

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5501249号
(P5501249)

(45) 発行日 平成26年5月21日(2014.5.21)

(24) 登録日 平成26年3月20日(2014.3.20)

(51) Int.Cl.		F I
DO 1 D 5/18	(2006.01)	DO 1 D 5/18
DO 1 D 5/11	(2006.01)	DO 1 D 5/11
DO 4 H 1/728	(2012.01)	DO 4 H 1/728

請求項の数 1 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2010-539714 (P2010-539714)	(73) 特許権者	390023674
(86) (22) 出願日	平成20年12月17日(2008.12.17)		イー・アイ・デュポン・ドウ・ヌムール・
(65) 公表番号	特表2011-506797 (P2011-506797A)		アンド・カンパニー
(43) 公表日	平成23年3月3日(2011.3.3)		E. I. DU PONT DE NEMO
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/087058		URS AND COMPANY
(87) 国際公開番号	W02009/079523		アメリカ合衆国、デラウェア州、ウイルミ
(87) 国際公開日	平成21年6月25日(2009.6.25)		ントン、マーケット・ストリート 100
審査請求日	平成23年12月19日(2011.12.19)		7
(31) 優先権主張番号	61/007, 881	(74) 代理人	100092093
(32) 優先日	平成19年12月17日(2007.12.17)		弁理士 辻居 幸一
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100082005
			弁理士 熊倉 禎男
		(74) 代理人	100084009
			弁理士 小川 信夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ナノ繊維の遠心溶液紡糸方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

100 と溶媒の凝固点との間の温度で、少なくとも1種の溶媒に少なくとも1種のポリマーを溶解させた紡糸液を、4,000rpm~100,000rpmの回転速度で回転するスピンドディスクに供給する工程、ここで、前記スピンドディスクが平面と前方面吐出縁部とを有し、前記スピンドディスクが、前記スピンドディスクの中心に対して半径方向距離の40%以内に同心円状に位置している、前記平面と比べて窪んだ領域を有し、前記窪んだ領域が、前記紡糸液を受け入れるための貯蔵部を画定する；

前記スピンドディスクの平面を完全に濡らすとともに、前記スピンドディスクの吐出縁部の前方面に向かって前記紡糸液を膜として分配するように、前記平面に沿って前記スピンドディスクから前記紡糸液を放出する工程と；

前記紡糸液から分離された繊維流れを形成する一方、前記溶媒を蒸発させてポリマーナノ繊維を生成する工程とを含む、
ナノ繊維の形成方法。

【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、米国特許法第119条に基づいて、米国仮特許出願第61/007,881号(2007年12月17日出願)の優先権を主張するものであり、その開示内容は、

10

20

完全に記載されているかのようにあらゆる目的のために参照により本明細書に援用される。

【 0 0 0 2 】

本発明は、ナノ繊維および繊維ウェブを形成するための方法に関する。特に、ナノ繊維を、フィルタ、電池セパレータ、および通気性の医療衣などの選択的バリアの最終用途に有用な繊維ウェブへと作製および収集することが可能である。

【背景技術】

【 0 0 0 3 】

成形用流体および電場とともに用いられる回転噴霧器は、目的とする装置をコーティングするために、塗料を霧化するのに有用である。回転噴霧器によって与えられる遠心力により、塗料を霧化させるのに十分なせん断が生成され、成形用流体および電場により、霧化された塗料が目的とする装置に吸い付けられる。この方法は、霧化された液滴を生成するために最適化されている。多過ぎる霧化された液滴が凝集して比較的大きな物体になると欠陥が生じる。先行技術では、霧化された液滴および大きくない物体の作製に向けて教示している。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

微細繊維と、微細繊維から作製された繊維ウェブに対する必要性が高まっている。これらのタイプのウェブは、選択的バリアの最終用途に有用である。現在、微細繊維は、溶融紡糸「海島」断面繊維、スプリット繊維、いくつかのメルトブロー法、および電界紡糸法から作製される。微細繊維および均一な繊維ウェブを作製するための高処理量の方法が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

