(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5006862号
(P5006862)
(45)発行日　平成24年8月22日(2012.8.22)　(24)登録日　平成24年6月1日(2012.6.1)

(51)Int.Cl.　　F I
D01D 5/04 (2006.01)　　D01D 5/04
D04H 1/728 (2012.01)　　D04H 1/72　C

請求項の数 12　(全 17 頁)

(21)出願番号　特願2008-293847 (P2008-293847)
(22)出願日　平成20年11月17日 (2008.11.17)
(65)公開番号　特開2010-121226 (P2010-121226A)
(43)公開日　平成22年6月3日 (2010.6.3)
審査請求日　平成22年9月1日 (2010.9.1)

（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　100072431
弁理士　石井　和郎
(74)代理人　100117972
弁理士　河崎　眞一
(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】ナノファイバ製造方法、および製造装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
高分子材料を含む液状の原料を帯電させて空中に放出し、静電延伸現象により前記原料から繊維状物質を生成するナノファイバ製造方法であって、
前記生成された繊維状物質を、少なくとも一部が通気性を有する布地からなる袋により収集するナノファイバ製造方法。
【請求項２】
高分子材料を含む液状の原料を帯電させて空中に放出し、静電延伸現象により前記原料から繊維状物質を生成するナノファイバ製造装置であって、
前記原料を空中に放出する、少なくとも一部が導体からなる原料放出手段と、
前記原料放出手段と所定距離を置いて配設される電極と、
前記原料放出手段と前記電極との間に電界を発生させるように、前記原料放出手段と前記電極との間に電位差を与える電位差付与手段と、
静電延伸現象により前記原料から生成された繊維状物質を収集する収集手段と、を備え、
前記収集手段が、少なくとも一部が通気性を有する布地からなる袋を含むナノファイバ製造装置。
【請求項３】
前記原料が前記原料放出手段から前記電極に向かって放出されるとともに、
前記放出された前記原料、ないしはそれから生成された前記繊維状物質を、前記原料の

放出方向とは異なる方向に偏向する偏向手段を備えた請求項２記載のナノファイバ製造装置。
【請求項４】
前記袋の開口端部が、前記原料放出手段と前記電極との間に介在される請求項２または３記載のナノファイバ製造装置。
【請求項５】
リボルバ式の袋交換手段を備えた請求項２～４のいずれかに記載のナノファイバ製造装置。
【請求項６】
スライド式の袋交換手段を備えた請求項２～４のいずれかに記載のナノファイバ製造装置。
【請求項７】
前記原料放出手段が、
周壁に前記原料を放出するための細孔が形成され、内部に前記原料が導入される、略円筒形状の回転容器
から構成される請求項２～６のいずれかに記載のナノファイバ製造装置。
【請求項８】
前記原料放出手段が、
少なくとも１つの平坦な面を有し、その面の壁部に前記原料を放出するための細孔が形成され、内部に前記原料が所定圧力で導入される容器
から構成される請求項２～６のいずれかに記載のナノファイバ製造装置。
【請求項９】
前記原料放出手段が、２流体ノズルから構成され、当該ノズルの少なくとも１つの孔から放出される前記原料を、当該ノズルの他の少なくとも１つの孔から噴射される気体により霧化して放出する請求項２～８のいずれかに記載のナノファイバ製造装置。
【請求項１０】
前記原料を構成する高分子材料および液状成分の少なくとも一方が、導電性を有する請求項２～９のいずれかに記載のナノファイバ製造装置。
【請求項１１】
前記偏向手段が、送風および吸引の少なくとも一方の動作により気流を発生する気流発生手段から構成される請求項３～１０のいずれかに記載のナノファイバ製造装置。
【請求項１２】
前記気流発生手段による気流の流量を測定する流量測定手段を備え、その流量測定手段の測定結果に基づいて前記袋交換手段を制御する制御手段を備えた請求項１１記載のナノファイバ製造装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、ナノファイバ製造方法、および製造装置に関し、さらに詳しくはエレクトロスピニング法によりナノファイバを製造する技術に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、直径がサブミクロンスケールの繊維状物質であるナノファイバを容易に製造できることから、エレクトロスピニング法（電荷誘導紡糸法）が注目を集めている。エレクトロスピニング法は、溶媒中に高分子材料を分散または溶解させた原料液を空中に放出するとともに、放出の際に原料液を高電圧で帯電させ、原料液を空中で電気的に延伸させてナノファイバを得る方法である（例えば特許文献１参照）。
【０００３】
より詳細には、電界により帯電されて空気中に放出された原料液は空中を飛翔する間に溶媒が蒸発し、体積が減少していく。一方、原料液に付与された電荷は溶媒の蒸発にかか

わらず維持されるために、原料液の電荷密度は溶媒の蒸発とともに増大していく。そして、原料液内部の反発方向のクーロン力が原料液の表面張力より大きくなったときに原料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中において連続的に発生し、原料液が幾何級数的に線状に細分化されていくことで直径がサブミクロンスケールの微細な繊維が形成される。

【０００４】

ここで、特許文献２および３には、ノズルから噴射された高分子材料から生成されるナノファイバを、長手方向に送られる長尺帯状のシートからなる収集体の上に堆積させて収集する方法が示されている。

【０００５】

【特許文献１】特開２００５－３３０６２４号公報
【特許文献２】特開２００６－３７３２９５号公報
【特許文献３】特開２００６－２８３２４０号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

特許文献２および３に示されているように、従来、長手方向に送られる長尺帯状の収集体の上に堆積させて、ナノファイバを収集する方法が一般に行われている。ところが、この方法には以下に示すような不都合が存在する。

まず、ノズルなどの原料放出手段から放出された高分子材料の一部がわきにそれてしまい、全ての高分子材料を収集することができない場合がある。これにより材料ロスが発生する。また、他部材に付着した高分子材料を取り除く作業を定期的に実行する必要が生じ、その間は、製造装置を停止させねばならず、生産性が低下する。また、長手方向に送られる収集体は、表面に堆積した高分子材料とともに巻き取られるために、高分子材料が押しつけられて圧縮されてしまう。

