

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4517153号  
(P4517153)

(45) 発行日 平成22年8月4日(2010.8.4)

(24) 登録日 平成22年5月28日(2010.5.28)

(51) Int. Cl. F I  
B O 1 J 19/08 (2006.01) B O 1 J 19/08 Z

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-26356 (P2006-26356)	(73) 特許権者	304021831
(22) 出願日	平成18年2月2日(2006.2.2)		国立大学法人 千葉大学
(65) 公開番号	特開2007-203222 (P2007-203222A)		千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号
(43) 公開日	平成19年8月16日(2007.8.16)	(72) 発明者	大坪 泰文
審査請求日	平成19年3月26日(2007.3.26)		千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号 国立大学法人千葉大学工学部内
		(72) 発明者	杉山 博昭
			千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号 国立大学法人千葉大学大学院自然科学研究科内
		審査官	神田 和輝

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 流体制御方法及びそれを用いた流体デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

水中に、筒状電極と針状電極とを有する一対の電極を配置し、直流電圧を印加することによりジェット水流を発生させる流体制御方法であって、

前記水の導電率は、 $20 \text{ kV/m}$ 以上 $70 \text{ kV/m}$ 以下の範囲で電場を印加した場合に、 $10^{-5} \text{ S/m}$ 以上 $1 \text{ mS/m}$ 以下であり、

前記筒状電極と前記針状電極の距離は、0より大きく $1 \text{ cm}$ 以下であり、この間に $1 \text{ kV}$ 以上 $8 \text{ kV}$ 以下の電圧を印加する流体制御方法。

【請求項2】

前記針状電極は、先端部分が露出し、該先端部分以外の部分が絶縁物により被覆されていることを特徴とする請求項1記載の流体制御方法。 10

【請求項3】

前記筒状電極の電圧を前記針状電極の電圧よりも高くすることを特徴とする請求項1記載の流体制御方法。

【請求項4】

水を収納可能な筒状のハウジングと、該ハウジング内に配置される筒状電極と針状電極とを有する一対の電極と、を有し、ジェット水流を発生させる流体デバイスであって、

前記水の導電率は、 $20 \text{ kV/m}$ 以上 $70 \text{ kV/m}$ 以下の範囲で電場を印加した場合において、 $10^{-5} \text{ S/m}$ 以上 $1 \text{ mS/m}$ 以下であり、

前記筒状電極と前記針状電極の距離は、0より大きく $1 \text{ cm}$ 以下である流体デバイス。 20

## 【請求項 5】

前記針状電極は、先端部分が露出し、該先端部分以外の部分が絶縁物により被覆されていることを特徴とする請求項 4 記載の流体デバイス。

## 【請求項 6】

前記一对の電極に接続され、前記筒状電極と前記針状電極の間に 1 kV 以上 8 kV 以下の電圧を印加し、かつ、筒状電極の電圧を前記針状電極の電圧よりも高くする電源装置を有することを特徴とする請求項 4 記載の流体デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、流体制御方法及びそれを用いた流体デバイスに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

ある種の絶縁性液体に電場を与えると伝導率と誘電率の不均一性に起因して流体内部に循環流や二次流れが発生することがある。これは電気流体力学効果 (Electrohydrodynamic 効果、以下「EHD 効果」という。) と呼ばれている。

## 【0003】

これに関する技術として、例えば特許文献 1 乃至 12 に絶縁性の液体に電圧を印加して高速のジェット水流を発生させる技術が開示されている。

## 【0004】

【特許文献 1】特許 2 8 1 7 6 5 4 号公報

【特許文献 2】特許 3 1 0 9 2 6 8 号公報

【特許文献 3】特許 3 1 0 9 2 7 3 号公報

【特許文献 4】特許 3 1 5 7 8 0 4 号公報

【特許文献 5】特許 3 1 7 9 0 1 5 号公報

【特許文献 6】特許 3 1 7 9 0 1 6 号公報

【特許文献 7】特許 3 1 7 9 0 3 5 号公報

【特許文献 8】特許 3 2 2 4 9 8 5 号公報

【特許文献 9】特許 3 2 2 5 0 1 5 号公報

【特許文献 10】特許 3 2 2 5 0 1 6 号公報

【特許文献 11】特許 3 2 4 5 3 8 6 号公報

【特許文献 12】特許 3 2 6 3 3 4 6 号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかしながら、上記特許文献はいずれも絶縁性オイル等であって、可燃性がある、臭気がある、環境汚染物質として廃棄する場合に制限がある、揮発性が強い、プラスチックを溶解する等の取扱における課題が残ってしまう。

## 【0006】

そこで、本発明は、上記課題を解決し、より取扱が容易な流体制御方法及び流体デバイスを提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

本発明者らは、上記課題について鋭意検討を行ったところ、水がもっとも取扱が容易であることに着目し、試行錯誤の実験を行い、水においても流体デバイスとして機能させることができることを解明し、本発明を完成するに至った。

## 【0008】

即ち、上記課題を解決するための第一の手段として、流体制御方法を、水中に一对の電極を配置し、直流電圧を印加することにより水流を発生させるものとする。

## 【0009】

10

20

30

40

50

また、この手段において、水流はジェット水流であることが望ましく、また、一对の電極の間に印加される電圧は、1 kV以上8 kV以下であることが望ましく、この一对の電極の距離としては筒状電極と針状電極を組み合わせた場合、0以上1 cm以下であることが望ましく、針状電極と、複数の針状電極を束ねた電極群とを組み合わせた場合、0より大きく1 cm以下である。また、水の導電率は、20 kV/m以上70 kV/m以下の範囲で電場を印加した場合において、0より大きく1 mS/m以下であること、更には $10^{-5}$  S/m以上1 mS/m以下であることが望ましい。