本発明は、高速回転スピンドISKを使用することによって、ナノ繊維および均一なウェブを作製するための高処理量の方法を提供する。

【 0 0 0 6 】

第1の実施形態では、本発明は、約100 と溶媒の凝固点との間の温度で、少なくとも1種の溶媒に少なくとも1種のポリマーを溶解させた紡糸液を、約4,000rpm～約100,000rpmの回転速度で回転するスピンドISK(spin disk)に供給する工程であって、スピンドISKが平面と前方面吐出縁部とを有する工程と、スピンドISKの平面を完全に濡らすとともに、スピンドISKの吐出縁部の前方面に向かって紡糸液を膜として分配するように、平面に沿ってスピンドISKから紡糸液を放出する工程と、紡糸液から分離された繊維流れを形成する一方、溶媒を蒸発させてポリマーナノ繊維を生成する工程とを含む、ナノ繊維の形成方法に関する。

【 0 0 0 7 】

第2の実施形態では、本発明は、約100 と溶媒の凝固点との間の温度で、少なくとも1種の溶媒に少なくとも1種のポリマーを溶解させた紡糸液を、約4,000rpm～約100,000rpmの回転速度で回転するスピンドISKに供給する工程であって、スピンドISKが平面と前方面吐出縁部とを有するとともに、スピンドISKの中心に対して半径方向距離の40%以内に同心円状に位置している、前記平面と比べて窪んだ領域を有し、窪んだ領域が貯蔵部を画定する工程と、紡糸液を貯蔵部に放出する工程と、スピンドISKの平面を完全に濡らすとともに、スピンドISKの吐出縁部の前方面に向かって紡糸液を膜として分配するように、平面に沿ってスピンドISKから紡糸液を放出する工程と、紡糸液から分離された繊維流れを形成する一方、溶媒を蒸発させてポリマーナノ繊維を生成する工程とを含む、ナノ繊維の形成方法に関する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図1】本発明に使用するのに適した平面を有する回転スピンドISKの断面図である。

【図 2】本発明に使用するのに適した平面を有する回転スピンドディスクの断面図である。

【図 3】本発明に使用するのに適した平面および貯蔵部を有する回転スピンドディスクの断面図である。

【図 4】本発明に使用するのに適した平面および貯蔵部を有する回転スピンドディスクの断面図である。

【図 5】本発明に使用するのに適した平面および貯蔵部を有する回転スピンドディスクの断面図である。

【図 6】本発明に使用するのに適した平面および貯蔵部を有する回転スピンドディスクの断面図である。

【図 7】実施例 1 の平坦なスピンドディスクで作製されたポリ（エチレンオキシド）ナノ繊維の走査型電子顕微鏡写真である。

10

【図 8】比較例 A の凹状のスピンドディスクから作製されたポリ（エチレンオキシド）ナノ繊維の走査型電子顕微鏡写真である。

【図 9】実施例 2 の貯蔵部を備えた平坦なスピンドディスクで作製されたポリ（エチレンオキシド）ナノ繊維の走査型電子顕微鏡写真である。

【図 10】実施例 3 の貯蔵部を備えた平坦なスピンドディスクで作製されたポリ（エチレンオキシド）ナノ繊維の走査型電子顕微鏡写真である。

【図 11】実施例 4 の貯蔵部を備えた平坦なスピンドディスクで作製されたポリ（ビニルアルコール）ナノ繊維の走査型電子顕微鏡写真である。

【発明を実施するための形態】

20

【0009】

本発明は、平面を有する高速回転スピンドディスクを用いて、紡糸液からナノ繊維を形成するための方法に関する。

【0010】

「ナノ繊維」という用語は、数十ナノメートルから数百ナノメートルまでの範囲であるが、一般に、約 1 マイクロメートル未満、さらには約 0.8 マイクロメートル未満、さらには約 0.5 マイクロメートル未満の直径を有する繊維を意味する。

【0011】

本発明の溶液紡糸した布帛およびウェブは、少なくとも 1 層のポリマーナノ繊維を含む。ナノ繊維は、約 1 μm 未満、好ましくは約 0.1 μm ~ 約 1 μm の平均繊維径、ならびに空気/液体ろ過媒体、電池およびコンデンサのセパレータ、防護衣などの様々な商業的な最終用途を満たすのに十分高い坪量を有する。