【０００７】

更には、収集体の表面に堆積した高分子材料を収集体から取り外すときに、収集体の材料が混入してしまう。

また、エレクトロスピニング法は、原料放出手段と、収集体の後方または原料放出手段の周囲に配された電極との間に高電位差を生じさせることにより行われる。このとき、原料放出手段は原料供給管等を介してポンプ等の他部材と接続されているために、原料放出手段から外部への漏電を防止することが困難である。このため、原料放出手段に高電圧を印加することは行われず、電極の側に高電圧を印加するのが一般的である。

【０００８】

ところが、繊維状となった高分子材料が収集体に付着せずに例えば電極に付着してしまうと、その高分子材料を介して高電圧が印加された電極と原料放出手段とが導通されてしまい、原料放出手段を介して漏電が引き起こされる。これを避けるためには、原料放出手段を他部材からより厳重に絶縁する必要があり、コストが増大する。特に、高分子材料もしくは高分子材料に混合する溶媒が導電性を有する場合には、顕著に漏電現象が発生する。

さらには、特許文献２および３記載の方法では、帯状の収集体や、それを長手方向に送るための機構（ローラ、その回転装置等）が必要となり、装置が大がかりなものとなって、コストが増大する。

【０００９】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、製造コストを低減するとともに、生産性を向上させることができるナノファイバ製造方法、および製造装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

上記目的を達成するための本発明は、高分子材料を含む液状の原料を帯電させて空中に

放出し、静電延伸現象により前記原料から繊維状物質を生成するナノファイバ製造方法であって、
前記生成された繊維状物質を、少なくとも一部が通気性を有する布地からなる袋により収集するナノファイバ製造方法である。
【００１１】
また、本発明は、高分子材料を含む液状の原料を帯電させて空中に放出し、静電延伸現象により前記原料から繊維状物質を生成するナノファイバ製造装置であって、
前記原料を空中に放出する、少なくとも一部が導体からなる原料放出手段と、
前記原料放出手段と所定距離を置いて配設される電極と、
前記原料放出手段と前記電極との間に電界を発生させるように、前記原料放出手段と前記電極との間に電位差を与える電位差付与手段と、
静電延伸現象により前記原料から生成された繊維状物質を収集する収集手段と、を備え、
前記収集手段が、少なくとも一部が通気性を有する布地からなる袋を含むナノファイバ製造装置を提供する。
【００１２】
上記本発明の製造装置において、好ましい実施の形態においては、前記原料が前記原料放出手段から前記電極に向かって放出されるとともに、
前記放出された前記原料、ないしはそれから生成された前記繊維状物質を、前記原料の放出方向とは異なる方向に偏向する偏向手段を備える。
【００１３】
上記本発明の製造装置において、好ましい他の実施の形態においては、前記袋の開口端部が、前記原料放出手段と前記電極との間に介在される。
【００１４】
また、上記本発明の製造装置において、好ましい他の実施の形態においては、リボルバ式の袋交換手段またはスライド式の袋交換手段が備えられる。
【００１５】
また、上記本発明の製造装置において、好ましい他の実施の形態においては、前記原料放出手段が、
周壁に前記原料を放出するための細孔が形成され、内部に前記原料が導入される、略円筒形状の回転容器、または
少なくとも１つの平坦な面を有し、その面の壁部に前記原料を放出するための細孔が形成され、内部に前記原料が所定圧力で導入される容器
から構成される。
【００１６】
または、前記原料放出手段は、２流体ノズルから構成され、当該ノズルの少なくとも１つの孔から放出される前記原料を、当該ノズルの他の少なくとも１つの孔から噴射される気体により霧化して放出する。
【００１７】
また、上記本発明の製造装置において、好ましい他の実施の形態においては、前記原料を構成する高分子材料および液状成分の少なくとも一方が、導電性を有する。
【００１８】
また、前記偏向手段が、送風および吸引の少なくとも一方の動作により気流を発生する気流発生手段から構成されるのもよい。このとき、前記気流発生手段による気流の流量を測定する流量測定手段を備え、その流量測定手段の測定結果に基づいて前記袋交換手段を制御する制御手段を備えるのがより好ましい。
【発明の効果】
【００１９】
本発明によれば、原料放出手段により放出された原料から静電延伸現象により生成された繊維状物質が、少なくとも一部が通気性を有する布地からなる袋により、収集されるの

で、繊維状物質を取りこぼすことなく収集することが可能となる。これにより、原料等が他部材に付着するのを防止することができる。したがって、メンテナンスの頻度を低減させて、生産性を向上させることができる。

【００２０】

特に、原料放出手段に電荷を誘導するための電極に向かって原料が放出される場合には、原料ないしはそれから生成される繊維状物質が電極に付着する量も多くなる。したがって、本発明の好ましい形態におけるように、袋の開口端部を原料放出手段と電極との間に介在させることで、原料等が電極に付着してしまうのを防止することができる。その結果、電極に付着した原料を取り除く等のためにメンテナンスを実行する必要がなくなり、生産性を向上させることができる。

また、原料、ないしは繊維状物質を介して漏電が生じるのを防止することができるとともに、機構を簡素化することができるので、製造コストを低減させることができる。特に、高分子材料もしくは高分子材料に混合する溶媒が導電性を有する場合には、顕著に漏電現象が発生する。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２１】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

《実施の形態１》

図１は、本発明の実施の形態１に係るナノファイバ製造装置の概略構成を示す、一部を断面にした側面図である。

【００２２】

製造装置１は、金属などの導体からなる略円筒形状の容器２を備えている。容器２は、高分子材料を所定の液体に分散または溶解してなる液状の原料Ｆを一時的に保持するものである。容器２の周壁には原料Ｆを外部に放出するための多数の細孔２ａ（図７参照）が形成されている。原料Ｆは、原料供給管２７を介して容器２の内部に供給される。

【００２３】

また、容器２は、その円筒形状の軸心に一致する回転軸２ｂに接続された電動機５により回転駆動される回転容器である。容器２の回転による遠心力により原料Ｆが細孔２ａから放出される。

【００２４】

また、容器２の周囲には、長板の長手方向の両端部を接合して輪にしたような形状の環状電極３が、内周面を容器２の外周面と一定の距離をおいて対向するように同軸に配設されている。環状電極３は、高電圧電源４の一方の端子と接続されている。また、高電圧電源４の他方の端子は接地されている。一方、容器２は接地されており、これにより容器２の外周面と、環状電極３の内周面とには、それぞれ逆極性の電荷が誘導され、両者の間には電界が発生する。

