(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5216516号
(P5216516)
(45)発行日　平成25年6月19日(2013.6.19)　(24)登録日　平成25年3月8日(2013.3.8)

(51)Int.Cl.　　F I
*D01D 5/04 (2006.01)*　D01D 5/04
*D01F 6/00 (2006.01)*　D01F 6/00　A
*D04H 1/728 (2012.01)*　D04H 1/728

請求項の数 7　(全 17 頁)

(21)出願番号　特願2008-256730 (P2008-256730)
(22)出願日　平成20年10月1日 (2008.10.1)
(65)公開番号　特開2010-84294 (P2010-84294A)
(43)公開日　平成22年4月15日 (2010.4.15)
審査請求日　平成22年9月6日 (2010.9.6)

（出願人による申告）平成２０年度、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「革新的部材産業創出プログラム／新産業創造高度部材基盤技術開発／先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発」にかかる委託研究、産業技術力強化法第１９条の適用を受ける特許出願

(73)特許権者　000005821
パナソニック株式会社
大阪府門真市大字門真１００６番地
(74)代理人　100109210
弁理士　新居　広守
(72)発明者　石川　和宜
大阪府門真市松葉町２番７号　パナソニックファクトリーソリューションズ株式会社内
(72)発明者　住田　寛人
大阪府門真市松葉町２番７号　パナソニックファクトリーソリューションズ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ナノファイバ製造装置、ナノファイバ製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
原料液を空間中で電気的に延伸させて、ナノファイバを製造するナノファイバ製造装置であって、
原料液を空間中に流出させる流出孔を周面上に有し、遠心力により原料液を流出させる筒状の流出体と、
前記流出体の内方に原料液を供給する供給路と、
前記流出体と所定の間隔を隔てて配置され、前記流出体に対し所定の電圧が印加される帯電電極と、
前記流出体と前記帯電電極との間を所定の電圧にする帯電電源と、
前記流出体から流出する原料液から製造されるナノファイバを搬送する気体流を発生させる気体流発生手段と、
前記流出体の内周の前記供給路から吐出される原料液を受ける部分であって、原料液の吐出方向に対し斜めに交差する面で原料液を受ける受液部とを備え、
前記帯電電極は、前記流出孔よりも前記気体流発生手段が発生させる気体流の風上側に配置されるナノファイバ製造装置。
【請求項２】
前記流出体は、前記流出孔を形成する孔近傍部を備え、
前記孔近傍部は、前記流出体の前記孔近傍部以外の部分よりも前記帯電電極との距離が近い

請求項１に記載のナノファイバ製造装置。
【請求項３】
前記流出孔は、円筒の周面上に放射状に開口した状態で複数箇所に配置され、
前記帯電電極は円環状であって、複数の前記流出孔と等距離に配置され、
前記気体流発生手段は、前記帯電電極で囲われた空間に気体流が流れるように配置される
請求項２に記載のナノファイバ製造装置。
【請求項４】
さらに、
前記流出孔と前記帯電電極との距離の関係を維持した状態で、前記流出体を回転させる駆動手段を備える請求項３に記載のナノファイバ製造装置。
【請求項５】
前記流出孔は、前記受液部から原料液が遠心力により流れる方向に配置され、遠心力方向に窪んで液溜まりが形成される凹部に配置される請求項４に記載のナノファイバ製造装置。
【請求項６】
さらに、
空間中で製造されるナノファイバを収集する収集手段と、
前記収集手段にナノファイバを誘引する誘引手段と
を備える請求項１に記載のナノファイバ製造装置。
【請求項７】
原料液を空間中で電気的に延伸させて、ナノファイバを製造するナノファイバ製造方法であって、
原料液を空間中に流出させる流出孔を周面上に有し、遠心力により原料液を流出させる筒状の流出体の内方に供給路から原料液を吐出し、原料液の吐出方向に対し斜めに交差する面を有する受液部で吐出された原料液を受けさせて、原料液を前記流出体に供給する原料液供給工程と、
前記流出体から原料液を空間中に流出させる流出工程と、
原料液を空間中で電気的に延伸させることにより製造されるナノファイバを搬送する気体流を発生させる気体流発生工程と、
前記流出体と所定の間隔を隔て、前記流出孔より前記気体流発生手段が発生させる気体流の風上側に配置される帯電電極に、前記流出体に対し所定の電圧となる電位を印加する帯電工程と
を含むナノファイバ製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本願発明はナノファイバの製造装置に関し、特に、ナノファイバを収集する位置とは異なる位置に帯電用の電極を備えるナノファイバ製造装置、及び、当該ナノファイバ製造措置を用いたナノファイバ製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
高分子物質などから成り、サブミクロンスケールの直径を有する糸状（繊維状）物質（ナノファイバ）を製造する方法として、エレクトロスピニング（電荷誘導紡糸）法が知られている。
【０００３】
このエレクトロスピニング法とは、溶媒中に高分子物質などを分散または溶解させた原料液を空間中にノズルなどにより流出（吐出）させるとともに、原料液に電荷を付与して帯電させ、空間を飛行中の原料液を電気的に延伸させることにより、ナノファイバを得る方法である。

【０００４】
より具体的にエレクトロスピニング法を説明すると次のようになる。すなわち、帯電され空間中に流出された原料液は、空間を飛行中に徐々に溶媒が蒸発していく。これにより、飛行中の原料液の体積は、徐々に減少していくが、原料液に付与された電荷は、原料液に留まる。この結果として、空間を飛行中の原料液は、電荷密度が徐々に上昇することとなる。そして、溶媒は、継続して蒸発し続けるため、原料液の電荷密度がさらに高まり、原料液の中に発生する反発方向のクーロン力が原料液の表面張力より勝った時点で高分子溶液が爆発的に線状に延伸される現象（以下、静電延伸現象と述べる）が生じる。この静電延伸現象が、空間において次々と幾何級数的に発生することで、直径がサブミクロンの高分子から成るナノファイバが製造される（例えば特許文献１参照）。

【０００５】
以上のようなエレクトロスピニング法で製造されるナノファイバの生産効率を向上させるためには空間中に流出させる原料液を多くすれば良い。しかし、原料液が同電位に帯電している等の理由から、小さな空間に多量の原料液を一度に流出させることは困難であり、また、ナノファイバを空間的に均一に製造することも困難であった。

【０００６】
そこで、本願発明者らは、原料液を放射状に流出させる部分と製造されるナノファイバを収集する部分との間に電圧を印加して電界を発生させるのではなく、所定の空間で帯電させた原料液や製造されるナノファイバを気体流で搬送し、前記空間から離れた所に配置される収集手段で収集させることで、ナノファイバの生産効率を向上させることができるナノファイバ製造装置を先に提案している。

