

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4531375号
(P4531375)

(45) 発行日 平成22年8月25日(2010.8.25)

(24) 登録日 平成22年6月18日(2010.6.18)

(51) Int.Cl.	F 1
F 1 5 B 21/06 (2006.01)	F 1 5 B 21/06
H O 2 N 11/00 (2006.01)	H O 2 N 11/00 Z
F O 3 G 7/00 (2006.01)	F O 3 G 7/00 H

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2003-375596 (P2003-375596)	(73) 特許権者	800000068
(22) 出願日	平成15年11月5日(2003.11.5)		学校法人東京電機大学
(65) 公開番号	特開2005-143177 (P2005-143177A)		東京都千代田区神田錦町2-2
(43) 公開日	平成17年6月2日(2005.6.2)	(74) 代理人	100092820
審査請求日	平成18年10月30日(2006.10.30)		弁理士 伊丹 勝
		(72) 発明者	三井 和幸
			東京都千代田区神田錦町2丁目2番地 東京電機大学内
		(72) 発明者	小宮山 晃浩
			東京都千代田区神田錦町2丁目2番地 東京電機大学内
		(72) 発明者	寺阪 澄孝
			東京都千代田区神田錦町2丁目2番地 東京電機大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 EHD現象を利用したアクチュエータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の電極と、

前記第1の電極と異なる形状又は異なる材質で、前記第1の電極と対向配置され、前記第1の電極との間に不平等電界を発生させ、前記第1の電極に対し相対移動するように構成された第2の電極と、

前記第1の電極が取り付けられ、前記第1及び第2の電極を内部に收容する静止部材としての容器と、

前記第2の電極が取り付けられて前記容器に対して移動する出力部材と、

前記容器の内部に收容される電気応答気体と、

前記第1及び第2の電極の間に電圧を印加する電圧印加手段と

を備えたことを特徴とする、EHD現象を利用したアクチュエータ。

【請求項2】

前記電気応答気体は、揮発性及び絶縁性を有する電気応答流体を揮発させることで生じるものである、請求項1記載のEHD現象を利用したアクチュエータ。

【請求項3】

前記第1の電極は、環状電極であり、

前記第2の電極は、前記環状電極の中心位置付近を回転軸として回転するように構成された線状電極である

ことを特徴とする請求項1又は2記載のEHD現象を利用したアクチュエータ。

【請求項 4】

前記電気応答気体は、フッ素及び硫黄の少なくとも一方を含む請求項 1 記載の E H D 現象を利用したアクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、いわゆる E H D 現象 (Electro Hydro Dynamics Phenomenon) を利用したアクチュエータに関するものである。ここで E H D 現象とは、キシレン、クロロホルム、シリコンオイル、機械油等のある種の電気絶縁性流体 (電気応答流体) に電極を挿入し、これに高電圧を印加すると、電極間で電気応答流体の拡散、攪拌などの力学的現象が発生する現象のことをいう。

10

【背景技術】

【0002】

近年、医療や福祉などの人間と共存する環境での使用を目的とした小型機器や生体用機器などの研究が精力的に行なわれている。これらの機器を駆動するアクチュエータとして、最近、軽量で小型かつ柔軟性を有するといった、いわば人に優しいアクチュエータが要求されている。こうした要求に応え得るものとして、いわゆる E H D 現象を利用したアクチュエータが注目されている (例えば、非特許文献 1 参照)。この非特許文献 1 では、第 1 の電極と、この第 1 の電極に対し相対移動可能にされた第 2 の電極とを、液体としての電気応答流体に浸漬させたアクチュエータを開示している。

20

【0003】

【非特許文献 1】小宮山晃浩、寺阪澄孝、稲田慎、三井和幸、黒田真一、阿部洋、新妻淳子、齋藤剛：「E H D 現象を用いたアクチュエータの開発」、日本ロボット学会第 21 回学術講演会 (2003)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の E H D 現象を利用したアクチュエータで使用される電気応答流体は、いずれも液体である。液体の場合、回転時の抵抗が大きいため、十分な回転数が得られないという問題があった。また、液体の量が多くなることによりアクチュエータの重量が重くなるという問題があった。

