



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2007 002 799 T5 2009.10.01**

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
 (87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2008/062784**
 in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
 (21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2007 002 799.1**
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2007/072447**
 (86) PCT-Anmeldetag: **20.11.2007**
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **29.05.2008**
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
 in deutscher Übersetzung: **01.10.2009**

(51) Int Cl.⁸: **D01D 5/04 (2006.01)**
D01D 5/18 (2006.01)
D04H 1/72 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2006-317003 24.11.2006 JP
2007-206071 08.08.2007 JP

(71) Anmelder:
Panasonic Corp., Kadoma, Osaka, JP

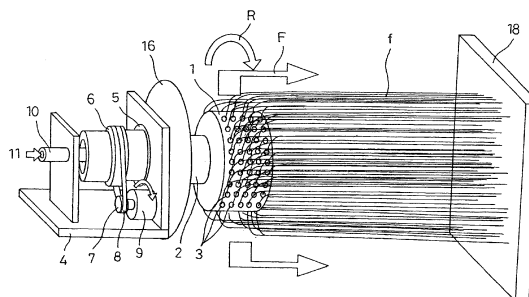
(74) Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80802 München

(72) Erfinder:
Takahashi, Mitsuhiro, Kadoma, Osaka, JP;
Takezawa, Mikio, Kadoma, Osaka, JP; Tominaga,
Yoshiaki, Kadoma, Osaka, JP; Kurokawa,
Takahiro, Kadoma, Osaka, JP; Ishikawa, Kazunori,
Kadoma, Osaka, JP; Sumida, Hiroto, Kadoma,
Osaka, JP

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugen von Nanofasern und eines Polymervlieses**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Erzeugen von Nanofasern, das umfasst:

einen Nanofasern-Erzeugungsschritt zum Erzeugen von Nanofasern (f) aus einem Polymermaterial, indem ein leitender Drehbehälter (1, 36) mit einer Vielzahl von kleinen Löchern (3) gedreht wird, während eine Polymerlösung (11), die durch das Lösen eines Polymermaterials in einem Lösungsmittel gebildet wird, in den Drehbehälter (1, 36) zugeführt wird, die aus den kleinen Löchern (3) des Drehbehälters (1, 36) ausgegebene Polymerlösung (11) elektrisch geladen wird und die ausgegebene faserförmige Polymerlösung (11) durch die Zentrifugalkraft und eine aus der Verdampfung des Lösungsmittels resultierende elektrostatische Explosion gezogen wird, und einen Ausrichtungs- und Führungsschritt zum Ausrichten und Führen der Nanofasern (f) aus dem Erzeugungsschritt von einer Seite zu der anderen Seite in der Achsenrichtung des Drehbehälters (1, 36).



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erzeugen von Nanofasern aus einem Polymermaterial sowie eines sehr porösen Polymervlieses, das durch die Ablagerung derartiger Nanofasern erhalten wird.

Stand der Technik

[0002] Das Elektrosponnen (ein durch elektrische Ladung induziertes Spinnen) ist als Verfahren zum Erzeugen von Nanofasern aus einem Polymermaterial mit einem Durchmesser im Submikrometerbereich bekannt. Bei einem herkömmlichen Elektrosponnen wird eine Polymerlösung zu einer nadelartigen Düse geführt, an der eine hohe Spannung angelegt wird, damit die in der Form von Fäden aus der nadelartigen Düse ausgegebene Polymerlösung elektrisch geladen wird. Wenn das Lösungsmittel der Polymerlösung verdunstet, wird die Distanz zwischen den elektrischen Ladungen vermindert und erhöht sich die wirkende Coulomb-Kraft. Wenn die Coulomb-Kraft die Oberflächenspannung der faserigen Polymerlösung übersteigt, wird die faserige Polymerlösung explosionsartig gezogen. Dieser Vorgang wird als elektrostatische Explosion bezeichnet und als primäre, sekundäre und manchmal tertiäre Explosion usw. wiederholt. Es können also Nanofasern aus einem Polymer mit einem Durchmesser im Submikrometerbereich erzeugt werden.

[0003] Indem die auf diese Weise erzeugten Nanofasern auf einem elektrisch geerdeten Substrat abgelagert werden, kann ein dünner Film in der dreidimensionalen Struktur eines dreidimensionalen Netzes erhalten werden. Und indem dieser Film dick ausgebildet wird, kann ein sehr poröses Vlies mit einem Submikrometernetz erzeugt werden. Das auf diese Weise erzeugte sehr poröse Vlies kann vorzugsweise als Filter, Batterie-Separator, Polymerelektrolytmembrane, Elektrode für eine Brennstoffzelle oder ähnliches verwendet werden. Durch die Verwendung eines sehr porösen Vlieses aus derartigen Nanofasern kann die Leistung derartiger Geräte verbessert werden.

[0004] Bei einem herkömmlichen Elektrosponnen können nur eine oder nur einige wenige Nanofasern an der Spitze einer einzelnen Düse erzeugt werden. Dementsprechend lässt sich die Produktivität bei der Herstellung eines sehr porösen Polymervlieses nicht verbessern. Deshalb wurde ein Verfahren zum Herstellen eines Polymervlieses vorgeschlagen, in dem eine große Menge an Nanofasern unter Verwendung einer Vielzahl von Düsen hergestellt wird (siehe das Patentedokument 1).

[0005] Die Konfiguration der in dem Patentedokument 1 beschriebenen Vorrichtung zum Herstellen eines Polymervlieses wird im Folgenden mit Bezug auf [Fig. 21](#) beschrieben. Ein flüssiges Polymermaterial in einem Faß **83** wird durch eine Pumpe **84** zu einer Spinnereinheit **82** mit einer Vielzahl von Düsen **81** geführt. Eine Hochspannung von 5 bis 50 kV wird durch eine Hochspannungs-Erzeugungseinheit **85** an den Düsen **81** angelegt. Die aus den Düsen **81** ausgegebenen Fasern werden auf einem Sammler **86**, der entweder geerdet oder mit einer anderen Polarität als die Düsen **81** geladen ist, abgelagert, um ein Vlies zu bilden. Das erzeugte Vlies wird durch den Sammler **86** transportiert. Auf diese Weise wird ein Polymervlies hergestellt. Das Patentedokument 1 beschreibt weiterhin, dass ein Ladungsverteiler **87** in der Nähe der Spitzen der Düsen **81** angeordnet ist, um eine elektrische Störung zwischen den Düsen **81** zu minimieren, wobei eine Hochspannung zwischen dem Ladungsverteiler **87** und dem Sammler **86** angelegt wird, sodass ein elektrisches Feld erzeugt wird, das die aufgeladenen Fasern zu dem Sammler **86** führt.

[0006] Weiterhin beschreibt das Patentedokument 1 wie in [Fig. 22A](#) und [Fig. 22B](#) gezeigt, dass anstelle einer Vielzahl von einzelnen Düsen auch eine Vielzahl von Mehrfachdüsen **81A** vorgesehen werden kann, die jeweils eine Vielzahl von Düsen **81** enthalten, sodass eine Vielzahl von Nanofasern durch jede der Mehrfachdüsen **81A** erzeugt wird. Patentedokument 1: offen gelegte japanische Patentanmeldung Nr. 2002-201559

Beschreibung der Erfindung

Problemstellung der Erfindung

[0007] Um jedoch ein Polymervlies mit einer beträchtlich höheren Produktivität unter Verwendung der in [Fig. 21](#), [Fig. 22A](#) und [Fig. 22B](#) gezeigten Konfiguration herzustellen, in der die Düsen **81** in der Spinnereinheit **82** oder die Düsen **81** in jeder Mehrfachdüse **81A** mit kleineren Intervallen angeordnet sind, sodass die Anzahl der Düsen pro Einheitsfläche erhöht ist, stoßen die aus den entsprechenden Düsen **81** ausgegebenen Materialien einander wie durch die Pfeile G von [Fig. 23](#) angegeben ab, weil das Polymermaterial mit derselben Polarität geladen ist. Deshalb wird die Ausgabe des Materials aus den Düsen **81** in der Mitte behindert. Außerdem wird die Ausgabe des Materials aus den Düsen **81** an einem Randteil nach außen abgelenkt. Die Verteilung der Ablagerung der Nanofasern auf dem Sammler **86** wird also in dem zentralen Teil extrem dünn und an dem Randteil konzentriert. Deshalb ist das Problem gegeben, dass kein gleichmäßiges Polymervlies erzeugt werden kann.

[0008] Wenn der Ladungsverteiler **87** wie in [Fig. 24](#) gezeigt in der Nähe der Spitzen der Düsen **81** ange-

ordnet ist, wird eine elektrische Störung zwischen den Düsen **81** reduziert. Außerdem wird das aus jeder der Düsen **81** ausgegebene Polymermaterial zu dem Sammler **86** hin beschleunigt, weil ein elektrisches Feld E von dem Ladungsverteiler **87** zu dem Sammler **86** erzeugt wird. Im Vergleich zu dem Fall von [Fig. 23](#) kann die Ablagerungsverteilung der Nanofasern an dem zentralen Teil und an dem Randteil also einigermaßen gleichmäßig vorgesehen werden. Das Anordnungsmuster der Düsen **81** wird direkt durch die Ablagerungsverteilung wiedergegeben. Daraus ergibt sich das Problem, dass die oben beschriebene Anordnung nicht ausreichend effektiv ist, um eine gleichmäßige Ablagerungsverteilung zu erhalten.

[0009] Wenn weiterhin die Anordnungsdichte der Düsen **81** erhöht wird, kommen die Fasern unter Umständen in Kontakt miteinander und kleben aneinander, sodass das Lösungsmittel nicht ausreichend verdampfen kann. Außerdem kann die Konzentration der verdampften Lösung in der Nachbarschaft zu den Düsen hoch werden, wodurch die Isolationseigenschaften vermindert werden. Deshalb kann eine Koronaentladung auftreten, wodurch sich das Problem ergibt, dass keine Fasern ausgebildet werden können.

[0010] Wenn mehrere Düsen **81** verwendet werden, ist es schwierig, das flüssige Polymermaterial gleichmäßig zu jeder der Düsen **81** zu führen, wodurch Probleme wie etwa eine komplexere Konfiguration der Vorrichtung und höhere Kosten für die Einrichtungen entstehen können. Und um eine elektrostatische Explosion in dem aus den Düsen **81** ausgegebenen flüssigen Polymermaterial einzuleiten, muss die elektrische Ladung konzentriert werden, sodass die Düsen **81** entsprechend mit einer länglichen Form vorgesehen werden. Es ist jedoch sehr schwierig, eine Wartung auf mehreren länglichen Düsen **81** auszuführen, um sicherzustellen, dass diese stetes in einem korrekten Zustand sind.

[0011] Die vorliegende Erfindung löst die vorstehend mit Bezug auf den Stand der Technik beschriebenen Probleme. Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen von Nanofasern sowie eines Polymervlieses aus derartigen Nanofasern, das gleichmäßig und unter Verwendung einer einfachen Konfiguration mit einer guten Produktivität erzeugt werden kann, anzugeben.

Problemlösung

[0012] Das Verfahren zum Erzeugen von Nanofasern der vorliegenden Erfindung umfasst: einen Nanofasern-Erzeugungsschritt zum Erzeugen von Nanofasern aus einem Polymermaterial, indem ein leitender Drehbehälter mit einer Vielzahl von kleinen

Löchern gedreht wird, während eine Polymerlösung, die durch das Lösung eines Polymermaterials in einem Lösungsmittel gebildet wird, in den Drehbehälter zugeführt wird, die aus den kleinen Löchern des Drehbehälters ausgegebene Polymerlösung elektrisch geladen wird und die ausgegebene faserförmige Polymerlösung durch eine Zentrifugalkraft und durch eine elektrostatische Explosion, die aus der Verdampfung des Lösungsmittels resultiert, gezogen wird; und einen Ausrichtungs- und Fließschritt zum Ausrichten und Führen der Nanofasern aus dem Erzeugungsschritt von einer Seite zu der andere Seite in einer Achsenrichtung des Drehbehälters.

[0013] Wenn bei dieser Konfiguration die Polymerlösung elektrisch geladen und aus der Vielzahl von kleinen Löchern des Drehbehälters ausgegeben wird, wird die Polymerlösung zu Beginn durch die Wirkung der Zentrifugalkraft gezogen. Im Gegensatz zu einem von Beginn an nur durch eine elektrostatische Explosion vorgesehenen Ziehen ist also keine längliche Düse für das elektrische Laden der Polymerlösung erforderlich. Die kleinen Löcher werden außerdem nicht einfach durch elektrische Felder gestört, weil die Polymerlösung radial ausgegeben wird, sodass die faserige Polymerlösung auch dann zuverlässig und effizient gezogen werden kann, wenn die kleinen Löcher mit einer hohen Dichte angeordnet sind. Folglich wird die faserige Polymerlösung durch die Wirkung der Zentrifugalkraft gezogen, die den Durchmesser der Fasern verkleinert, und wird das Lösungsmittel verdampft, wodurch sich die elektrische Ladung konzentriert. Wenn diese konzentrierte Coulomb-Kraft die Oberflächenspannung übersteigt, wird die faserige Polymerlösung durch das Auftreten einer primären elektrostatischen Explosion explosionsartig gezogen. Folglich verdampft mehr Lösungsmittel und tritt eine entsprechende sekundäre elektrostatische Explosion auf, wodurch die faserige Polymerlösung explosionsartig gezogen wird. Manchmal tritt eine tertiäre elektrostatische Explosion auf, sodass die aus der Vielzahl von kleinen Löchern ausgegebene faserige Polymerlösung gezogen wird und ein Polymermaterial mit einem Durchmesser im Submikrometerbereich erzeugt wird, sodass Nanofasern aus dem Polymermaterial effizient erzeugt werden können. Nach dem Ziehen, das wie oben beschrieben unter der Wirkung der Zentrifugalkraft stattfindet, werden die radial nach außen gehenden Fasern ausgerichtet und in der Achsenrichtung des Behälters geführt.

[0014] Die erzeugten Nanofasern können also einfach innerhalb eines gewünschten Bereichs gesammelt werden. Auch wenn Tröpfchen oder ähnliches anstelle von Fasern erzeugt werden, fliegen derartige Tröpfchen aufgrund der Zentrifugalkraft zu dem Rand, sodass also nur geeignete Nanofasern ausgerichtet und geführt werden. Es können also nur Nanofasern mit guter Qualität gesammelt werden. Und

weil wie oben beschreiben kleine Löcher mit einer hohen Dichte angeordnet werden können, kann eine große Menge von Nanofasern effizient unter Verwendung eines einfachen und kompakten Aufbaus erzeugt werden. Und weil die aus den kleinen Löchern ausgegebene Polymerlösung zu Beginn durch eine Zentrifugalkraft gezogen wird, müssen die kleinen Löcher nicht extrem klein vorgesehen werden. Und weil die Polymerlösung wie oben beschreiben elektrisch geladen wird, müssen keine langen Düsen vorgesehen werden. Es reicht also aus, Düsenglieder mit einer kleinen Längendimension oder kleinen Löchern in dem Drehbehälter vorzusehen, sodass die Nanofasern einfach und kostengünstig erzeugt werden können. Weiterhin ist die Wartung auch dann einfach, wenn eine große Anzahl von kleinen Löchern vorgesehen wird.

[0015] Weiterhin wird der Ausrichtungs- und Führungsschritt vorzugsweise ausgeführt, indem eine Spannung mit der gleichen Polarität wie die elektrische Ladung der Polymerlösung an einer Reflexions- elektrode, die auf einer Seite in der Achsenrichtung des Drehbehälters angeordnet ist, angelegt wird und/oder indem die Nanofasern von der einen Seite in der Achsenrichtung des Drehbehälters geblasen werden, um die Nanofasern auszurichten und zu führen. Indem die Reflexionselektroden auf der einen Seite angeordnet werden, die nicht der Flussrichtung der geladenen Polymerlösung zugewandt ist, besteht keine Gefahr, dass der Fluss der Polymerlösung durch die elektrische Ladung der Reflexionselektrode behindert wird, sodass die Nanofasern stabil und effizient erzeugt werden können. Wenn die Nanofasern durch das Blasen ausgerichtet und geführt werden, können die Nanofasern aus dem Erzeugungsschritt effektiver ausgerichtet und geführt werden, indem sie auf dem Luftfluss reiten. Außerdem wird das verdampfte Lösungsmittel durch den Luftfluss schnell abgeführt, sodass die Lösungsmittelkonzentration in der umgebenden Atmosphäre nicht hoch wird. Das Verdampfen des Lösungsmittels kann also problemlos durchgeführt werden, sodass die elektrostatische Explosion zuverlässig erhalten werden kann und die gewünschten Nanofasern zuverlässig erzeugt werden können.

[0016] Weiterhin ist der Drehbehälter vorzugsweise ein zylindrischer Behälter, der die Vielzahl von kleinen Löchern auf einer Umfangsfläche aufweist und sich um eine Achse dreht, oder ein Rohrbehälter, an dem kleinen Löcher derart angeordnet sind, dass ihre Drehdurchmesser von der einen Seite zu der anderen Seite in der Achsenrichtung kleiner werden. Wenn der Drehbehälter ein zylindrischer Behälter ist, kann eine große Menge an Nanofasern gleichmäßig und gleichzeitig entlang des gesamten Umfangs erzeugt werden, sodass eine hohe Produktivität sichergestellt werden kann. Und weil die Form und der Aufbau einfach sind, können die Kosten für die Vorrich-

tungen reduziert werden. Wenn der Drehbehälter ein Rohrbehälter ist, an dem die kleinen Löcher derart angeordnet sind, dass sich ihr Drehdurchmesser von der einen Seite zu der anderen Seite in der Achsenrichtung vermindert, fließen aufgrund der Differenz in der Zentrifugalkraft, die durch die aus den entsprechenden kleinen Löchern ausgegebene Polymerlösung empfangen wird, die Nanofasern aus den kleinen Löchern auf der einen Seite zu einer äußeren Position, die in der Radialrichtung entfernt ist, und fließen die Nanofasern aus den kleinen Löchern auf der anderen Seite zu einer inneren Position auf der anderen Seite in der Radialrichtung. Die von den entsprechenden Seiten ausgegebenen Nanofasern überlappen also nicht, sodass sich die Querschnittform im Flussbereich der Nanofasern einem Kreis annähert und keine Torusform mit einer schmalen Breite aufweist.

[0017] Um die Querschnittform des Flussbereichs der Nanofasern von einer Torusform zu einer beliebigen Querschnittform wie etwa zu einer Form mit einem kleineren oder rechteckigen hohlen Teil in der Mitte zu fokussieren, kann der rohrförmige Flussbereich der Nanofasern durch eine Fokussierungselektrode fokussiert werden, die wenigstens auf einem Achsenteil und einem Randteil des rohrförmigen Flussbereichs der Nanofasern auf der anderen Seite der Achsenrichtung des Drehbehälters angeordnet ist. In diesem Fall wird eine Spannung mit gleicher oder anderer Polarität, die niedriger als diejenige des Drehbehälters ist, an der Fokussierungselektrode angelegt, die der auf dem Achsenteil angeordnet ist, und wird eine Spannung mit gleicher Polarität wie diejenige des Drehbehälters an der Fokussierungselektrode angelegt, die auf dem Randteil angeordnet ist.

[0018] Weiterhin ist während des Nanofasern-Erzeugungsschrittes vorzugsweise eine im wesentlichen konstante Menge der Polymerlösung in dem Drehbehälter enthalten. Deshalb ist die auf die aus den kleinen Löchern des Drehbehälters extrudierte Polymerlösung wirkende Kraft konstant und kann die Polymerlösung gleichmäßig in einem faserförmigen Zustand ausgegeben werden, sodass die Nanofasern gleichmäßig in der Achsenrichtung des zylindrischen Behälters erzeugt werden können.

[0019] Ein Verfahren zum Vorsehen einer konstanten Menge der enthaltenen Polymerlösung umfasst das Erfassen der Menge der in dem Drehbehälter enthaltenen Polymerlösung und das Steuern der Zufuhrmenge der Polymerlösung in den Drehbehälter derart, dass eine im wesentlichen konstante Menge der Polymerlösung in dem Drehbehälter enthalten ist.

[0020] Weiterhin kann die Drehgeschwindigkeit des Drehbehälters auf der Basis der Viskosität der Polymerlösung in dem Drehbehälter gesteuert werden.

Dadurch kann die erforderliche Zentrifugalkraft auf die Polymerlösung auf der Basis der Viskosität der Polymerlösung wirken, ohne dass hierfür der Drehbehälter verändert werden muss, sodass die Nanofasern zuverlässig und effizient erzeugt werden können. Weiterhin kann der radiale Abstand zwischen der Drehachse und den kleinen Löchern des Drehbehälters auf der Basis der Viskosität der in dem Drehbehälter enthaltenen Polymerlösung bestimmt werden. Dadurch kann die erforderliche Zentrifugalkraft auf der Basis der Viskosität der Polymerlösung auf die Polymerlösung wirken, ohne dass die Drehgeschwindigkeit des Drehbehälters wesentlich verändert werden muss, sodass die Nanofasern zuverlässig und effizient erzeugt werden können.