30

【0012】

この紡糸液は、少なくとも 1 種の溶媒に溶解された少なくとも 1 種のポリマーを含む。蒸発され得る溶媒に溶解することが可能な任意の繊維形成ポリマーを使用することができる。好適なポリマーとしては、ポリアルキレンオキシド、ポリ（メタ）アクリレート、ポリスチレンベースのポリマーおよびコポリマー、ビニルポリマーおよびコポリマー、フルオロポリマー、ポリエステルおよびコポリエステル、ポリウレタン、ポリアルキレン、ポリアミド、ポリアラミド、熱可塑性ポリマー、液晶ポリマー、エンジニアリングポリマー、生分解性ポリマー、バイオベースポリマー、天然ポリマー、ならびにタンパク質ポリマーが挙げられる。一般に、約 10 cP ~ 約 100,000 cP、より好都合には約 100 cP ~ 約 75,000 cP、最も好都合には約 1,000 cP ~ 約 50,000 cP の粘度を有する紡糸液が有用である。

40

【0013】

図 1 は、紡糸液からナノ繊維を形成するのに適した回転スピンドディスクの図である。回転スピンドディスクは、回転噴霧装置または遠心紡糸装置（図示せず）の紡糸口金部分に使用することができる。平面 11 と前方面吐出縁部 12 とを有する回転スピンドディスク 10 は、高速モータ（図示せず）に連結された駆動軸 13 に取り付けられている。紡糸液が、少なくとも 1 種のポリマーを少なくとも 1 種の溶媒に溶解させることによって調製される。約 100 と溶媒の凝固点との間の温度における紡糸液は、供給管 14 を通って送られ

50

、この供給管 14 は、駆動軸 13 と同軸上に延在しており、スピンドディスク 10 における、駆動軸 13 に結合された側と反対側で、スピンドディスク 10 の中心に近接している。紡糸液の処理量は、約 1 c c / 分 ~ 約 5 0 0 c c / 分である。紡糸液は、供給管 14 を出ると、回転スピンドディスク 10 と接触するように向けられ、スピンドディスクの平面を完全に濡らすとともに、前方面吐出縁部 12 に達するまで紡糸液を膜として分配するように、平面 11 に沿って移動する。スピンドディスク 10 の回転速度は、約 4 , 0 0 0 r p m ~ 約 1 0 0 , 0 0 0 r p m、より好都合には約 6 , 0 0 0 r p m ~ 約 1 0 0 , 0 0 0 r p m、最も好都合には約 8 , 0 0 0 r p m ~ 約 1 0 0 , 0 0 0 r p m である。前方面吐出縁部 12 は、尖っていてもまたは丸みを帯びていてもよく、鋸歯状の縁またはギザギザ状の突起 (d i v i d i n g r i d g e) を含み得る。スピンドディスク 10 の回転速度は、紡糸液を、平面 11 に沿って、前方面吐出縁部 12 を越えて推進させて、分離した繊維流れを形成し、この繊維流れを遠心力によって吐出縁部から放出する。同時に、本発明のナノ繊維が形成されるまで溶媒を蒸発させる。ナノ繊維をコレクタ (図示せず) 上に収集して繊維ウェブを形成することができる。

10

【 0 0 1 4 】

あるいは、図 2 は、紡糸液が、駆動軸 23 の同軸中空部分を介してスピンドディスク 20 に供給されているのを示す。紡糸液は、駆動軸 23 に結合された側と反対側で、スピンドディスク 20 の中心に位置する出口 24 を介して駆動軸 23 の中空部分を出て、平面 11 に沿って、前方面吐出縁部 12 を越えていくか、または、スピンドディスク 20 に隣接している駆動軸 23 を中心に好ましくは対称に配置され、かつ駆動軸 23 を貫通している 1 つまたは複数の出口 25 (1 つが図示されている) を介して駆動軸 23 の中空部分を出て、平面 11' に沿って、吐出縁前方面吐出縁部 12' を越えていくか、あるいは両方のタイプの出口を介して出ることができる。