30

本発明は、このような E H D 現象を利用したアクチュエータにおいて、軽量で、高速駆動が可能なアクチュエータ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】

【0005】

上記目的達成のため、本出願の発明者らは、ある種の絶縁性気体で発生する E H D 現象を利用してアクチュエータを構成することを考えた。図 1 に示すように、容器 11 に電気応答流体 12 を注入し、この電気応答流体 12 が揮発することにより発生した電気応答気体 13 で容器内が満たされるような環境を整えた。ここでの電気応答流体 12 は、出願人が先に出願した特願 2002 - 227741 に記載のようなエーテル結合を持ちハロゲン元素を含む放電処理がなされた電気応答液体等であり、従って電気応答気体 13 は、これらの液体としての電気応答流体 12 が揮発して気化したものである。また、電気応答気体 13 は、フッ素又は硫黄等を成分とし、高い電気陰性度を有するのが好ましい。これらの液体は、常温・常圧で高い揮発性を有するので、容器 11 も常温、常圧の中に載置すればよい。

40

【0006】

そして、電気応答気体 13 中に線状電極 14、電気応答流体 12 中に平板電極 15 を配置し、この線状電極 14 と平板電極 15 との間に高電圧 (数 [kV] 以上) を印加すると、両電極間に不平等電界 (異なる形状又は異なる材質の電極が対向配置されて電圧を印加されたことにより生じる、電極間の位置によって強度が異なる電界をいう) が生じ、線状

50

電極 14 から平板電極 15 に向けて電気応答気体 13 の活発な気流 16 が生じる。この気流 16 は、電気応答流体 12 の液面を凹ませるほどの活発な流動である。この発生原理は十分に解明されていないが、イオンドラッグが一因ではないかと考えられている。すなわち、陽極付近の気体分子が正電荷に帯電し、陽極に引き寄せられ、それに伴い電極間に流動が生じるものと考えられている。また、気流 16 は、気体の性質の違いや不平等電界の作り方によって、その大きさや向きが異なると考えられる。なお、容器 11 中の気体は、例えば空気等であっても、ある程度は EHD 現象を生じさせることはできる。しかし、空気等の場合、電極 14 及び 15 間の絶縁性が十分でなく、十分な強さの気流 16 が得られない。従って、電気応答気体 13 は、所望の強さの気流 16 が得られるような物質の中から選択される。

10

【0007】

本発明は、このような電気応答気体の EHD 現象に基づく力学的運動を利用したアクチュエータを提供するものである。すなわち、本発明に係る EHD 現象を利用したアクチュエータは、第 1 の電極と、前記第 1 の電極と異なる形状又は異なる材質で、前記第 1 の電極と対向配置され、前記第 1 の電極との間に不平等電界を発生させ、前記第 1 の電極に対し相対移動するように構成された第 2 の電極と、前記第 1 の電極が取り付けられ、前記第 1 及び第 2 の電極を内部に収容する静止部材としての容器と、前記第 2 の電極が取り付けられて前記容器に対して移動する出力部材と、前記容器の内部に収容される電気応答気体と、前記第 1 及び第 2 の電極の間に電圧を印加する電圧印加手段とを備えたことを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、電気応答気体が第 1 の電極と第 2 の電極との間に供給され、電気応答気体の力学的運動により前記第 2 の電極が前記第 1 の電極に対し相対移動する。このため、アクチュエータの重量は軽量であり、相対移動する電極に対する抵抗が少なく、高速駆動が可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