【特許文献１】特開２００８－３１６２４号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】
ところが、本願発明者らは、前述のナノファイバ製造装置を使用していくうちに、原料液を帯電させるために設けられた電極に一部のナノファイバが付着して、ナノファイバの生産効率が低下することを見いだした。

【０００８】
そこで、本願発明者らは、さらに実験と研究とを進め、ナノファイバの付着を回避しうる前記電極の配置を見いだすに至った。

【０００９】
本願発明は、上記知見に基づきなされたものであり、ナノファイバの生産効率を向上させることのできるナノファイバ製造装置の提供を第一の目的とする。

【００１０】
さらに、本願発明者らは、前記電極の配置にした場合において、原料液をより効率よく帯電することのできる態様を見いだすに至った。

【００１１】
本願発明は、上記知見に基づきなされたものであり、ナノファイバの品質や生産効率を向上させることのできるナノファイバ製造装置の提供を第二の目的とする。

【００１２】
さらに、本願発明者らは、遠心力を用いて原料液を流出させる場合、原料液の供給態様によっては、原料液の流出状態が安定せず、製造されるナノファイバの品質や生産効率に悪影響を及ぼすことを見いだすに至った。

【００１３】
本願発明は、上記知見に基づきなされたものであり、ナノファイバの品質や生産効率を向上させることのできるナノファイバ製造装置の提供を第三の目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１４】
上記目的を達成するために、本願発明にかかるナノファイバ製造装置は、原料液を空間

中で電気的に延伸させ、ナノファイバを製造するナノファイバ製造装置であって、原料液を空間中に流出させる流出孔を有する流出体と、前記流出体と所定の間隔を隔てて配置され、前記流出体に対し所定の電圧が印加される帯電電極と、前記流出体と前記帯電電極との間を所定の電圧にする帯電電源と、前記流出体から流出する原料液から製造されるナノファイバを搬送する気体流を発生させる気体流発生手段とを備え、前記帯電電極は、前記流出孔よりも前記気体流発生手段が発生させる気体流の風上側に配置されることを特徴とする。

【００１５】

これにより、気体流に搬送される原料液やナノファイバは、帯電電極に到達しづらくなり、帯電電極に原料液やナノファイバが付着することを回避できる。よって、空間中に流出させる原料液のほとんどをナノファイバの製造に供することができる。また、静電延伸現象により製造されるナノファイバのほとんどを回収することが可能となる。以上により、ナノファイバの生産効率を向上させることが可能となる。

【００１６】

さらに、前記流出孔を形成する前記流出体の孔近傍部であって、前記流出体の前記孔近傍部以外の部分よりも前記帯電電極との距離が近い孔近傍部を備えることが好ましい。

【００１７】

これにより、帯電電極との距離が近い孔近傍部に電荷が集中し、当該孔近傍部により形成される流出孔を通過する原料液を効率よく帯電させることが可能となる。従って、効果的に静電延伸現象を発生させて、より効率よくナノファイバを製造でき、より品質の高い（例えば繊維系が細い）ナノファイバを製造することが可能となる。

【００１８】

また、上記目的を達成するため、本願発明に係るナノファイバ製造装置は、原料液を空間中で電気的に延伸させ、ナノファイバを製造するナノファイバ製造装置であって、原料液を空間中に流出させる流出孔を周面上に有し、遠心力により原料液を流出させる筒状の流出体と、前記流出体の内方に原料液を供給する供給路と、前記流出体と所定の間隔を隔てて配置され、前記流出体に対し所定の電圧が印加される帯電電極と、前記流出体と前記帯電電極との間を所定の電圧にする帯電電源と、前記流出体から流出する原料液から製造されるナノファイバを搬送する気体流を発生させる気体流発生手段と、前記流出体の内周の前記供給路から吐出される原料液を受ける部分であって、原料液の吐出方向に対し斜めに交差する面で原料液を受ける受液部とを備えることを特徴とする。

【００１９】

これにより、回転する筒状の流出体の内面に原料液を供給する際に、原料液が当接する受液部が傾斜しているため、原料液が受液部に沿って流れることとなる。つまり、供給される原料液が流出体の内面で反射して流出体の内方ではね回ることを回避することができる。従って、はね回った原料液が不意に流出孔から液滴となって飛び出ることを回避することができ、ナノファイバの生産効率を向上させ、ナノファイバの品質を向上させることが可能となる。

【００２０】

また、上記目的を達成するため、本願発明に係るナノファイバ製造方法は、原料液を空間中で電気的に延伸させ、ナノファイバを製造するナノファイバ製造方法であって、流出孔を有する流出体から原料液を空間中に流出させる流出工程と、原料液を空間中で電気的に延伸させることにより製造されるナノファイバを搬送する気体流を発生させる気体流発生工程と、前記流出体と所定の間隔を隔て、前記流出孔より前記気体流発生手段が発生させる気体流の風上側に配置される帯電電極であって、前記流出体に対向する前記帯電電極の面に絶縁体層が設けられる帯電電極に、前記流出体に対し所定の電圧となる電位を印加する帯電工程とを含むことを特徴とする。

【００２１】

これにより、気体流に搬送される原料液やナノファイバは、帯電電極に到達しづらくなり、帯電電極に原料液やナノファイバが付着することを回避できる。よって、空間中に流

出させる原料液のほとんどをナノファイバの製造に供することができる。また、静電延伸現象により製造されるナノファイバのほとんどを回収することが可能となる。以上により、ナノファイバの生産効率を向上させることが可能となる。

【発明の効果】

【００２２】

本願発明によれば、空間中に流出する原料液や、当該原料液から製造されるナノファイバが帯電電極に付着することを可及的に回避することができ、ナノファイバの生産効率を向上させることが可能となる。

【００２３】

本願発明によれば、適切な状態で原料液を空間中に流出することができる。従って、当該原料液から製造されるナノファイバの品質が安定し、高品質のナノファイバを効率よく製造することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２４】

図１は、本願発明の実施の形態であるナノファイバ製造装置を模式的に示す正面から見た断面図である。

【００２５】

図２は、本願発明の実施の形態であるナノファイバ製造装置を模式的に示す上面から見た断面図である。

【００２６】

これらの図に示すように、ナノファイバ製造装置１００は、放出手段２００と、案内体２０６と、拡散手段２４０と、収集手段１１０と、誘引手段１２０とを備えている。

【００２７】

ここで、ナノファイバを製造するための原料液については、原料液３００と記し、製造されたナノファイバについてはナノファイバ３０１と記すが、製造に際しては原料液３００が電気的に延伸しながらナノファイバ３０１に変化していくため、原料液３００とナノファイバ３０１との境界は曖昧であり、明確に区別できるものではない。