【００２５】

細孔２ａから放出される原料Ｆは、細孔２ａの開口部において電荷が付与される。電荷が付与された原料Ｆは、空中を飛翔する間に溶媒または分散媒が蒸発し、内部の反発方向のクーロン力が増大し、連続的に静電延伸現象が引き起こされて繊維状に細分化される。このようにして、原料Ｆから静電延伸現象により繊維状物質Ｆ１が形成される。

ここで、細孔２ａは、容器２の周壁に規則的に形成されるのが好ましい。例えば、容器２の軸方向に等間隔で並び、周方向に等ピッチで形成されるのが好ましい。

【００２６】

なお、図１においては、原料Ｆと繊維状物質Ｆ１とを便宜的に区別している。しかしながら、実際のナノファイバの製造においては原料Ｆと繊維状物質Ｆ１との区別は曖昧であり、その存在領域の明確な線引きは困難である。したがって、以下の説明では、特に区別の必要のある場合にのみ、原料Ｆ、繊維状物質Ｆ１と記載し、それ以外の場合は原料Ｆおよび繊維状物質Ｆ１を総称して原料Ｆ等と記載する。

【００２７】

また、容器２の回転軸２ｂを、電動機５を超えて更に延長した位置には前側送風機６が配設されている。前側送風機６と、後で説明する吸引用の後側送風機２０とにより発生される気流８は、環状のフード１０により容器２と環状電極３との間に導かれる。

また、フード１０内の前側送風機６の直下流の位置には、環状のヒータ１２が配設されている。これにより、原料Ｆ等からの分散媒または溶媒の蒸発を促進して、原料Ｆから繊維状物質Ｆ１を速やかに生成することができる。また、静電延伸減少が早期に引き起こされることから、生成される繊維状物質Ｆ１の繊維径はより細くなり、微細な繊維状物質Ｆ１を安定して生成することができる。

【００２８】

前側送風機６等が発生する気流８により、原料Ｆ等の進む方向は、放出方向（容器２の径方向）と略垂直な方向（容器２の軸方向）に偏向される。原料Ｆ等が偏向される方向（図示例では右方向）には、繊維状物質Ｆ１を収集するコレクタ１４が配されている。

【００２９】

コレクタ１４は、内径が環状電極３の内径とほぼ同じである円筒状の袋収納部１６と、繊維状物質Ｆ１を収集するための袋１８と、前側送風機６と協働して気流８を発生させる、吸引用の後側送風機２０とを含んでいる。

図２および図３に示すように、袋収納部１６は、一端開口部（網配置側開口部）１６ｂに絶縁体からなる網２２が配置されて、袋１８を支えている。他端開口部（開放側開口部）１６ａは開放されている。袋１８は絶縁体からなる網状の通気性を有する布地からなり、袋収納部１６の内部にフィットする形状とされている。袋１８の開口部１８ａ近傍の端部（開口端部）１８ｂは、袋収納部１６の開口部１６ａから所定幅だけ突出している。その突出部分である開口端部１８ｂは、環状電極３の内側に挿入される。これにより環状電極３は、袋１８により容器２から隔てられている。

【００３０】

後側送風機２０は、径が軸方向に直線的に変化するメガフォン状の環状気流誘導部２４の小径側開口部２４ａに接続されている。また、環状気流誘導部２４は、大径側開口部２４ｂが、袋収納部１６の網配置側開口部１６ｂと正対している。

また、環状気流誘導部２４の内側には、気流８の流量を測定する流量センサ２６が配置される。流量センサ２６の出力信号は、制御部２８に入力される。制御部２８は、流量センサ２６により測定される気流８の流量が所定値以下となったときに、袋１８に一定量以上の繊維状物質Ｆが収集されたものとして、電動機５による容器２の回転、並びに原料供給管２７を介した容器２内部への原料Ｆの供給を停止させる。

【００３１】

次に、以上の構成のナノファイバ製造装置の動作を説明する。

原料供給管２７を介して容器２の内部に原料Ｆが供給される。容器２は、電動機５の回転出力により所定速度で回転される。容器２の内部に供給された原料Ｆは、容器２の回転による遠心力により細孔２ａから放出される。また、接地された容器２と、電源４により高電圧が印加された環状電極３との間には電界が発生し、容器２と環状電極３とには、それぞれ逆極性の電荷が誘導される。

【００３２】

上記遠心力により細孔２ａから放出される原料Ｆは、容器２に誘導された電荷により帯電される。帯電された原料Ｆには、容器２と環状電極３との間の電界により環状電極３に向かう力が働く。

【００３３】

このようにして、原料Ｆは、上記遠心力および電界により、細孔２ａから環状電極３に向かって放射状に放出される。細孔２ａから放出された原料Ｆは、空中を飛翔する間に分散媒または溶媒が蒸発し、原料Ｆの体積が減少すると共に、電荷密度が次第に高くなっていく。原料Ｆ内部の反発方向のクーロン力がその表面張力を超えたときに静電延伸現象が発生し、それを繰り返すことによって原料Ｆは繊維状に細分化されて、繊維状物質Ｆ１（ナノファイバ）が形成される。