[0021] Weiterhin ist vorzugsweise eine Ringelektrode angeordnet, um den Umfang des Drehbehälters einzuschließen, die aus dem Drehbehälter ausgegebene Polymerlösung elektrisch zu laden, indem ein elektrisches Feld zwischen der Ringelektrode und dem Drehbehälter ausgegeben wird, und die Nanofasern aus dem Produktionsschritt auszurichten und zu führen, sodass sie aus einem Spinnraum zwischen dem Drehbehälter und der Ringelektrode ausgegeben werden. Dabei kann durch die Wirkung eines gleichmäßigen und starken elektrischen Feldes, das in dem Spinnraum zwischen dem Drehbehälter und der ungefähr mit einem gleichen Abstand um dem Umfang des Drehbehälters angeordneten Ringelektrode erzeugt wird, eine gleichmäßige und starke Ladung für die ausgegebene Polymerlösung vorgesehen werden. Und weil die Nanofasern aus dem Erzeugungsschritt dann unmittelbar aus dem Spinnraum ausgegeben werden, ist kein großer Abstand erforderlich, um die elektrostatische Explosion zwischen dem Drehbehälter und der Ringelektrode zu wiederholen, wobei das erforderliche starke elektrische Feld erzeugt werden kann, ohne eine extrem hohe Spannung an dem Raum dazwischen anzulegen. Auf diese Weise kann eine große Anzahl von Nanofasern effizient erzeugt werden. Weiterhin kann eine große Anzahl von Nanofasern effizient durch eine einfache und kompakte Konfiguration erzeugt werden. Dabei kann die Ringelektrode durch einen Zylinder, einen maschenförmigen Ringkörper, einen faserförmigen Ringkörper oder einen anders geformten Körper aus einem leitenden Glied gebildet werden.

[0022] Weiterhin umfasst das Verfahren zum Erzeugen eines Polymervlieses der vorliegenden Erfindung die folgenden Schritte: Erzeugen von Nanofasern mittels des oben beschriebenen Verfahrens zum Erzeugen von Nanofasern; und Anlegen einer Spannung mit einer Potentialdifferenz in Bezug auf die Ladung der Nanofasern auf einem leitenden Sammler, der an dem Drehbehälter mit einem Abstand auf der anderen Seite der Achsenrichtung angeordnet ist, oder Erden des Sammlers, um die erzeugten Nano-

fasern auf dem Sammler abzulagern. Weiterhin kann die Ablagerung der Nanofasern auf dem Sammler durch eine direkte Ablagerung auf dem Sammler, durch eine Ablagerung auf einem auf dem Sammler angeordneten Glied oder auf einem sich über dem Sammler bewegenden Glied, oder durch das Vorsehen einer Funktion zum sukzessiven Transportieren des auf dem Sammler abgelagerten Polymervlieses erfolgen.

[0023] Mit der oben beschriebenen Konfiguration kann ein sehr poröses Vlies mit einer guten Produktivität erzeugt werden, indem die Nanofasern, die in einer großen Menge in einem elektrisch geladenen Zustand erzeugt wurde, aufgrund der Wirkung des elektrischen Feldes zu dem Sammler bewegt werden und effizient auf dem Sammler abgelagert werden. Wenn ein Folienmaterial mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit über den Sammler bewegt wird, kann kontinuierlich eine Folie mit einer darauf mit einer vorbestimmten Dicke abgelagerten Polymervlies erzeugt werden.

[0024] Wenn weiterhin die Nanofasern-Erzeugungseinheit, die die Nanofasern erzeugt und zu dem Sammler ausgibt, in einer Richtung parallel zu wenigstens einer Seite des Sammlers oder in einer Richtung orthogonal zu der Bewegungsrichtung eines sich auf dem Sammler bewegenden Folienmaterials bewegt wird, können die Nanofasern gleichmäßig in einem Erzeugungsschritt über die gesamte Fläche des Sammlers abgelagert werden, der eine breite Fläche oder ein breites Folienmaterial aufweist. Auf diese Weise kann ein Polymervlies mit einer großen Fläche und mit einer guten Produktivität unter Verwendung einer Nanofasern-Erzeugungseinheit mit einem kompakten Aufbau erzeugt werden.

[0025] Weiterhin umfasst die Produktionsvorrichtung der Nanofasern der vorliegenden Erfindung: einen leitenden Drehbehälter, der drehbar gehalten wird und eine Vielzahl von kleinen Löchern aufweist, die mit einem Abstand zu der Drehachse in einer Radialrichtung vorgesehen sind; eine Polymerlösungs-Zuführeinrichtung zum Zuführen einer Polymerlösung, in der ein Polymermaterial in einem Lösungsmittel gelöst ist, in den Drehbehälter; eine Drehantriebseinrichtung zum drehenden Antreiben des Drehbehälters; eine Ladungseinrichtung zum Vorsehen einer elektrischen Ladung für die aus den kleinen Löchern des Drehbehälters ausgegebene Polymerlösung; eine Ausrichtungs- und Führungseinrichtung, die auf einer Seite in einer Achsenrichtung des Drehbehälters angeordnet ist, um die Nanofasern, die aus der aus den kleinen Löchern des Drehbehälters ausgegebenen Polymerlösung erzeugt werden, auszurichten und in der Achsenrichtung des Drehbehälters zu führen; und eine Steuerungseinrichtung zum Steuern der Polymerlösungs-Zuführeinrichtung, der Drehantriebseinrichtung, der Ladein-

richtung und der Ausrichtungs-/Flusseinrichtung. Die vorteilhaften Effekte des oben beschriebenen Verfahrens zum Erzeugen von Nanofasern können durch die Ausführung eines derartigen Verfahrens erzielt werden. Weiterhin kann die Ladeeinrichtung durch eine Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung konfiguriert werden, die eine Hochspannung an dem Drehbehälter anlegt oder eine Hochspannung an einem Glied wie etwa dem Sammler für die Nanofasern, der mit einem Abstand in Bezug auf den Drehbehälter angeordnet ist, anlegt, sodass ein elektrisches Feld zwischen dem Drehbehälter und dem Glied erzeugt wird.

[0026] Weiterhin umfasst die Ausrichtungs- und Führungseinrichtung vorzugsweise eine Reflektions-elektrode, an der eine Spannung mit derselben Polarität wie die elektrische Ladung der aus den kleinen Löchern des Drehbehälters ausgegebene Polymerlösung angelegt wird, und/oder eine Glaseinrichtung zum Blasen der Nanofasern von der einen Seite zu der anderen Seite in der Achsenrichtung des Drehbehälters. Wenn die Ausrichtungs- und Führungseinrichtung die Reflexionselektrode aufweist, können die mit einer Ladung geladenen Nanofasern zuverlässig durch die Reflexionselektrode ausgerichtet und geführt werden, wobei keine Gefahr besteht, dass der Fluss der Polymerlösung durch die Ladung der Reflexionselektrode behindert wird, sodass die Nanofasern stabil und effizient erzeugt werden können. Und wenn die Ausrichtungs- und Flusseinrichtung eine Glaseinrichtung umfasst, können die Nanofasern aus dem Erzeugungsschritt effektiver ausgerichtet und geführt werden, indem sie auf dem Luftfluss reiten. Außerdem wird das verdampfte Lösungsmittel schnell durch den Luftfluss abgeführt, sodass die Lösungsmittelkonzentration in der umgebenden Atmosphäre nicht hoch wird. Auf diese Weise kann das Lösungsmittel problemlos verdampft werden, sodass die elektrostatische Explosion zuverlässig erhalten wird und die gewünschten Nanofasern zuverlässig erzeugt werden können.

[0027] Weiterhin ist der Drehbehälter vorzugsweise als ein zylindrischer Behälter mit einer Vielzahl von kleinen Löchern auf seiner Umfangsfläche oder als ein rohrförmiger Behälter konfiguriert, an dem kleine Löcher derart angeordnet sind, dass deren Drehdurchmesser von einer Seite zu der anderen Seite in der Achsenrichtung des Drehbehälters kleiner werden. Wenn der Drehbehälter als ein zylindrischer Behälter konfiguriert ist, kann eine große Anzahl von Nanofasern gleichmäßig entlang des gesamten Umfangs erzeugt werden, wodurch eine hohe Produktivität sichergestellt werden kann. Und weil die Form und der Aufbau einfach sind, können die Kosten für die Vorrichtungen reduziert werden. Wenn der Drehbehälter weiterhin wie oben beschrieben als rohrförmiger Behälter konfiguriert ist, fließen aufgrund einer Differenz in der Zentrifugalkraft, die durch die aus

den entsprechenden kleinen Löchern ausgegebene Polymerlösung empfangen wird, die durch die kleinen Löcher auf der einen Seite erzeugten Nanofasern gebildeten Nanofasern zu einer äußeren Position in der Radialrichtung und fließen die durch die kleinen Löcher auf der anderen Seite erzeugten Nanofasern zu einer inneren Position auf der anderen Seite in der Radialrichtung. Die von den entsprechenden Seiten ausgegebenen Nanofasern überlappen einander also nicht, sodass sich die Flussbereich-Querschnittform der Nanofasern einem Kreis nähert und keine Torusform mit einer schmalen Breite aufweist.

[0028] Um die Querschnittform des Flussbereichs der Nanofasern von einer Torusform zu einer beliebigen Querschnittform wie etwa zu einer Form mit einem kleineren oder rechteckigen hohlen Teil in der Mitte zu fokussieren, kann der rohrförmige Flussbereich der Nanofasern durch eine Fokussierungselektrode fokussiert werden, die wenigstens auf einem Achsenteil und einem Randteil des rohrförmigen Flussbereichs der Nanofasern auf der anderen Seite der Achsenrichtung des Drehbehälters angeordnet ist. In diesem Fall wird eine Spannung mit gleicher oder anderer Polarität, die niedriger als diejenige des Drehbehälters ist, an der Fokussierungselektrode angelegt, die auf dem Achsenteil angeordnet ist, und wird eine Spannung mit gleicher Polarität wie diejenige des Drehbehälters an der Fokussierungselektrode angelegt, die auf dem Randteil angeordnet ist.

[0029] Weiterhin kann ein Zuführrohr zum Zuführen der Polymerlösung von einem Achsenöffnungsteil an einem Ende des zylindrischen Behälters einsteckt werden, wobei die Spitze dieses Zuführrohrs annähernd L-förmig in dem zylindrischen Behälter ausgebildet werden kann. Dadurch kann die Polymerlösung in den Drehbehälter geführt werden, ohne dass die Gefahr besteht, dass die Polymerisationslösung aus dem Achsenöffnungsteil an einem Ende des zylindrischen Behälters leckt, auch wenn die Ausrichtung des zylindrischen Behälters willkürlich geändert wird, sodass die Flussrichtung der erzeugten Nanofasern nicht nur horizontal, sondern auch vertikal ausgerichtet sein kann.

[0030] Weiterhin kann eine Einrichtung zum Steuern der Menge der in dem Drehbehälter enthaltenen Polymerlösung auf einen konstanten Pegel vorgesehen werden. Deshalb ist die auf die aus den kleinen Löchern des Drehbehälters extrudierte Polymerlösung wirkende Zentrifugalkraft konstant und kann die Polymerlösung gleichmäßig in einem faserförmigen Zustand ausgegeben werden, sodass gleichmäßige Nanofasern erzeugt werden können. Ein Beispiel für eine derartige Einrichtung zum Steuern der Menge der Polymerlösung in dem Drehbehälter auf einen konstanten Pegel ist eine Konfiguration, die eine Mengenerfassungseinrichtung zum Erfassen der

Menge der in dem Drehbehälter enthaltenen Polymerlösung und eine Zuführsteuereinrichtung zum Steuern der Polymerlösungs-Zuführeinrichtung auf der Basis der erfassten Menge umfasst.

[0031] Weiterhin ist vorzugsweise eine Ringelektrode angeordnet, die den Umfang des Drehbehälters umgibt, und ist eine Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung zum Anlegen einer hohen Spannung zwischen dem Drehbehälter und der Ringelektrode vorgesehen. Dabei kann wie oben beschrieben durch die Wirkung eines gleichmäßigen und starken elektrischen Feldes, das zwischen dem Drehbehälter und der Ringelektrode erzeugt wird, eine gleichmäßige und starke Ladung für die ausgegebene Polymerlösung vorgesehen werden. Und weil die Nanofasern aus dem Erzeugungsschritt dann unmittelbar aus dem Spinnraum ausgegeben werden, muss kein großer Abstand vorgesehen werden, um die elektrostatische Explosion zwischen dem Drehbehälter und der Ringelektrode zu wiederholen, wobei das erforderliche starke elektrische Feld erzeugt werden kann, ohne eine extrem hohe Spannung zwischen dem Drehbehälter und der Ringelektrode anzulegen. Es kann also eine große Menge von Nanofasern effizient erzeugt werden.

[0032] Weiterhin wird die oben beschriebene Vorrichtung zum Erzeugen von Nanofasern auf eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses der vorliegenden Erfindung angewendet, die einen leitenden Sammler umfasst, der an dem Drehbehälter mit einem Abstand auf der anderen Seite in der Achsenrichtung angeordnet ist, wobei eine Spannung mit einer Potentialdifferenz in Bezug auf die elektrische Ladung der Nanofasern an dem Sammler angelegt wird oder der Sammler geerdet wird, damit die erzeugten Nanofasern auf dem Sammler abgelagert werden, sodass das Polymervlies effizient erzeugt werden kann.

[0033] Weiterhin kann auch eine Folienmaterial-Bewegungseinrichtung vorgesehen werden, die ein Folienmaterial, auf dem die Nanofasern haften und abgelagert werden, mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit über den Sammler bewegt. Dadurch kann eine Folie mit einem darauf mit einer vorbestimmten Dicke abgelagerten Polymervlies kontinuierlich erzeugt werden.

[0034] Weiterhin kann die Vorrichtung zum Erzeugen von Nanofasern, in der die Nanofasern erzeugt und zu dem Sammler geführt werden, auch mit einer Ablagerungsbewegungseinrichtung für eine hin und her erfolgende Bewegung in einer Richtung parallel zu wenigstens einer Seite des Sammlers oder in einer Richtung orthogonal zu der Bewegungsrichtung des Folienmaterials versehen sein. Deshalb können die Nanofasern gleichförmig in einem Produktionsschritt über die gesamte Fläche des breiten Sammlers

oder des breiten Folienmaterials abgelagert werden. Es kann also ein Polymervlies mit einer großen Fläche und einer guten Produktivität unter Verwendung einer Nanofasern-Erzeugungseinheit mit einem kompakten Aufbau hergestellt werden.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0035] [Fig. 1](#) ist eine perspektivische Ansicht einer Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses gemäß einer Ausführungsform 1 der vorliegenden Erfindung.

[0036] [Fig. 2](#) ist eine Vorderansicht der Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses derselben Ausführungsform.

[0037] [Fig. 3](#) ist eine perspektivische Ansicht, die einen Produktionszustand des Polymervlieses derselben Ausführungsform zeigt.

[0038] [Fig. 4](#) ist ein Blockdiagramm, das eine Steuerkonfiguration derselben Ausführungsform zeigt.

[0039] [Fig. 5](#) ist eine Vorderansicht, die ein anderes Konfigurationsbeispiel derselben Ausführungsform zeigt.

[0040] [Fig. 6A](#) bis [Fig. 6C](#) sind Vorderansichten, die verschiedene Anordnungsanordnungen der Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses derselben Ausführungsform zeigen.

[0041] [Fig. 7](#) ist eine Vorderansicht einer Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses gemäß einer Ausführungsform 2 der vorliegenden Erfindung.

[0042] [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) zeigen eine Drehplatte in derselben Ausführungsform, wobei [Fig. 8A](#) eine Seitenansicht ist und [Fig. 8B](#) eine Vorderansicht ist.

[0043] [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) zeigen eine Dreherfassungseinrichtung derselben Ausführungsform, wobei [Fig. 9A](#) eine Vorderansicht der Erfassungsplatte ist und [Fig. 9B](#) eine Seitenansicht der Dreherfassungseinrichtung ist.

[0044] [Fig. 10](#) ist ein Diagramm, das eine Steueroberfläche einer Polymerlösungsmenge in derselben Ausführungsform zeigt.

[0045] [Fig. 11](#) ist eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses gemäß einer Ausführungsform 3 der vorliegenden Erfindung.

[0046] [Fig. 12](#) ist eine Vorderansicht, die eine schematische Konfiguration der Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses gemäß einer Ausführungsform 4 der vorliegenden Erfindung zeigt.

(Ausführungsform 1)

[0047] [Fig. 13](#) ist eine Vorderansicht, die ein modifiziertes Konfigurationsbeispiel derselben Ausführungsform zeigt.

[0048] [Fig. 14](#) ist eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses gemäß einer Ausführungsform 5 der vorliegenden Erfindung.

[0049] [Fig. 15](#) ist eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses gemäß einer Ausführungsform 6 der vorliegenden Erfindung.

[0050] [Fig. 16](#) ist ein erläuterndes Diagramm zu dem Ablagerungszustand von Nanofasern.

[0051] [Fig. 17](#) ist ein schematisches Konfigurationsdiagramm eines bevorzugten Konfigurationsbeispiels derselben Ausführungsform.

[0052] [Fig. 18](#) ist eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses gemäß einer Ausführungsform 7 der vorliegenden Erfindung.

[0053] [Fig. 19](#) ist eine perspektivische Ansicht der wichtigsten Aufbauten in derselben Ausführungsform.

[0054] [Fig. 20](#) ist ein erläuterndes Diagramm, das die Effekte einer Elektrodenstange auf einer Ringelektrode in derselben Ausführungsform zeigt.

[0055] [Fig. 21](#) ist ein schematisches Konfigurationsdiagramm eines herkömmlichen Beispiels einer Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses.

[0056] [Fig. 22A](#) und [Fig. 22B](#) zeigen die wichtigsten Aufbauten eines anderen Konfigurationsbeispiels desselben herkömmlichen Beispiels, wobei [Fig. 22A](#) eine Vorderansicht ist und [Fig. 22B](#) eine teilweise vergrößerte Ansicht von unten ist.

[0057] [Fig. 23](#) ist ein erläuterndes Diagramm zu den in demselben herkömmlichen Beispiel auftretenden Problemen.

[0058] [Fig. 24](#) ist ein erläuterndes Diagramm zu weiteren Problemen in demselben herkömmlichen Beispiel.

Bevorzugte Ausführungsform der Erfindung

[0059] Im Folgenden werden verschiedene Ausführungsformen des Verfahrens und der Vorrichtung zum Herstellen von Nanofasern und eines Polymervlieses der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf [Fig. 1](#) bis [Fig. 20](#) beschrieben.

[0060] Zuerst wird eine Ausführungsform 1 der Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf [Fig. 1](#) bis [Fig. 6C](#) beschrieben.

[0061] In [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) gibt das Bezugszeichen 1 einen zylindrischen Behälter mit einem Durchmesser von 20 bis 500 mm als Drehbehälter an. Das Ende eines Drehzylinders 2 erstreckt sich durch die Achse an einem Ende des zylindrischen Behälters 1. Der zylindrische Behälter 1 ist also derart befestigt, dass er durch den Drehzylinder 2 in der Richtung des Pfeils R um die Achse gedreht werden kann. Der Drehzylinder 2 ist aus einem Material mit stark elektrisch isolierenden Eigenschaften ausgebildet. Das andere Ende des zylindrischen Behälters 1 ist geschlossen, und mehrere kleine Löcher 3 mit einem Durchmesser von ungefähr 0,01 bis 2 mm sind auf einer Umfangsfläche mit Abständen von einigen wenigen Millimeter ausgebildet. Die kleinen Löcher 3 können sich direkt zu der Umfangswand des zylindrischen Behälters 1 öffnen oder können mit Düsenmitgliedern mit kurzen Abmessungen versehen sein, die an der Umfangswand montiert sind. Der Drehzylinder 2 wird durch ein Lager 5 mittels eines Halterahmens 4 gehalten, der aus einem Material mit stark elektrisch isolierenden Eigenschaften ausgebildet ist. Weiterhin wird das Drehglied 2 mit einer Drehgeschwindigkeit von mehreren hundert bis zehn tausend Umdrehungen pro Minute durch einen Motor 9 als Drehantriebseinrichtung über einen Riemen 8 gedreht, der zwischen einer Riemenscheibe 6 an einer Umfangsfläche des Drehzylinders 2 und einer Riemenscheibe 7 an einer Ausgangswelle des Motors 9 angeordnet ist. Weil die Gefahr eines fehlerhaften Betriebs aufgrund einer Beeinflussung eines Sensors durch ein Hochdruckrauschen besteht, wird als Motor 9 vorzugsweise ein Gleichstrommotor ohne Sensor verwendet.