【００２８】

図３は、放出手段を示す断面図である。

図４は、放出手段を示す斜視図である。

【００２９】

これらの図に示すように、放出手段２００は、帯電した原料液３００や製造されるナノファイバ３０１を気体流に乗せて放出することができるユニットであり、流出手段２０１と、帯電手段２０２と、風洞体２０９と、気体流発生手段２０３、供給路２１７とを備えている。

【００３０】

帯電手段２０２は、原料液３００に電荷を付与して帯電させる装置である。本実施の形態の場合、帯電手段２０２は、帯電電極２２１と、帯電電源２２２と、接地手段２２３とを備えている。

【００３１】

帯電電極２２１は、自身がアースに対し高い電圧もしくは低い電圧となることで、接地されている流出体２１１に電荷を誘導するための部材である。本実施の形態の場合、帯電電極２２１は、流出体２１１の周囲を取り囲むように配置される円環状の部材である。また、図１～図４に示すように、帯電電極２２１の断面は円形となっている。帯電電極２２１に正の電圧が印加されると流出体２１１には、負の電荷が誘導され、帯電電極２２１に負の電圧が印加されると流出体２１１には、正の電荷が誘導される。

【００３２】

なお、帯電電極２２１と流出体２１１との位置関係は後述する。

帯電電極２２１の大きさは、流出体２１１の直径よりも大きい必要があるが、その直径は、５０ｍｍ以上、１５００ｍｍ以下の範囲から採用されることが好適である。なお、帯

電電極２２１の形状は、円環状に限ったものではなく、流出体２１１の形状との関係によって、多角形の環状や平板状などであってもよい。

【００３３】

接地手段２２３は、流出体２１１と電気的に接続され、流出体２１１を接地電位に維持することができる部材である。接地手段２２３の一端は、流出体２１１が回転状態であっても電気的な接続状態を維持することができるようにブラシとして機能するものであり、他端は大地と接続されている。

【００３４】

帯電電源２２２は、帯電電極２２１に高電圧を印加することのできる電源である。帯電電源２２２は、一般には、直流電源が好ましい。特に、発生させるナノファイバ３０１の帯電極性に影響受けないような場合、生成したナノファイバ３０１の帯電を利用して、電極上に回収するような場合には、直流電源が好ましい。また、帯電電源２２２が直流電源である場合、帯電電源２２２が帯電電極２２１に印加する電圧は、１０ＫＶ以上、２００ＫＶ以下の範囲の値から設定されるのが好適である。帯電電源２２２に負の電圧が印加される場合には、前記の印加する電圧の極性は、負になる。特に、流出体２１１と帯電電極との間の電界強度が重要であり、帯電電極２２１と流出体２１１との距離が最も近い空間において１ＫＶ／ｃｍ以上の電界強度になるように印加電圧を調整するのが好ましい。

【００３５】

本実施の形態のように帯電手段２０２に誘導方式を採用すれば、流出体２１１を接地電位に維持したまま原料液３００に電荷を付与することができる。流出体２１１が接地電位の状態であれば、流出体２１１に接続される回転軸体２１２やモータ２１３などの部材を流出体２１１から電気的に絶縁する必要が無くなり、流出手段２０１として簡単な構造を採用しうることになり好ましい。

【００３６】

なお、帯電手段２０２として、流出体２１１に電源を接続し、流出体２１１を高電圧に維持し、帯電電極２２１を接地することで原料液３００に電荷を付与してもよい。また、流出体２１１を絶縁体で形成すると共に、流出体２１１に貯留される原料液３００に直接接触する電極を流出体２１１内部に配置し、当該電極を用いて原料液３００に電荷を付与するものでもよい。このような流出体２１１に直接もしくは原料液に直接電極を配置する場合には、原料液に帯電する電荷の極性は、印加する電圧の極性と同じ極性になる。

【００３７】

流出手段２０１は、原料液３００を空間中に流出させる装置であり、本実施の形態では、原料液３００を遠心力により放射状に流出させ、帯電電極２２１の内方に原料液を流出させる装置である。流出手段２０１は、流出体２１１と、回転軸体２１２と、モータ２１３とを備えている。回転軸体２１２は、ベアリング２１５を介して支持体（図示せず）に回転可能に支持されている。

【００３８】

流出体２１１は、原料液３００を空間中に流出させるための部材であり、一時的に原料液３００を貯留できる容器である。流出体２１１は、原料液３００が内方から外方に向けて通過する流出孔２１６が多数設けられる部材である。流出体２１１は、流出孔２１６を形成する孔近傍部２１８を有している。また、孔近傍部２１８は、孔近傍部２１８以外の流出体２１１の部分よりも帯電電極２２１との距離が近くなるように配置されている。本実施の形態の場合、流出体２１１は、円筒形の基体２１９と、基体２１９の端部に設けられ、基体２１９の全周にわたって径方向に張り出した突出部２２０を備えており、突出部２２０は、孔近傍部２１８を含んでいる。

【００３９】

突出部２２０は、円環状であり、断面は、外方に向かって尖る三角形状である。従って、突出部２２０は、外方端に環状の稜線部を備えており、当該稜線部が孔近傍部２１８となる。また、孔近傍部２１８には流出孔２１６が稜線に沿って複数個設けられている。

【００４０】

従って、流出孔２１６を形成する孔近傍部２１８と、流出体２１１を囲むように配置される帯電電極２２１との距離は、流出体２１１の孔近傍部２１８以外の部分と帯電電極２２１との距離よりも短い。特に突出部２２０において流出体２１１の孔近傍部２１８以外の部分は、孔近傍部２１８から離れるに従い、徐々に帯電電極２２１との距離が長くなるように設定されている。

【００４１】

つまり、流出体２１１は、流出孔２１６の開口端部が帯電電極２２１に最も近くなるような形状が採用されている。また、流出体２１１は、流出孔２１６の開口端部が帯電電極２２１に最も近くなるように、帯電電極２２１との位置関係において、配置されている。

【００４２】

なお、本実施の形態では流出体２１１の外形は円筒状の基体２１９と円環状の突出部２２０が組み合わされた形状として説明したが、本願発明はこれに限定される訳ではない。例えば、流出体２１１の外形は、筒形状の基体２１９と、筒、円錐、角錐等の形状の複数の突出部２２０とを組み合わせた形状でもかまわない。この場合、突出部２２０は、基体２１９の周壁に放射方向に設けられ、突出部２２０の先端に流出孔２１６が設けられる。このような外形の流出体２１１でも、流出孔２１６の開口端部が帯電電極２２１に最も近くなるように配置することが可能となる。