20

【 0 0 1 5 】

図 3 は、紡糸液からナノ繊維を形成するのに適した回転スピンドディスクの別の実施形態の図である。平面 11 と前方面吐出縁部 12 とを有する回転スピンドディスク 30 は、高速モータ (図示せず) に連結された駆動軸 33 に取り付けられている。スピンドディスク 30 は、駆動軸 33 に結合された側と反対側に位置する、スピンドディスク 30 の中心に対して半径方向距離の 40 % 以内に同心円状に位置している、平面と比べて窪んだ領域 34 を有する。この窪んだ領域 34 は、紡糸液を受け入れるための貯蔵部を画定する。貯蔵部はハウジング 35 で封入されてもよく、ハウジング 35 は、紡糸 (s p i n n i n g) 供給管 36 を介して紡糸液を受け入れるための同軸上の入口と、好ましくはハウジング 35 を中心に対称に配置された、紡糸液を排出するための 1 つまたは複数の出口 37 とを備えている。出口 37 と、窪んだ領域を画定する、スピンドディスク 30 の平面の垂直部分との間に間隙 38 が存在し得る。スピンドディスクの内縁 39 が、スピンドディスクの垂直部分がスピンドディスクの平面 11 と交わるところに位置している。スピンドディスクの内縁 39 は、丸みを帯びていてもまたは尖っていてもよい。

30

【 0 0 1 6 】

あるいは、図 4 は、紡糸液が、駆動軸 43 の同軸中空部分を介してスピンドディスク 40 に供給されているのを示していることを除いて、図 3 と同様である。紡糸液は、駆動軸 43 に結合された側の反対側でスピンドディスク 40 の中心に位置している出口 44 を介して駆動軸 43 の中空部分を出ることができる。

40

【 0 0 1 7 】

あるいは、図 5 は、紡糸液が、スピンドディスク 50 における、窪んだ部分 34 がある側と同じ側に位置している、駆動軸 53 の同軸中空部分を介してスピンドディスク 50 に供給されているのを示していることを除いて、図 4 と同様である。紡糸液は、スピンドディスク 50 に隣接している駆動軸 53 を貫通する好ましくは対称の 1 つまたは複数の出口 54 を介して駆動軸 53 の中空部分を出ることができる。

【 0 0 1 8 】

あるいは、図 6 は、紡糸液が、入口 67 でハウジング 35 を通過している供給管 66 を

50

介してスピンドディスク60に供給されているのを示していることを除いて、図5と同様である。スピンドディスク60は、スピンドディスク60における、窪んだ部分34がある側と同じ側に位置している駆動軸63に結合されている。

【0019】

成形用流体をスピンドディスクの周りに流して、紡糸液をスピンドディスクから離れる方向に向けてもよい。流体は、回転スピンドディスクに対して環状の配置で位置決めされたノズルを介して供給され得る。成形用流体は気体であり得る。様々な気体を様々な温度で用いて、溶媒蒸発の速度を遅くしたりまたは速めたりして、製造されるナノ繊維のタイプに影響を与えることが可能である。このように、成形用気体は、溶媒蒸発の速度を最適化するために加熱または冷却することができる。使用するのに適した気体は空気および窒素であるが、ナノ繊維の形成に悪影響を与えない任意の他の気体を用いることができる。

10

【0020】

任意に、本方法に電場を加えることができる。スピンドディスクとコレクタとの間に電位差を加えることができる。スピンドディスクまたはコレクタのいずれかを、実質的に接地された他の部品を用いて帯電させることが可能であり、あるいは、それらの間に電位差がある限り、それらの両方を帯電させることが可能である。さらに、電極をスピンドディスクとコレクタとの間に配置することが可能であり、ここで、電極は、電極とスピンドディスクおよび/またはコレクタとの間に電位差が生じるように帯電される。電場は、約1kV~約150kVの電位差を有する。意外にも、電場は、平均繊維径にほとんど影響を与えないようであるが、より均一な繊維ウェブを生成するように、ナノ繊維が分離され、コレクタ

20

【0021】

本方法により、約1,000nm未満、より好都合には約500nm未満、最も好都合には約100nm未満の平均繊維径を有するナノ繊維、好ましくは連続ナノ繊維を作製することができる。このナノ繊維をコレクタ上に収集して繊維ウェブにすることができる。このコレクタは、自身とスピンドディスクまたは電極との間に電場を生成するために導電性であり得る。また、このコレクタは、真空装置の使用を可能にして、蒸発された溶媒および任意に成形用気体をナノ繊維から引き離して、繊維ウェブを作製するためにナノ繊維をコレクタに固定するのを助けるために、多孔性であってもよい。スクリーン上に直接ナノ繊維を収集できるようにスクリーン材料をコレクタ上に置いて、それによって複合材料を作製