【００３４】
一方、細孔２ａから放出された原料Ｆ、ないしはそれから形成された繊維状物質Ｆ１は、気流８により、進む方向が放出方向（容器２の径方向）とは略垂直な方向（容器２の軸方向）に変えられて、繊維状物質Ｆ１がコレクタ１４により収集される。
コレクタ１４においては、網状の通気性を有する布地からなる袋１８の内部に繊維状物質Ｆ１が集積されて、繊維状物質Ｆ１が袋１８により収集される。流量センサ２６により測定される気流８の流量が所定値以下となると、制御部２８により電動機５による容器２の回転、並びに原料供給管２７を介した容器２内部への原料Ｆの供給が停止される。その後、袋１８を交換して、上述の動作が繰り返される。
【００３５】
このように、本実施の形態１においては、容器２の周壁に形成された細孔２ａから原料Ｆが放出され、放出された原料Ｆから生成された繊維状物質Ｆ１が網状の通気性を有する布地からなる袋１８により収集される。ここで、袋１８は、開口端部１８ｂが、容器２と環状電極３との間に挿入されるので、容器２から放出された原料Ｆ、ないしはそれから生成された繊維状物質Ｆ１が環状電極３に付着するのを防止することができる。これにより、環状電極３に付着した原料Ｆを取り除くため等に、定期的にメンテナンスを行う必要性がなくなる。したがって、装置を停止させる頻度が低下して生産性を向上させることができる。
【００３６】
また、繊維状物質Ｆ１を介しての漏電を防止することができることから、漏電を防止するための特別の機構を設ける必要がなくなり、機構が簡素化される。また、従来技術のような、長尺帯状の収集体を長手方向に送る機構を設ける必要がなく、これによりさらに機構が簡素化される。
【００３７】
ここで、本発明は、原料Ｆなどを介した漏電を防止することができるという特有の効果を奏し得るものであることから、原料Ｆを構成する高分子材料の性質と、その分散媒または溶媒の性質との組み合わせが以下の３通りの場合に対して特に有効である。すなわち、
１）原料Ｆが、導電性のない高分子材料と、導電性を有する分散媒または溶媒とからなる場合、
２）原料Ｆが、導電性を有する高分子材料と、導電性のない分散媒または溶媒とからなる場合、並びに
３）原料Ｆが、導電性を有する高分子材料と、導電性を有する分散媒または溶媒とからなる場合、
の３通りである。
【００３８】
上記第１の場合の原料Ｆの例としては、１０％のセルロース（高分子材料）を、アンモニアと銅イオンの水溶液（銅：５％、アンモニア：２０％、水：６５％）からなる溶媒に溶解させた溶液（銅アンモニアセルロースドープ）が考えられる。
上記第２の場合の原料Ｆの例としては、ナフィオン（登録商標）等のイオン性高分子材料とＰＶＤＦ（ポリフッ化ビニリデン）等の補助ポリマーとからなる高分子材料を、エチレングリコール、プロピレングリコールおよびグリセリンの少なくとも１種からなる溶媒に溶解させた溶液が考えられる。
また、上記以外の導電性を有する高分子材料の例としては、ポリアニリン、ポリエチレンジオキシチオフェン、ポリチオフェン、並びに有機溶剤可溶性ポリピロール等がある。
【００３９】
このように、本発明は、上記３つの場合に特に有効であるが、それ以外の場合に適用しても、生産性の向上等の効果は奏し得る。
【００４０】
また、容器２は外径を１０ｍｍ～３００ｍｍとするのがよい。容器２の直径が３００ｍｍを超えると、上記気流により原料Ｆ等を適度に集中させることが困難となるからである

。また、容器２の直径が３００ｍｍを超えると、容器２を安定して回転させるためには容器２を支持する支持構造の剛性をかなり高くする必要が生じ、装置が大型化するからである。一方、容器の直径が１０ｍｍより小さいと、原料を放出させるのに十分な遠心力を得るためには回転数を高くする必要があり、その場合にはモータの負荷や振動が増大するために振動対策等を施す必要が生じるからである。以上の点を考慮すると、容器２の外径は、２０～１００ｍｍとするのがより好ましい。

【００４１】

また、細孔２ａの径は、０．０１～２ｍｍとするのがよい。また、細孔２ａの形状は円形であることが好ましいが、多角形形状や星形状等であってもよい。また、容器２の表面に突起部を設けて、その先に細孔２ａを設けてもよい。また、容器２の回転数は、原料Ｆの粘度、原料Ｆの組成（高分子材料の種類）、溶媒の種類並びに細孔２ａの径等に応じて例えば数ｒｐｍ以上１０，０００ｒｐｍ以下の範囲で調節することができる。

【００４２】

また、環状電極３は、内径は例えば２００～１０００ｍｍとするのがよい。

また、環状電極３には、電源４から１～２００ｋＶの電圧を印加するのが好ましい。より好ましくは、１０ｋＶ以上の高電圧を印加するのがよい。特に、容器２と環状電極３との間の電界強度が重要であり、１ｋＶ／ｃｍ以上の電界強度になるように印加電圧や環状電極３の配置を行うことが好ましい。これにより、容器２と環状電極３との間に均等且つ強い電界を発生させることができる。

【００４３】

なお、環状電極３は、必ずしも円環状の電極である必要はなく、例えば、軸方向から見た形状を多角形としてもよい。また、環状電極３は、容器２の周面から所定の距離をおいて容器２を囲むように配置されてさえいればよく、例えば、環状の金属線を、容器２を囲むように配置して構成してもよい。

【００４４】

また、袋１８は、ポリエチレンまたはポリプロピレン等の素材から構成するのが好ましい。また、メッシュは、０．１～３ｍｍとするのがよい。しかしながら、そのメッシュの大きさは、特に限定するものではなく、又、その形状もメッシュに限定するものではない。袋１８は、通気性が高い布地からなる袋で、その袋の中に、生成される繊維状物質Ｆ１が回収できればよい。

【００４５】

なお、本実施の形態１においては、容器２を接地する一方、電源４により環状電極３に高電圧を印加するものとしているが、電源４により容器２に高電圧を印加し、環状電極３を接地するものとしてもよい。ただし、この場合には、回転する容器２に高電圧が印加されることになるために、容器２を他部材と絶縁するための特別の機構が必要となる。

また、容器２と環状電極３とを電源４の２つの端子にそれぞれ接続するなどして、容器２と環状電極３との双方に電圧を印加するようにしてもよい。すなわち、容器２と環状電極３との間に電位差が発生し、その間に電界ができて細孔２ａから流出する原料Ｆが電荷を有するようになればよい。

【００４６】

ここで、原料Ｆに含ませる高分子材料は、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、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、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、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、ナイロン、アラミド、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、ポリペプチド等が好適なものとして例示でき、これらより選ばれる少なくとも１種が使用される。しかしながら、原料Ｆに含ませることができる高分子材料はこれらに限られるものではなく

、既存の物質であってもナノファイバの原料としての適性が新たに認められたものや、今後に開発される物質でナノファイバの原料としての適性が認められるものを好適に用いることができる。

【００４７】

また、高分子材料を分散または溶解させるための分散媒または溶媒は、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、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、ピリジン、水等が好適なものとして例示でき、これらより選ばれる少なくとも１種が使用される。しかしながら、高分子材料を分散または溶解させるための分散媒または溶媒は、これらに限られるものではなく、既存の物質であってもエレクトロスピニング法における高分子材料の分散媒または溶媒としての適性が新たに認められたものや、今後に開発される物質で分散媒または溶媒としての適性が認められるものを好適に用いることができる。

