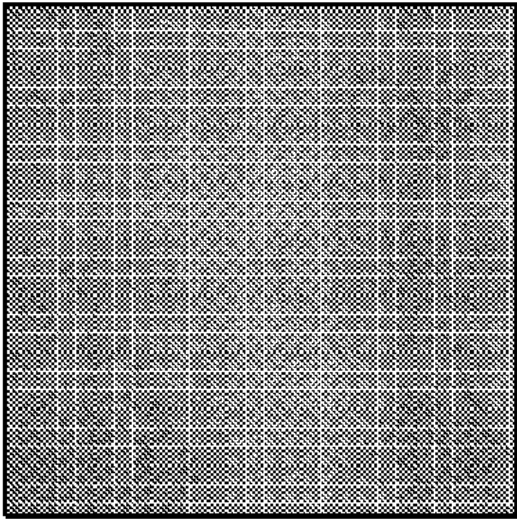


FIG. 24B

10

20

30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 23/17987

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC - INV. B01D 39/16, B32B 27/28, B32B 27/32 (2023.01)
 ADD. B01D 39/14, B32B 5/08 (2023.01)
 CPC - INV. B01D 39/16, B32B 27/28, B32B 27/32
 ADD. B01D 39/14, B32B 5/08
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 See Search History document

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 See Search History document

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 See Search History document

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---------------------------|--|---|
| X --- Y --- A | US 2019/0218099 A1 (Lintec of America, Inc.) 18 July 2019 (18.07.2019) Para [0014]; [0086]; [0088]; [0131]; [0155] | 1-3, 10, 19, 42-43 ----- 4-9, 11-12 ----- 13-18 |
| Y --- A | US 2014/0255672 A1 (ExxonMobil Chemical Patents Inc.) 11 September 2014 (11.09.2014) Para [0002]; [0022]; [0043]; [0096]; [0097] | 4-9, 11-12 ----- 13-18 |
| Y --- A | WO 2007/109304 A2 (University of Florida Research Foundation, Inc.) 27 September 2007 (27.09.2007) Pg. 5 in 1-3; Pg. 11 in 3-5; Pg. 11 in 9-11 | 12 ----- 13-18 |
| A | US 6,520,425 B1 (Reneker) 18 February 2003 (18.02.2003) entire document | 1-18, 42-43 |

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "D" document cited by the applicant in the international application
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
 "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
31 July 2023 (31.07.2023)

Date of mailing of the international search report
AUG 29 2023

Name and mailing address of the ISA/US
Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents
P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450
Facsimile No. 571-273-8300

Authorized officer
Kari Rodriguez
Telephone No. PCT Helpdesk: 571-272-4300

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 23/17967

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

- 1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
- 2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
- 3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

10

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
(see extra sheets)

- 1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
- 2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
- 3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically, claims Nos.:
- 4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos. 1-19, 42-43.

20

30

- Remark on Protest
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
 - The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
 - No protest accompanied the payment of additional search fees.

40

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US 23/17967

Continuation of Box No. III Observations where unity of invention is lacking

This application contains the following inventions or groups of inventions which are not so linked as to form a single general inventive concept under PCT Rule 13.1. In order for all inventions to be searched, the appropriate additional search fees must be paid.

Group I: Claims 1-19 and 42-43 directed toward a method for manufacturing a fibrous material, the method comprising: providing a first stream of fibers; generating a second stream of nanoparticles, wherein the nanoparticles have at least one dimension less than 1 micron; and combining the first and second streams to form the fibrous material.

10

Group II: Claims 20-41 directed toward a system for manufacturing a fibrous material, the system comprising: a first device for generating one or more streams of fibers; a second device for isolating nanoparticles within a gaseous medium, wherein the nanoparticles have at least one dimension less than 1 micron; and wherein the second device forms the nanoparticles into a stream and feeds the stream into the one or more streams of fiber to form the fibrous material.

The inventions listed as Groups I and II do not relate to a single general inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons:

Special Technical Features:

Group I requires a method for manufacturing a fibrous material, not required by Group II.

Group II requires a system comprising a first device for generating one or more streams of fibers and a second device for isolating nanoparticles within a gaseous medium, not required by Group I.

Common Technical Features

Groups I and II share the technical feature of a fibrous material comprising nanoparticles.

20

However, these shared technical features do not represent a contribution over prior art, because the shared technical feature is anticipated by US 2019/0218099 A1 to Lintec of America, Inc. (hereinafter Lintec). Lintec discloses a fibrous material (Para [0088]). Some embodiments of the present disclosure include techniques for forming a nanofiber sheet assembly from at least two nanofiber sheets; Para [0086] continuous sheets may be impermeable to solid or liquid particles. This can enable a nanofiber sheet to function as a filter for solid phase particles or liquid phase droplets that are present in a gas phase) comprising nanoparticles (Para [0131]). The nanoparticles include any of those previously described. The combination of IPA and the low velocity of IPA suspension droplets enables the nanoparticles to be deposited, in many cases, uniformly over one or more surfaces of the nanofiber sheet in the frame without causing bundling).

As the shared technical features were known in the art at the time of the invention, they cannot be considered common technical features that would otherwise unify the groups. Therefore, Groups I and II lack unity under PCT Rule 13.

30

40

フロントページの続き

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MU,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

弁理士 須田 洋之

(74)代理人 100119013

弁理士 山崎 一夫

(74)代理人 100111796

弁理士 服部 博信

(74)代理人 100123766

弁理士 松田 七重

(74)代理人 100162422

弁理士 志村 将

(72)発明者 プラット アンドリュー ジー

アメリカ合衆国 デラウェア州 19709 ミドルタウン リーディング レーン 412

(72)発明者 ボンペオ レニー

アメリカ合衆国 デラウェア州 19709 ミドルタウン インダストリアル ドライブ 601 デルスター テクノロジーズ インコーポレイテッド内

(72)発明者 キヤク ヤサール

アメリカ合衆国 デラウェア州 19709 ミドルタウン インダストリアル ドライブ 601 デルスター テクノロジーズ インコーポレイテッド内

(72)発明者 スカーフ アンドリュー

アメリカ合衆国 デラウェア州 19709 ミドルタウン インダストリアル ドライブ 601 デルスター テクノロジーズ インコーポレイテッド内

F ターム (参考) 4D019 AA01 AA02 BA03 BA04 BA05 BA06 BA12 BA13 BB03 BB04

BB08 BB10 BB12 BB13 BB18 BC01 BC05 BC06 BD01 CA02 CA03

CB06 CB07 DA02 DA03 DA06

4L047 AA27 AA29 AB02 AB03 AB04 AB08 AB09 CA02 CA05 CC12

EA01 EA02 EA05