【0010】

また、この手段において、一对の電極は、筒状電極と、針状電極を有してなることが望ましく、更にこの針状電極は、先端部分が露出し、該先端部分以外の部分が絶縁物により被覆されていることが望ましい。なお、筒状電極の電圧を前記針状電極の電圧よりも高くすることが更に望ましい。

10

【0011】

また、上記課題を解決するための他の手段として、流体デバイスとして、水を収納可能なハウジングと、該ハウジング内に配置される一对の電極と、を有するものとする。

【0012】

なおこの手段において、ジェット水流を発生させることが望ましく、また、一对の電極の間に印加される電圧は、1 kV以上8 kV以下であることが望ましく、この一对の電極の距離としては筒状電極と針状電極を組み合わせた場合、0以上1 cm以下であることが望ましく、針状電極と、複数の針状電極を束ねた電極群とを組み合わせた場合、0より大きく1 cm以下である。また、収納する水の導電率は、20 kV/m以上70 kV/m以下の範囲で電場を印加した場合において、0より大きく1 mS/m以下であること、より望ましくは $10^{-5}$  S/m以上1 mS/m以下であることが望ましい。

20

【0013】

またこの手段において、一对の電極は、筒状電極と、針状電極を有してなること、針状電極は、先端部分が露出し、先端部分以外の部分が絶縁物により被覆されていることが望ましく、更には一对の電極に接続され、筒状電極の電圧を前記針状電極の電圧よりも高くする電源装置を有することも望ましい。

【発明の効果】

【0014】

以上により本発明は、より取扱が容易な流体制御方法及びそれを用いる流体デバイスを提供することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しつつ説明する。ただし、本発明は多くの異なる態様で実施することが可能であり、以下に示す実施形態に限定されるものではない。なお、本明細書においては同一又は同様の機能を有する部分には同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

【0016】

(実施形態1)

図1に、本実施形態に係る流体デバイスの概略図を示す。本実施形態に係る流体デバイス1(以下、「本流体デバイス」という。)は、ハウジング2と、このハウジング内に配置される一对の電極3と、を有することを特徴とする。本流体デバイスは、インクジェットデバイスとして用いることができる。本流体デバイス1は、このような構成を採用することで一对の電極の間に水を供給し、電圧を印加してジェット水流を発生させ、流体デバイスとして機能する。

40

【0017】

本実施形態に係るハウジング1は、特段に制限されるものではないが、水の吸引及び吐出を行うことができるように、開口部を少なくとも二つ有することが望ましく、例えば図1で示すような両端が開口した筒状のものであることが望ましい。また、ハウジング2の

50

材質としては特段に制限はないが、この内部に配置される一対の電極 3 により印加される電圧に影響を与えないよう絶縁性のある物質であることが望ましく、例えばガラスやプラスチックなど種々のものを好適に用いることができる。

#### 【 0 0 1 8 】

ハウジング 1 の内部に配置される一対の電極 3 は、これらの間に充填される水に電場を発生させるためのものであって、この電場を用いてジェット水流を発生させることができる。一対の電極 3 は、図 1 で示すとおり筒状電極 3 1 と、針状電極 3 2 と、を有して構成され、これらは所定の間隔を保って配置されている。筒状電極 3 1 は、電場の発生によって発生したジェット水流を通過させるための開口部を有しており、材質としては、導電性を有している限り特段に制限はなく、銅やアルミ等の金属、これらの合金などを公的に用いることができる。また針状電極 3 2 は、筒状電極 3 1 に流れ込むジェット水流を阻害しないようできる限り細い針状であることが望ましく、材質としては筒状電極 3 1 と同様の材質を用いることができる。なお、特に本流体デバイスでは水を用いており、水にジェット流を発生させるためには針状電極 3 2 は、先端部が鋭利な針状であるとともに、先端部分以外の部分については絶縁物により被覆されていることが極めて望ましい。絶縁物で被覆することにより、先端近傍に電場を集中させ、水中における電場の不均一性を向上させて効率よくジェット流を発生させることができる。露出する先端部分の長さとしては、一対の電極間に発生する電場の強さにもよるが先端から 5 mm 以下であることが望ましく、より望ましくは 3 mm 以下である。なお図 2 に針状先端部分の例についての拡大図を示す。また、一対の電極は、それぞれ電圧を印加する必要があるため、配線を通じてハウジング外部の電源と接続される必要がある（但し図示省略）。

#### 【 0 0 1 9 】

また、本流体デバイスにおいて、一対の電極間の距離の望ましい範囲としては、電極の短絡を避け、十分な電圧を印加するために 0 より大きく 1 cm 以下であることが望ましく、より望ましくは 5 mm 以下、更に望ましくは 3 mm 以下である。電圧間の距離とは、下記に限定されるわけではないが、例えば一対の電極が針状電極と筒状電極（後述する）である場合、筒状電極の中心軸と電極に近い側の開口面とが交差する仮想の点と針状電極の先端との距離をいい、特に針状電極と筒状電極との組み合わせの場合は 0 を含めても良い。また、一対の電極が針状電極と少なくとも一つの針状電極を組み合わせた電極群とである場合は、対向する針状電極の先端同士の距離のうち、もっとも短いものをいう。