[0062] Eine Polymerlösung 11, in der ein Polymermaterial, d. h. das Material für die Nanofasern, in einem Lösungsmittel gelöst ist, wird über ein Lösungszuführrohr 10, das sich durch den Drehzylinder 2 erstreckt und in den zylindrischen Behälter 1 eingesteckt ist, zu dem zylindrischen Behälter 1 geführt. Die Spitze des Lösungszuführrohrs 10 wird durch einen L-förmig gebogenen Teil 20 gebildet. Diese Spitze ist auf einer in der Radialrichtung äußeren Seite des Umfangs der Einsteckspitze 2a des in den zylindrischen Behälter 1 vorstehenden Drehzylinders 2 angeordnet. Die Polymerlösung 11 wird durch eine Zuführpumpe 13, die als Polymerlösungs-Zuführeinrichtung aus einem Reservoirbehälter 12 dient, mit einer vorbestimmten Flussrate zu dem Lösungszuführrohr 10 zugeführt. Allgemein wird das Lösungsmittel mit einem Verhältnis von ungefähr 60% bis 98% vorgegeben. Das Verhältnis wird in Abhängigkeit von der Art der verwendeten Polymerlösung, von dem Durch-

messer der erzeugten Nanofasern usw. variiert. Vorzugsweise beträgt das Verhältnis des Lösungsmittels ungefähr 80% bis 95%.

[0063] Bevorzugte Beispiele für ein Polymermaterial, das für die Polymerlösung **11** verwendet werden kann, sind etwa Polypropylen, Polyethylen, Polystyren, Polyethylenoxid, Polyethylterephthalat, Polybutylterephthalat, Polyethylenaphthalat, Poly-m-Phenylterephthalat, Poly-p-Phenylenisophthalat, Polyvinylidenfluorid, ein Polyvinylidenfluorid-Hexafluorpropylenkopolymer, Polyvinylchlorid, Polyvinylidenchlorid-Acrylatkopolymer, Polyacrylonitril, ein Polyacrylonitril-Methacrylatkopolymer, Polycarbonat, Polyarylat, Polyestercarbonat, Nylon, ein Aramid, ein Polycaprolacton, Polymilchsäure, Polyglykolsäure, Kollagen, Polyhydroxybuttersäure, Polyvinylacetat, Polypeptid usw. sowie biologische Makromoleküle wie etwa Nukleinsäure und Proteine.

[0064] Beispiele für das Lösungsmittel, das verwendet werden kann, sind etwa Methanol, Ethanol, 1-Propanol, 2-Propanol, Hexafluorisopropanol, Tetraethylenglykol, Triethylenglykol, Dibenzylalkohol, 1,3-Dioxolan, 1,4-Dioxan, Methylethylketon, Methylisobutylketon, Methyl-n-Hexylketon, Methyl-n-Propylketon, Diisopropylketon, Diisobutylketon, Aceton, Hexafluoracetone, Phenol, Ameisensäure, Methylformat, Ethylformat, Propylformat, Methylbenzoat, Ethylbenzoat, Propylbenzoat, Methylacetat, Ethylacetat, Propylacetat, Dimethylphthalat, Diethylphthalat, Dipropylphthalat, Methylchlorid, Ethylchlorid, Methylenchlorid, Chloroform, o-Chlorotoluen, p-Chlorotoluen, Carbontetrachlorid, 1,1-Dichloroethan, 1,2-Dichloroethan, Trichloroethan, Dichloropropan, Dibromoethan, Dibromopropan, Methylbromid, Ethylbromid, Propylbromid, Ethansäure, Benzen, Toluol, Hexan, Cyclohexan, Cyclohexanon, Cyclopentan, o-Xylen, p-Xylen, m-Xylen, Acetonitril, ein Tetrahydrofuran, N,N-Dimethylformamid, Pyridin, Wasser und ähnliches.

[0065] Ein anorganisches, festes Material kann in die Polymerlösung **11** gemischt werden. Beispiele für ein derartiges anorganisches, festes Material sind etwa Oxide, Carbide, Nitride, Boride, Silicide, Fluoride, Sulfide usw. Hinsichtlich der Wärmebeständigkeit, Verarbeitungsfähigkeit usw. wird vorzugsweise ein Oxid verwendet. Beispiele für Oxide, die verwendet werden können, sind etwa 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 und Nb_2O_5 .

[0066] Der zylindrische Behälter **1** ist derart konfiguriert, dass eine Hochspannung von 1 kV bis 100 kV und vorzugsweise von 10 kV bis 100 kV, die durch eine erste Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung **14** erzeugt wird, über ein Lager und ein leitendes

Glied **15** an ihm angelegt wird, um die darin enthaltene Polymerlösung **11** elektrisch zu laden. Wenn der zylindrische Behälter **1** mit einer hohen Geschwindigkeit durch den Motor **9** gedreht wird, wirkt eine Zentrifugalkraft auf die elektrisch geladene Polymerlösung **11**, sodass die Polymerlösung **11** aus den entsprechenden kleinen Löchern **3** in einem faserförmigen Zustand ausgegeben wird. Weiterhin werden feine Polymerfasern erzeugt, indem sie durch die Wirkung der Zentrifugalkraft gezogen werden, wobei der Durchmesser der Polymerfasern aufgrund der Verdampfung des Lösungsmittels feiner wird. Wenn dabei die Coulomb-Kraft der konzentrierten elektrischen Ladung die Oberflächenspannung der Polymerlösung überschreitet, werden die Polymerfasern durch das Auftreten einer primären elektrostatischen Explosion explosionsartig gezogen. Dabei verdampft mehr des Lösungsmittels und tritt eine sekundäre elektrostatische Explosion in ähnlicher Weise auf, wodurch die Polymerfasern erneut explosionsartig gezogen werden. Manchmal werden Nanofasern aus einem Polymermaterial mit einem Durchmesser im Submikrometerbereich effizient erzeugt, indem sie aufgrund des Auftretens einer tertiären elektrostatischen Explosion nochmals gezogen werden.

[0067] Eine Reflexionselektrode **16** ist an dem Halterahmen **4** derart angeordnet, dass sie einer Seite des zylindrischen Behälters **1** mit dazwischen einem geeigneten Abstand zugewandt ist. Eine durch die zweite Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung **1** erzeugte hohe Spannung wird an dieser Reflexionselektrode **16** angelegt. Die zweite Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung **17** ist derart konfiguriert, dass sie eine hohe Spannung mit gleicher Polarität und ungefähr gleichem Pegel wie die erste Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung **14** erzeugt und an der Reflexionselektrode **16** anlegt. Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, ist die zweite Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung **17** ebenfalls derart konfiguriert, dass die Polymerfasern, die durch das Ausgeben und Ziehen aus dem zylindrischen Behälter **1** durch die Reflexionselektrode **16** erzeugt werden, und die Nanofasern **f**, die danach durch die elektrostatische Explosion erzeugt werden, zu der anderen Seite des zylindrischen Behälters **1** wie durch den Pfeil **F** angegebene geführt werden.

[0068] Auf der anderen Seite des zylindrischen Behälters **1** ist ein leitender Sammler **18** derart angeordnet, dass er dem zylindrischen Behälter **1** mit dazwischen einem geeigneten Abstand zugewandt ist. Eine durch eine dritte Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung **19** erzeugte Hochspannung wird an diesem Sammler **18** angelegt. Diese Hochspannung weist eine entgegen gesetzte Polarität zu der an dem zylindrischen Behälter **1** angelegten Spannung auf. Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, werden die geladenen Nanofasern **f** aufgrund der großen Potentialdifferenz, die zwischen dem zylindrischen Behälter **1** und der Re-

flexionselektrode **16** mit dem Sammler **18** gegeben ist, zu dem Sammler **18** bewegt und auf demselben abgelagert. Indem an dem Sammler **18** eine hohe Spannung mit umgekehrter Polarität zu derjenigen des zylindrischen Behälters **1** angelegt wird, können die erzeugten Nanofasern **f** auch dann auf dem Sammler **18** abgelagert werden, wenn der zylindrische Behälter **1** und der Sammler **18** mit einem Abstand von zum Beispiel 2 m voneinander beabstandet sind. Weiterhin können die ersten bis dritten Hochspannungs-Erzeugungseinrichtungen **14**, **17** und **19** vorzugsweise durch Schalter SW1, SW2 und SW3 frei nach Bedarf ein- und ausgeschaltet werden.

[0069] Und weil es ausreicht, eine große Potentialdifferenz zwischen dem zylindrischen Behälter **1** und der Reflexionselektrode **16** mit dem Sammler **18** vorzusehen, kann der Sammler **18** einfach geerdet werden. Wenn dagegen die positive oder negative hohe Spannung durch die dritte Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung **19** an dem Sammler **18** angelegt wird, kann der zylindrische Sammler **1** einfach elektrisch geerdet werden. In diesem Fall wird die aus den kleinen Löchern **3** des zylindrischen Behälters **1** fließende Polymerlösung **11** durch das elektrische Feld zwischen dem zylindrischen Behälter **1** und dem Sammler **18** mit der umgekehrten Polarität des Sammlers **18** geladen.

[0070] Im Folgenden wird die Steuerkonfiguration mit Bezug auf [Fig. 4](#) beschrieben. In [Fig. 4](#) werden der Motor **9**, eine Zuführpumpe **13** und die erste bis dritte Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung **14**, **17** und **19** durch eine Steuereinheit **21** gesteuert. Die Steuereinheit **21** führt Operationen und Steuerungen auf der Basis eines Betriebsprogramms, das in einer Speichereinheit **23** gespeichert ist, und auf der Basis verschiedener Dateneingaben aus einer Betriebseinheit **22** in Übereinstimmung mit einem Arbeitsbefehl aus der Betriebseinheit **22** aus. Der Betriebszustand der Steuereinheit **21** und die verschiedenen Daten werden auf der Anzeigeeinheit **24** angezeigt.

[0071] Indem in der oben beschriebenen Konfiguration eine vorbestimmte Menge der Polymerlösung **11** durch die Zuführpumpe **13** in den zylindrischen Behälter **1** zugeführt wird und indem eine vorbestimmte Hochspannung von der ersten Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung **14** an dem zylindrischen Behälter **1** angelegt wird, wird die Polymerlösung **11** in dem elektrischen Behälter **1** elektrisch geladen. Indem der zylindrische Behälter **1** in diesem Zustand durch den Motor **9** mit einer hohen Geschwindigkeit gedreht wird, werden die Polymerfasern aus der elektrisch geladenen Polymerlösung **11**, die in einem faserförmigen Zustand aus der Vielzahl von kleinen Löchern **3** ausgegeben wird, zu Beginn vor allem durch die Wirkung der Zentrifugalkraft gezogen. Der Durchmesser wird dann durch ein weiteres Ziehen vermindert, wobei das Lösungsmittel verdampft, sodass

eine primäre elektrostatische Explosion auftritt. Daraus resultiert, dass die Polymerfasern explosionsartig gezogen werden. Danach verdampft mehr des Lösungsmittels, sodass eine sekundäre elektrostatische Explosion auftritt und die Polymerfasern weiter explosionsartig gezogen werden. Manchmal werden Nanofasern **f** aus Polymermaterial mit einem Durchmesser im Submikrometerbereich aus den Polymerlösungsfasern erzeugt, die aus der Vielzahl von kleinen Löchern **3** ausgegeben werden, indem sie durch das Auftreten einer weiteren tertiären elektrostatischen Explosion und ähnliches gezogen werden.

[0072] Nachdem die Polymerlösungsfasern durch die Wirkung der Zentrifugalkraft für die Erzeugung der oben beschriebenen Nanofasern **f** gezogen wurden, werden die von selbst radial nach außen gehenden Fasern durch die Reflexionselektrode **16** ausgerichtet und in der anderen Richtung zu der Achsenrichtung des zylindrischen Behälters **1** geführt. Die erzeugten Nanofasern **f** können also einfach in einem bestimmten Bereich des Sammlers **18** gesammelt werden. Und weil die Reflexionselektrode **16** auf einer Seite des zylindrischen Behälters **1** angeordnet ist, ist die Reflexionselektrode **16** nicht der Flussrichtung der geladenen Polymerlösung **11** zugewandt, wie dies der Fall ist, wenn eine parabolspiegelförmige Reflexionselektrode der Umfangsfläche des zylindrischen Behälters **1** zugewandt ist. Weiterhin besteht keine Gefahr, dass die Ausgabe der Polymerlösung **11** durch die Ladung der Reflexionselektrode **16** gestört wird. Deshalb können die Nanofasern **f** stabil und effizient erzeugt werden. Und wenn Tröpfchen oder ähnliches erzeugt werden, die nicht zu einer Faser geformt wurden, fliegen derartige Tröpfchen aufgrund der Zentrifugalkraft zu dem Rand, sodass nur geeignete Nanofasern **4** ausgerichtet und zu dem Sammler **18** geführt werden. Es werden also nur Nanofasern **f** mit einer guten Qualität gesammelt. Indem die derart erzeugten geladenen Nanofasern **f** auf dem Sammler abgelagert werden, kann ein sehr poröses Polymervlies mit einer guten Produktivität erzeugt werden.

[0073] Dabei werden die durch die Ausgabe aus den kleinen Löchern **3** des zylindrischen Behälters **1** geformten Polymerlösungsfasern vor allem durch die Wirkung der Zentrifugalkraft gezogen. Deshalb kann der Durchmesser der kleinen Löcher **3** ungefähr 0,01 bis 2 mm betragen. Weiterhin ist es im Gegensatz zu dem Fall, in dem zu Beginn eine statische Explosion erzeugt wird, nicht erforderlich, die kleinen Löcher **3** sehr klein auszubilden, und ist es auch nicht erforderlich, die elektrische Ladung zu konzentrieren. Die kleinen Löcher **3** müssen also keine längliche Düse bilden. Und weil die kleinen Löcher **3** nicht einfach durch ein elektrisches Feld gestört werden, können die Polymerlösungsfasern auch dann zuverlässig und effektiv gezogen werden, wenn die kleinen Löcher **3** mit einer hohen Dichte angeordnet sind. Es

kann also eine große Menge von Nanofasern **f** effektiv unter Verwendung eines einfachen und kompakten Aufbaus erzeugt werden. Weiterhin kann eine große Menge an Nanofasern gleichzeitig und gleichmäßig an dem gesamten Umfang des zylindrischen Behälters **1** erzeugt werden, wodurch eine hohe Produktivität sichergestellt werden kann. Und weil die Form und der Aufbau einfach sind, können die Kosten für die Vorrichtungen reduziert werden. Weil außerdem die kleinen Löcher **3** nicht mit einer langen Länge vorgesehen zu werden brauchen, können die kleinen Löcher **3** einfach auf der Umfangswand des zylindrischen Behälters **1** vorgesehen werden, sodass also der zylindrische Behälter **1** einfach und kostengünstig hergestellt werden kann. Weiterhin ist auch die Wartung einfach, wenn eine große Anzahl von kleinen Löchern **3** vorgesehen ist.

[0074] Der Motor **9** ist derart konfiguriert, dass die Drehgeschwindigkeit des zylindrischen Behälters **1** auf der Basis der Viskosität der Polymerlösung **11** gesteuert werden kann, die in dem zylindrischen Behälter **1** enthalten ist. Auf diese Weise kann die erforderliche Zentrifugalkraft auf der Basis der Viskosität auf die Polymerlösung **11** wirken, sodass die Nanofasern **f** zuverlässig und effizient erzeugt werden können. Weiterhin kann auch der Durchmesser des zylindrischen Behälters **1** selbst auf der Basis der Viskosität der darin enthaltenen Polymerlösung **11** bestimmt werden, sodass die erforderliche Zentrifugalkraft auf der Basis der Viskosität der Polymerlösung **11** wirkt, ohne dass die Drehgeschwindigkeit des sich Drehbehälters wesentlich verändert werden muss.

[0075] In dem vorstehend beschriebenen Beispiel ist die Reflexionselektrode **16** an dem Halterahmen **4** fixiert, der von dem zylindrischen Behälter **1** isoliert ist, wobei eine durch die zweite Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung **17** erzeugte Hochspannung an der Reflexionselektrode **16** angelegt wird. Wie in **Fig. 5** gezeigt, kann die Reflexionselektrode **16** aber auch an dem Umfang des Drehzylinders **2** fixiert und elektrisch mit dem leitenden Glied **15** verbunden sein. Weiterhin kann eine Hochspannung, die derjenigen des zylindrischen Behälters **1** gleich ist, durch die erste Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung **14** zusätzlich angelegt werden. In diesem Fall dreht sich die Reflexionselektrode **16** zusammen mit dem zylindrischen Behälter **1**, was jedoch keinerlei Auswirkungen auf die Funktion hat.

[0076] Weiterhin ist in dem vorstehend beschriebenen Beispiel wie in **Fig. 6** gezeigt der zylindrische Behälter **1** derart angeordnet, dass die Achsenrichtung horizontal ist. Die Anordnungsrichtung der Achse des zylindrischen Behälters **1** kann jedoch beliebig gewählt werden. Zum Beispiel kann die Achse des zylindrischen Behälters **1** wie in **Fig. 6B** gezeigt in einer senkrechten Richtung ausgerichtet sein, sodass die Polymerlösung **11** von unten nach oben zugeführt

wird, wobei die Nanofasern **f**, die durch die auf einer unteren Seite des zylindrischen Behälters **1** angeordnete Reflexionselektrode **16** erzeugt werden, nach oben geführt werden. Weiterhin kann die Polymerlösung **11** wie in **Fig. 6C** gezeigt auch von oben nach unten zugeführt werden, sodass die Nanofasern **f**, die durch die auf einer oberen Seite des zylindrischen Behälters **1** angeordnete Reflexionselektrode **16** erzeugt werden, nach unten geführt werden. Auch in diesem Fall kann der L-förmig gebogene Teil **20** an der Spitze des Lösungszuführrohres **10** angeordnet werden, sodass die eingesteckte Spitze **2a** des Drehzylinders **2** in den zylindrischen Behälter **1** vorsteht und die Polymerlösung **11** in den zylindrischen Behälter **1** zugeführt werden kann, ohne dass ein Teil der Lösung nach außen leckt, unabhängig davon, in welcher Richtung der zylindrische Behälter **1** gewandt ist. Die aus der hohen Drehgeschwindigkeit des zylindrischen Behälters **1** resultierende Zentrifugalkraft führt also die Polymerlösung **11** zu der gesamten Innenumfangsfläche zu, wobei die Polymerlösung **11** im wesentlichen gleichmäßig von allen kleinen Löchern **3** ausgegeben wird.

(Ausführungsform 2)

[0077] Im Folgenden wird eine Ausführungsform 2 der Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf **Fig. 7** bis **Fig. 10** beschrieben. In der folgenden Beschreibung der Ausführungsformen werden identische Komponenten wie in der vorausgehenden Ausführungsform durch gleiche Bezugszeichen angegeben, wobei hier auf eine erneute Beschreibung dieser Komponenten verzichtet wird. Im Folgenden werden vor allem die Unterschiede zu der ersten Ausführungsform beschrieben.

[0078] In der ersten Ausführungsform wurde ein Beispiel beschrieben, in dem eine vorbestimmte Menge der Polymerlösung **11** auf der Basis der zu erzeugenden Menge des Polymervlieses zu dem zylindrischen Behälter geführt wurde. Im Gegensatz dazu wird in der vorliegenden Ausführungsform die Menge der in dem zylindrischen Behälter **1** enthaltenen Polymerlösung erfasst und wird die Zufuhrpumpe **13** auf der Basis dieser erfassten Menge betrieben und gesteuert, sodass stets eine im wesentlichen konstante Menge der Polymerlösung **11** in dem zylindrischen Behälter **1** enthalten ist.

[0079] In **Fig. 7** ist eine Inhaltsmengen-Erfassungseinrichtung **25** vorgesehen, die eine Drehplatte **26**, die sich in Kontakt mit der Polymerlösung **11** dreht, wenn die Menge der Polymerlösung **11** in dem zylindrischen Behälter **1** eine vorbestimmte Menge erreicht, und eine Dreherfassungseinrichtung **27** zum Erfassen der Drehung der Drehplatte **26** umfasst. Die Zufuhrpumpe **13** wird durch die Eingabe eines Erfassungssignals der Dreherfassungseinrichtung **27** in

die Steuereinheit **21** betrieben und gesteuert. Die Menge der Polymerlösung **11** in dem zylindrischen Behälter **1** kann also unter Verwendung einer einfachen Konfiguration zu der vorbestimmten Menge gesteuert werden. Weiterhin können gleichmäßige Nanofasern *f* erzeugt werden, indem eine konstante Zentrifugalkraft auf die Polymerlösung **11** in dem zylindrischen Behälter **1** wirkt.