次に、本発明の実施の形態を、図面を参照して詳細に説明する。

ここでは、アクチュエータとして、第 1 の電極に対し第 2 の電極が回転駆動する回転型アクチュエータを例にとって説明する。

30

図 2 に平面図 (a)、側面断面図 (b) により示すように、この回転型アクチュエータは、ハウジング 20 と、環状電極 30 と、回転電極 40 と、電圧印加部 50 と、電気応答流体供給部 60 とを備えている。ハウジング 20 は、EHD 現象を発生させる電気応答気体を閉じ込め、環状電極 30 と回転電極 40 との間にこの電気応答気体を供給するためのものである。ここでは、ハウジング 20 はアクリルを材料として形成され、その大きさは、直径 100 [mm]、高さ 60 [mm] とする。

環状電極 30 は、例えばアルミニウム等を材料としてハウジング 20 の内壁側面 20b に設けられている。

【0010】

40

一方、回転電極 40 は、ハウジング 20 の上蓋 20u の、環状電極 30 の中心位置付近を貫通する回転軸 41 を備えており、この回転軸 41 が、ベアリング 21 により回転自在に上蓋 20u に保持されている。ここでは、回転軸 41 の長さ及び軸径は、それぞれ 50 [mm]、3 [mm] とする。また、ベアリング 21 の直径は、3 [mm] とする。この回転軸 41 には、アーム部 42 が水平方向に延びるように取り付けられ、更にこのアーム部 42 の先端には、アーム部 42 と直角をなすブーム部 43 が延設されている。ここでは、アーム部 42、ブーム部 43 は、ステンレスを材料として形成され、その長さは、それぞれ 10 [mm]、20 [mm] であるとする。

【0011】

電圧印加部 50 は、この環状電極 30 と回転電極 40 との間に直流電圧を印加するもの

50

であり、電圧発生部 5 1 で発生した電圧が、接続線 5 2 及び 5 3 により両電極 3 0 及び 4 0 に供給される。電圧発生部 5 1 から発生される電圧の大きさは、制御部 5 4 により制御される。

【 0 0 1 2 】

また、電気応答流体供給部 6 0 は、上述のような電気応答流体をハウジング 2 0 内に滴下するためのものである。滴下された電気応答流体は揮発し、電気応答気体としてハウジング 2 0 内の電極 3 0 及び 4 0 の間に提供される。本実施の形態では、ベアリング 2 1 の隙間等から電気応答気体が僅かずつではあるが漏出するため、定量の電気応答流体を一定時間ごとに滴下するものとする。

【 0 0 1 3 】

このような構成において、電気応答流体 5 0 から滴下された電気応答流体が揮発し、電圧印加部 5 0 より電極 3 0 及び 4 0 に電圧が印加されると、回転電極 4 0 から環状電極 3 0 に向けて電気応答気体の活発な気流 A が生じ、その反作用で回転電極 4 0 がこの気流 A とは反対の方向（矢印 B 方向）に回転する。この回転力を外部動力として取り出すことにより、回転型アクチュエータを構成することができる。

このような気流 A は、ハウジング 2 0 内の気体がどのようなものであっても多少は生じ、例えば空気でもある程度の気流は発生する。しかし、空気等では電極 3 0 及び 4 0 の間の電圧が 1 0 [k V] 程度となると放電が発生し始め、しかも実用に供するのに十分な回転速度及びトルクが得られない。従って、十分な回転速度及びトルクを得るためには、適当な電気応答気体を選択すると共に、その濃度を適切な状態に保つことが必要である。

【 0 0 1 4 】

上述のように構成した回転型アクチュエータにおいて、常温・常圧に保たれたハウジング 2 0 内に電気応答流体を滴下して揮発させた後、電圧印加部 5 0 による印加電圧を徐々に変化させた。そして、そのときの回転電極 4 0 の回転数の変化（無負荷時）及び電極 3 0 及び 4 0 の間の電流値の変化を測定した。その結果を図 3 のグラフに示す。回転電極 4 0 を接地し、環状電極 3 0 側に、電圧印加部 5 0 から 0 ~ 2 4 [k V] 又は 0 ~ - 2 4 [k V] を印加した。同図（ a ）は、印加電圧を 0 ~ 2 4 [k V] の正の電圧とした場合のグラフであり、同図（ b ）は印加電圧を 0 ~ - 2 4 [k V] の負の電圧とした場合のグラフである。なお、回転数は、回転軸 4 1 に取り付けられた反射板（図示せず）と光学式回転計を用いて測定した。