#### 【 0 0 2 0 】

また、電極間に印加される電圧としては、上記の望ましい範囲内において 1 kV 以上 8 kV 以下であることが望ましい。但し、ジェット水流を発生させるための条件には電場の強さも大きく影響するため、一対の電極の間に印加する電圧を上記一対の電極間の距離で割った値において、300 kV/m 以上 3000 kV/m 以下であることが望ましく、より望ましくは 2500 kV/m 以下である。

#### 【 0 0 2 1 】

本流体デバイスは、針状電極よりも筒状電極に印加する電圧を高くすることによってジェット水流を発生させることができる。発生させる電場の強度は電極間の距離にも依存するが、電場強度と導電率に大きく依存する。電場強度としては例えば 20 kV/m 以上 70 kV/m 以下であることが望ましく、水の導電率としては、上記電場強度の下で 1 mS/m 以下であることが望ましく、より望ましくは  $10^{-5}$  S/m より大きく 1 mS/m 以下である。なおこの導電率の測定における電場強度とは、一対の平板を一定の距離配置し、この間に電圧を印加することで求めることができるものである。

#### 【 0 0 2 2 】

以上、本実施形態に係る流体デバイス、流体制御方法によると、水を作動液体として用いているためより取扱が容易となり、その応用範囲を飛躍的に広げることができる。

#### 【 0 0 2 3 】

（実験例）

上記流体デバイスの効果を確認するために、実際の流体デバイスのモデルを作成し、効

10

20

30

40

50

果を確認した。以下具体的に説明する。

【0024】

まず、内径4.0mm、外径6.0mm、長さ370mmのシリコンチューブ21内に外径4.0mm、内径2.4mm、長さ8.0mmのすずめっきを施してある銅製の筒状電極31と、その下側に径0.12mm、長さ1.0mmの銅製の針状電極32を、3.0mmの間隔をあけて配置した。そして導線を各電極に接合した後、円筒外部の金属面露出部分を絶縁し、スタンドのアームを用いて固定し、流体デバイスとした。なお、本実施例において針状電極32は、先端部1mmだけ露出させた形状とした。

【0025】

そしてこの下部にガラス製のリザーバー4を用意し、水面が筒状電極の上面の1cmの位置となるように水を入れた(図3参照)。その後、作成したこの流体デバイスを導線を介して電源5に接続し、針状電極をマイナス(アース)、上部の筒状電極をプラスとして、電圧を印加した。なお、ここで水としては、水道水、蒸留水、イオン交換水の3種類の水を用い、そのそれぞれについて水面の昇降について測定した。この結果を図4に示す。この図の横軸には、印加電圧を電極間隔(3.0mm)で割った値を電場強度として示している。

【0026】

図4の結果によると、水道水では水中の電解質等の影響により過度の電流が流れるため、0.2kVの電圧までしか印加することができず、水面の上昇は見られなかった。一方、蒸留水、イオン交換水は7kVまでの範囲で測定でき、電圧が高くなるほど水面が上昇するのを確認した。なお、7kVの場合、電圧の印加によりチューブ内の水面が最高点に達した後、電圧を一定に保っても水面は徐々に下降してしまった。ただし、その反対に電流の増大を確認することができた。また、7kVの電圧を印加した場合において、蒸留水は0.2mA、イオン交換水は1.2mAを示していたが、7kVより高い電圧を印加し、電流が3mAを越えてしまうと放電が起こり、それとともに水面が激しく上下し、安定的なデータを得ることはできなかった。なお図4より、イオン交換水のほうが蒸留水よりも水面が高くなることが確認できた。

【0027】

また、上記結果に加え、更に、導電率の電場強度依存性を調べた。この結果を図5に示す。この結果、水道水よりも蒸留水の導電率は低く、更に、イオン交換水は蒸留水の導電率よりも低いことが確認できた。この結果、望ましい水の伝導率の範囲としては、20kV/m以上70kV/m以下の電場強度の範囲内において、1mS/m以下であることが望ましく、より望ましくは0.5mS/m以下である。なおこの場合の電場強度とは、対向して配置した一対の導電板に電圧を印加し、導電板間の距離で割った値をいう(ここでは半径3.5mmの円板を使用し測定した)。

【0028】

また、本流体デバイスは、インクジェットデバイスとしても応用でき、その構成を図6に示す。図6に示す流体デバイスは、上記構造に加え、更にノズル6を配置している点を特徴とする。そして、このデバイスにイオン交換水を用い、7kVの電圧を印加したところ、針状電極から筒状電極の方向に毎秒 $2.0 \times 10^3 \text{ mm}^3$ 、高さ33mmの噴出が確認できた。この結果、インクジェットデバイスとしての応用を確認できた。

【0029】

(実施形態2)

本実施形態は、流体デバイスをモーターに適用した場合の例であり、本実施形態に係る流体デバイスも、水を収納可能なハウジング2と、該ハウジング内に配置される一対の電極3と、を有していることを特徴とする。図7に本実施形態に係る流体デバイスの断面概略図を、図8に本流体デバイスの上面図を、及びその一部拡大図を示す。