30

【0022】

試験方法

上記の説明および次の非限定的な実施例では、以下の試験方法を用いて、様々な報告された特徴および特性を測定した。

【0023】

20mmの平行板が装備されたThermo RheoStress 600レオメータで粘度を測定した。23において0秒⁻¹から1,000秒⁻¹まで連続的にせん断速度を上昇させて4分間にわたってデータを収集し、10秒⁻¹におけるcPで報告した。

40

【0024】

以下のように繊維径を測定した。各ナノ繊維層試料の5,000倍の倍率における10枚の走査電子顕微鏡(SEM)画像を撮影した。各SEM画像から11個の明らかに区別できるナノ繊維の直径を測定し、報告した。欠陥(すなわち、ナノ繊維の塊、ポリマー液滴、ナノ繊維の交差部分)は含まれていなかった。各試料の平均繊維径を計算し、ナノメートル(nm)で報告した。

【実施例】

【0025】

これより、以下の実施例において本発明をより詳細に説明する。

50

【 0 0 2 6 】

実施例 1 には、平坦なスピンドディスクを用いたポリ（エチレンオキシド）連続ナノ繊維の作製が記載されている。比較例 A には、先行技術の窪んだスピンドディスクを用いたポリ（エチレンオキシド）長繊維の作製が記載されている。実施例 2 には、貯蔵部を含む平坦なスピンドディスクを用いたポリ（エチレンオキシド）連続ナノ繊維の作製が記載されている。実施例 3 には、貯蔵部を含む大きな平坦なスピンドディスクを用いたポリ（エチレンオキシド）連続ナノ繊維の作製が記載されている。実施例 4 には、貯蔵部を含む大きな平坦なスピンドディスクを用いたポリ（ビニルアルコール）連続ナノ繊維の作製が記載されている。

【 0 0 2 7 】

10

実施例 1

高速電気モータによって駆動される平坦なディスク（図 1 に示されるような）を備えた実験室規模の回転ユニットを用いて、連続ナノ繊維を作製した。約 300,000 の平均分子量（Mw）を有する 8.0 重量%のポリ（エチレンオキシド）の紡糸液と、92.0 重量%の水とを均一になるまで混合し、シリンジポンプに注ぎ入れて、約 2 cc / 分の流量で供給管を通して直径 3.0 cm の平坦な回転ディスクに送達した。回転速度を一定の 40,000 rpm に設定した。溶液の粘度は、25 で 3,150 cP であった。この試験中に電場を用いなかった。スピンドディスクを囲む直径約 25 cm の管形状に保持されたアルミニウム箔上にナノ繊維を収集し、スピンドディスクを管状のコレクタの中心に設置した。成形用流体は適用しなかった。ナノ繊維の SEM 画像が図 7 に見られる。SEM を用いて、アルミニウム箔上に収集されたナノ繊維の画像から繊維の大きさを測定した。643 番手のナノ繊維から繊維径を測定し、決定したところ、20 nm ~ 500 nm の範囲であり、中央値が 127 nm であった。平均繊維径は 141 nm であり、95%信頼区間で標準偏差が 62 nm であった。

20

【 0 0 2 8 】

比較例 A

特殊な 20 個の孔のタービン板と、高圧およびタービン速度制御用の制御筐体とを備えた標準 ITW TurboDisk 霧化器（ITW Automotive Finishing Group 製）を用いて、長繊維を作製した。Pulse Track System を用いて、コーティングを適用する際の回転霧化器の一定速度を保つ。電圧主電源から高圧を供給する。約 300,000 の Mw を有する 10.0 重量%のポリ（エチレンオキシド）の紡糸液と、92.0 重量%の水とを均一になるまで混合し、3:1 2.54 cm の隔膜ポンプに注ぎ入れて、60 cc / 分の一定の流量で供給管を通して回転ディスク霧化器に送達した。直径 15 cm の凹状のスピンドディスクを使用した。回転速度を一定の 27,000 rpm に設定した。電流制御モードで +50 kV 電源を用いて、電流を 0.02 am に設定した。この試験中、約 73 kV の高電圧をかけた。溶液の粘度は、25 で 12,500 cP であった。スピンドディスクの縁部は、約 937 ピッチで鋸歯状であった。スピンドディスクを囲む直径約 28.4 cm の管形状に保持されたアルミニウム箔上に繊維を収集し、スピンドディスクを管状のコレクタの中心に設置した。成形用流体は適用しなかった。ナノ繊維の SEM 画像が図 8 に見られる。SEM を用いて、アルミニウム箔上に収集された繊維の画像から繊維の大きさを測定した。660 番手の繊維から繊維径を測定し、決定したところ、32 nm ~ 502 nm の範囲であり、中央値が 182 nm であった。平均繊維径は 191 nm であり、95%信頼区間で標準偏差が 76 nm であった。