[0080] Insbesondere ist die Inhaltsmengen-Erfassungseinrichtung **25** derart konfiguriert, dass sich eine Welle **28**, die drehbar durch ein Lager **29** an dem Halterahmen **4** gehalten wird, durch den Drehzylinder **2** erstreckt und in den zylindrischen Behälter **1** eingesteckt ist, wobei die Drehplatte **26** an einer Spitze der Welle fixiert ist. Wie in [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) gezeigt, ist die Drehplatte **26** durch eine kreisrunde Platte **26a** mit Blättern **26b** konfiguriert, die auf dem Umfang ausgebildet sind und derart geschnitten werden, dass sie orthogonal zu der Drehrichtung sind. Wie in [Fig. 9A](#) gezeigt, ist an dem anderen Ende der Welle **28** eine Erfassungsplatte **30** mit einer Vielzahl von mit in der Umfangsrichtung gleichen Intervallen angeordneten Öffnungen **30a** fixiert. Wie in [Fig. 9B](#) gezeigt, ist eine Lichtfassungseinrichtung **31**, die einen Lichtprojektor **31a** und einen gegenüberliegend mit dazwischen den Öffnungen **30a** angeordneten Lichtempfänger **31b** umfasst, auf beiden Seiten der Erfassungsplatte **30** angeordnet. Die Dreherfassungseinrichtung **27** ist mit einer Erfassungsplatte **30** und einer Lichtfassungseinrichtung **31** konfiguriert.

[0081] Wenn in der oben beschriebenen Konfiguration wie in [Fig. 10](#) gezeigt die Polymerlösung **11** durch die Zufuhrpumpe **13** zu dem zylindrischen Behälter **1** geführt wird, nimmt die Menge der Polymerlösung **11** allmählich zu. Wenn die Menge der Polymerlösung **11** den vorbestimmten Wert *L1* zum Zeitpunkt *T1* erreicht, kommt die Flüssigkeitsoberfläche der Polymerlösung **11** in Kontakt mit der Drehplatte **26**. Dann beginnt sich die Drehplatte **26** in Verbindung mit der Drehung des zylindrischen Behälters **1** zu drehen. Diese Drehung wird durch die Dreherfassungseinrichtung **27** erfasst, und das resultierende Erfassungssignal wird in die Steuereinheit **21** eingegeben. Wenn die Drehgeschwindigkeit der Drehplatte **26** zum Zeitpunkt *T2* den Wert *F1* überschreitet, wird der Betrieb der Zufuhrpumpe **13** durch die Steuereinheit **21** ausgeschaltet und wird die Zufuhr der Polymerlösung **11** gestoppt. Dann wird die Menge der Polymerlösung **11** in dem zylindrischen Behälter **1** allmählich zusammen mit der Erzeugung des Polymervlieses vermindert. Wenn die Menge der Polymerlösung **11** zum Zeitpunkt *T3* zu dem Wert *L1* sinkt, dann ist die Drehplatte **26** nicht mehr in Kontakt mit der Flüssigkeitsoberfläche der Polymerlösung **11** und wird die Drehgeschwindigkeit der Drehplatte **26** vermindert. Wenn dann die Drehgeschwindigkeit der Drehplatte **26** zum Zeitpunkt *T4* zu *F2* sinkt, wird die Polymerlösung **11** erneut durch die Zufuhrpumpe **13**

ausgeführt. Dann werden die Operationen von *T1* bis *T4* wiederholt, wodurch die Menge der Polymerlösung **11** in dem zylindrischen Behälter **1** auf einen im wesentlichen konstanten Pegel gesteuert wird.

[0082] Indem gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Inhaltsmengen-Erfassungseinrichtung **25** mit einer derart einfachen Konfiguration vorgesehen wird, kann die Menge der Polymerlösung **11** in dem zylindrischen Behälter **1** zu einer vorbestimmten Menge gesteuert werden. Daraus resultiert, dass eine konstante Zentrifugalkraft auf die Polymerlösung **11** in dem zylindrischen Behälter **1** wirken kann, wobei die Zentrifugalkraft, die auf die aus den kleinen Löchern **3** des zylindrischen Behälters extrudierte Polymerlösung **11** wirkt, konstant ist und die Polymerlösung **11** gleichmäßig in einem faserförmigen Zustand ausgegeben werden kann, sodass Nanofasern und ein Polymervlies gleichmäßig erzeugt werden können.

(Ausführungsform 3)

[0083] Im Folgenden wird eine Ausführungsform 3 der Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf [Fig. 11](#) beschrieben.

[0084] In der vorliegenden Ausführungsform ist wie in [Fig. 11](#) gezeigt eine Blasvorrichtung **34** zwischen dem zylindrischen Behälter **1** und der Reflexionselektrode **16** auf einer Seite derselben angeordnet. Insbesondere sind Blasschaufeln **35** an dem Drehzylinder **2** an einer Position zwischen der Reflexionselektrode **16** und dem zylindrischen Behälter **1** installiert. Wenn sich der Drehzylinder **2** dreht, wird Luft zu der anderen Seite des zylindrischen Behälters **1** wie durch den Pfeil *D* angegeben geblasen.

[0085] Bei dieser Konfiguration wird das Lösungsmittel, das durch die durch die Glaseinrichtung **34** geblasene Luft verdampft wird, schnell ausgegeben, sodass die Lösungsmittelkonzentration der umgebenden Atmosphäre nicht hoch wird. Die Verdampfung des Lösungsmittels schreitet also schnell voran, sodass die elektrostatische Explosion schnell und zuverlässig erzielt werden kann und die gewünschten Nanofasern *f* zuverlässig erzeugt werden können. Weiterhin kann auch der vorteilhafte Effekt erzielt werden, dass die Flussrichtung der Nanofasern *f* während des Erzeugungsschrittes effektiver ausgerichtet werden kann.

(Ausführungsform 4)

[0086] Im Folgenden wird eine Ausführungsform 4 der Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf [Fig. 12](#) beschrieben.

[0087] In den zuvor beschriebenen Ausführungsformen wurden Beispiele gezeigt, in denen der Drehbehälter durch einen zylindrischen Behälter **1** konfiguriert ist. Dabei ist jedoch die Position Nanofasern *f*, die durch die kleinen Löcher **3** auf einer Seite in der Achsenrichtung des zylindrischen Behälters **1** gebildet werden, in der Radialrichtung in Bezug auf die Drehachse ungefähr gleich der Position der Nanofasern *f*, die durch die kleinen Löcher **3** auf der anderen Seite gebildet werden. Die durch diese kleinen Löcher **3** gebildeten Nanofasern *f* verfangen sich in der Radialrichtung und bilden eine Torusform, bei der die Querschnittform eines rohrförmigen Flussbereichs **37** der Nanofasern *f* eine schmale Breite aufweist. Dabei sind die Nanofasern *f* unter Umständen nicht gleichmäßig verteilt.

[0088] Deshalb ist der Drehbehälter in der vorliegenden Ausführungsform wie in [Fig. 12](#) gezeigt durch einen spitzen, konisch-zylindrischen Behälter **36** konfiguriert, wobei die kleinen Löcher **3** derart angeordnet sind, dass sich der Drehradius von einer Seite in der Achsenrichtung des Drehbehälters zu der anderen Seite vermindert. Weiterhin ist eine Achsenfokussierungselektrode **38** in einem Achsenhohlteil des rohrförmigen Flussbereichs **37** der Nanofasern *f* auf der anderen Seite in der Achsenrichtung des spitzen konisch-zylindrischen Behälters **36** angeordnet. Außerdem ist eine Umfangsfokussierungselektrode **39** auf dem Umfang des rohrförmigen Flussbereichs **37** angeordnet. Eine Spannung mit gleicher Polarität wie an dem Sammler **18**, aber mit einem niedrigeren Pegel wird an der Achsenfokussierungselektrode **38** angelegt, und eine Spannung mit gleicher Polarität wie an dem spitzen konisch-zylindrischen Behälter **36** und der Reflexionselektrode **16**, aber mit einem niedrigeren Pegel wird an der Umfangsfokussierungselektrode **39** angelegt.

[0089] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform fließen die Nanofasern *f*, die durch die kleinen Löcher **3** auf einer Seite gebildet werden, aufgrund der Differenz in der Zentrifugalkraft, die durch die aus den entsprechenden kleinen Löchern **3** ausgehenden Polymerlösung empfangen wird, zu einer äußeren Position in der Radialrichtung des rohrförmigen Flussbereichs **37**, während die Nanofasern *f*, die durch die kleinen Löcher **3** auf der anderen Seite gebildet werden, zu einer inneren Position auf der anderen Seite in der Radialrichtung des rohrförmigen Flussbereichs **37** fließen. Die Nanofasern *f*, die durch die entsprechenden kleinen Löcher **3** gebildet werden, überlappen einander also nicht in der Radialrichtung, und die Flussbereich-Querschnittsform der Nanofasern *f* nähert sich einem Kreis und weist keine Torusform mit einer schmalen Breite auf. Indem weiterhin die Achsenfokussierungselektrode **38** und/oder die Umfangsfokussierungselektrode **39** angeordnet werden, kann die Größe der Querschnittsform des Achsenhohlteils des rohrförmigen Flussbereichs **37** der Na-

nofasern *f* wesentlich kleiner vorgesehen werden und können die Form und die Anordnung des Umfangsfokussierungselektrode **39** entsprechend gesetzt werden, sodass der rohrförmige Flussbereich **37** der Nanofasern *f* ebenfalls mit einer beliebigen Querschnittsform wie etwa einem Rechteck fokussiert werden kann.

[0090] In dieser Ausführungsform 4 werden die Nanofasern *f* unter Verwendung der Achsenfokussierungselektrode **38** und der Umfangsfokussierungselektrode **39** auf dem Sammler **18** abgelagert und haften auf demselben, wobei die vorliegende Ausführungsform jedoch nicht darauf beschränkt ist. Wie in [Fig. 13](#) gezeigt, ist auch dann, wenn die Achsenfokussierungselektrode **38** und die Umfangsfokussierungselektrode nicht verwendet werden, die Oberfläche des mittleren Teils, auf dem die Nanofasern *f* haften, kleiner als bei einem zylindrischen Behälter, wenn der spitze konisch-zylindrische Behälter **36** als Drehbehälter verwendet wird. Außerdem haften die abgelagerten Nanofasern *f* gleichmäßiger.

(Ausführungsform 5)

[0091] Im Folgenden wird eine Ausführungsform 5 der Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf [Fig. 14](#) beschrieben.

[0092] In den oben beschriebenen Ausführungsformen wurden Beispiele beschrieben, in denen die Nanofasern *f* auf dem Sammler **18** abgelagert werden und das auf dem Sammler **18** gebildete Polymervlies entnommen wird oder in denen ein Glied zum Bilden des Polymervlieses auf dem Sammler **18** angeordnet ist und das Polymervlies von diesem entnommen wird. In der vorliegenden Ausführungsform von [Fig. 14](#) ist jedoch die Folienmaterial-Bewegungseinrichtung **42** an und entlang des Sammlers **18** vorgesehen, um ein Folienmaterial **41**, auf dem die Nanofasern *f* abgelagert werden und haften, mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit zu bewegen. Mit einer derartigen Konfiguration kann ein Folie mit einer darauf mit einer vorbestimmten Dicke ausgebildeten Polymervlies kontinuierlich erzeugt werden.

(Ausführungsform 6)

[0093] Im Folgenden wird eine Ausführungsform 6 der Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf [Fig. 15](#) bis [Fig. 17](#) beschrieben.

[0094] In der zuvor beschriebenen Ausführungsform 5 wurde auf ein Beispiel Bezug genommen, in dem das Folienmaterial **41** durch die Folienmaterial-Bewegungseinrichtung **42** entlang der oberen Fläche des flachen Sammlers **18** bewegt wurde. In der vorliegenden Ausführungsform wird jedoch ein trom-

melförmiger Sammler **42** verwendet, der einen viel größeren Durchmesser und eine viel größere Breite aufweist als bei dem zylindrischen Behälter **1**, wobei das Folienmaterial **41** zusammen mit der Drehung des trommelförmigen Sammlers **43** bewegt und um einen Teil des Umfangs des trommelförmigen Sammlers **43** geführt wird. Der trommelförmige Sammler **43** erfüllt nämlich sowohl die Aufbau eines Sammlers als auch die Aufgabe einer Folienmaterial-Bewegungseinrichtung. Der trommelförmige Sammler **43** wird mit einer vorbestimmten Drehgeschwindigkeit in der Richtung des Pfeils Q um die Achse orthogonal zu der Bewegungsrichtung der Achse des zylindrischen Behälters **1** und des Folienmaterials **41** an einer Position gedreht, an der ein geeigneter Zwischenraum zu der anderen Seite in der Achsenrichtung des zylindrischen Behälters **1** vorgesehen ist. Das Folienmaterial **41** wird durch den Umfang des trommelförmigen Sammlers **43** an einer Position aufgenommen, die mit einem geeigneten Abstand auf der vorgeordneten Seite in der Folienmaterial-Bewegungsrichtung von der Position gegenüber dem zylindrischen Behälter **1** des trommelförmigen Sammlers **43** beabstandet ist. Das Folienmaterial **41** wird von dem Umfang des trommelförmigen Sammlers **43** an einer Position getrennt, die mit einem geeigneten Abstand auf der nachgeordneten Seite in der Folienmaterial-Bewegungsrichtung beabstandet ist.

[0095] Weiterhin ist in der vorliegenden Ausführungsform ein Gebläseventilator **46** auf einer Seite des Drehzylinders **2** angeordnet, der den zylindrischen Behälter **1** drehbar an dem Halterahmen **4** hält. Der Gebläseventilator **46** bläst Luft wie durch den Pfeil D angegeben von einer Seite des zylindrischen Behälters **1** zu der anderen Seite, wobei die Nanofasern f durch die geblasene Luft und das elektrische Feld zwischen dem zylindrischen Behälter **1** und dem trommelförmigen Sammler **43** wie durch den Pfeil F angegeben ausgerichtet und geführt werden. Weiterhin weist in der vorliegenden Ausführungsform die gesamte Nanofasern-Erzeugungsvorrichtung **50** einschließlich des Halterahmens **4**, des Drehzylinders **2** und des zylindrischen Behälters **1** ein Erdpotential auf, wobei durch die dritte Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung **19** eine hohe Spannung an dem trommelförmigen Sammler **43** angelegt wird.

[0096] Es wurde ein Experiment mit einer beispielhaften Konfiguration durchgeführt, in der der Durchmesser des zylindrischen Behälters **1** auf 30 mm gesetzt wurde und der Abstand zwischen dem anderen Ende des zylindrischen Behälters **1** und dem Umfang des trommelförmigen Sammlers **43** auf 500 mm gesetzt wurde, wobei die verwendete Polymerlösung **11** aus 10% PVA (Polyvinylalkohol) als Polymermaterial und 90% Wasser als Lösungsmittel bestand und Nanofasern f durch eine Drehung des zylindrischen Behälters **1** mit 3.000 U/min erzeugt wurden, wobei das

resultierende Produkt dann 10 Minuten lang auf dem trommelförmigen Sammler **43** abgelagert wurde. Wie in [Fig. 16](#) gezeigt, wies die Ablagerungsverteilung eine im wesentlichen trapezoide Form mit einer leichten Vertiefung im mittleren, oberen Teil und einem Durchmesser von ungefähr 500 µm auf. Die maximale Ablagerungsmenge von ungefähr 200 µm konnte bestätigt werden.

[0097] Um in der vorliegenden Ausführungsform in einem Produktionsschritt ein Polymervlies W mit einer größeren Breite als der Dimension eines im wesentlichen gleichförmigen Bereichs der Ablagerungsmenge am oberen Ende der Ablagerungsverteilung zu erzeugen, ist die Nanofasern-Erzeugungsvorrichtung **50** konfiguriert, um durch eine Ablagerungsbewegungseinrichtung **51** in der Achsenrichtung des trommelförmigen Sammlers **43** hin und her bewegt zu werden, d. h. in der Richtung des Pfeils S parallel zu der Breitenrichtung des Folienmaterials **41**.

[0098] In dem Beispiel von [Fig. 15](#) wird das auf dem Folienmaterial **41** gehaltene Polymervlies W erzeugt, indem das Folienmaterial **41** auf dem Umfang des trommelförmigen Sammlers **43** angeordnet wird und Nanofasern f auf dem Folienmaterial **41** abgelagert werden. Die Nanofasern f können aber auch direkt auf dem Umfang des trommelförmigen Sammlers **43** abgelagert werden, wobei das erzeugte Polymervlies dann auf einer nachgeordneten Seite in der Drehrichtung des trommelförmigen Sammlers **43** von dem Umfang des trommelförmigen Sammlers **43** abgezogen wird.

[0099] In dem Beispiel von [Fig. 15](#) wird weiterhin der Drehzylinder **2** zum Fixieren des zylindrischen Behälters **1** drehbar durch den Halterahmen **4** gehalten, wird der Drehzylinder **2** drehbar durch den auf einer Seite angeordneten Motor **9** angetrieben und ist der Gebläseventilator **46** auf einer Seite des Drehzylinders **2** angeordnet. Um jedoch die erzeugten Nanofasern f effektiver auszurichten und zu führen, ist die Nanofasern-Erzeugungsvorrichtung **50** vorzugsweise wie in [Fig. 17](#) gezeigt konfiguriert.

[0100] In [Fig. 17](#) erstreckt sich eine durch einen Öffnungsteil an einem Ende des zylindrischen Behälters **1** erstreckende Drehwelle **52** durch eine Achsenposition in dem zylindrischen Behälter **1** und ist an der anderen Seitenwand fixiert, indem sie drehbar durch eine Drehantriebseinheit **53** gehalten wird. Die Drehantriebseinheit **53** enthält in einem Haltezylinder **54** den Motor **9** als Drehantriebseinrichtung und ein Lager **55** zum drehbaren Halten der Drehwelle **52**. Der Motor **9** und das Lager **55** sind parallel in der Achsenrichtung angeordnet. Die Drehantriebseinheit **53** ist über eine Wellenverbindung **56** mit einer Ausgangswelle des Motors **9** und mit der Drehwelle **52** verbunden. Der Haltezylinder **54** wird mit einer konzentrischen Form in einem Hohlzylinder **58** durch eine Viel-

zahl von Ausrichtungsflügeln **57**, die sich radial von dem Umfang des Haltezylinders **54** erstrecken, positioniert und gehalten. Der Hohlzylinder **58** umfasst einen Ventilatoranordnungszyylinder **58b** über ein spitzen, konisches Glied **58a**, dessen Durchmesser sich zu der gegenüberliegende Seite des zylindrischen Behälters **1** hin vermindert, und einen Gebläseventilator **59**. Diese Nanofasern-Erzeugungsvorrichtung **50** ist an einem mobilen Körper **51a** der Ablagerungsbewegungseinrichtung **51** durch einen Montage-schenkel **60** fixiert, der von der unteren Seite des Hohlzylinders **58** nach unten hängt. Die Nanofasern-Erzeugungsvorrichtung **50** wird beweglich in einer Achsenrichtung des trommelförmigen Sammlers **43** gehalten. Weiterhin wird die Polymerlösung **11** vorzugsweise über das Lösungszuführrohr **10** (nicht gezeigt), das sich durch einen Zwischenraum zwischen der Drehwelle **52** und einem Öffnungsteil an einem Ende des zylindrischen Behälters **1** erstreckt, in den zylindrischen Behälter **1** geführt.

[0101] Dabei kann die Nanofasern-Erzeugungsvorrichtung **50** als eine kompakte Einheit konfiguriert sein. Außerdem können die erzeugten Nanofasern *f* effektiver ausgerichtet und geführt werden, weil die Luft gleichmäßig über den gesamten Umfang des zylindrischen Behälters **1** geführt wird, indem der durch den Gebläseventilator **59** erzeugte Wind durch den Hohlzylinder **58** geht und durch die Ausrichtungsflügel **57** geführt wird.

(Ausführungsform 7)

[0102] Im Folgenden wird eine Ausführungsform 7 der Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf [Fig. 18](#) bis [Fig. 20](#) beschrieben.

[0103] In der vorliegenden Ausführungsform ist wie in [Fig. 18](#) und [Fig. 19](#) gezeigt eine Ringelektrode **62** auf dem Umfang des zylindrischen Behälters **1** derart angeordnet, dass sie den zylindrischen Behälter **1** mit dazwischen einem offenen Spinnraum **61** umgibt. Weiterhin ist an einem Rand der Ringelektrode **62** auf der Seite des trommelförmigen Sammlers **43** eine Elektrodenstange **63** mit einer runden Spitze für die Steuerung der elektrischen Feldes mit einem Abstand in der Umfangsrichtung angeordnet. Die Spitze der Elektrodenstange **63** ist rund vorgesehen, um zu verhindern, dass ein elektrischer Wind durch die Konzentration einer extremen Ladung erzeugt wird.