【0030】

図7、8で示すように本流体デバイス1は、水を収納可能な円筒形のハウジング8と、このハウジング8内に配置される中心軸9と、この中心軸9に接続される複数の羽根10

10

20

30

40

50

と、ハウジング 8 の外周部分であって、かつ、中心軸と垂直な平面上に形成される一対の電極 3 と、を有して構成されている。ハウジング 8 内には水が収納され、一対の電極に電圧を印加することでジェット水流を発生させ、羽根及び回転軸を回転させ、モーターとして機能させることができる。

【 0 0 3 1 】

ハウジング 8 の材質は、実施形態 1 とほぼ同様のものを使用することができるが、本実施形態におけるハウジング 8 は、水を吐出させるものではないため、開口部は必ずしも必要ではない。但し、中心軸 9 及び複数の羽根 10 を配置するため、円筒形状であって、少なくとも中心軸を支持する底部を有することが望ましい。また、水を空気中で放置する場合、空気中の不純物により導電率が上がってしまう場合があるため、蓋を有し、密封されている構成とすることも好ましい。

10

【 0 0 3 2 】

中心軸 9 は、円筒形状であるハウジング 8 の軸に沿って配置されるものであり、複数の羽根 10 が接続されている。中心軸 9、羽根 10 の材質としては特段に制限はないが、電極により印加される電圧に影響を及ぼさないよう絶縁性を有することが極めて望ましく、例えばプラスチックなどを好適に用いることができる。そして本流体デバイスでは、一対の電極間に電場を発生させることで先の実施形態同様ジェット水流を発生させ、羽根を回転させ、モーターとして機能させることができるようになる。

【 0 0 3 3 】

なお、一対の電極としては、実施形態 1 と同様に筒状電極と針状電極の組であってもよいが、本流体デバイスでは水を吐出させる必要がないため、一対の針状電極としてもよい。本実施形態では、一対の電極 3 として、針状電極 3 3 と、複数の針状電極を組み合わせた複合電極 3 4 と、を用いている。なお、複合電極 3 4 は、ハウジング 8 内で針状電極 3 4 に折り曲げられている。

20

【 0 0 3 4 】

以上、本実施形態に係る流体デバイス、流体制御方法によると、水を作動液体として用いているためより取扱が容易となり、その応用範囲を飛躍的に広げることができる。

【 0 0 3 5 】

(実施例 2)

実施形態 2 に係る流体デバイスの効果について確認するために、実際に流体デバイスを作成し、効果を確認した。

30

【 0 0 3 6 】

本実施例に係る流体デバイスにおいては、ハウジングの内径を 12 . 5 mm、長さを 40 mm とし、羽根は 1 枚当たり幅 8 mm、長さ 30 mm のものを使用し、45 度ずつずらして中心軸に 8 枚接続した。一対の電極としては、直径が 0 . 12 mm、先端部が 1 mm 露出した針状電極と、直径が 0 . 12 mm、先端部が 3 mm 露出した針状電極を 10 本束ねた電極郡と、を用い、これらを 3 mm 離して配置した。なお水は、羽根すべてが水に漬かるようハウジング 8 に充填した。

【 0 0 3 7 】

ここで、水に蒸留水を用いた本流体デバイスの動作における電圧と回転数との関係を調べた。図 9 にこの結果を示す。なお、回転数は、電圧を印加してから 10 秒後にハイスピードカメラでモーターの回転する様子を撮影し、モーターの回転数を求めることで定めた。この結果、電圧が高いときは、印加とほとんど同時に回転運動が始まり、このときローターは反時計方向に回転した。回転数は電圧とともに二次関数的に増加し、高電圧における回転ほど速く、例えば 7 kV では、約 300 rpm であった。この結果は実用モーターに近いものであった。なおこのときの電流は一組当たり 0 . 7 mA、モーター全体としての消費電力は約 10 W であった。

40

【 0 0 3 8 】

以上のとおり、上記実施形態における流体デバイス、流体制御方法の有用性を確かめることができた。

50

## 【産業上の利用可能性】

## 【0039】

以上のとおり、本発明によれば、流体制御方法、流体デバイスとして産業上利用が可能である。より具体的には、これを用いてモーター、ポンプ、インクジェットデバイスなどの製品として産業上の利用が可能である。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0040】