【 0 0 1 5 】

図 3（ a ）に示すように、印加電圧を正の電圧とした場合には、印加電圧が 6 [k V] 付近になったところから回転電極 4 0 の回転が始まると共に電流も流れ始めた。印加電圧の上昇に伴って、回転速度、電流共に増加した。しかし、回転数は印加電圧が 1 8 [k V] を超えた辺りから増加率（グラフの傾き）が小さくなり始め、2 0 [k V] 以上となると殆ど増加しなくなった。印加電圧が最大 2 4 [k V] となったときの回転数は 4 1 0 0 [r p m] であった。一方、電流値は、印加電圧が 2 0 [k V] 以上となっても増加率は低下せずむしろ増加し、印加電圧が 2 4 [k V] のときの電流値は約 2 0 0 [μ A] であった。

【 0 0 1 6 】

図 3（ b ）に示すように、印加電圧を負の電圧とした場合には、印加電圧が - 8 [k V] 付近になったところから回転電極 4 0 の回転が始まると共に電流も流れ始めた。印加電圧の上昇に伴って、回転速度、電流共に増加した。印加電圧が正の場合と同様、回転数は印加電圧が - 1 8 [k V] を超えた辺りから増加率（グラフの傾き）が小さくなり始めたが、- 2 0 [k V] 以上での増加率の低下の度合は、正の印加電圧の場合ほど顕著ではなく、回転数は上昇を続けた。印加電圧が最大 - 2 4 [k V] となったときの回転数は 5 1 0 0 [r p m] で、正の印加電圧の場合よりも大きくなった。一方、電流値は、印加電圧が - 2 0 [k V] 以上となっても増加率は殆ど低下せず、電流値は上昇を続けた。印加電圧が - 2 4 [k V] のときの電流値は約 2 0 0 [μ A] であった。

【 0 0 1 7 】

また、上述のように構成した回転型アクチュエータにおいて、常温・常圧に保たれたハウジング 20 内に電気応答流体を滴下して揮発させた後、電圧印加部 50 による印加電圧を徐々に変化させた。そして、そのときの回転電極 40 の最大のトルクの変化（最大負荷時）、及び電極 30 及び 40 間の電流値の変化を測定した。その結果を図 4 のグラフに示す。

電圧印加部 50 からの印加電圧は、回転電極 40 を接地し、環状電極 30 に印加する電圧を $0 \sim 24$ [kV] 及び $0 \sim -24$ [kV] の間で変化させた。同 4 (a) は、印加電圧を $0 \sim 24$ [kV] の正の電圧とした場合のグラフであり、図 4 (b) は印加電圧を $0 \sim -24$ [kV] の負の電圧とした場合のグラフである。

【0018】

図 4 (a) に示すように、印加電圧を正の電圧とした場合には、印加電圧が 8 [kV] 付近になったところから回転電極 40 がトルクを発生し始めると共に電流も流れ始めた。印加電圧の上昇に伴って、トルク、電流共に増加した。しかし、トルクは印加電圧が 20 [kV] 付近となった後は増加率（グラフの傾き）がほぼゼロとなった。印加電圧が最大 24 [kV] となったときのトルクは 0.3 [μ Nm] であった。一方、電流値は、印加電圧が 20 [kV] 以上となっても増加率は低下せず、印加電圧が 24 [kV] のときの電流値は約 140 [μ A] であった。