30

40

【 0 0 2 9 】

実施例 2

貯蔵部およびディスクの内縁を備えた 15 cm の平坦なスピンドディスク（図 6 に示されるような）を使用したことを除いて、比較例 A と同様に実施例 2 を調製した。全ての試験条件は比較例 A と同じであった。ナノ繊維の SEM 画像が図 9 に見られる。SEM を用いて、アルミニウム箔上に収集されたナノ繊維の画像から繊維の大きさを測定した。571

50

番手のナノ繊維から繊維径を測定し、決定したところ、23 nm ~ 190 nmの範囲であり、中央値が82 nmであった。平均繊維径は84 nmであり、95 %信頼区間で標準偏差が27 nmであった。

【0030】

実施例2で用いた貯蔵部を備えた平坦なスピンドディスクにより、比較例Aの窪んだスピンドディスクより小さな繊維径の繊維が作製された。

【0031】

実施例3

貯蔵部およびディスクの内縁を備えた30 cmの平坦なスピンドディスクを使用したことを除いて、実施例2と同様に実施例3を調製した。約300,000のMwを有する12.0 %のポリ(エチレンオキシド)の紡糸液と88.0 %の水とを使用した。この溶液の粘度は、25 で34,000 cPであった。この試験では、200 cc/分ではるかに高い流量を使用し、ディスクの回転速度は21,000 rpmであった。成形用流体は適用しなかった。ナノ繊維のSEM画像が図10に見られる。SEMを用いて、アルミニウム箔上に収集されたナノ繊維の画像から繊維の大きさを測定した。790番手のナノ繊維から繊維径を測定し、決定したところ、52 nm ~ 716 nmの範囲であり、中央値が222 nmであった。平均繊維径は254 nmであり、95 %信頼区間で標準偏差が122 nmであった。

【0032】

実施例4

実施例3と同様に実施例4を調製した。貯蔵部およびディスクの内縁を備えた30 cmの平坦なスピンドディスクを使用した。15重量%のポリ(ビニルアルコール)の紡糸液(DuPont Evanol 80-18)と、85重量%の水とを使用した。この溶液の粘度は、25 で5,850 cPであった。この試験では、流量を33 cc/分に設定し、ディスクの回転速度は8,000 rpmであった。成形用流体は適用しなかった。ナノ繊維のSEM画像が図11に見られる。SEMを用いて、アルミニウム箔上に収集されたナノ繊維の画像から繊維の大きさを測定した。323番手のナノ繊維から繊維径を測定し、決定したところ、98 nm ~ 665 nmの範囲であり、中央値が264 nmであった。平均繊維径は277 nmであり、95 %信頼区間で標準偏差が172 nmであった。

次に、本発明の態様を示す。

1. 約100 と溶媒の凝固点との間の温度で、少なくとも1種の溶媒に少なくとも1種のポリマーを溶解させた紡糸液を、約4,000 rpm ~ 約100,000 rpmの回転速度で回転するスピンドディスクに供給する工程、ここで、前記スピンドディスクが平面と前方面吐出縁部とを有する；前記スピンドディスクの平面を完全に濡らすとともに、前記スピンドディスクの吐出縁部の前方面に向かって前記紡糸液を膜として分配するように、前記平面に沿って前記スピンドディスクから前記紡糸液を放出する工程と；前記紡糸液から分離された繊維流れを形成する一方、前記溶媒を蒸発させてポリマーナノ繊維を生成する工程とを含む、ナノ繊維の形成方法。