【図1】実施形態1に係る流体デバイスの斜視図。

【図2】実施形態1に係る針状電極の先端部の部分拡大図。

【図3】実施例1に係る流体デバイスの概略図。

10

【図4】実施例1に係る流体デバイスにおける電場強度と高さとの関係を示す図。

【図5】実施例1に係る流体デバイスにおける電場強度と誘電率との関係を示す図。

【図6】実施形態1に係る流体デバイスをインクジェットデバイスに用いた場合の図。

【図7】実施形態2に係る流体デバイスの断面図。

【図8】実施形態2に係る流体デバイスの上面図。

【図9】実施例2に係る流体デバイスにおける電圧と回転数との関係を示す図。

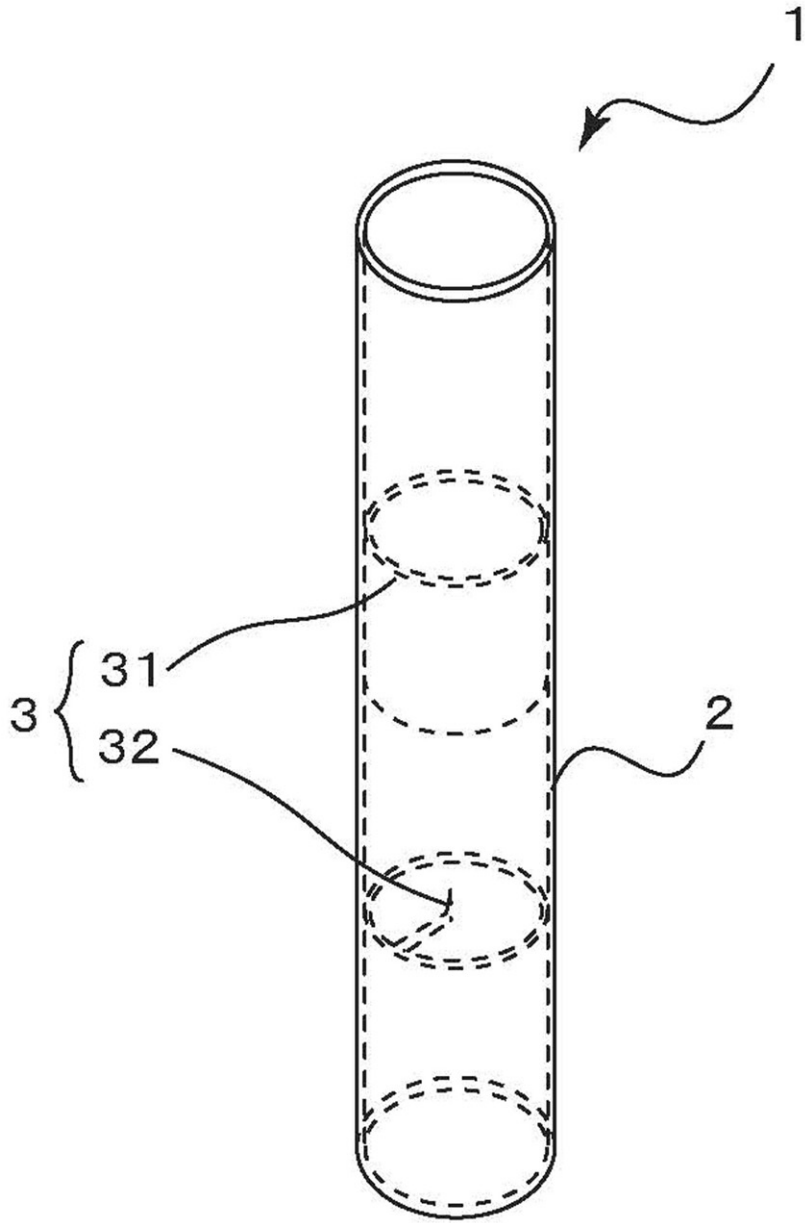
## 【符号の説明】

## 【0041】

1 ... 流体デバイス、2 ... ハウジング、3 ... 一对の電極、4 ... リザーバー、5 ... 電源、6 ... ノズル、8 ... ハウジング、9 ... 中心軸、10 ... 羽根、21 ... シリコンチューブ、31 ... 筒状電極、32 ... 針状電極