[0104] Der elektrische Behälter **1** dient als Erdungspotential, wobei eine durch eine Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung erzeugte positive oder negative (in dem Beispiel der Zeichnungen eine negative) Hochspannung von 1 bis 100 kV und vorzugsweise von 10 bis 100 kV an der Ringelektrode **62** angelegt wird. Es wird also ein elektrisches Feld in dem Spinnraum **61** zwischen dem zylindrischen Behälter **1** und

der Ringelektrode **62** erzeugt. Weiterhin dient der trommelförmige Sammler **43** dazu, ein Erdungspotential zum Sammeln der Nanofasern *f* in einem durch den Spinnraum **61** aufgeladenen Zustand vorzusehen. Und weil es ausreicht, wenn das elektrische Feld in dem Spinnraum **61** zwischen dem zylindrischen Behälter **1** und der Ringelektrode **62** erzeugt wird, kann eine positive oder negative Hochspannung an dem zylindrischen Behälter **1** angelegt werden und kann eine Hochspannung mit einer entgegen gesetzten Polarität zu derjenigen des zylindrischen Behälters **1** an der Ringelektrode **62** angelegt werden oder kann die Ringelektrode **62** geerdet werden. Weiterhin kann eine Hochspannung mit einer entgegen gesetzten Polarität zu derjenigen der Nanofasern *f* an dem trommelförmigen Sammler **43** angelegt werden, wodurch die Sammeleffizienz erhöht werden kann. Indem weiterhin die Elektrodenstange **62** an der Ringelektrode **62** angeordnet wird, wird die Ladung an der Spitze der Elektrodenstange **63** konzentriert, wodurch eine Ladung mit entgegen gesetzter Polarität an einem Teil gegenüber der Elektrodenstange **63** des trommelförmigen Sammlers **43** erzeugt wird. Es werden also wie in [Fig. 20](#) gezeigt elektrische Feldlinien **65** zwischen der Ringelektrode **62** und dem trommelförmigen Sammler **43** erzeugt.

[0105] Deshalb dienen der trommelförmige Sammler **43** oder der zylindrische Behälter **1** als Erdungspotential, sodass die Hochspannung nur an der Ringelektrode **62** angelegt wird. Durch die Verwendung einer derart einfachen und sicheren Konfiguration können geladene Nanofasern *f* stabil aufgrund der stärkeren Effekte der Induktion der Nanofasern *f* auf dem trommelförmigen Sammler **43** erhalten werden.

[0106] Weil gemäß dieser Konfiguration die Polymerlösung **11** in den zylindrischen Behälter **1** zugeführt wird, wird der zylindrische Behälter **1** drehend angetrieben und wird eine hohe Spannung durch die Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung **64** an der Ringelektrode **62** angelegt, um ein starkes und gleichmäßiges elektrisches Feld in dem Spinnraum **61** zwischen dem zylindrischen Behälter **1** und der Ringelektrode **62** anzulegen. Wegen des erzeugten elektrischen Feldes und der durch die Drehung des zylindrischen Behälters **1** erzeugten Zentrifugalkraft wird die Polymerlösung **11** in dem zylindrischen Behälter radial aus der Vielzahl von kleinen Löchern **3** zu der Ringelektrode **62** ausgegeben, sodass eine große Menge von stark in dem Spinnraum **61** geladenen Nanofasern effektiv gesponnen werden. Diese Fasern werden durch den Luftfluss von dem Gebläseventilator **59** zu dem Spinnraum **61** ausgerichtet und aus dem Spinnraum **61** zu dem trommelförmigen Sammler **43** geführt und dabei entladen. Indem die gesponnen Fasern auf diese Weise durch den Luftfluss aus dem Spinnraum **61** schnell entladen werden, besteht keine Gefahr, dass der Spinneffekt in dem Spinnraum durch die geladenen Fasern behin-

dert wird, sodass der Spinnereffekt stabil erhalten werden kann. Während also die Fasern ausgerichtet und von dem Spinnraum **61** zu dem trommelförmigen Sammler **43** geführt werden, werden die gesponnenen Fasern durch eine elektrostatische Explosion gezogen, sodass die Nanofasern **f** effizient in einer großen Menge und mit einem Durchmesser im Submikrometerbereich erzeugt werden. Die derart erzeugten Nanofasern **f** werden auf dem trommelförmigen Sammler **43** gesammelt, der geerdet wird oder an dem eine Spannung mit einer zu der geladenen Polarität der Fasern entgegengesetzten Polarität angelegt wird.

[0107] Weil die Elektrodenstange **63** für eine Steuerung des elektrischen Flusses an dem Rand des trommelförmigen Sammlers **43** auf der Seite der Ringelektrode **62** mit dazwischen einem Abstand angeordnet ist, werden die elektrischen Feldlinien **65** zwischen der Ringelektrode **62** und dem trommelförmigen Sammler **43** gleichmäßig und stabil erzeugt. Weil die Ladung der Nanofasern **f** durch diese elektrischen Feldlinien induziert wird, können die erzeugten Nanofasern **f** stabil auf dem trommelförmigen Sammler **43** abgelagert und gesammelt werden.

[0108] In der vorliegenden Ausführungsform ist die Ringelektrode **62** gegenüber dem Umfang des zylindrischen Behälters **1** derart angeordnet, dass sie den Umfang des zylindrischen Behälters **1** umgibt, wobei jedoch auch eine andere Anordnung gewählt werden kann. Zum Beispiel kann die Ringelektrode **62** zu der Seite des trommelförmigen Sammlers **43** in Bezug auf den zylindrischen Behälter versetzt werden. Weiterhin kann die Breite der Ringelektrode **62** kürzer als die Länge in der Achsenrichtung des zylindrischen Behälters vorgesehen werden. Solange dabei noch eine stabförmige Elektrode vorgesehen wird, können die gewünschten Effekte erzielt werden.

[0109] In den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen wurden Beispiele von rohrförmigen Behältern wie etwa der zylindrische Behälter **1** oder der spitze, konisch-zylindrische Behälter **36** als Drehbehälter beschrieben. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf einen rohrförmigen Behälter beschränkt. Der Behälter kann eine beliebige Form aufweisen, solange der Behälter die Polymerlösung **11** aufnehmen und sich drehen kann, wobei der Behälter die Funktion der Erzeugung der Polymerfasern durch das Ausgeben der Polymerlösung **11** aus den kleinen Löchern **3** unter der Wirkung der Zentrifugalkraft erfüllt.

Industrielle Anwendbarkeit

[0110] Gemäß dem Verfahren und der Vorrichtung zum Erzeugen von Nanofasern und einem Polymervlies werden Nanofasern aus einem Polymermaterial mit einem Durchmesser im Submikrometerbereich effizient aus einer faserigen Polymerlösung erzeugt,

die aus einer Vielzahl von kleinen Löchern in einem Drehbehälter ausgegeben wird. Weil die erzeugten Nanofasern in einer Achsenrichtung des Drehbehälters ausgerichtet und geführt werden, kann das Polymervlies erzeugt werden, indem die Nanofasern einfach in einem gewünschten Bereich gesammelt werden. Und weil nur Nanofasern mit einer hohen Qualität gesammelt werden, indem nur geeignete Nanofasern ausgerichtet und geführt werden, kann die vorliegende Erfindung vorzugsweise genutzt werden, um ein stark poröses Vlies mit hoher Produktivität für die Anwendung in Batterie-Separatoren, Polymerelektrolytmembranen für Brennstoffzellen, Elektroden oder ähnlichem zu erzeugen.

Zusammenfassung

[0111] Nanofasern (**f**) werden aus einem Polymermaterial erzeugt, indem ein leitender Drehbehälter (**1, 36**) mit einer Vielzahl von kleinen Löchern (**3**) gedreht wird, während eine Polymerlösung (**11**), die durch das Lösen eines Polymermaterials in einem Lösungsmittel gebildet wird, in den Drehbehälter (**1, 36**) zugeführt wird, die aus den kleinen Löchern (**3**) des Drehbehälters (**1, 36**) ausgegebene Polymerlösung (**11**) durch eine Ladeeinrichtung (**14, 19**) geladen wird und die entladene faserförmige Polymerlösung (**11**) durch eine Zentrifugalkraft und eine aus der Verdampfung des Lösungsmittels resultierende elektrostatische Explosion gezogen wird. Die Nanofasern (**f**) aus diesem Erzeugungsschritt werden durch eine Reflexionselektrode (**16**) und/oder eine Gebläseeinrichtung (**34, 46, 59**) ausgerichtet und von einer Seite zu der anderen Seite in der Achsenrichtung des Drehbehälters (**1, 36**) geführt, wobei die Nanofasern (**f**) abgelagert werden können, um ein Polymervlies zu bilden. Die Nanofasern und das unter Verwendung der Nanofasern gebildete Polymervlies können gleichmäßig unter Verwendung einer einfachen Konfiguration mit einer guten Produktivität erzeugt werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2002-201559 [\[0006\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen von Nanofasern, das umfasst:

einen Nanofasern-Erzeugungsschritt zum Erzeugen von Nanofasern (f) aus einem Polymermaterial, indem ein leitender Drehbehälter (1, 36) mit einer Vielzahl von kleinen Löchern (3) gedreht wird, während eine Polymerlösung (11), die durch das Lösen eines Polymermaterials in einem Lösungsmittel gebildet wird, in den Drehbehälter (1, 36) zugeführt wird, die aus den kleinen Löchern (3) des Drehbehälters (1, 36) ausgegebene Polymerlösung (11) elektrisch geladen wird und die ausgegebene faserförmige Polymerlösung (11) durch die Zentrifugalkraft und eine aus der Verdampfung des Lösungsmittels resultierende elektrostatische Explosion gezogen wird, und einen Ausrichtungs- und Führungsschritt zum Ausrichten und Führen der Nanofasern (f) aus dem Erzeugungsschritt von einer Seite zu der anderen Seite in der Achsenrichtung des Drehbehälters (1, 36).

2. Verfahren zum Erzeugen von Nanofasern nach Anspruch 1, wobei der Ausrichtungs- und Führungsschritt ausgeführt wird, indem eine Spannung mit der gleichen Polarität wie die elektrische Ladung der Polymerlösung an einer Reflexionselektrode (16), die auf der einen Seite in der Achsenrichtung des Drehbehälters (1, 36) angeordnet ist, angelegt wird und/oder indem die Nanofasern (f) von der einen Seite in der Achsenrichtung des Drehbehälters (1, 36) geblasen werden, um die Nanofasern (f) auszurichten und zu führen.

3. Verfahren zum Erzeugen von Nanofasern nach Anspruch 1, wobei der Drehbehälter (1, 36) ein zylindrischer Behälter (1) ist, der eine Vielzahl von kleinen Löchern (3) auf seiner Umfangsfläche aufweist und sich um eine Achse dreht, oder ein rohrförmiger Behälter (36) ist, an dem kleine Löcher (3) derart angeordnet sind, dass sich ihre Drehdurchmesser von der einen Seite zu der anderen Seite in der Achsenrichtung vermindern.

4. Verfahren zum Erzeugen von Nanofasern nach Anspruch 1, wobei während des Nanofasern-Erzeugungsschrittes eine im wesentlichen konstante Menge der Polymerlösung (11) in dem Drehbehälter (1, 36) enthalten ist.

5. Verfahren zum Erzeugen von Nanofasern nach Anspruch 1, wobei eine Ringelektrode (62) um den Umfang des Drehbehälters (1, 36) herum angeordnet ist, die aus dem Drehbehälter (1, 36) ausgegebene Polymerlösung (11) elektrisch geladen wird, indem ein elektrisches Feld zwischen der Ringelektrode (62) und dem Drehbehälter (1, 36) erzeugt wird, und die Nanofasern (f) aus dem Erzeugungsschritt ausgerichtet und geführt werden, um aus einem Spinnraum (61) zwischen dem Drehbehälter (1, 36)

und der Ringelektrode (62) ausgegeben zu werden.

6. Verfahren zum Erzeugen einer Polymervlieses, das umfasst:

Erzeugen von Nanofasern (4) mittels des Verfahrens zum Erzeugen von Nanofasern nach Anspruch 1, und

Anlegen einer Spannung mit einer Potentialdifferenz in Bezug auf die Ladung der Nanofasern (f) an einem leitenden Sammler (18, 43), der an dem Drehbehälter (1, 36) mit einem Abstand auf der anderen Seite in der Achsenrichtung angeordnet ist, oder Erden des Sammlers (18, 43), um die erzeugten Nanofasern (f) auf dem Sammler (18, 43) abzulagern.

7. Verfahren zum Erzeugen eines Polymervlieses nach Anspruch 6, wobei eine Nanofasern-Erzeugungseinheit (50) zum Erzeugen der Nanofasern (f) und zum Ausgeben derselben zu dem Sammler (18, 43) in einer Richtung parallel zu wenigstens einer Seite des Sammlers (18, 43) oder in einer Richtung orthogonal zu der Bewegungsrichtung eines sich auf dem Sammler (18, 43) bewegenden Folienmaterials (41) hin und her bewegt wird.

8. Vorrichtung zum Erzeugen von Nanofasern, die umfasst:

einen leitenden Drehbehälter (1, 36), der drehbar gehalten wird und eine Vielzahl von kleinen Löchern (3) aufweist, die mit einem Abstand von einer Drehachse in einer Radialrichtung vorgesehen sind, eine Polymerlösungs-Zuführeinrichtung (10, 13) zum Zuführen einer Polymerlösung (11), in der ein Polymermaterial in einem Lösungsmittel gelöst ist, in den Drehbehälter (1, 36),

eine Drehantriebseinrichtung (9) zum drehenden Antreiben des Drehbehälters (1, 36),

eine Ladeeinrichtung (14, 19) zum Vorsehen einer elektrischen Ladung für die aus den kleinen Löchern (3) des Drehbehälters (1, 36) ausgegebene Polymerlösung (11),

eine Ausrichtungs- und Flusseinrichtung (16, 34, 46, 59), die auf einer Seite in einer Achsenrichtung des Drehbehälters (1, 36) angeordnet ist, um die aus den kleinen Löchern (3) des Drehbehälters (1, 36) ausgegebenen geladenen Nanofasern (f) aus der Polymerlösung (11) auszurichten und zu der anderen Seite in der Achsenrichtung des Drehbehälters (1, 36) zu führen, und

eine Steuereinheit (21) zum Steuern der Polymerlösungs-Zuführeinrichtung (10, 13), der Drehantriebseinrichtung (9), der Ladeeinrichtung (14, 19) und der Ausrichtungs- und Führungseinrichtung (16, 34, 46, 59).

9. Vorrichtung zum Erzeugen von Nanofasern nach Anspruch 8, wobei die Ausrichtungs- und Führungseinrichtung (16, 34, 46, 59) eine Reflexionselektrode (16), an der eine Spannung mit der gleichen Polarität wie die elektrische Ladung der aus den klei-

nen Löchern (**3**) des Drehbehälters (**1, 36**) ausgegebenen Polymerlösung (**11**) angelegt wird, und/oder eine Gebläseeinrichtung (**34, 46, 59**) zum Blasen der Nanofasern von einer Seite zu der anderen Seite in der Achsenrichtung des Drehbehälters (**1, 36**) aufweist.

10. Vorrichtung zum Erzeugen von Nanofasern nach Anspruch 8, wobei der Drehbehälter (**1, 36**) durch einen zylindrischen Behälter (**1**), der eine Vielzahl von kleinen Löchern (**3**) auf seiner Umfangsfläche aufweist, oder durch einen rohrförmigen Behälter (**36**) konfiguriert ist, an dem kleine Löcher (**3**) derart angeordnet sind, dass sich ihre Drehdurchmesser von einer Seite zu der anderen Seite in einer Achsenrichtung des Drehbehälters vermindern.

11. Vorrichtung zum Erzeugen von Nanofasern nach Anspruch 8, wobei eine Ringelektrode (**62**) derart angeordnet ist, dass sie den Umfang des Drehbehälters (**1, 36**) umgibt, und weiterhin eine Hochspannungs-Erzeugungseinrichtung (**64**) zum Anlegen einer Hochspannung zwischen dem Drehbehälter (**1, 36**) und der Ringelektrode (**62**) vorgesehen ist.

12. Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses in Verbindung mit der Vorrichtung zum Erzeugen von Nanofasern nach Anspruch 8, wobei die Vorrichtung zum Erzeugen eines Polymervlieses einen leitenden Sammler (**18, 43**) umfasst, der an dem Drehbehälter (**1, 36**) mit einem Abstand auf der anderen Seite in der Achsenrichtung vorgesehen ist, wobei an dem Sammler (**18, 43**) eine Spannung mit einer Potentialdifferenz in Bezug auf die elektrische Ladung der Nanofasern (f) angelegt wird oder der Sammler (**18, 43**) geerdet wird.