【００４３】

本実施の形態の場合、流出体２１１は、原料液３００が内方に注入されながら自身の回転による遠心力により空間中に原料液３００を流出させることのできる容器であり、流出体２１１は支持体（図示せず）に設けられるベアリング２１５により回転可能に支持されている。

【００４４】

流出体２１１は、内部形状において、受液部２２４を備えている。受液部２２４は、後述の供給路２１７から供給される原料液３００が当たる部分であって、供給路２１７から吐出される原料液３００の供給方向と斜めに交差する面を備えた流出体２１１の部分である。本実施の形態の場合、受液部２２４は、突出部２２０の内方に設けられており、突出部２２０の外方に有る斜面と平行に設けられている。

【００４５】

さらに、流出体２１１は、内部形状において、凹部２２５を備えている。凹部２２５は、流出体２１１が回転する際に発生する遠心力の方向に窪んでおり、流出体２１１が回転している状態においては原料液３００が溜まる液溜まりとして機能している。凹部２２５の遠心力方向の先端には流出孔２１６が設けられている。

【００４６】

また、受液部２２４は、凹部２２５の一部を形成しており、受液部２２４に当たった原料液３００が、遠心力によりスムーズに凹部２２５内部に溜まるようになっている。

【００４７】

また、流出体２１１は、貯留する原料液３００に電荷を付与するため、導電体で形成されており、流出体２１１も帯電手段２０２の一部として機能している。

【００４８】

具体的には、流出体２１１の流出孔２１６が配置される部分の直径は、１０ｍｍ以上、３００ｍｍ以下の範囲から採用されることが好適である。あまり大きすぎると後述の気体流により原料液３００やナノファイバ３０１を集中させることが困難になるからであり、また、流出体２１１の回転軸が偏心するなど、重量バランスが少しでも偏ると大きな振動が発生してしまい、当該振動を抑制するために流出体２１１を強固に支持する構造が必要となるからである。一方、小さすぎると遠心力により原料液３００を流出させるための回転を高めなければならず、駆動源の負荷や振動など問題が発生するためである。さらに流出体２１１の流出孔２１６が配置される部分の直径は、２０ｍｍ以上、１００ｍｍ以下の範囲から採用することが好ましい。

【００４９】

また、流出孔２１６の形状は円形であり、その直径は、流出体２１１の肉厚にもよるが、おおよそ０．０１ｍｍ以上、３ｍｍ以下の範囲から採用することが好適である。これは、流出孔２１６があまりに小さすぎると原料液３００を流出体２１１の外方に流出させることが困難となるからであり、あまりに大きすぎると一つの流出孔２１６から流出する原料液３００の単位時間当たりの量が多くなりすぎ（つまり、流出する原料液３００が形成する線の太さが太くなりすぎ）て所望の径のナノファイバ３０１を製造することが困難となるからである。

【００５０】

なお、流出体２１１は、自身の回転による遠心力により原料液３００を空間中に流出させる部材ばかりでなく、自身は静止しており、圧力がかけられた原料液３００が流出孔２１６から流出する部材でもかまわない。また、遠心力により原料液３００を流出させる流出体２１１の形状は、円筒形状に限定するものではなく、断面が多角形状の多角筒形状のようなものや円錐形状のようなものでもよい。流出孔２１６が回転することにより、流出孔２１６から原料液３００が遠心力で流出可能な形状であればよい。また、流出孔２１６の形状は、円形に限定することなく、多角形状や星形形状などであってもよい。

【００５１】

回転軸体２１２は、流出体２１１を回転させ遠心力により原料液３００を流出させるための駆動力を伝達するための軸体であり、流出体２１１の他端から流出体２１１の内部に挿通され、流出体２１１の閉塞部と一端部が接合される棒状体である。また、他端はモータ２１３の回転軸と接合されている。

【００５２】

モータ２１３は、遠心力により原料液３００を流出孔２１６から流出させるために、回転軸体２１２を介して流出体２１１に回転駆動力を付与する装置である。なお、流出体２１１の回転数は、流出孔２１６の口径や使用する原料液３００の粘度や原料液内の高分子物質の種類などとの関係により、数ｒｐｍ以上、１００００ｒｐｍ以下の範囲から採用することが好ましく、本実施の形態のようにモータ２１３と流出体２１１とが直動の時はモータ２１３の回転数は、流出体２１１の回転数と一致する。

【００５３】

気体流発生手段２０３は、流出体２１１から流出される原料液３００の飛行方向を案内体２０６で案内される方向に変更するための気体流を発生させる装置である。気体流発生手段２０３は、モータ２１３の背部に備えられ、モータ２１３から流出体２１１の先端に向かう気体流を発生させる。気体流発生手段２０３は、流出体２１１から径方向に流出される原料液３００を軸方向に変更することができる風力を発生させることができるものとなっている。図３において、気体流は矢印で示している。本実施の形態の場合、気体流発生手段２０３として、放出手段２００の周囲にある雰囲気を強制的に送風する軸流ファンを備える送風機が採用されている。

【００５４】

なお、気体流発生手段２０３は、シロッコファンなど他の送風機により構成してもかまわない。また、高圧ガスを導入することにより流出された原料液３００の方向を変更するものでもかまわない。また、吸引手段１０２などにより案内体２０６内方に気体流を発生させるものでもかまわない。この場合、気体流発生手段２０３は積極的に気体流を発生させる装置を有しないこととなるが、本願発明の場合、案内体２０６の内方に気体流が発生していることをもって気体流発生手段２０３が存在しているものとする。また、気体流発生手段２０３を有しない状態で、吸引手段１０２により吸引することで、風洞体２０９や案内体２０６の内方に気体流を発生させるようにすることも気体流発生手段が存在しているものとする。また、気体流発生手段２０３を有しない状態で、吸引手段１０２により吸引することで、風洞体２０９や案内体２０６の内方に気体流が発生する場合、吸引手段１０２が気体流発生手段として機能しているとみなす。

【００５５】

ここで、帯電電極２２１と流出体２１１に設けられる流出孔２１６との位置関係を説明

する。

【００５６】

帯電電極２２１は、流出体２１１に設けられる流出孔２１６よりも気体流発生手段２０３が発生させる気体流（図１、図２、図３において白抜きの矢印で示す）の風上側に配置される。つまり、帯電電極２２１と流出孔２１６との位置関係において、気体流発生手段２０３は、帯電電極２２１から流出孔２１６に向けて気体流が流れるように気体流を発生させる。