また、図 4 (b) に示すように、印加電圧を負の電圧とした場合には、印加電圧が -9 [kV] 付近になったところから回転電極 40 がトルクを発生し始めると共に電流も流れ始めた。印加電圧の上昇に伴って、トルク、電流共に増加した。印加電圧が正の場合と異なり、トルクは印加電圧が -20 [kV] を超えても増加率（グラフの傾き）は小さくならず、トルクは上昇を続けた。電流値は、印加電圧が -20 [kV] を超えても増加率は低下せず、上昇を続けた。印加電圧が最大 -24 [kV] となったときのトルクは 0.5 [μ Nm] で、正の印加電圧の場合よりも僅かに大きくなった。一方、電流値は、印加電圧が -24 [kV] のとき約 150 [μ A] であった。

【0019】

図 5 に、図 3 及び 4 の印加電圧 24 [kV] 時のデータを用いて、図 2 の回転型アクチュエータのトルクと回転数との関係（図 5 (a)）、及びトルクと電流との関係（図 5 (b)）を表した。図 5 (a)、(b) とともに、各グラフにおいて両端の値のみしか測定していないが、いずれも、グラフは右下がりとなっている。これは、図 2 の回転型アクチュエータは、トルクが上がると回転数が下がるという特性、及びトルクが上がると電極 30 及び 40 間の電流が下がる、とという特性を有することを示している。前者の特性は、一般の電磁モータでも同様であるが、後者の特性は、一般の電磁モータとは異なっている。

一般の電磁モータでは、負荷が増加すると電流は増加し、さらに過負荷状態が継続すると発熱を起し、モータが破壊される虞がある。このため、これを回避するモータ制御が必要となる。これに対し、図 2 の回転型アクチュエータでは、負荷が増加すると電流が減少する特性を有しているため、過負荷状態が生じても特別な制御が不要となる。この点は、駆動システムを設計する場合に大きな利点となると考えられる。

また、図 2 の回転型アクチュエータは、ハウジング 20 内の気体の EHD 現象を利用するため、液体の EHD 現象を利用した従来のアクチュエータに比べ、アクチュエータの設置方向や位置を比較的自由に選択することができる。

なお、ハウジング 20 内の気体を空気のみとした場合には、図 3 のように回転数は増加せず、しかも印加電圧が 10 [kV] 付近になると放電が始まり、電流値は急激に増加し、アクチュエータとして機能しなくなってしまう。図 6 及び図 7 は、その様子を示すグラフである。図 6 (a) 及び図 7 (a) は、それぞれ印加電圧を正とした場合における回転数及び電流を示しており、図 6 (b) 及び図 7 (b) は印加電圧を負とした場合における回転数及び電流を示している。

【0020】

以上、発明の実施の形態について説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。例えば、回転型アクチュエータの回転電極 40 の形状を、図 8 に示すような形状とし

10

20

30

40

50

てもよい。この図 8 に示す回転型アクチュエータでは、回転電極 40 が、回転軸 41 に接続されたアーム部 44 及び 45 と、アーム部 44 及び 45 の先端に取り付けられた羽根電極 46 を備えている。

また、図 9 に示すように、環状電極 30 に代えて、ハウジング 20 の内壁側面 20b から突出するように多数の線状電極 31 を設けると共に、回転電極 40 のアーム部 47 の先端に平板電極 48 を設けるようにしてもよい。このような構成とすると、線状電極 31 から平板電極 48 に向かう気流が発生し、この気流の反作用により回転電極 40 が回転する。

また、上記の実施の形態では、第 1 の電極としての環状電極 30 に対し第 2 の電極としての回転電極が回転するものであったが、第 2 の電極は相対移動するものであればよく、回転に限らず、平行移動等を行なうものであってもよい。

10

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図 1】気体による EHD 現象を説明する原理図である。