Es folgen 21 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

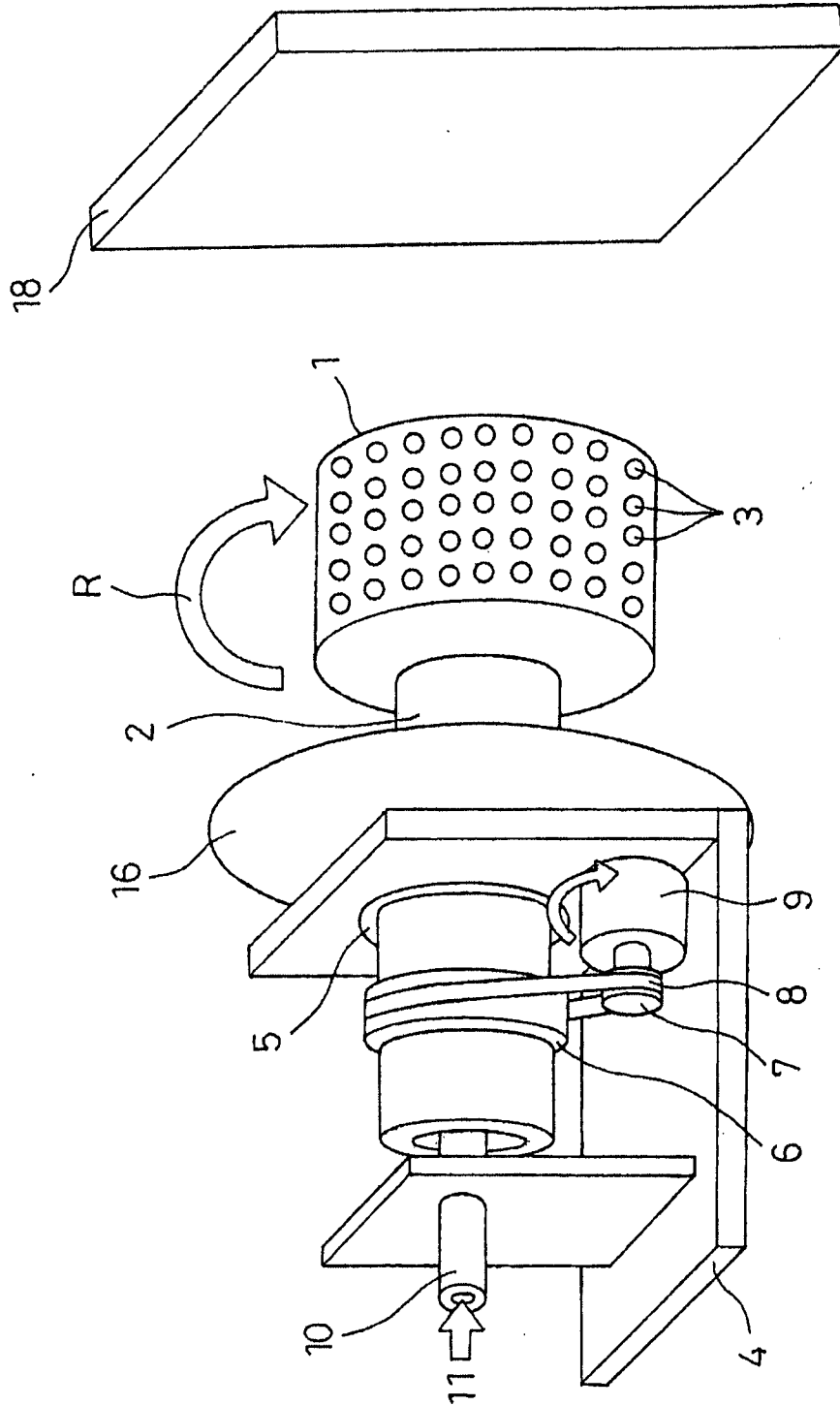


Fig. 2

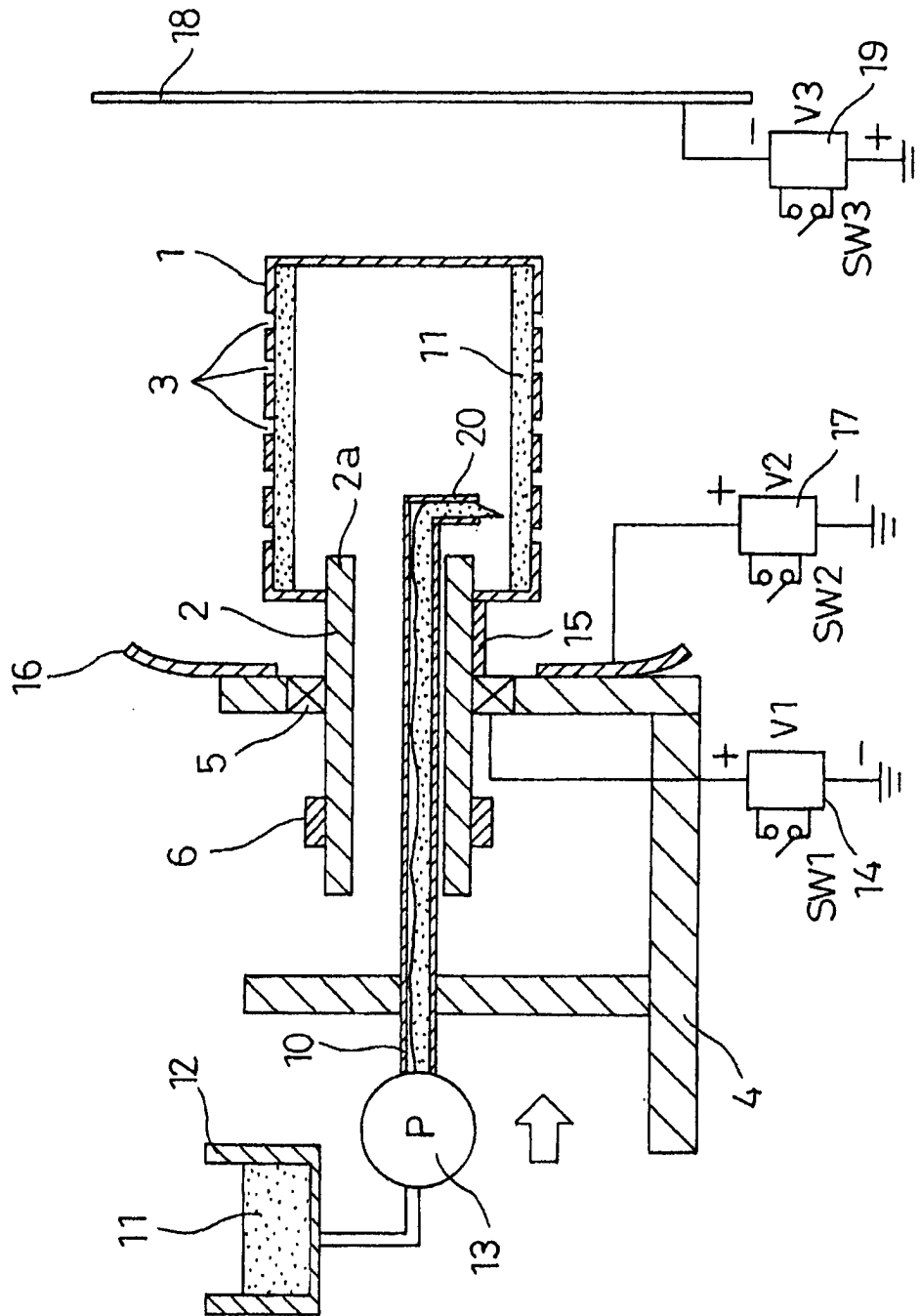


Fig. 3

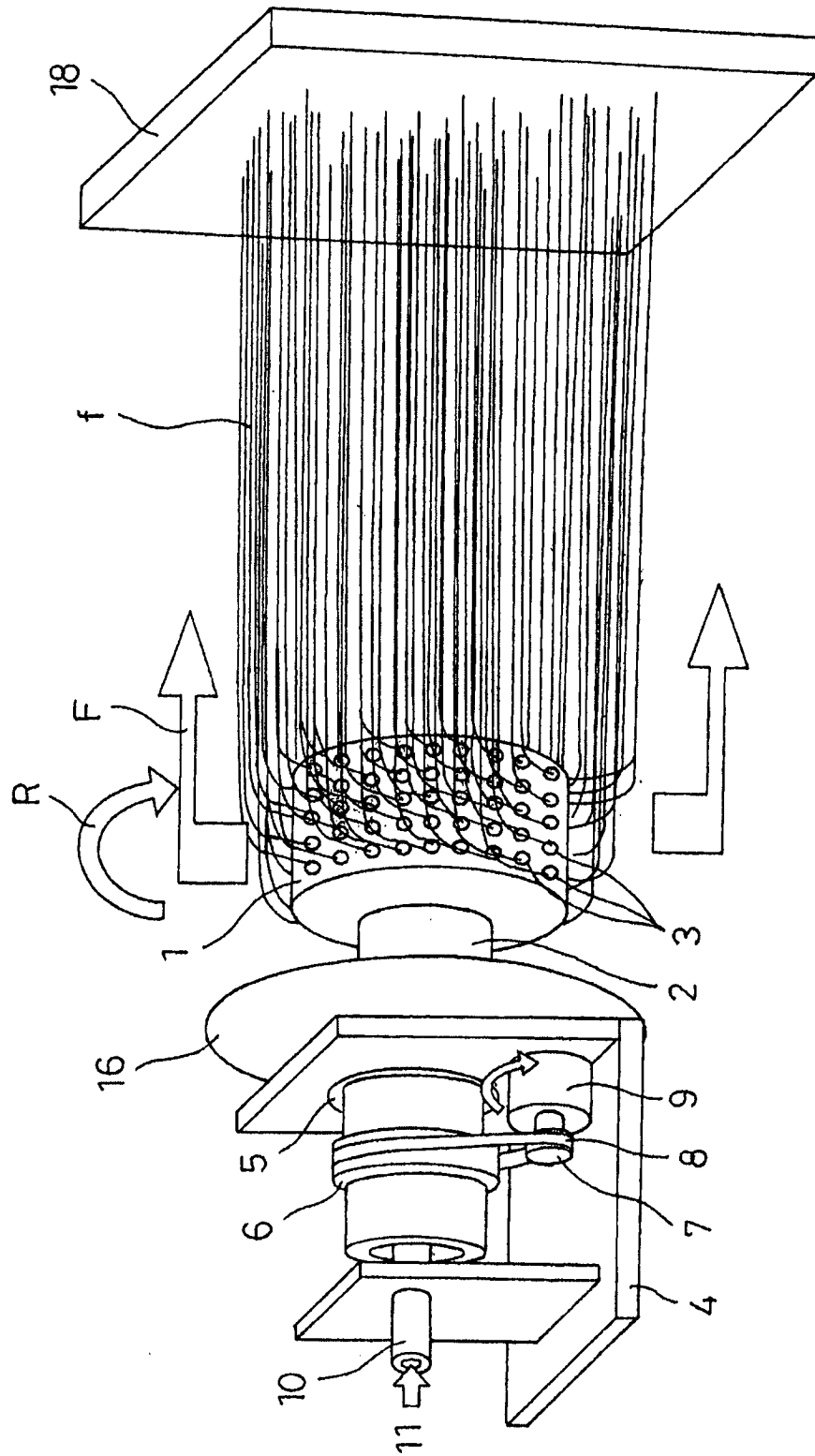


Fig. 4

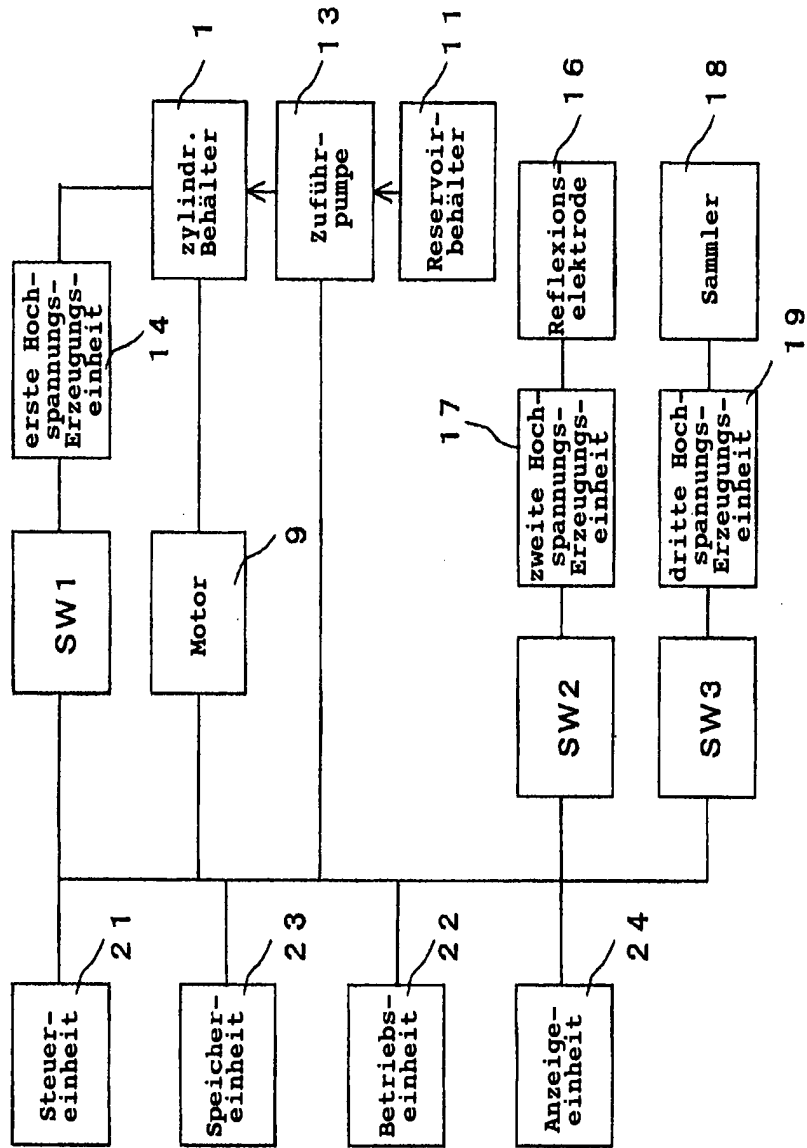
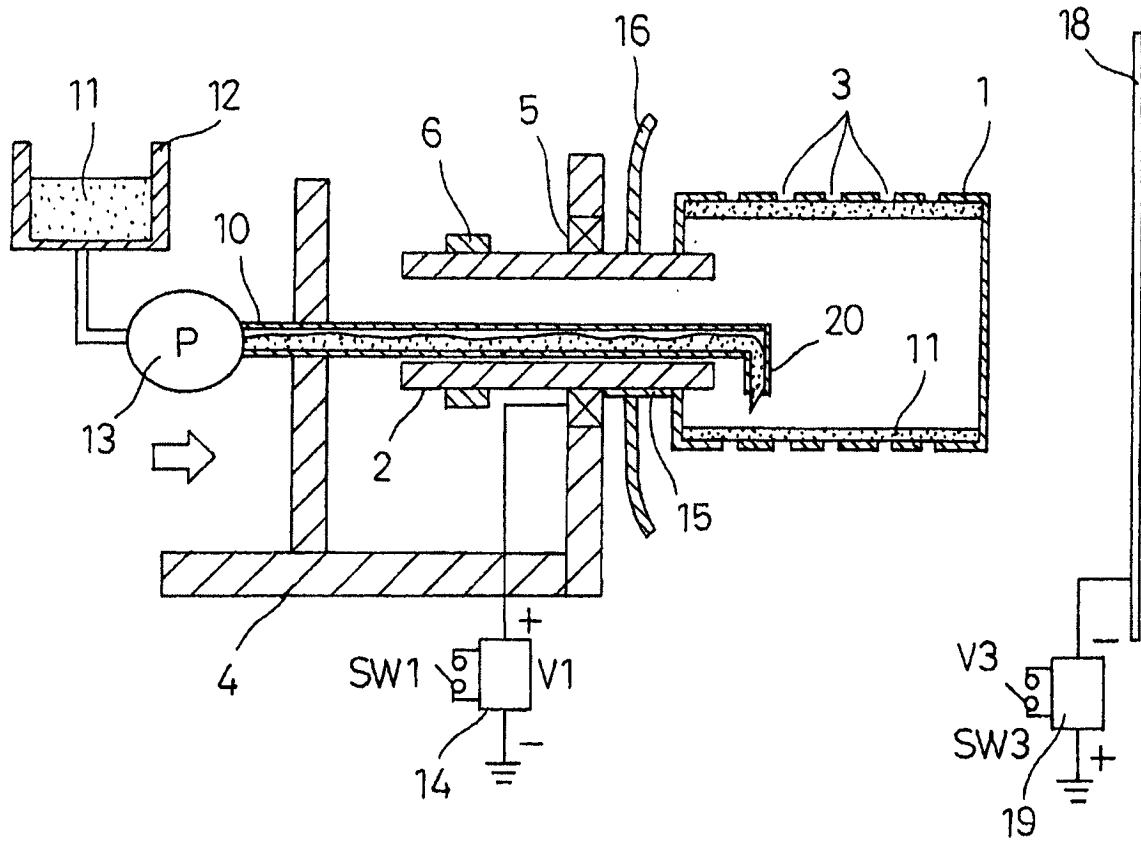


Fig. 5



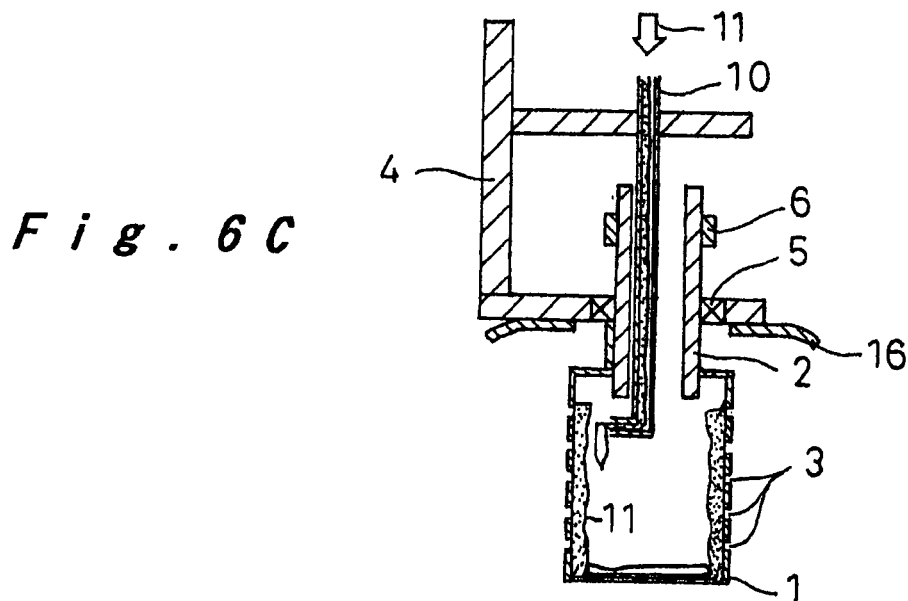
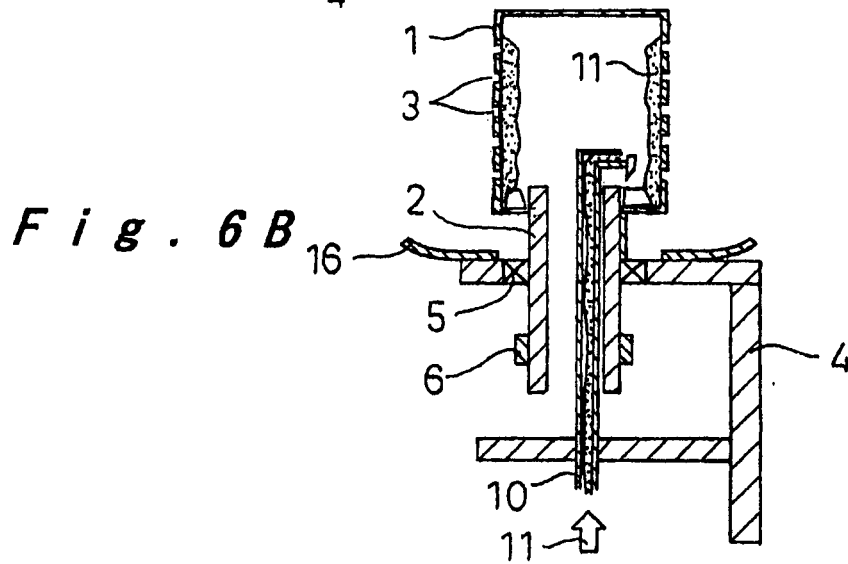
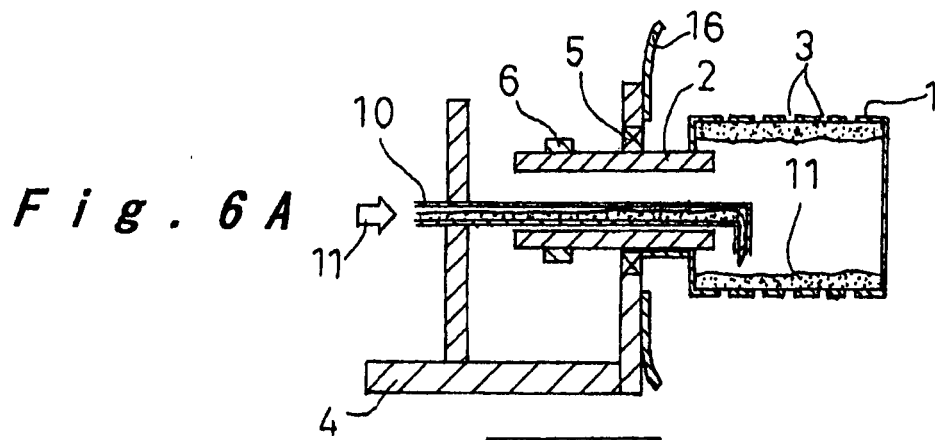