【００４８】

また、原料Ｆには無機質固体材料を混入することも可能である。混入可能な無機質固体材料としては、酸化物、炭化物、窒化物、ホウ化物、珪化物、弗化物、硫化物などを挙げることができる。耐熱性、加工性などの観点からは酸化物を用いるのが好ましい。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等を例示でき、これらより選ばれる少なくとも１種が使用される。しかしながら、原料Ｆに混入される無機質固体材料はこれらに限定されるものではない。

【００４９】

高分子材料と分散媒または溶媒との混合比率は、それらの種類にもよるが、分散媒または溶媒の比率が６０～９８質量％となるように混合されるのが好ましい。

【００５０】

《実施の形態２》

次に、図４～図１０を参照して、本発明の実施の形態２を説明する。実施の形態２は、実施の形態１を改変したものであり、以下、実施の形態１とは異なる部分のみを説明する。なお、説明の便宜上、以下の各実施の形態においては、製造装置１のコレクタ１４および制御部２８以外の要素（容器２、環状電極３等）をナノファイバ生成部３０（図４参照）と称し、コレクタ１４の後側送風機２０、環状気流誘導部２４および流量センサ２６を吸引部４０と称する。

【００５１】

図４～図６に示すように、実施の形態２のナノファイバ製造装置においては、コレクタ１４Ａはリボルバ式に袋１８を交換し得るように構成されている。

すなわち、コレクタ１４Ａは、複数（図示例では４つ）の袋収容部１６を保持して回転するドラム３２を備えている。ドラム３２の内部は、複数（図示例では４つ）の同じ大きさの空間３２ａに、仕切り板３２ｄにより周方向に分割されており、それぞれの空間３２

ａに袋収容部１６が保持されている。袋収容部１６はそれぞれの中心軸が、ドラム３２の回転軸３２ｂと平行となるように空間３２ａに保持されている。また、それぞれの袋収容部１６は開放側開口部１６ａが同じ側に向けられている。

【００５２】

ドラム３２は、回転軸３２ｂが両側支持されるとともに、回転軸３２ｂに受動ギア３２ｃが装着されている。また、ドラム回転用電動機４６が、その出力回転軸４６ａが回転軸３２ｂと平行となるように配設されている。出力回転軸４６ａには能動ギア４６ｂが取り付けられており、この能動ギア４６ｂと上記受動ギア３２ｃとにベルト４８が掛け渡されて、ドラム３２がドラム回転用電動機４６により回転駆動される。また、ドラム回転用電動機４６は制御部２８により制御されている。

そして、ドラム３２における、袋収容部１６の開放側開口部１６ａが向いている側にはナノファイバ生成部３０が配され、その反対側には吸引部４０が配される。

【００５３】

本実施の形態２においては、制御部２８は、流量センサ２６の検出値が所定値以下となったときに、ナノファイバの生成動作を停止させた後、ドラム３２を所定角度回転させるように制御を行う。ここで、ドラム３２を回転させる角度は、ドラム３２に保持された袋収容部１６の数に応じて調節される。例えば袋収容部１６の数が「４」であれば、ドラム３２は１回当たり９０°（＝３６０°÷４）回転される。また、袋収容部１６の数が「６」であれば、ドラム３２は１回当たり６０°（＝３６０°÷６）回転される。

【００５４】

また、本実施形態装置は、ナノファイバ生成部３０を進退させる機構（生成部進退機構）５０を備えている。生成部進退機構５０は、ナノファイバの生成動作を停止した後、ドラム３２を回転させる前に、図７に示すように、環状電極３の内側に挿入された状態の袋１８の開口端部１８ｂを抜き去るために、ナノファイバ生成部３０を後退させるように動作する。また、生成部進退機構５０は、ドラム３２が所定角度回転された後に、次の袋１８の開口端部１８ｂを環状電極３の内側に挿入させるために、ナノファイバ生成部３０を前進させるように動作する。また、生成部進退機構５０の動作は制御部２８により制御される。

【００５５】

図８および図９に、生成部進退機構５０の一例を示す。図示例の生成部進退機構５０は、ナノファイバ生成部３０を支持する生成部支持部３４と、直動機構４２と、直動機構４２を支持する直動機構支持部４４とを含む。

直動機構４２は、袋１８の開口端部１８ｂが環状電極３の内側に挿入される挿入位置（図１参照）と、袋１８の開口端部１８ｂが環状電極３の内側から抜き去られる抜き去り位置（図７参照）との間で、ナノファイバ生成部３０を進退させるように、生成部支持部３４を直線的に移動させる機構である。

【００５６】

以上説明したように、袋１８をリボルバ式に交換する袋交換機構をコレクタ１４Ａに設けたことによって、所定量の繊維状物質Ｆ１が袋１８により収集される毎に、ドラム３２を回転させて、新たな袋１８を使用して繊維状物質Ｆ１の収集を実行することができる。

したがって、ナノファイバ生成部３０による生成動作の停止時間を最小限度に抑えることが可能となる。これにより、生産性がますます向上される。

【００５７】

なお、図１０に示すように、袋１８の開口端部が袋収納部１６の開放側開口部１６ａから突出しない構成とした場合には、生成部進退機構５０を省略して、リボルバ式の袋交換機構により袋１８を交換することができる。これにより、袋１８の交換に要する時間が短縮されるとともに、機構が簡素化される。しかしながら、この場合には、環状電極３に付着した原料Ｆ等を取り除くためのメンテナンスの頻度を低減させることができる等の効果は奏し得なくなる。

【００５８】

《実施の形態３》

次に、図１１～図１３を参照して、本発明の実施の形態３を説明する。本実施の形態３は、実施の形態１を改変したものであり、以下、実施の形態１とは異なる部分のみを説明する。

【００５９】

図１１～図１３に示すように、本実施の形態３のナノファイバ製造装置においては、コレクタ１４Ｂは袋１８を横にスライドさせて交換し得るように構成されている。

すなわち、コレクタ１４Ｂは、スライド式の袋交換機構６０を備えている。この袋交換機構６０は、複数の袋収容部１６をそれぞれが１つずつ保持する複数（図示例では２つ）の角形筒体４６と、筒体直動機構４８とを備えている。