2. 前記ポリマーが、ポリアルキレンオキシド、ポリ(メタ)アクリレート、ポリオレフィン、ポリスチレンベースのポリマーおよびコポリマー、ビニルポリマーおよびコポリマー、フルオロポリマー、ポリエステルおよびコポリエステル、ポリウレタン、ポリアルキレン、ポリアミド、ポリアラミド、熱可塑性ポリマー、液晶ポリマー、エンジニアリングポリマー、生分解性ポリマー、バイオベースポリマー、天然ポリマー、ならびにタンパク質ポリマーを含む群から選択される上記1に記載の方法。

3. 前記紡糸液が、約10 cP ~ 約100,000 cPの粘度を有する上記1に記載の方法。

4. 前記紡糸液が、約100 cP ~ 約75,000 cPの粘度を有する上記3に記載の方法。

5. 前記紡糸液が、約1,000 cP ~ 約50,000 cPの粘度を有する上記4に記載の方法。

6. 前記紡糸液が、約 1 c c / 分 ~ 約 5 0 0 c c / 分の処理量で供給される上記 1 に記載の方法。
7. 前記スピンドディスクの回転速度が、約 6 , 0 0 0 r p m ~ 約 1 0 0 , 0 0 0 r p m である上記 1 に記載の方法。
8. 前記スピンドディスクの回転速度が、約 8 , 0 0 0 r p m ~ 約 1 0 0 , 0 0 0 r p m である上記 7 に記載の方法。
9. 前記ナノ繊維が、約 1 , 0 0 0 n m 未満の平均繊維径を有する上記 1 に記載の方法。
10. 前記平均繊維径が約 5 0 0 n m 未満である上記 9 に記載の方法。
11. 前記平均繊維径が約 1 0 0 n m 未満である上記 1 0 に記載の方法。
12. 前記紡糸液を前記スピンドディスクから離れる方向に向けるために前記スピンドディスクの周りに成形用流体を流す工程をさらに含む上記 1 に記載の方法。
13. 前記成形用流体が気体を含む上記 1 2 に記載の方法。
14. 前記気体が、空気または窒素であり、加熱または冷却可能である上記 1 3 に記載の方法。
15. コレクタ上に前記ナノ繊維を収集して、繊維ウェブを形成する工程をさらに含む上記 1 に記載の方法。
16. 前記コレクタに真空をかけて前記ナノ繊維を前記コレクタ上に引き付けて、繊維ウェブを形成する工程をさらに含む上記 1 5 に記載の方法。
17. 電場を提供する一方、前記紡糸液から分離された繊維流れを形成しながら、前記溶媒を蒸発させてポリマーナノ繊維を生成する工程をさらに含む上記 1 に記載の方法。
18. 前記電場が約 1 k V ~ 約 1 5 0 k V の電位差を有する上記 1 7 に記載の方法。
19. 前記コレクタに真空をかけて前記ナノ繊維を前記コレクタ上に引き付けて、繊維ウェブを形成する工程をさらに含む上記 1 8 に記載の方法。
20. 前記電位差が前記スピンドディスクと前記コレクタとの間で維持される上記 1 9 に記載の方法。
21. 前記電位差が、前記スピンドディスクと、前記スピンドディスクと前記コレクタとの間に配置される電極との間で維持される上記 1 9 に記載の方法。
22. 前記前方面吐出縁部が鋸歯状である上記 1 に記載の方法。
23. 前記スピンドディスクが、前記スピンドディスクの中心に対して半径方向距離の 4 0 % 以内に同心円状に位置している、前記平面と比べて窪んだ領域を有し、前記窪んだ領域が
24. 前記貯蔵部が、前記紡糸液を受け入れるための入口と、前記紡糸液を排出するための分散孔の出口とで封入される上記 2 3 に記載の方法。
25. 間隙が、前記貯蔵部の出口と、前記窪んだ領域を画定する、前記スピンドディスクの平面の垂直部分との間に存在し、前記スピンドディスクの垂直部分が前記スピンドディスクの平面と交わるところでスピンドディスク内縁が画定される上記 2 4 に記載の方法。
26. 前記スピンドディスク内縁が丸みを帯びているかまたは尖っている上記 2 5 に記載の方法。