Fig. 7

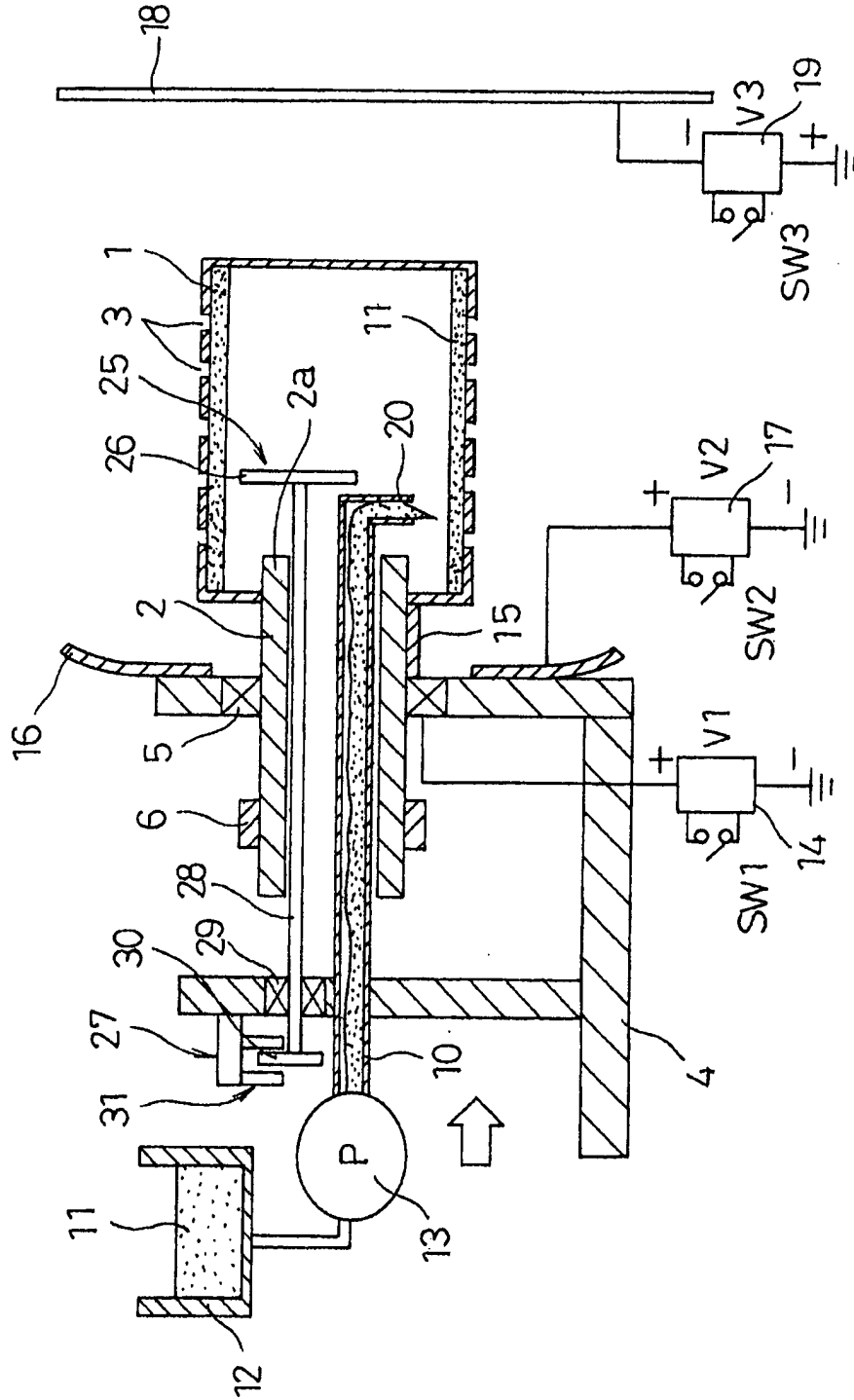


Fig. 8 A

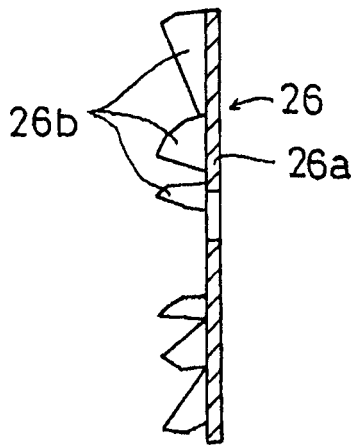


Fig. 8 B

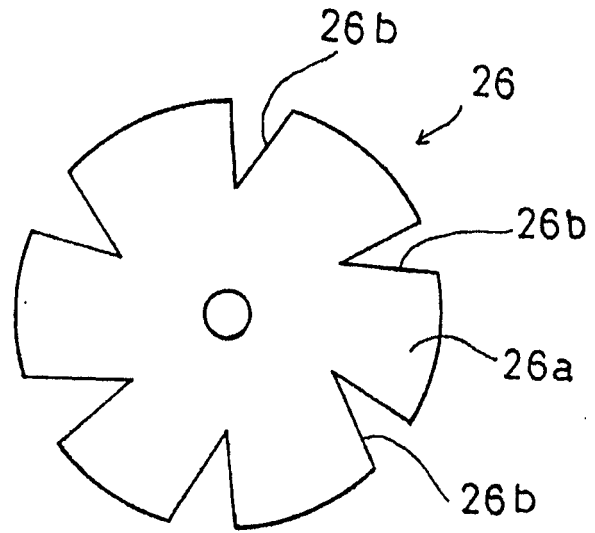


Fig. 9 A

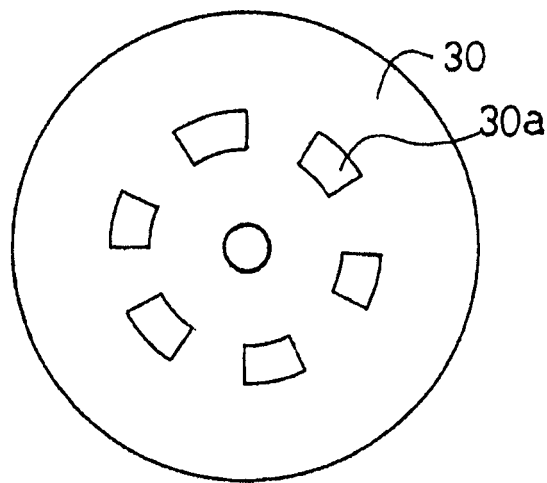


Fig. 9 B

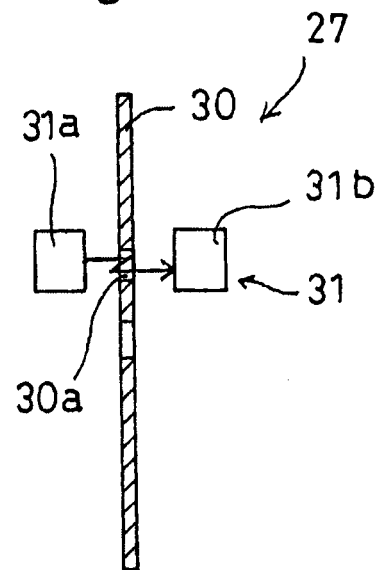


Fig. 10

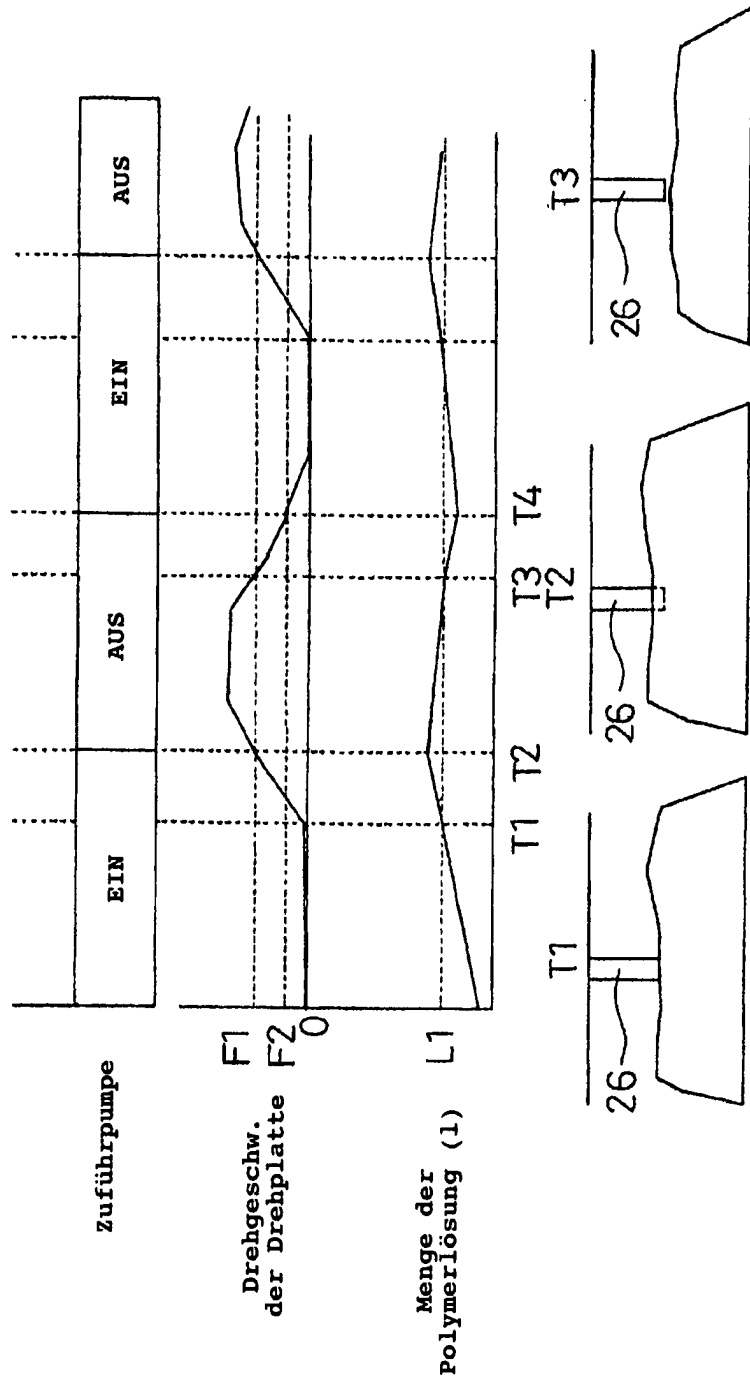


Fig. 11

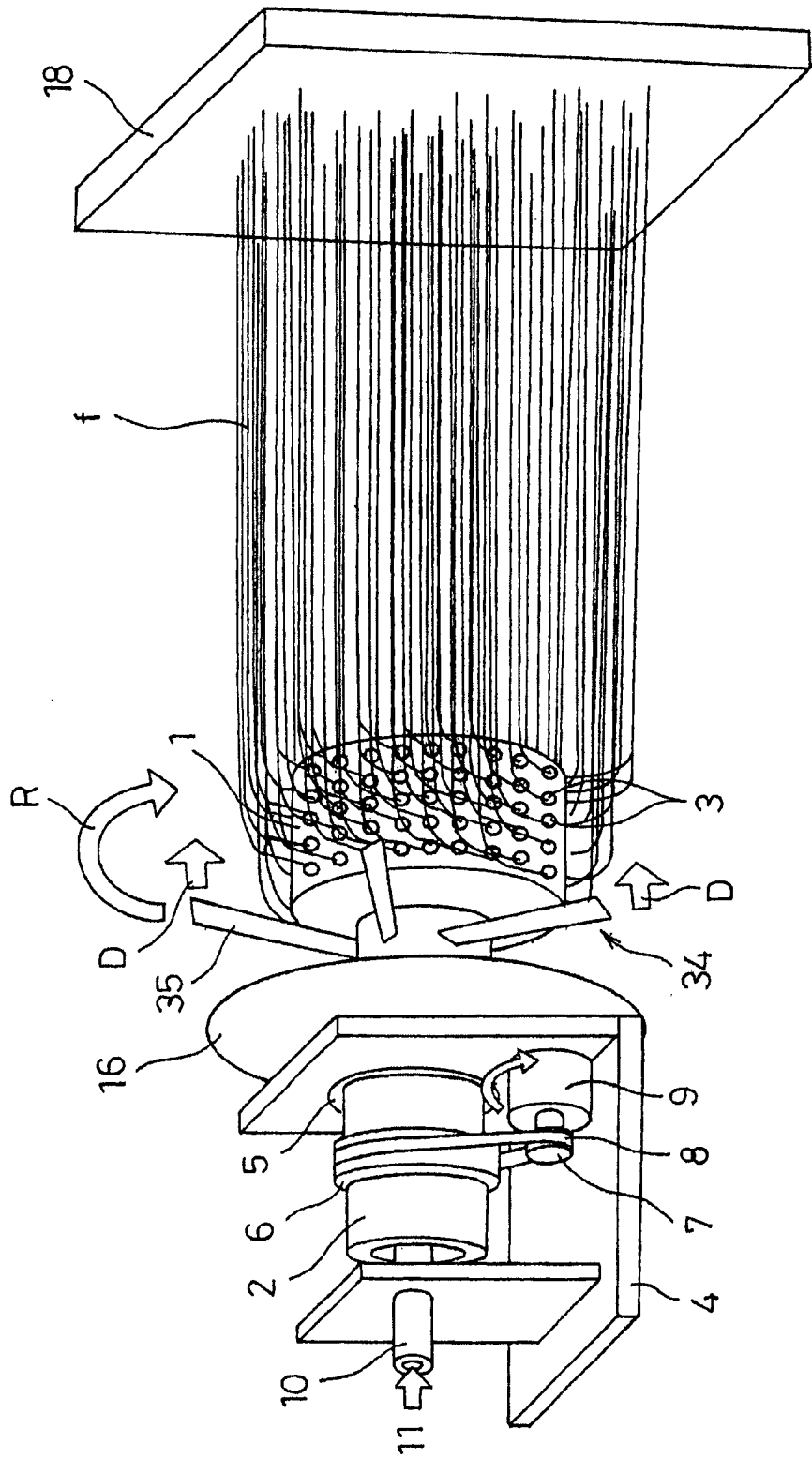


Fig. 12

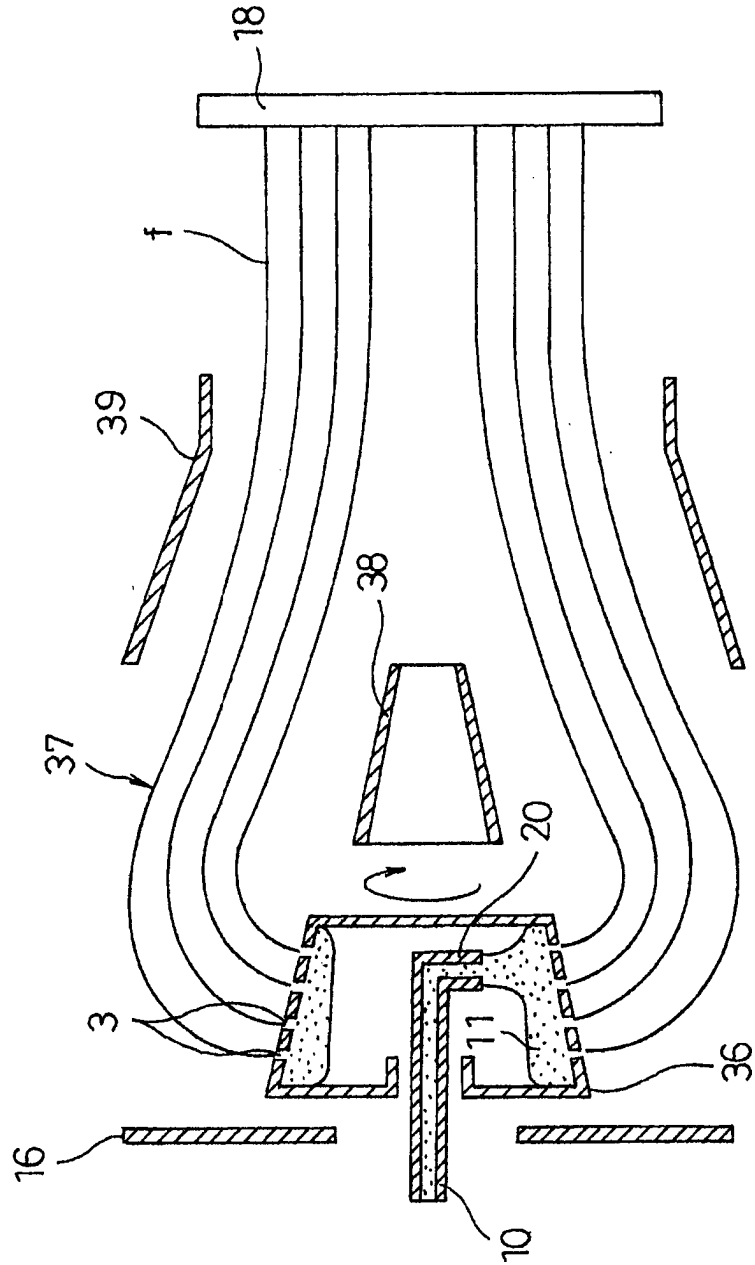


Fig. 13

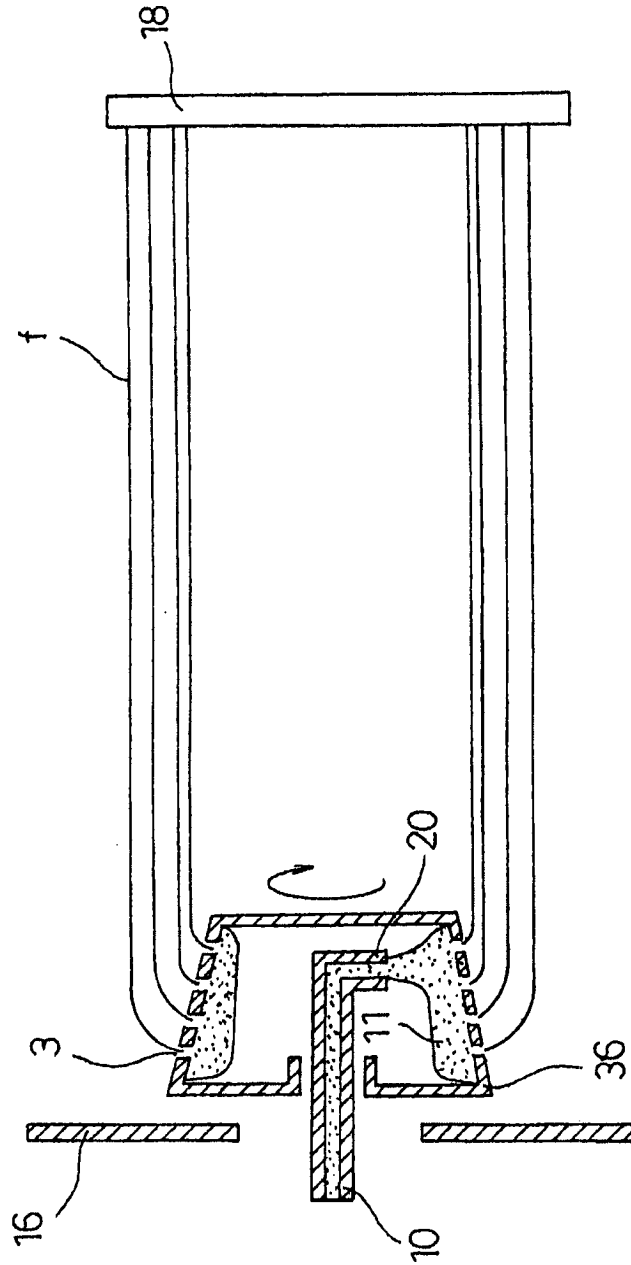


Fig. 14

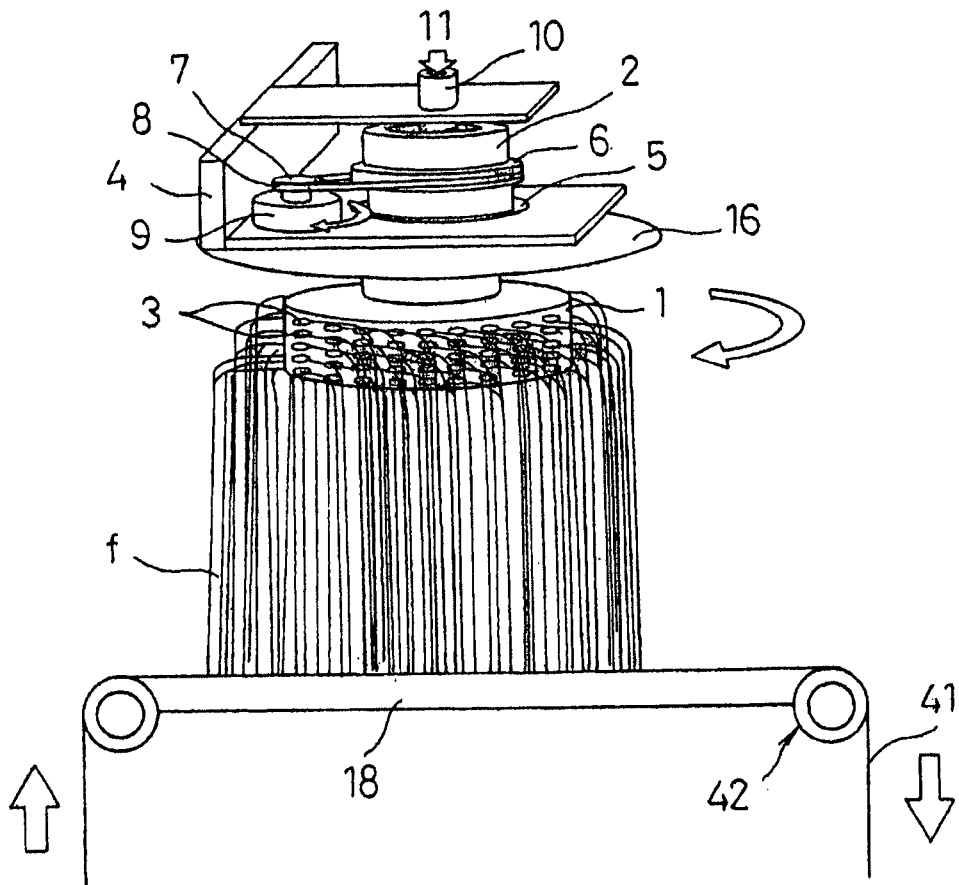


Fig. 15