【００６０】

角形筒体４６は、長さ方向が筒体直動機構４８による移動方向に垂直な方向と平行になるように筒体直動機構４８に取り付けられている。一方、図には明瞭に示されていないが、袋収容部１６はそれぞれの開放側開口部１６ａが同じ側に向くように、それぞれの角形筒体４６に挿入されている。これにより、袋収容部１６のそれぞれに収容された袋１８はそれぞれの開口部１８ａが全て同じ側に向いている。

【００６１】

そして、ナノファイバ生成部３０は角形筒体４６の袋１８が開口する側に配され、吸引部４０はその反対側に配される。

本実施の形態３においては、実施の形態２におけると同様の生成部進退機構５０が設けられている。そして、制御部２８は、流量センサ２６の検出値が所定値以下となったときに、ナノファイバ生成部３０によるナノファイバの生成動作を停止させる。その後、環状電極３の内側に挿入された状態の袋１８の開口端部１８ｂを抜き去るために、ナノファイバ生成部３０を後退させるように生成部進退機構５０を制御する。そして、次の袋を使用して繊維状物質を収集させるために、それぞれの角形筒体４６を横方向にスライドさせる。

【００６２】

次に、制御部２８は、次の袋１８の開口端部１８ｂを環状電極３の内側に挿入させるために、ナノファイバ生成部３０を前進させるように制御する。

以上のように、スライド式の袋交換機構によっても実施の形態２と同様の制御により、同様の効果を奏することが可能となる。

【００６３】

《実施の形態４》

次に、図１４～図１７を参照して、本発明の実施の形態４を説明する。本実施の形態４は、実施の形態１を改変したものであり、以下、実施の形態１とは異なる部分のみを説明する。

【００６４】

実施の形態４においては、ナノファイバ生成部は、容器２Ａが箱形とされ、原料Ｆを放出させる細孔は、容器の下側壁面に設けられたノズル２ｃの先端に開口している。

また、本実施の形態４においては、環状電極３の代わりに、容器２Ａの下面と所定距離を置いて容器２Ａの下面と対向するように板状電極３Ａが配設されている。板状電極３Ａは、高電圧電源４の一方の端子と接続されている。高電圧電源４の他方の端子は接地されている。また、容器２Ａは接地されている。これにより、容器２Ａと板状電極３Ａとの間には電界が発生し、容器２Ａと板状電極３Ａとにそれぞれ逆極性の電荷が誘導される。

【００６５】

容器２Ａの内部には、原料供給管２７Ａを介して所定の圧力で原料Ｆが供給されており、この供給圧力によって、原料Ｆは、ノズル２ｃの先端から板状電極３Ａに向かって放出される。

また、容器２Ａと板状電極３Ａとの間の空間の側方には、容器２Ａと板状電極３Ａとの間の空間に向かって送風するように送風機６Ａが配設されている。上記ノズル２ｃの先端

から板状電極３Ａに向かって放出された原料Ｆは、送風機６Ａが発生する気流により放出方向と垂直な方向に偏向される。

【００６６】

一方、容器２Ａと板状電極３Ａとの間の空間に対して、送風機６が配置されている方向と反対の方向には、角形の袋収容部１６Ａが配置されている。袋収容部１６Ａの内部には、角形の袋１８Ａがその開口を上記空間に向けて収容されている。袋１８Ａは、図１６に示すように、角形の開口の１つの辺が延出しており、その延出部分が板状電極３Ａを覆うように、容器２Ａと板状電極３Ａとの間に介在されている。なお、袋１８Ａは、図１７に示すように、延出部分を省略した形状とすることも可能である。

【００６７】

以上説明したように、本発明は、略円筒体形状の容器を用いてその回転による遠心力により原料を放出する場合のみならず、方形箱形の容器から、原料をその供給圧力により放出するものとすることも可能である。

また、図１５に示すように、ナノファイバ生成部の原料放出手段を、噴霧して放出するものとすることも可能である。この例では、原料放出手段は、２流体ノズル２Ｂから構成されており、所定圧力でポンプ３８により供給されてノズル２Ｂの先端から放出される原料を、ガス源５２より供給される高圧ガスの噴射により霧化している。

【００６８】

霧化された原料Ｆから生成される繊維状物質Ｆ１は、高圧ガスの噴射の方向に配された角形の袋収容部１６Ａの内部に配された角形の袋１８Ｂにより収集される。このように、原料Ｆを２流体ノズル２Ｂにより噴射する場合には、その噴射方向に袋１８Ｂを配するだけで収集することができ、袋１８Ｂの開口端部を２流体ノズル２Ｂと電極３との間に挟む必要性は存在しない。

【００６９】

また、図１６に示すように、容器２Ｃの放出孔２ａよりも上流側（気流８ｂにおける上流側）の位置に環状電極３Ｂが配されている構成の装置においても、環状電極３Ｂに原料Ｆ等が付着する虞はない。したがって、この場合にも、容器２Ｂと環状電極３との間に袋１８の開口端部１８ｂを挟む必要性は存在しない。

【００７０】

また、上記各実施の形態においては、原料放出手段（２、２Ａ、２Ｂ、２Ｃ）から気流８ｂに対して略直交する方向に電極（３、３Ａ、３Ｂ）を配置している。しかしながら、これに限定するものではなく、電極を気流８ｂの下流側、例えばコレクタ１４の袋収納部１６と後側送風機２０との間に配置して、原料放出手段とその電極との間に電位差を持たせるように構成してもよい。

また、各実施の形態においては、袋は、網状の通気性を有する布地からできていたが、これに限定するものではなく、布地も網状に限らず通気性を有するものであればよい。

【産業上の利用可能性】

【００７１】

本発明のナノファイバ製造装置および製造方法によれば、エレクトロスピニング法を利用してナノファイバを製造する場合に、高品質のナノファイバを高い生産性で製造することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００７２】