【００５７】

本実施の形態における帯電電極２２１と流出孔２１６との位置関係によれば、流出孔２１６から遠心力により径方向に流出する原料液３００が帯電電極２２１に向かう場合、気体流発生手段２０３が発生させる気体流に逆らって飛行することになる。従って、原料液３００は、気体流から大きな抗力を受け、帯電電極２２１に到達する前に飛行方向が変えられることとなる。従って、帯電電極２２１には原料液３００やナノファイバ３０１が付着し難くなり、空間中に流出した原料液３００の多くが電気的に延伸することによりナノファイバ３０１となって回収されることとなる。つまり、ナノファイバ３０１の生産効率を高くすることが可能となる。

【００５８】

風洞体２０９は、気体流発生手段２０３で発生した気体流を帯電電極２２１から流出体２１１の流出孔２１６近傍に案内する導管である。本実施の形態の場合、風洞体２０９により案内された気体流は、帯電電極２２１の内側を通過した後、流出体２１１の流出孔２１６から流出された原料液３００と交差し、原料液３００の飛行方向を変更する。

【００５９】

さらにまた、放出手段２００は、気体流制御手段２０４と、加熱手段２０５とを備えている。

【００６０】

気体流制御手段２０４は、気体流発生手段２０３により発生する気体流が流出孔２１６の開口端に当たらないよう気体流を制御する機能を有するものである。本実施の形態の場合、気体流制御手段２０４として、気体流を所定の領域に流れるように案内する風路体が採用されている。気体流制御手段２０４により、気体流が直接流出孔２１６に当たらないため、流出孔２１６から流出される原料液３００が早期に蒸発して流出孔２１６を塞ぐことを可及的に防止し、原料液３００を安定させて流出させ続けることが可能となる。なお、気体流制御手段２０４は、流出孔２１６の風上に配置され気体流が流出孔２１６近傍に到達するのを防止する壁状の防風壁でもかまわない。

【００６１】

加熱手段２０５は、気体流発生手段２０３が発生させる気体流を構成する気体を加熱する加熱源である。本実施の形態の場合、加熱手段２０５は、案内体２０６の内方に配置される円環状のヒータであり、加熱手段２０５を通過する気体を加熱することができるものとなっている。加熱手段２０５により気体流を加熱することにより、空間中に流出される原料液３００は、蒸発が促進され効率よくナノファイバを製造することが可能となる。

【００６２】

図１、図２の参照に戻る。

案内体２０６は、放出手段２００から放出されるナノファイバ３０１を所定の場所に案内する風洞である。本実施の形態における案内体２０６は、円筒体であり、放出手段２００のナノファイバ３０１が放出される側の開口形状と同じ開口形状を備え、放出手段２００と一連に配置されている。

【００６３】

拡散手段２４０は、案内体２０６に接続され、高密度状態のナノファイバ３０１を広く均等に拡散させ低密度状態とする導管であり、ナノファイバ３０１が案内される空間を滑らか、かつ、連続的に拡大することで、ナノファイバ３０１を搬送する気体流の速度とナノファイバ３０１の速度とを徐々に減速させるフード状の部材である。

【００６４】
収集手段１１０は、拡散手段２４０から放出されるナノファイバ３０１を収集するための装置であり、被堆積部材１０１と、移送手段１０４と、供給手段１１１とを備えている。
【００６５】
被堆積部材１０１は、静電延伸現象により製造され飛来するナノファイバ３０１が堆積される対象となる部材である。本実施の形態の場合、被堆積部材１０１は、堆積したナノファイバ３０１と容易に分離可能な材質で構成された薄く柔軟性のある長尺のシート状の部材である。具体的に被堆積部材１０１としては、アラミド繊維からなる長尺の布を例示することができる。さらに、被堆積部材１０１の表面にテフロン（登録商標）コートを行うと、堆積したナノファイバ３０１を被堆積部材１０１から剥ぎ取る際の剥離性が向上するため好ましい。また、被堆積部材１０１は、ロール状に巻き付けられた状態で供給手段１１１から供給されるものとなっている。
【００６６】
移送手段１０４は、被堆積部材１０１を移送することができる装置である。本実施の形態の場合、長尺の被堆積部材１０１を巻き取りながら供給手段１１１から引き出し、堆積するナノファイバ３０１と共に被堆積部材１０１を搬送するものとなっている。移送手段１０４は、不織布状に堆積しているナノファイバ３０１を被堆積部材１０１とともに巻き取ることができるものとなっている。
【００６７】
誘引手段１２０は、空間中を飛行するナノファイバ３０１を所定の場所に誘引するための装置である。ナノファイバ３０１を誘引する方法としては、気体流を吸引することでナノファイバ３０１を誘引する方法と、帯電しているナノファイバ３０１を電界（電場）により誘引する方法とを例示することができる。本実施の形態の場合、誘引手段１２０は、気体流を吸引する方式と電解で誘引する方式とを選択的に、また、同時に実施することができる装置が採用されており、吸引手段１０２と、誘引電極１２１と誘引電源１２２とを備えている。
【００６８】
吸引手段１０２は、被堆積部材１０１を通過する気体流を強制的に吸引する装置である。本実施の形態では、吸引手段１０２は、漏斗状のフード１０３と送風機１０５とを備えている。送風機１０５は、シロッコファンや軸流ファンなどの送風機であって、被堆積部材１０１から送風機１０５に向かう気体流を発生させることができる装置である。
【００６９】
また、吸引手段１０２は、原料液３００から蒸発した溶媒が混ざったほとんどの気体流を吸引し、吸引手段１０２に接続される溶剤回収装置１０６まで前記気体流を搬送することができるものとなっている。
【００７０】
誘引電極１２１は、帯電したナノファイバ３０１を誘引するための電界を発生させるための電極である。本実施の形態の場合、気体流を通過させることのできる金属製の網が採用されている。
【００７１】
誘引電源１２２は、誘引電極１２１を所定の電圧及び極性に維持することができる直流電源である。本実施の形態の場合、誘引電源１２２は、０Ｖ（接地状態）から２００ＫＶ以下の範囲で自由に電圧と極性を変更することができる直流電源である。
【００７２】
次に、上記構成のナノファイバ製造装置１００を用いたナノファイバ３０１の製造方法を説明する。
【００７３】
まず、気体流発生手段２０３により、帯電電極２２１から流出体２１１の流出孔２１６に向かい、案内体２０６の内部を通過する気体流を発生させる（気体流発生工程）。一方

、吸引手段１０２により、案内体２０６内に発生する気体流を吸引する。以上の状態で、案内体２０６内の風量が３０$m^3$／分となるよう調整した。

【００７４】

次に、流出体２１１の内方に原料液３００を供給する（原料液供給工程）。原料液３００は、別途タンク（図示せず）に蓄えられており、供給路２１７（図３参照）を通過して流出体２１１の他端部から流出体２１１内部に供給される。供給路２１７の端部から吐出される原料液３００は、受液部２２４に当たり、受液部２２４に沿って流れ、流出体２１１の内側に設けられる凹部２２５に貯留される。具体的には、ナノファイバ３０１の材質はＰＶＡ（ポリビニルアルコール）を選定し、原料液３００は、溶媒を水とし、水にＰＶＡを１０重量％で溶解したものを用いた。