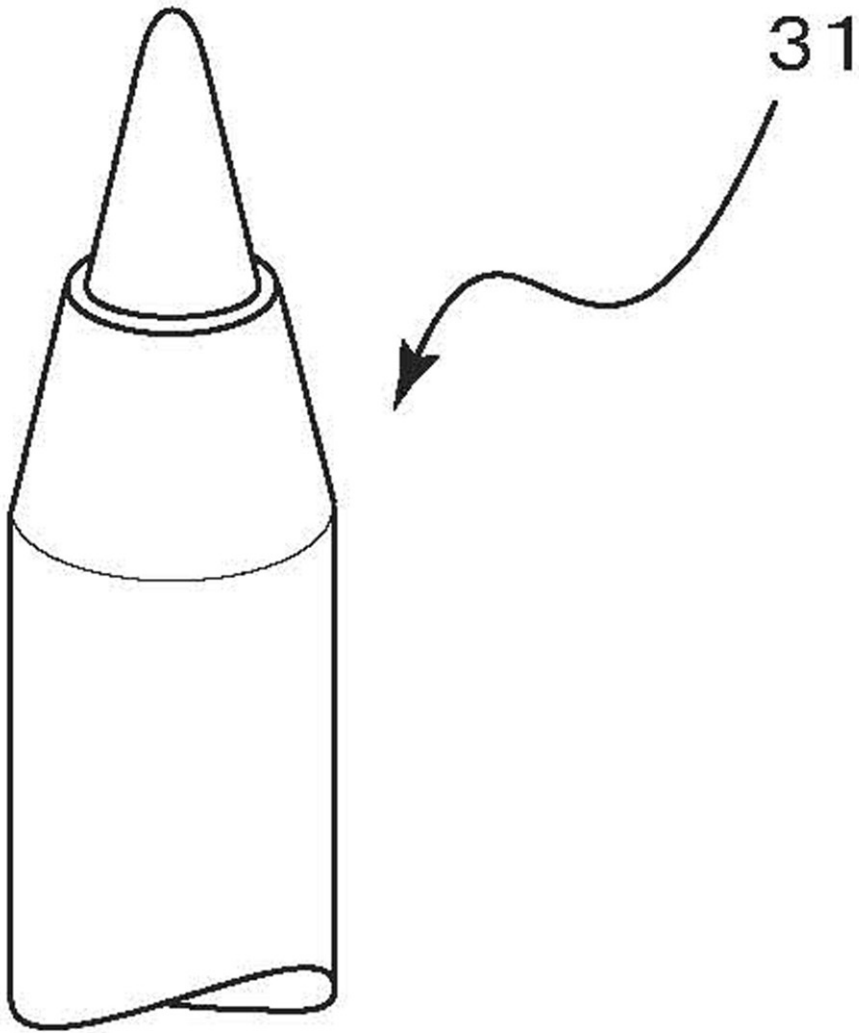
20

【図1】

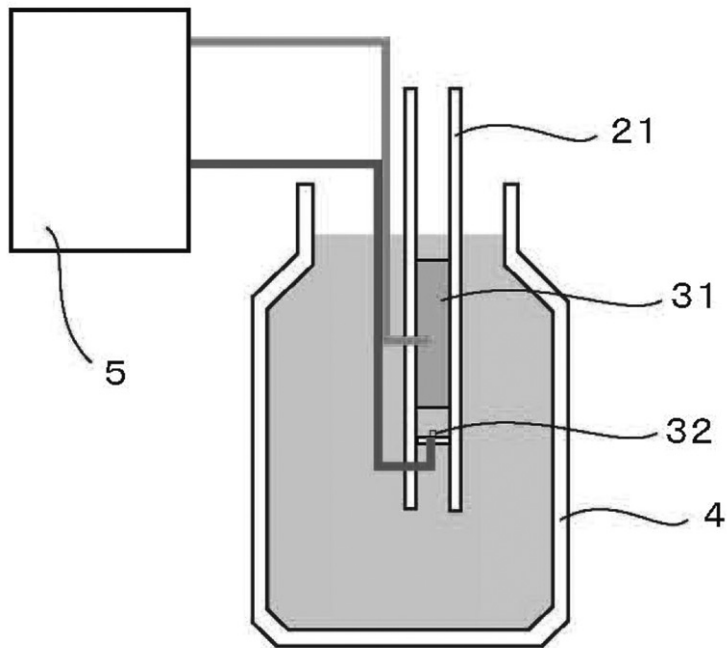




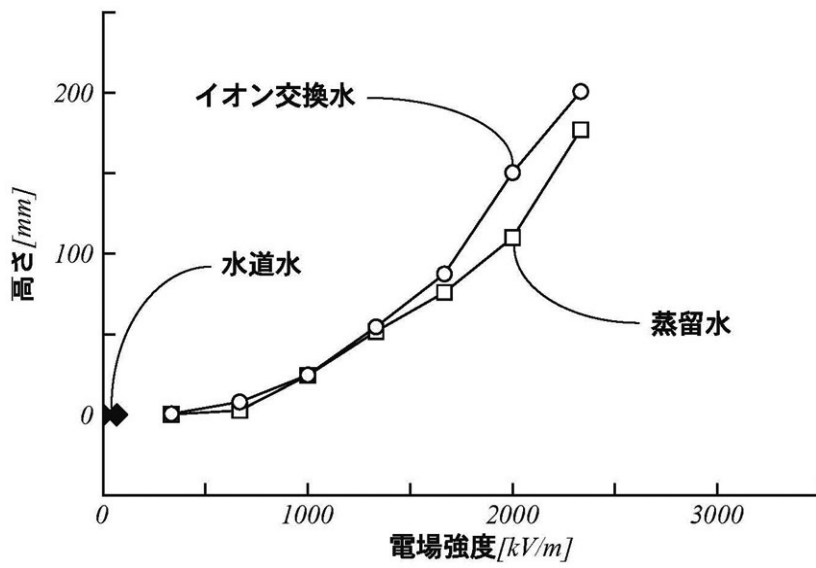
【図2】



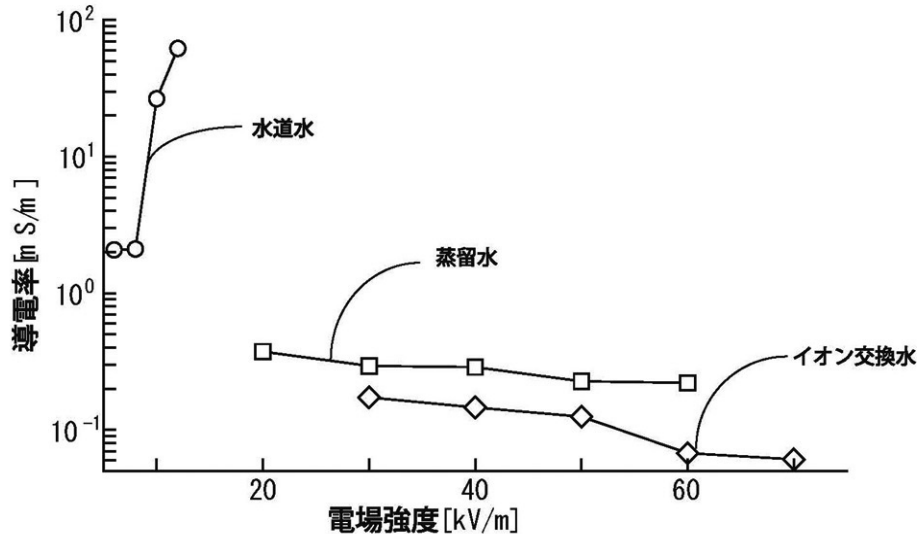
【 図 3 】



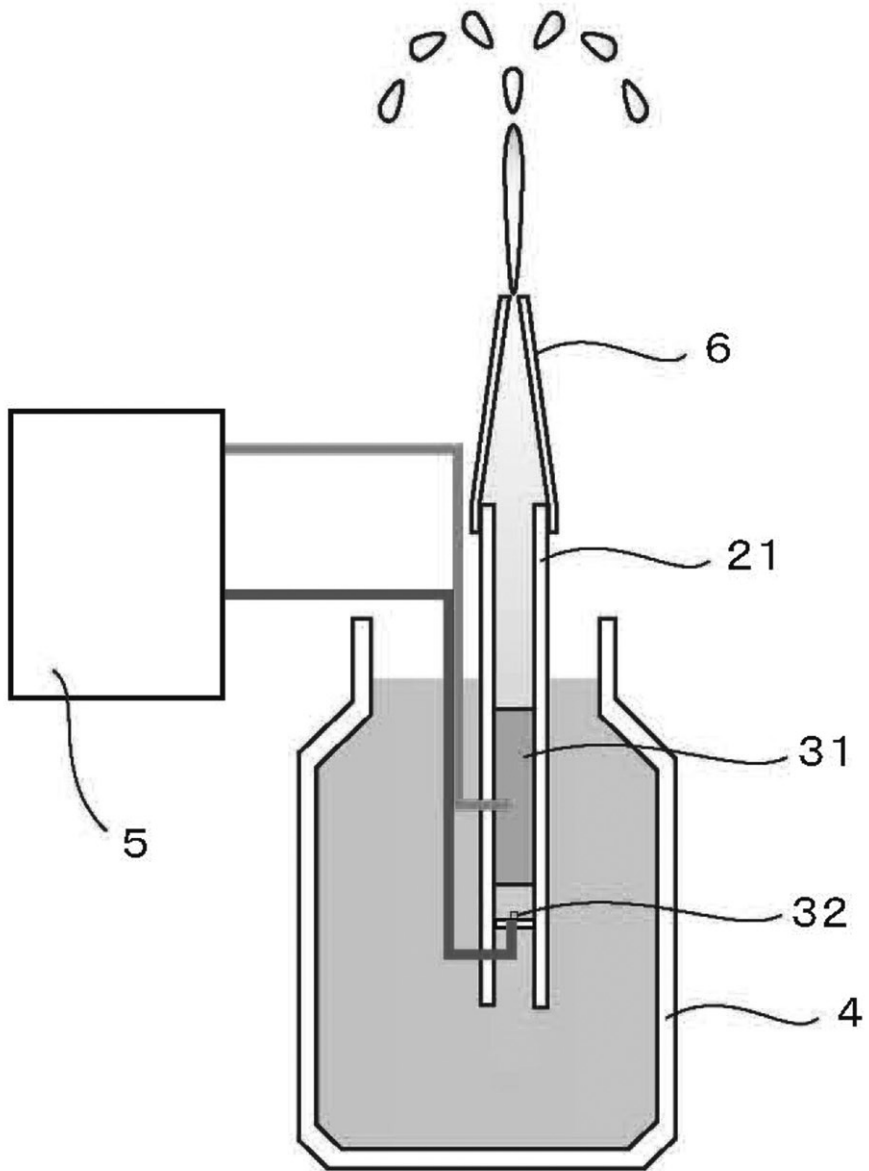