10

20

30

【図 1】

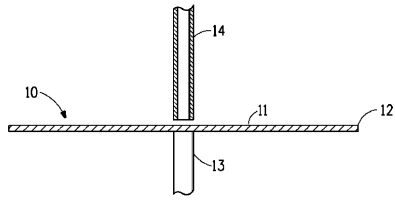


FIG. 1

【図 2】

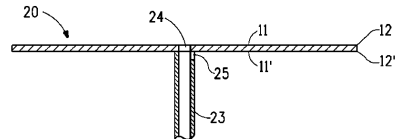


FIG. 2

【図 3】

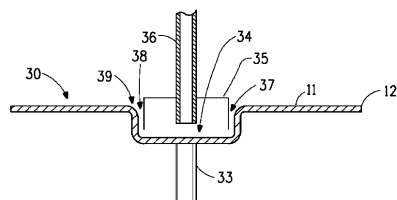


FIG. 3

【図 4】

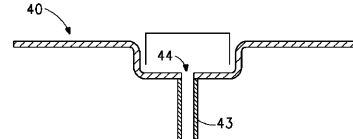


FIG. 4

【図 5】

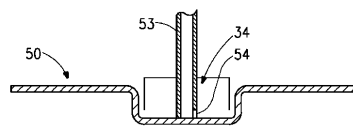


FIG. 5

【図 6】

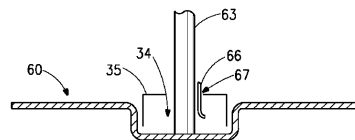


FIG. 6

【図 7】

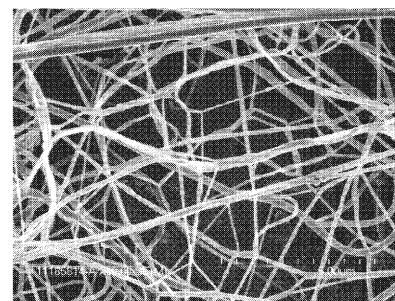


FIG. 7

【図 8】

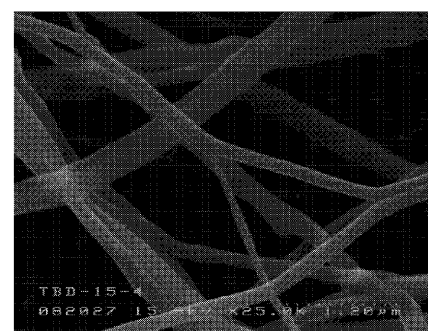


FIG. 8

【図 9】



FIG. 9

【図 10】

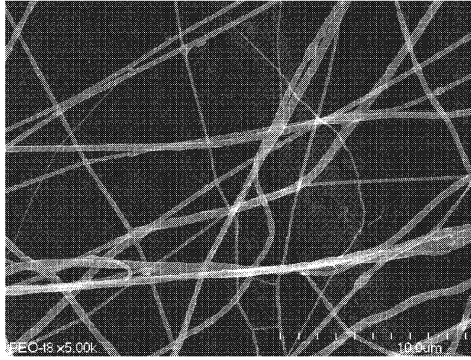


FIG. 10

【図 11】

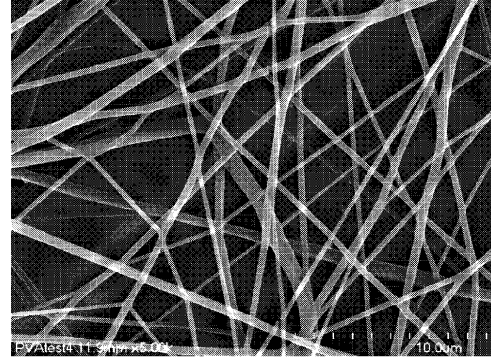


FIG. 11

フロントページの続き

(74)代理人 100084663

弁理士 箱田 篤

(74)代理人 100093300

弁理士 浅井 賢治

(74)代理人 100119013

弁理士 山崎 一夫

(72)発明者 ファン タオ

アメリカ合衆国 ペンシルバニア州 19335 ダウニングタウン ウィリアムバーグ ブール
ヴァード 894

審査官 菊地 則義

(56)参考文献 国際公開第2007/110783(WO, A2)

国際公開第2007/126674(WO, A1)

特表2007-532790(JP, A)

中国特許出願公開第1472373(CN, A)

特開昭49-110910(JP, A)

特開昭58-104212(JP, A)

特表2010-522835(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

D01D 1/00-13/02

D04H 1/00-18/04