【００７５】

次に、帯電電源２２２により帯電電極２２１を正または負の高電圧とする。帯電電極２２１に最も近い流出体２１１の孔近傍部２１８に電荷が集中し、当該電荷が流出孔２１６を通過する原料液３００に転移し、原料液３００が帯電する（帯電工程）。このように、孔近傍部２１８に電荷が集中し、当該電荷で原料液３００が帯電するため、原料液３００は強い帯電状態（高い電荷密度）で空間中に流出することとなる。

【００７６】

前記帯電工程と同時期に流出体２１１をモータ２１３により回転させて、遠心力により流出孔２１６から帯電した原料液３００を流出する（流出工程）。

【００７７】

具体的には、突出部２２０の外径がΦ６０ｍｍの流出体２１１を用いた。突出部２２０の遠心力方向の先端に設けられる流出孔２１６は、周方向等間隔に１２個設けられており、孔径は０．３ｍｍであった。また、原料液３００は、流出体２１１を２０００ｒｐｍで回転させることにより流出させた。一方、帯電電極２２１は内径Φ６００ｍｍのものを用い、帯電電源２２２により帯電電極２２１を接地電位に対して負の６０ＫＶとした。これにより、流出体２１１には正の電荷が誘導され、正に帯電した原料液３００が流出することとなる。

【００７８】

流出体２１１の径方向放射状に流出された原料液３００は、気体流により飛行方向が変更され、気体流に乗り風洞体２０９により案内される。ここで、原料液３００の帯電状態と帯電電極２２１とは逆極性であるため、クーロン力により引きつけられて帯電電極２２１の方向に向いて飛行しようとするが、帯電電極２２１に向かうほとんどの原料液３００が気体流により押し戻され、案内体に向かって飛行することとなる。

【００７９】

原料液３００は静電延伸現象によりナノファイバ３０１を製造しつつ（ナノファイバ製造工程）放出手段２００から放出される。ここで、原料液３００は、強い帯電状態（高い電荷密度）で流出しているため、静電延伸現象が容易に発生し、流出した原料液３００のほとんどがナノファイバ３０１に変化していく。また、原料液３００は、強い帯電状態（高い電荷密度）で流出しているため、静電延伸現象が何次にもわたって発生し、線径の細いナノファイバ３０１を大量に製造される。

【００８０】

また、前記気体流は、加熱手段２０５により加熱されており、原料液３００の飛行を案内しつつ、原料液３００に熱を与えて溶媒の蒸発を促進し静電延伸現象を促進している。

【００８１】

以上のようにして放出手段２００から放出されるナノファイバ３０１は、案内体２０６に導入される。そして、ナノファイバ３０１は、案内体２０６の内方を気体流に搬送されながら案内される（搬送工程）。

【００８２】

拡散手段２４０にまで搬送されたナノファイバ３０１は、ここで急速に速度が低下すると共に、均一な分散状態となる（拡散工程）。

【００８３】
この状態において、被堆積部材１０１の背方に配置される吸引手段１０２は、蒸発した蒸発成分である溶媒と共に気体流を吸引し、ナノファイバ３０１を被堆積部材１０１上に誘引する（誘引工程）。また、電圧が印加された誘引電極１２１により電界が発生し、当該電界によってもナノファイバ３０１が誘引される（誘引工程）。

【００８４】
以上により、被堆積部材１０１上にナノファイバ３０１が堆積していく（堆積工程）。被堆積部材１０１は、移送手段１０４によりゆっくり移送されているため、ナノファイバ３０１も移送方向に延びた長尺の帯状部材として回収される。

【００８５】
以上のような構成のナノファイバ製造装置１００を用いてナノファイバ３０１を製造することによって、ナノファイバ３０１を高い効率で製造し収集することができ、ナノファイバ３０１の高い生産効率を得ることが可能となる。

【００８６】
ここで、ナノファイバ３０１を構成する高分子物質としては、ポリプロピレン、ポリエチレン、ポリスチレン、ポリエチレンオキサイド、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリ－ｍ－フェニレンテレフタレート、ポリ－ｐ－フェニレンイソフタレート、ポリフッ化ビニリデン、ポリフッ化ビニリデン－ヘキサフルオロプロピレン共重合体、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン－アクリレート共重合体、ポリアクリロニトリル、ポリアクリロニトリル－メタクリレート共重合体、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリエステルカーボネート、ポリアミド、アラミド、ポリイミド、ポリカプロラクトン、ポリ乳酸、ポリグリコール酸、コラーゲン、ポリヒドロキシ酪酸、ポリ酢酸ビニル、ポリペプチド等およびこれらの共重合体を例示できる。また、上記より選ばれる一種でもよく、また、複数種類が混在してもかまわない。なお、上記は例示であり、本願発明は上記高分子物質に限定されるものではない。

【００８７】
原料液３００に使用される溶媒としては、メタノール、エタノール、１－プロパノール、２－プロパノール、ヘキサフルオロイソプロパノール、テトラエチレングリコール、トリエチレングリコール、ジベンジルアルコール、１，３－ジオキソラン、１，４－ジオキサン、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン、メチル－ｎ－ヘキシルケトン、メチル－ｎ－プロピルケトン、ジイソプロピルケトン、ジイソブチルケトン、アセトン、ヘキサフルオロアセトン、フェノール、ギ酸、ギ酸メチル、ギ酸エチル、ギ酸プロピル、安息香酸メチル、安息香酸エチル、安息香酸プロピル、酢酸メチル、酢酸エチル、酢酸プロピル、フタル酸ジメチル、フタル酸ジエチル、フタル酸ジプロピル、塩化メチル、塩化エチル、塩化メチレン、クロロホルム、ｏ－クロロトルエン、ｐ－クロロトルエン、クロロホルム、四塩化炭素、１，１－ジクロロエタン、１，２－ジクロロエタン、トリクロロエタン、ジクロロプロパン、ジブロモエタン、ジブロモプロパン、臭化メチル、臭化エチル、臭化プロピル、酢酸、ベンゼン、トルエン、ヘキサン、シクロヘキサン、シクロヘキサノン、シクロペンタン、ｏ－キシレン、ｐ－キシレン、ｍ－キシレン、アセトニトリル、テトラヒドロフラン、Ｎ，Ｎ－ジメチルホルムアミド、Ｎ，Ｎ－ジメチルアセトアミド、ジメチルスルホオキシド、ピリジン、水等を例示することができる。また、上記より選ばれる一種でもよく、また、複数種類が混在してもかまわない。なお、上記は例示であり、本願発明は上記溶媒に限定されるものではない。