【 図 4 】



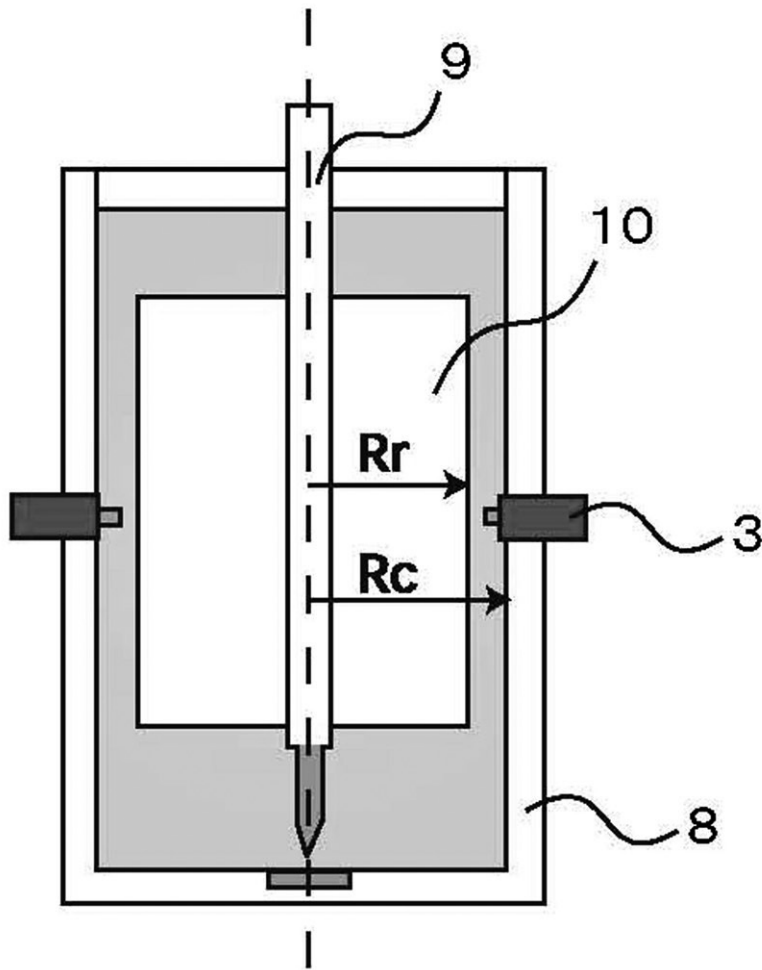
【 図 5 】



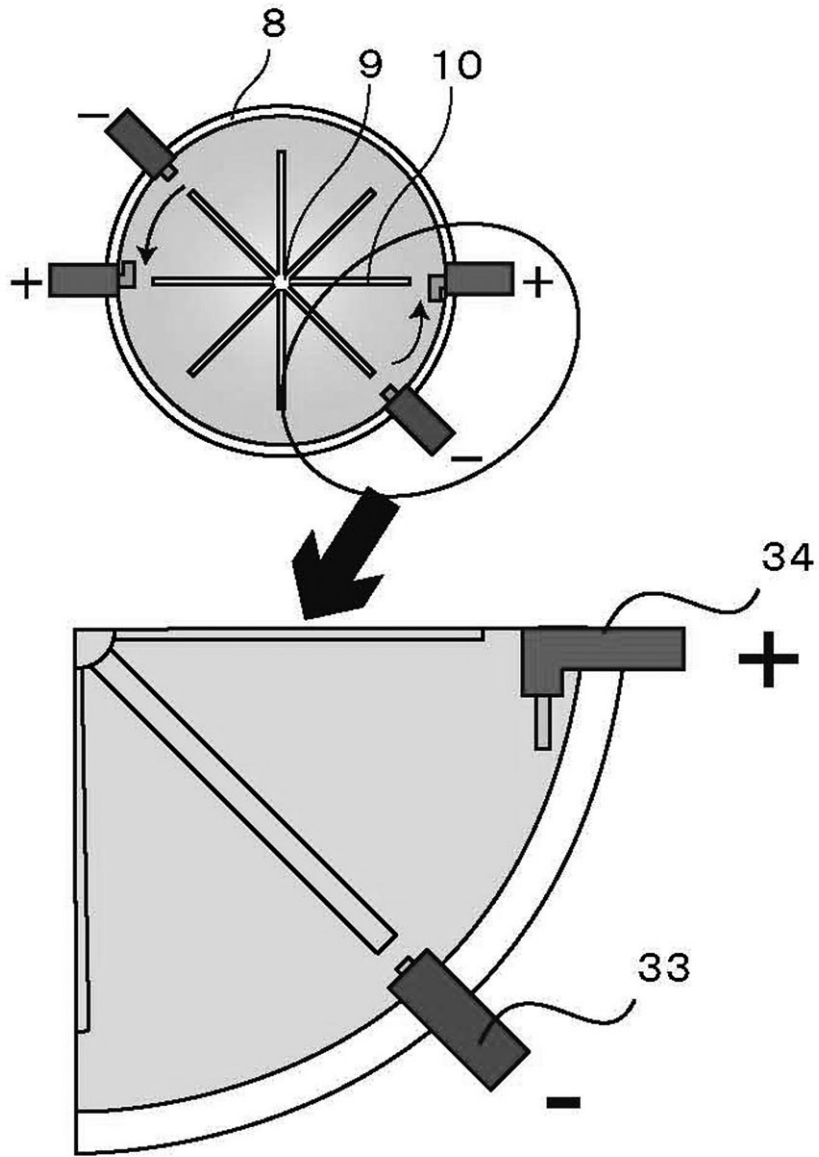
【図6】



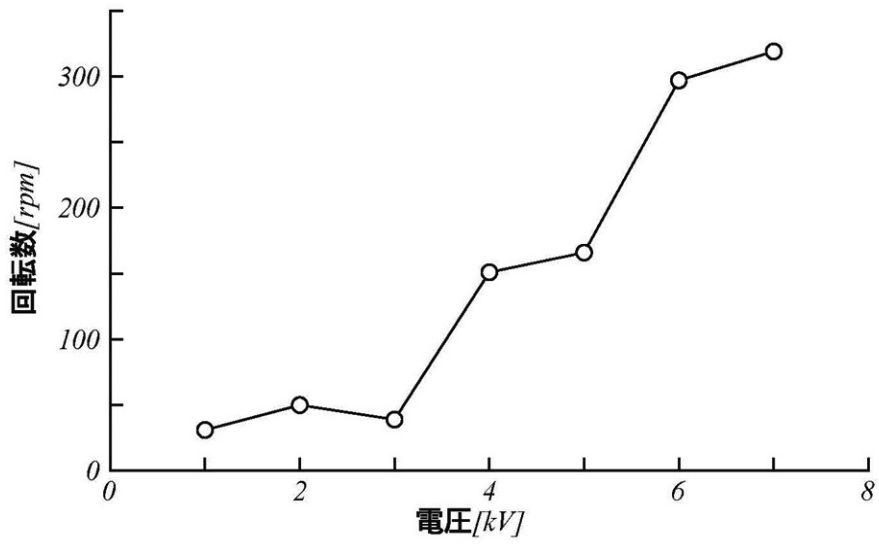
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平02 - 023078 (JP, A)  
特開平11 - 125173 (JP, A)  
特開2000 - 127409 (JP, A)  
特開2003 - 314508 (JP, A)  
特開2004 - 068898 (JP, A)  
特表2004 - 504797 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01J 19/00 - 19/32  
JSTPlus (JDreamII)