【図 2】本発明の実施の形態に係る回転型アクチュエータを示す。

【図 3】図 2 に示す回転型アクチュエータの印加電圧と回転電極 40 の回転数(無負荷時)及び電極 30 及び 40 の間の電流値との関係を示す。

【図 4】図 2 に示す回転型アクチュエータの印加電圧と回転電極 40 の最大トルク(最大負荷時)及び電極 30 及び 40 の間の電流値との関係を示す。

【図 5】図 2 に示す回転型アクチュエータのトルクと回転数の関係、トルクと電流の関係を示す。

20

【図 6】図 2 に示す回転型アクチュエータにおいて、ハウジング 20 内の気体を空気のみとした場合における回転電極 40 の回転数の変化を示す。

【図 7】図 2 に示す回転型アクチュエータにおいて、ハウジング 20 内の気体を空気のみとした場合における電流値の変化を示す。

【図 8】本発明の実施の形態に係る回転型アクチュエータの変形例を示す。

【図 9】本発明の実施の形態に係る回転型アクチュエータの変形例を示す。

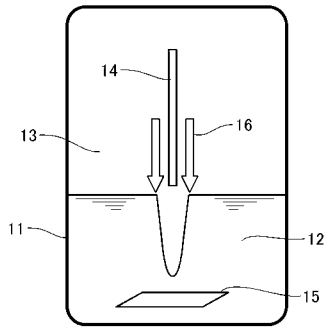
【符号の説明】

【0022】

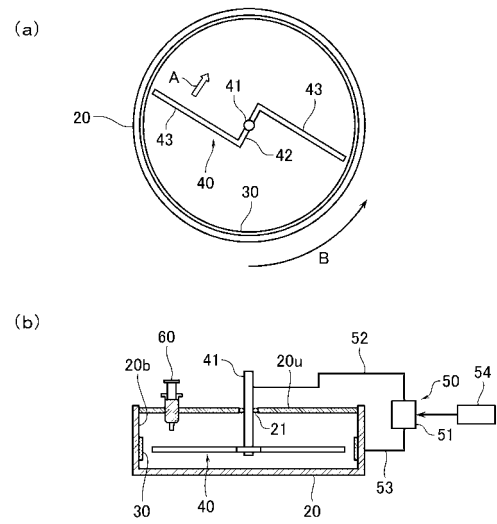
11・・・容器、 12・・・電気応答流体、 13・・・電気応答気体、 14・・・線状電極、 15・・・平板電極、 16・・・気流、 20・・・ハウジング、 21・・・ベアリング、 30・・・環状電極、 31・・・線状電極、 40・・・回転電極、 41・・・回転軸、 42・・・アーム部、 43・・・ブーム部、 44、45、47・・・アーム部、 46・・・羽根電極、 48・・・開いた電極、 50・・・電圧印加部、 51・・・電圧発生部、 52、53・・・接続線、 54・・・制御部、 60・・・電気応答流体供給部。

30

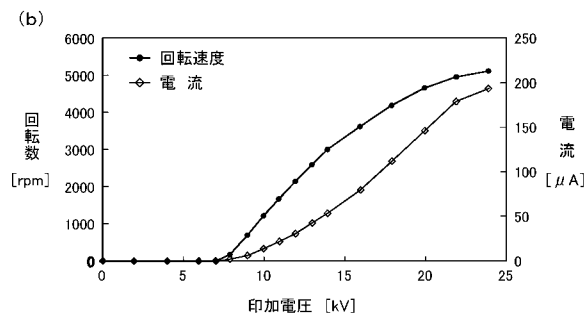
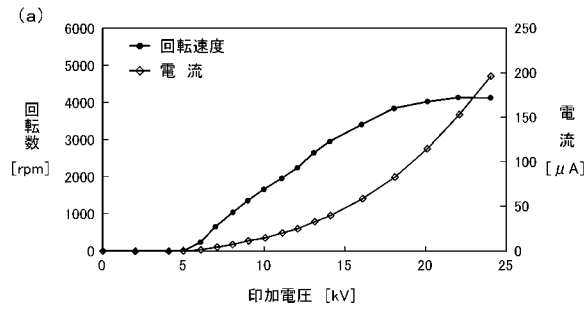
【図1】