【００８８】
さらに、原料液３００に骨材や可塑剤などの添加剤を添加してもよい。当該添加剤としては、酸化物、炭化物、窒化物、ホウ化物、珪化物、弗化物、硫化物等を挙げることができるが、耐熱性、加工性などの観点から酸化物を用いることが好ましい。当該酸化物としては、$Al_2O_3$、$SiO_2$、$TiO_2$、$Li_2O$、$Na_2O$、MgO、CaO、SrO、BaO、$B_2O_3$、$P_2O_5$、$SnO_2$、$ZrO_2$、$K_2O$、$Cs_2O$、ZnO、$Sb_2O_3$、$As_2O_3$、$CeO_2$、$V_2O_5$、$Cr_2O_3$、MnO、$Fe_2O_3$、CoO、NiO、$Y_2O_3$、$Lu_2O_3$

、$Yb_2O_3$、$HfO_2$、$Nb_2O_5$等を例示することができる。また、上記より選ばれる一種でもよく、また、複数種類が混在してもかまわない。なお、上記は例示であり、本願発明は上記添加剤に限定されるものではない。

【００８９】

溶媒と高分子物質との混合比率は、溶媒と高分子物質により異なるが、溶媒量は、約６０重量％から９８重量％の間が望ましい。

【００９０】

上記のように、溶媒蒸気が気体流により滞留することなく処理されるため、原料液３００は、上記のように溶媒を５０重量％以上含んでいても十分に蒸発し、静電延伸現象を発生させることが可能となる。従って、溶質である高分子が薄い状態からナノファイバ３０１が製造されるため、より細いナノファイバ３０１をも製造することが可能となる。また、原料液３００の調整可能範囲が広がるため、製造されるナノファイバ３０１の性能の範囲も広くすることが可能となる。

【００９１】

なお、上記実施の形態では、原料液３００を遠心力を用いて流出させたが、本願発明はこれに限定されるわけではない。例えば、図５に示すように、原料液３００に加えた圧力により流出孔２１６から原料液３００を流出させるものでも良い。具体的に、ナノファイバ製造装置１００は、直方体で両端部が開口した風洞体２０９と、前記風洞体２０９の一壁面に設けられ、円錐形状の突出部２２０が多数マトリクス状に設けられた流出体２１１と、突出部２２０の先端に設けられる流出孔２１６と、風洞体２０９の一端開口部にまた設けられる気体流発生手段２０３と、風洞体２０９の対向面に配置される帯電電極２２１であって、気体流発生手段２０３により発生する気体流の最も風上にある流出孔２１６よりも風上に配置される帯電電極２２１とを備えてもよい。

【００９２】

また、流出体２１１は、円筒状の基体２１９を備える必要はなく、図６に示すような、形状であってもかまわない。また、図７に示すように、流出孔２１６が軸方向に複数個並ぶものでもかまわない。また、図８に示すように、孔近傍部２１８が曲面で構成され、受液部２２４が曲面で構成されていてもかまわない。

【００９３】

なお、帯電電極の直径は、本願発明の形態を採用することで、生成されたナノファイバの付着を防止できるようになり、小さな径であっても、付着しにくくなったというメリットが出て、帯電電極２２１と孔近傍部２１８の距離は短くなり、その間に印加する電圧を従来に比べると低下させても電界強度は大きく維持することができ、電源の電圧定格等を下げることで、コストダウンも図れる。

【産業上の利用可能性】

【００９４】

本願発明は、エレクトロスピニング法（電荷誘導紡糸）によるナノファイバの製造や、当該ナノファイバを堆積させた不織布等の製造に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【００９５】

【図１】本願発明の実施の形態であるナノファイバ製造装置を模式的に示す正面から見た断面図である。

【図２】本願発明の実施の形態であるナノファイバ製造装置を模式的に示す上面から見た断面図である。

【図３】放出手段を示す断面図である。

【図４】放出手段を示す斜視図である。

【図５】放出手段の別態様を示す断面図である。

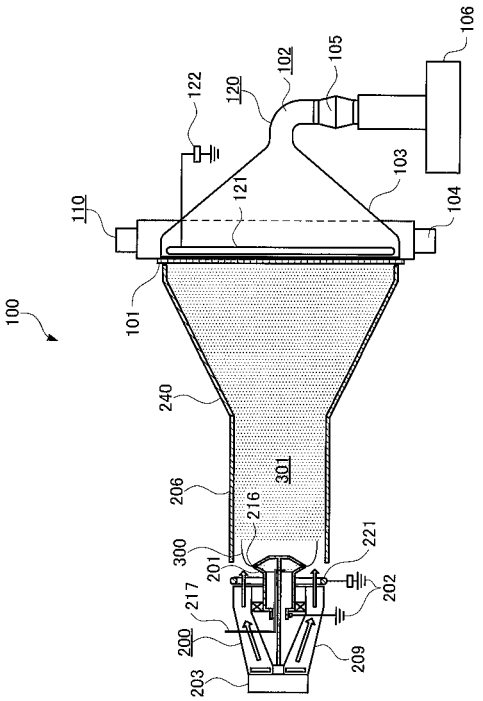
【図６】流出体の別態様を示す断面図である。

【図７】流出体の別態様を示す断面図である。

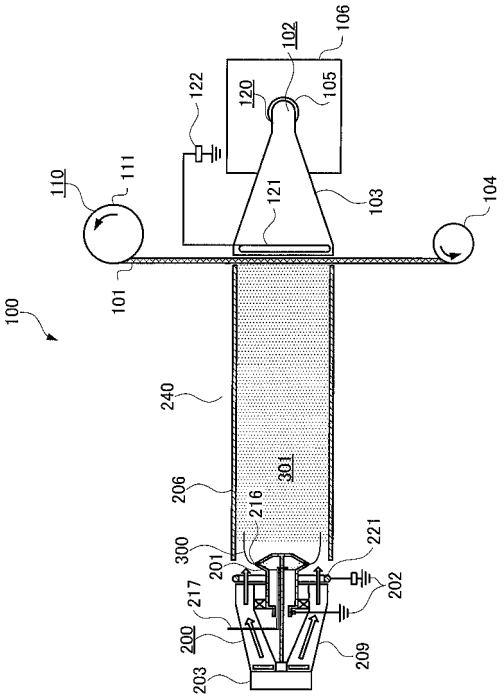
【図８】流出体の別態様を示す断面図である。

【符号の説明】
【００９６】
１００　ナノファイバ製造装置
１０１　被堆積部材
１０２　吸引手段
１０３　フード
１０４　移送手段
１０５　送風機
１０６　溶剤回収装置
１１０　収集手段
１１１　供給手段
１２０　誘引手段
１２１　誘引電極
１２２　誘引電源
２００　放出手段
２０１　流出手段
２０２　帯電手段
２０３　気体流発生手段
２０４　気体流制御手段
２０５　加熱手段
２０６　案内体
２０９　風洞体
２１１　流出体
２１２　回転軸体
２１３　モータ
２１５　ベアリング
２１６　流出孔
２１７　供給路
２１８　孔近傍部
２１９　基体
２２０　突出部
２２１　帯電電極
２２２　帯電電源
２２３　接地手段
２２４　受液部
２２５　凹部
２４０　拡散手段
３００　原料液
３０１　ナノファイバ