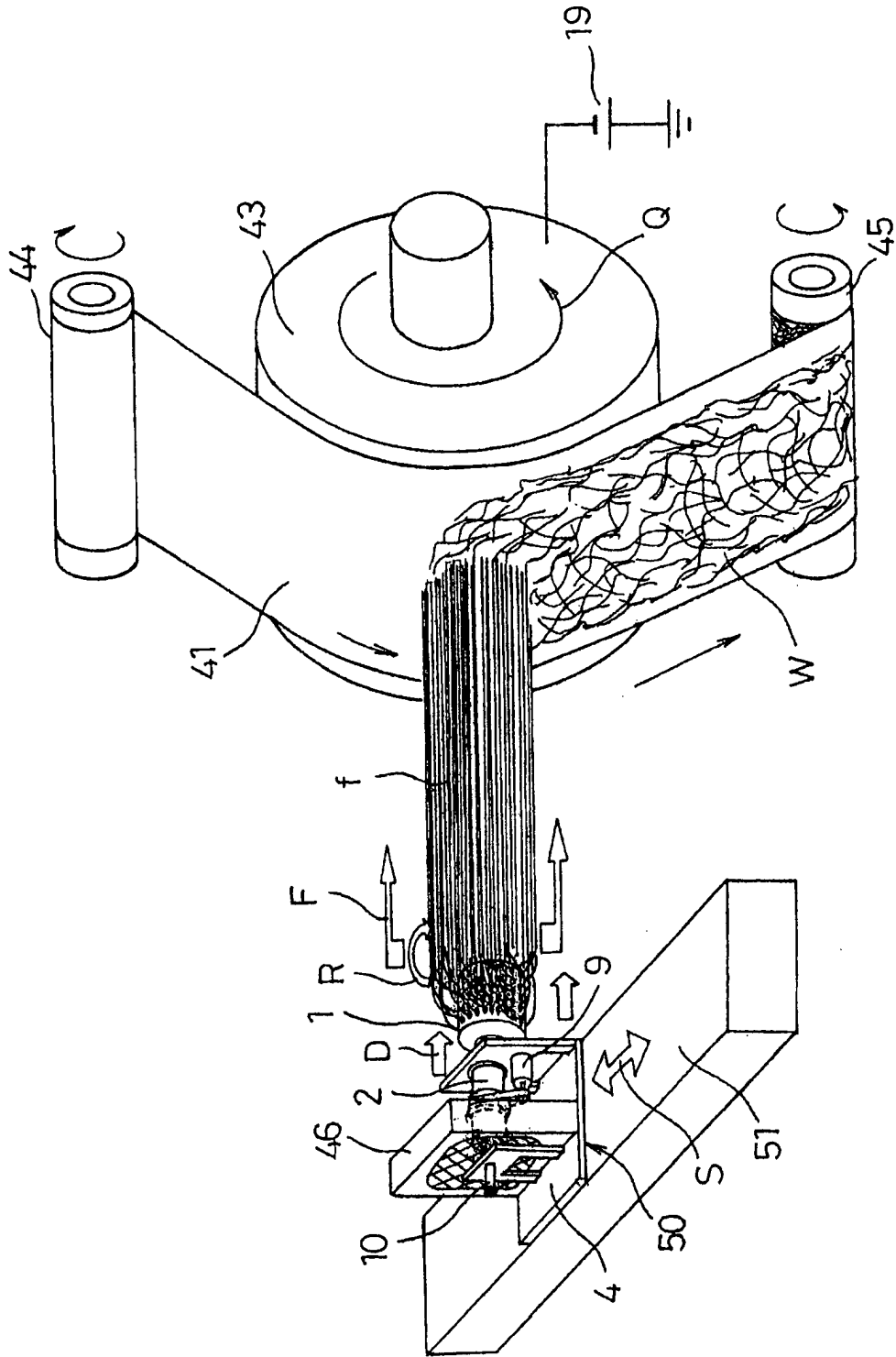


Fig. 16

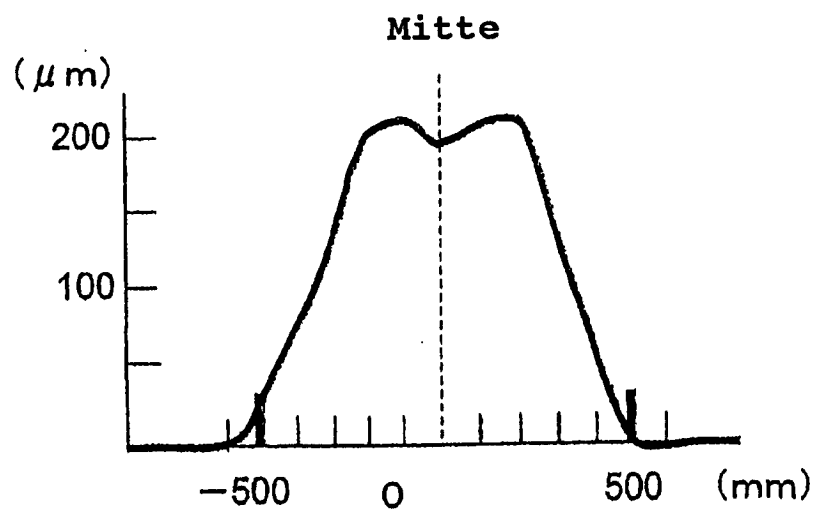


Fig. 17

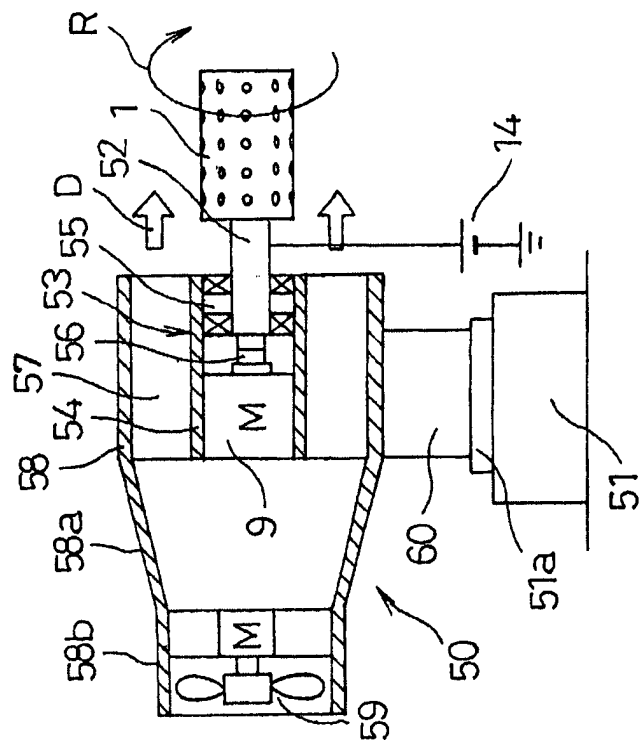
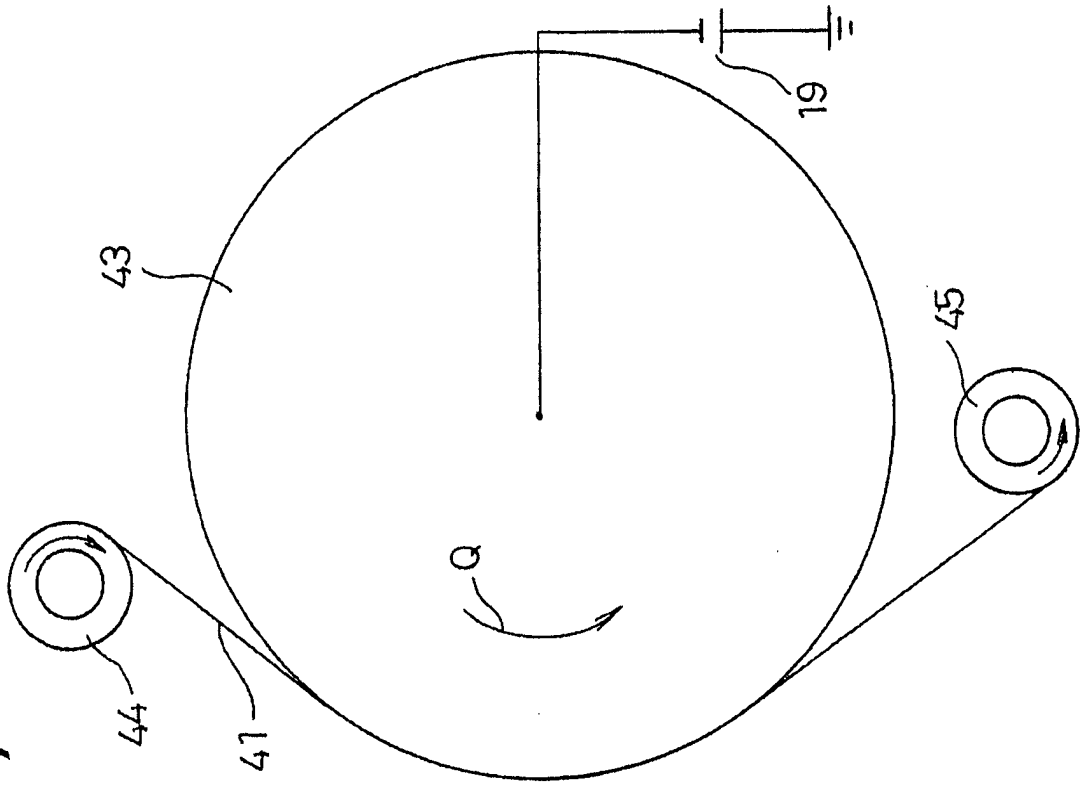


Fig. 18

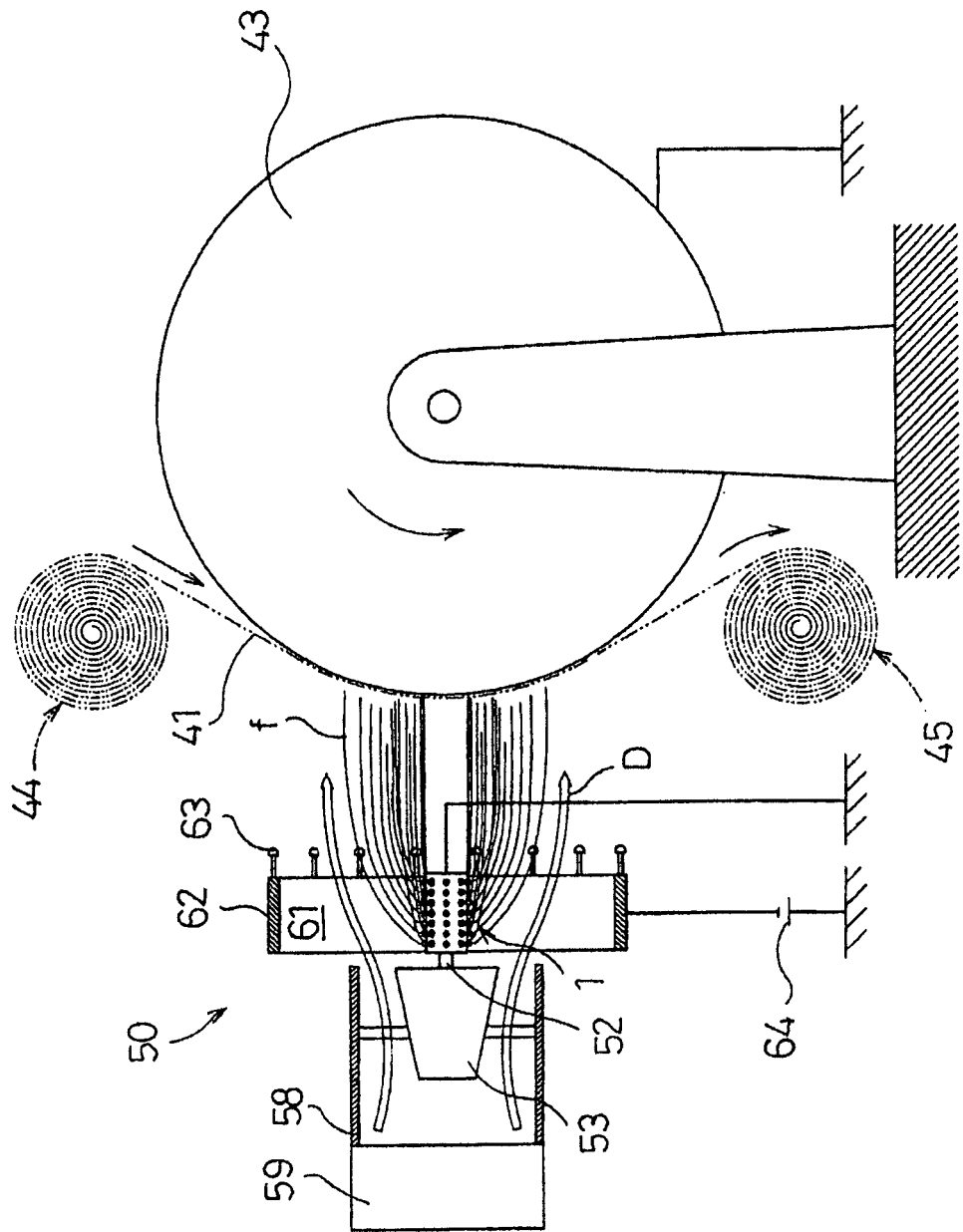


Fig. 19

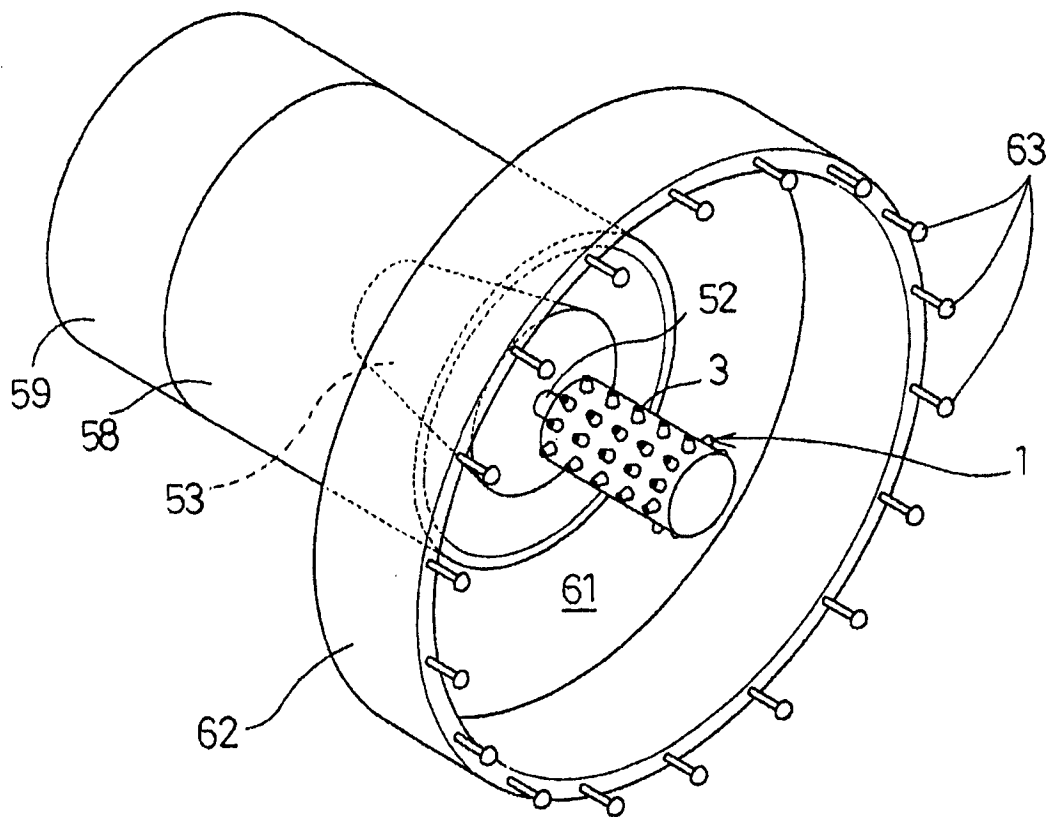


Fig. 20

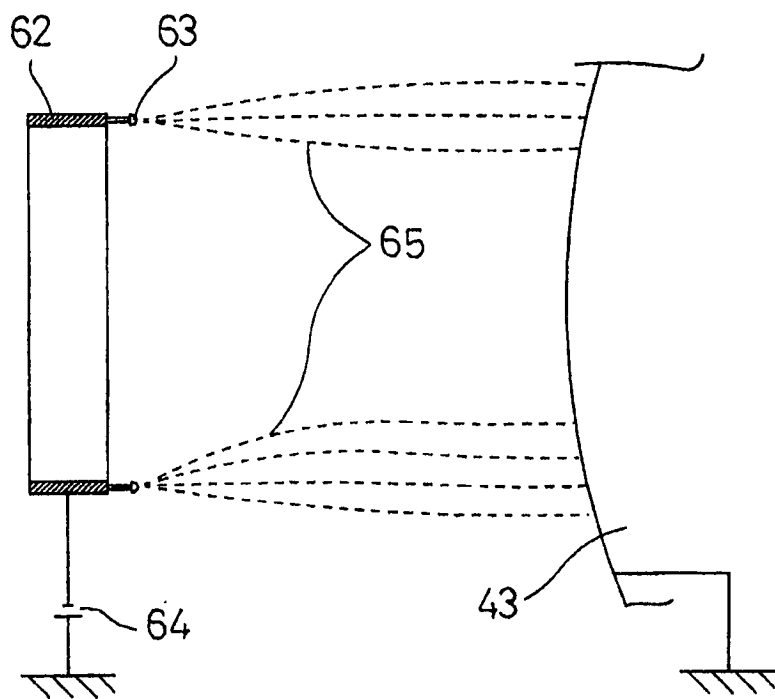


Fig. 21

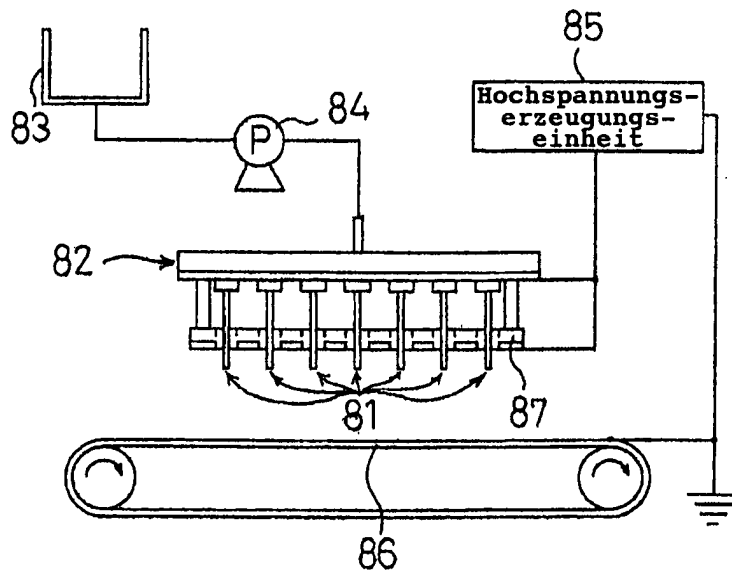


Fig. 22 A

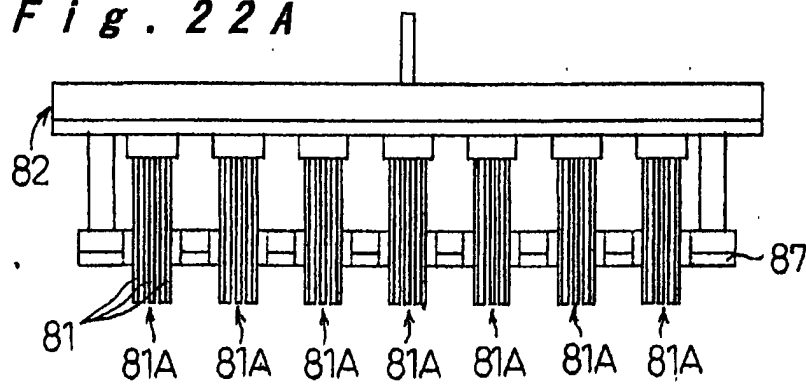


Fig. 22 B

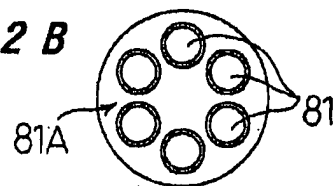


Fig. 23

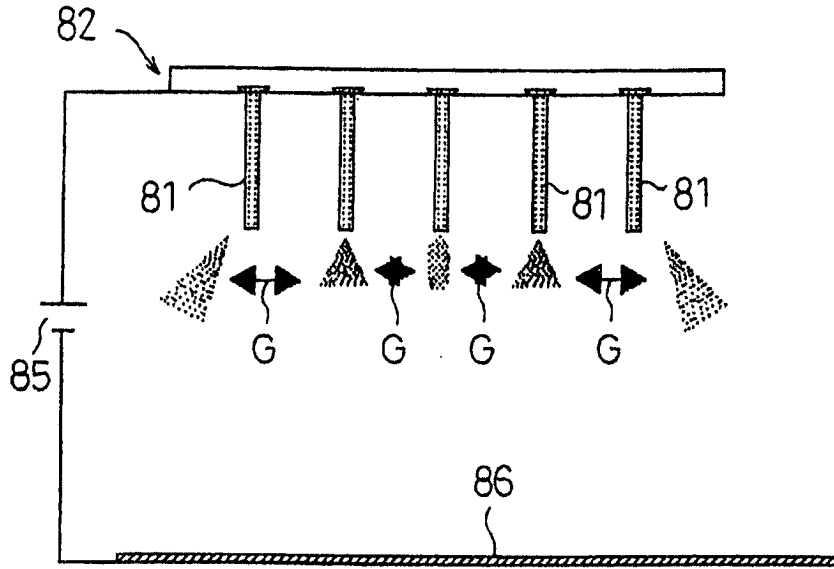


Fig. 24