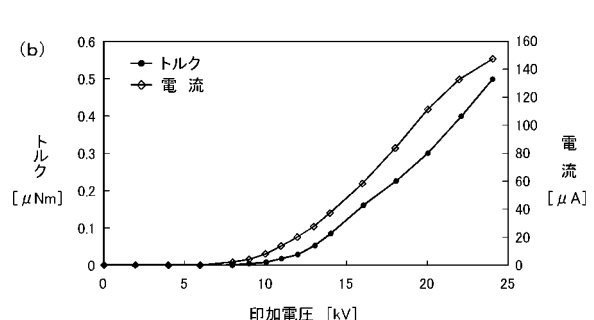
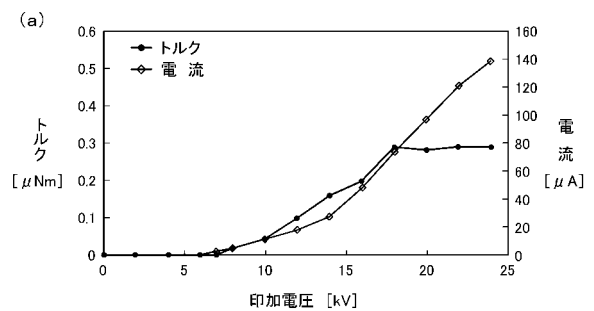
【図2】