【図１】本発明の実施の形態１に係るナノファイバ製造装置の概略構成を示す、一部を断面にした側面図である。

【図２】図１の装置のコレクタの詳細を示す斜視図である。

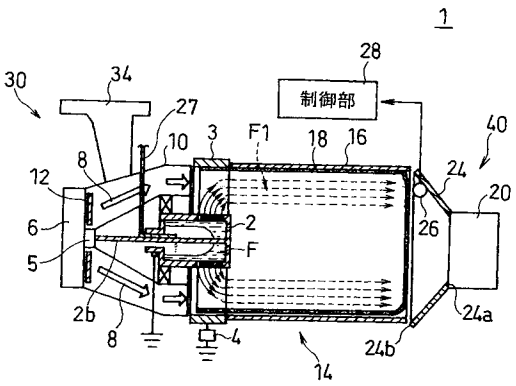
【図３】同コレクタを別の角度から見た斜視図である。

【図４】本発明の実施の形態２に係るナノファイバ製造装置の一部を簡略化した斜視図である。

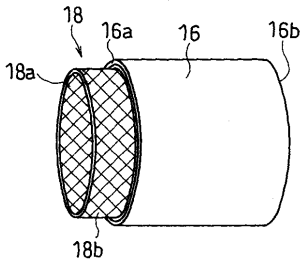
【図５】同装置の側面図である。

【図６】同装置のコレクタの詳細を示す正面図である。
【図７】同装置の動作を説明するために参照する、図１と同様の側面図である。
【図８】同装置の生成部進退機構の側面図である。
【図９】同生成部進退機構の他の動作状態を示す、図８と同様の側面図である。
【図１０】袋の他の形態を示す斜視図である。
【図１１】本発明の実施の形態３に係るナノファイバ製造装置の一部を簡略化した斜視図である。
【図１２】同製造装置の平面図である。
【図１３】同製造装置の他の動作状態を示す、図１２と同様の平面図である。
【図１４】本発明の実施の形態４に係るナノファイバ製造装置の一部を断面にした側面図である。
【図１５】同製造装置の変形例の一部を断面にした側面図である。
【図１６】図１４の製造装置の他の変形例の一部を断面にした側面図である。
【図１７】図１４の装置に用いられる袋の一例を示す斜視図である。
【図１８】同袋の他の一例を示す斜視図である。
【符号の説明】
【００７３】
１　ナノファイバ製造装置
２　容器
２ａ　細孔
３　環状電極
４　高圧電源
１４　コレクタ
１６　袋収容部
Ｆ　原料
Ｆ１　繊維状物質