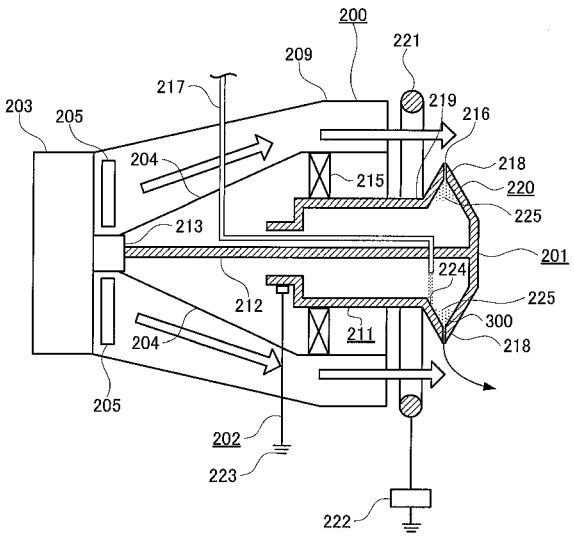
【図１】


100
101
102
103
104
105
106
110
120
121
122
200
201
202
203
204
205
206
209
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
240
300
301

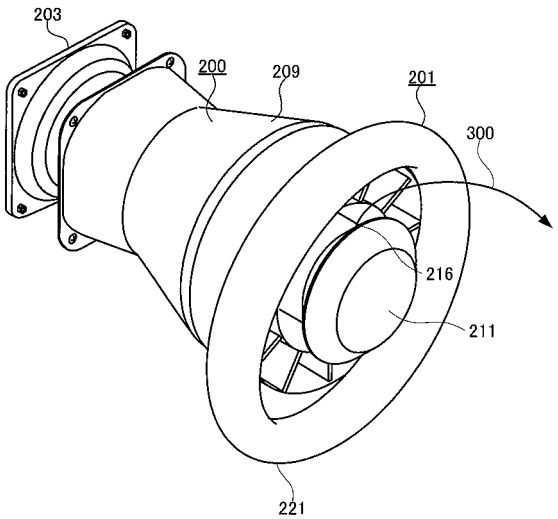
【図２】


100
101
102
103
104
105
106
110
111
120
121
122
200
201
202
203
206
209
216
217
221
240
300
301

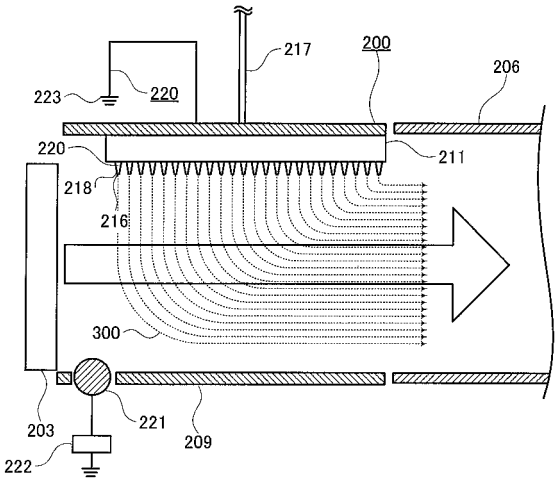
【図３】


200
209
221
217
203
205
219
216
204
218
215
220
225
213
201
224
212
225
211
300
218
204
205
202
223
222

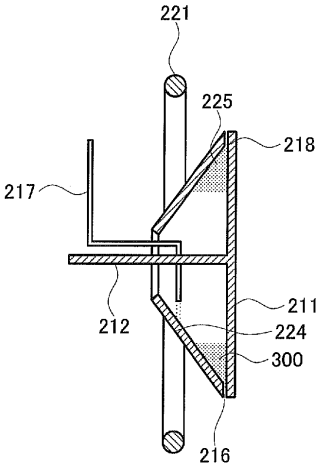
【図４】


203
200
209
201
300
216
211
221

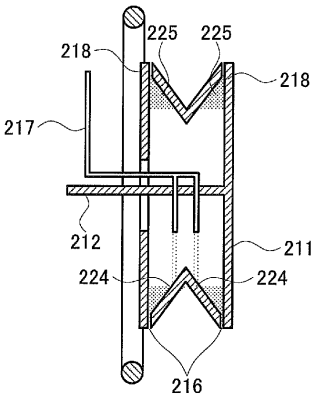
【図５】


217
200
206
223
220
220
211
218
216
300
203
221
209
222

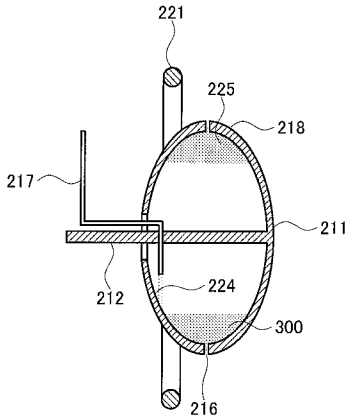
【図６】


221
225
218
217
211
212
224
300
216

【図７】


225
225
218
218
217
212
211
224
224
216

【図８】


221
225
218
217
211
212
224
300
216

フロントページの続き

(72)発明者　横山　政秀
大阪府門真市松葉町２番７号　パナソニックファクトリーソリューションズ株式会社内
(72)発明者　宮田　正伸
大阪府門真市松葉町２番７号　パナソニックファクトリーソリューションズ株式会社内
(72)発明者　光嶋　隆敏
大阪府門真市松葉町２番７号　パナソニックファクトリーソリューションズ株式会社内

審査官　菊地　則義

(56)参考文献　特開昭５９－２０４９５７（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００８／０６２７８４（WO，Ａ１）
特開昭６２－１１０９２１（ＪＰ，Ａ）
特表２０００－５１５９３４（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－１８３１３３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｄ０１Ｄ　　１／００－１３／０２