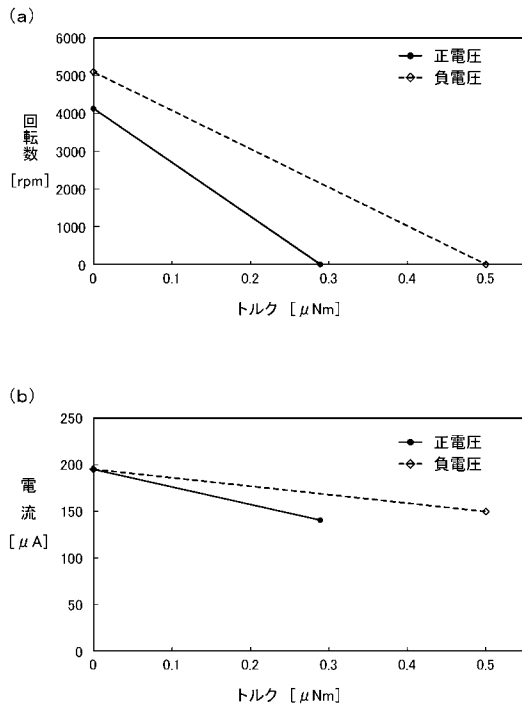
【図3】



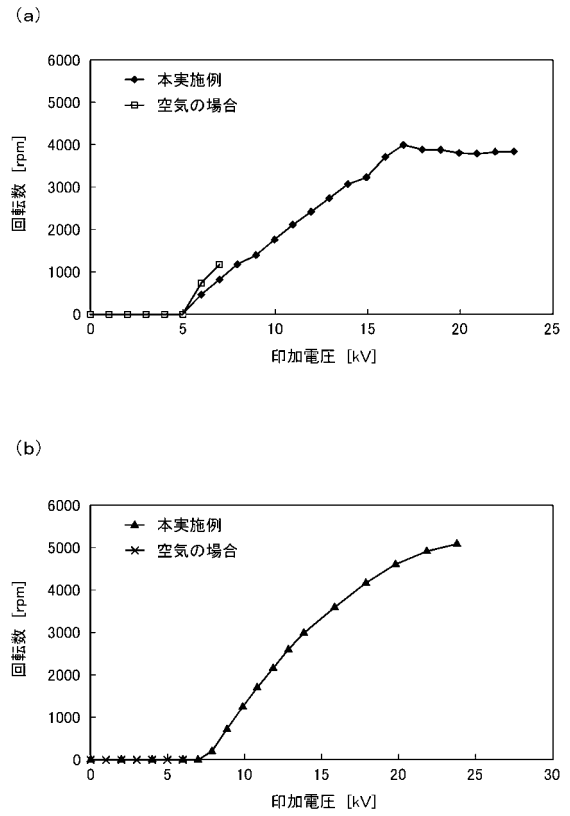
【図4】



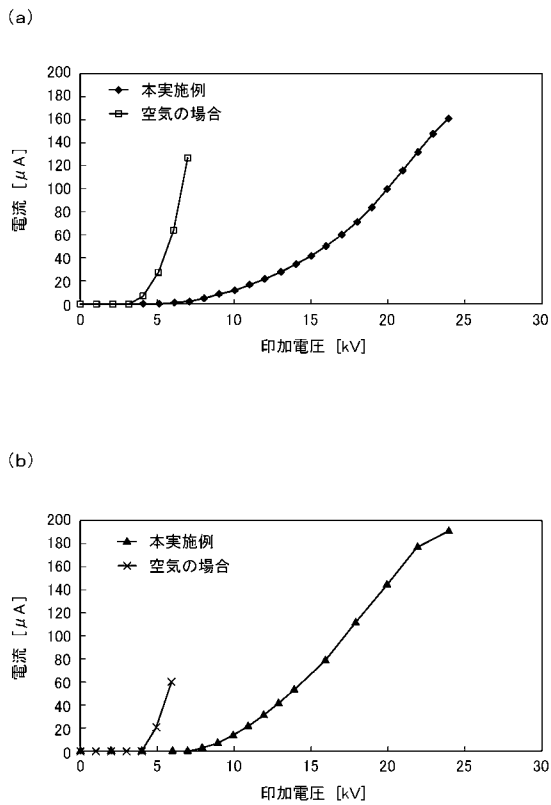
【図5】



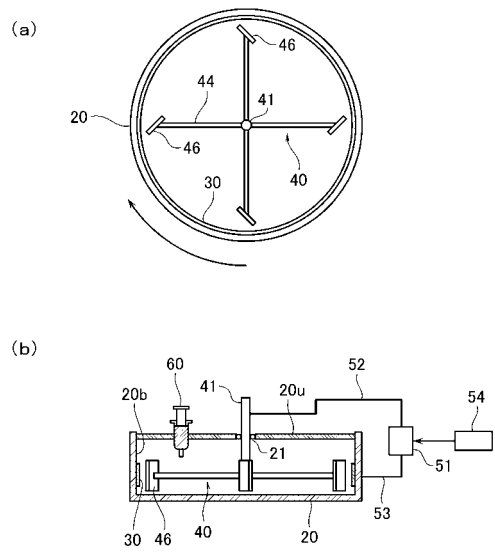
【図6】



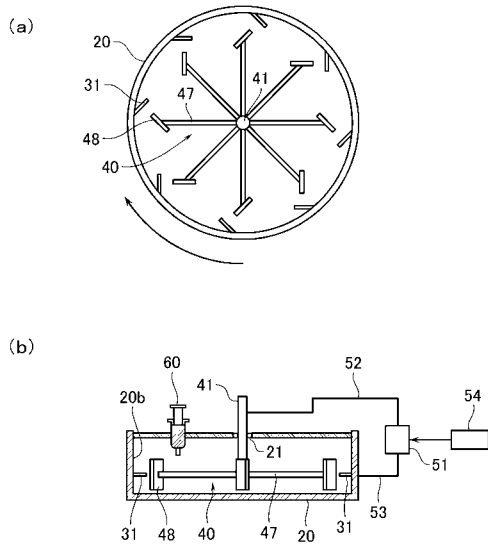
【図7】



【図8】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 黒田 真一
群馬県桐生市天神町2丁目9番26号

審査官 田合 弘幸

(56)参考文献 特開2000-245180(JP,A)
特開平10-146075(JP,A)
特開2002-021814(JP,A)
特開2003-284316(JP,A)
特開2002-081400(JP,A)
特開2004-068898(JP,A)
特開2000-220610(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F15B 21/06
H02N 11/00