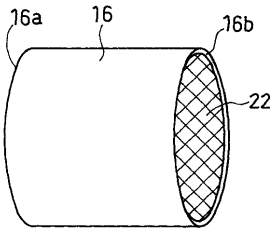
【図１】



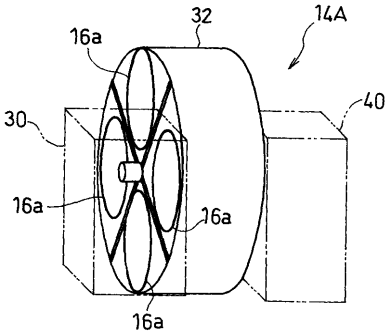
【図２】



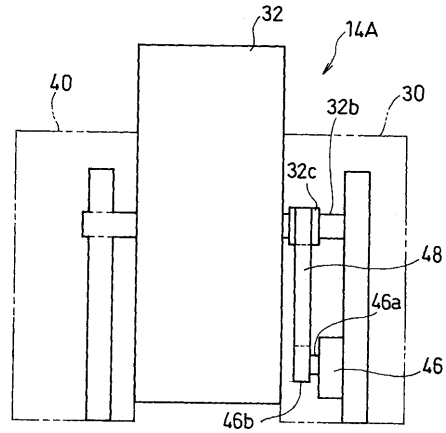
【図３】



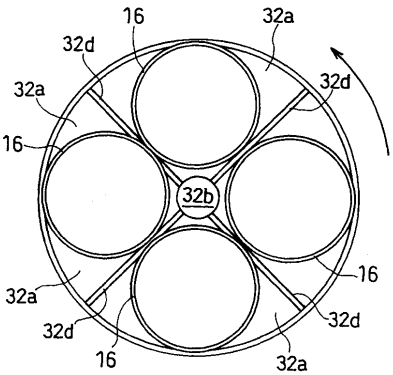
【図４】



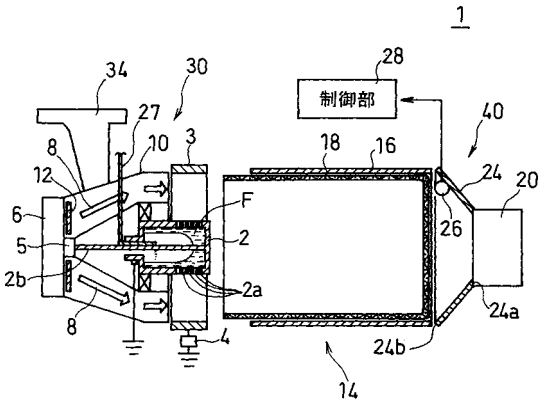
【図５】



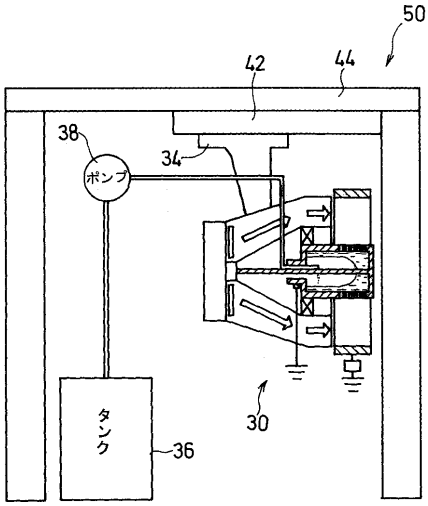
【図６】



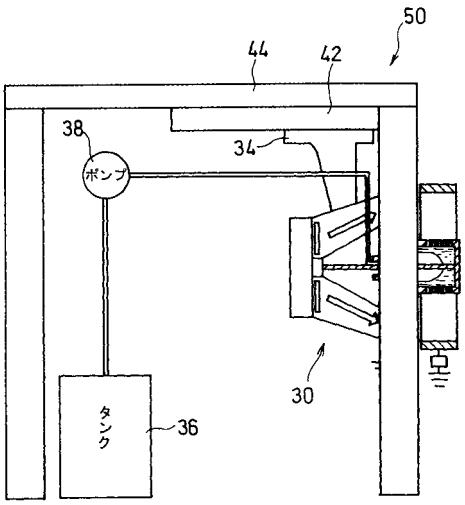
【図７】



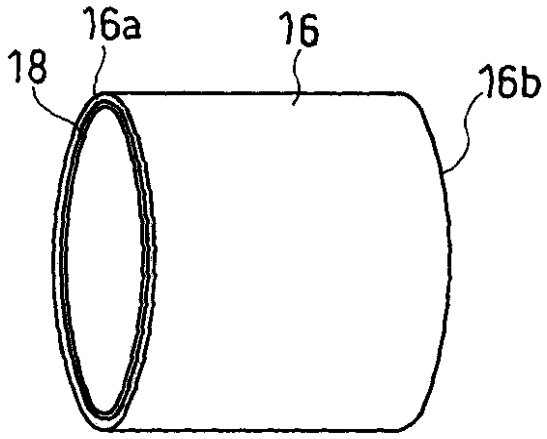
【図８】


50
42
44
38
ポンプ
34
30
タンク
36

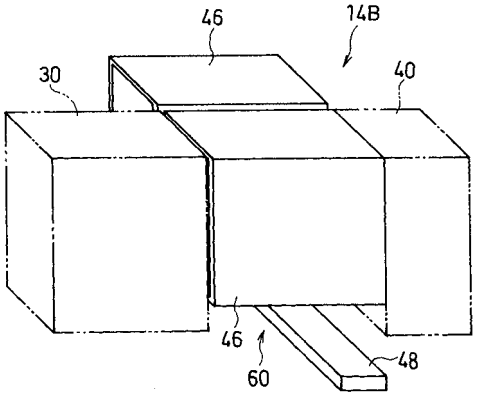
【図９】


50
44
42
38
ポンプ
34
30
タンク
36

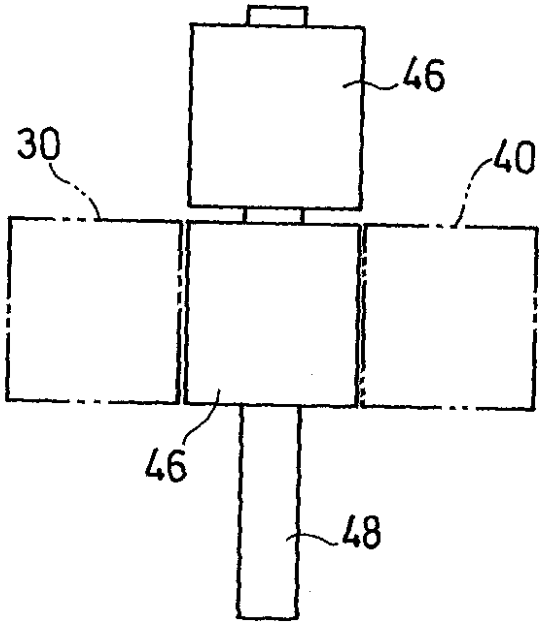
【図１０】


16a
16
18
16b

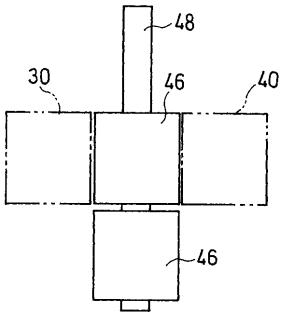
【図１１】


46
14B
30
40
46
60
48

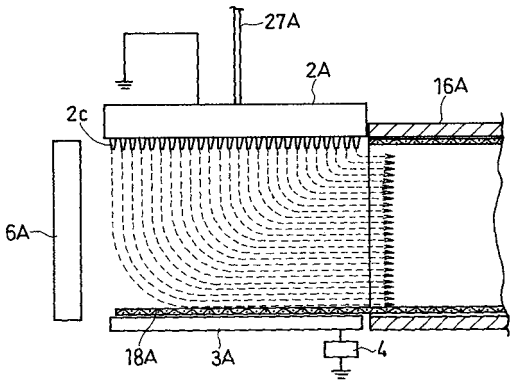
【図１２】



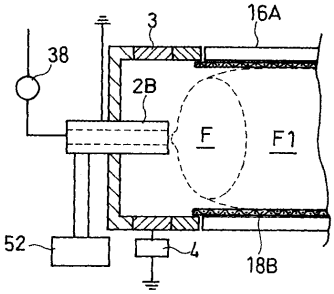
【図１３】



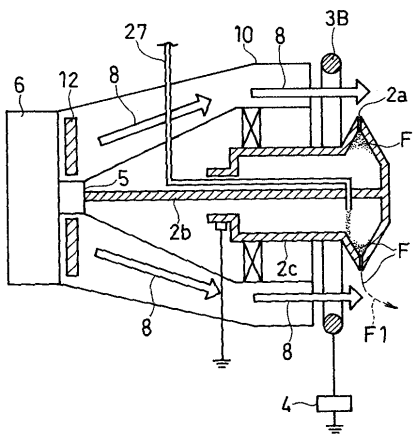
【図１４】



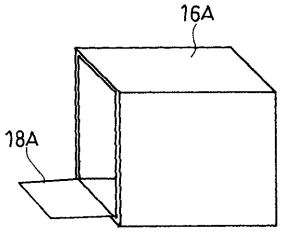
【図１５】



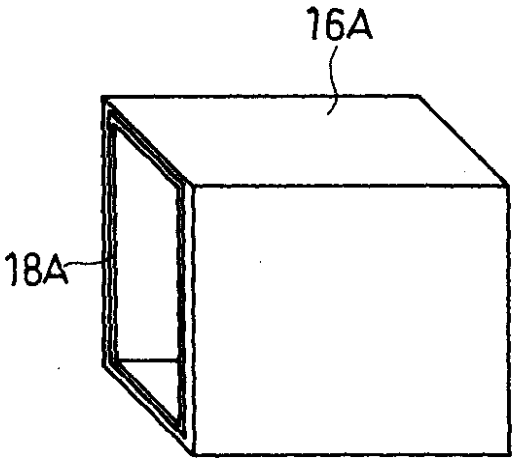
【図１６】



【図１７】



【図１８】



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　横田　晃一

(56)参考文献　特開２００８－１５０７６９（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－１９７８７５（ＪＰ，Ａ）
特表２００７－５２７９５９（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－１８３１３３（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－１７７３６３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｄ０１Ｄ　１／００－　１３／０２
Ｄ０４Ｈ　１／００－　１８／０４