

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010 年 9 月 23 日(23.09.2010)

(10) 国際公開番号
WO 2010/106750 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 37/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/001524
- (22) 国際出願日: 2010 年 3 月 4 日(04.03.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-066371 2009 年 3 月 18 日(18.03.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電産サンキョー株式会社(NIDEC SANKYO CORPORATION) [JP/JP]; 〒3938511 長野県諏訪郡下諏訪町 5 3 2 9 番地 Nagano (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 福澤久志 (FUKUZAWA, Hisashi) [JP/JP]; 〒3938511 長野県諏訪郡下諏訪町 5 3 2 9 番地日本電産サンキョー株式会社内 Nagano (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

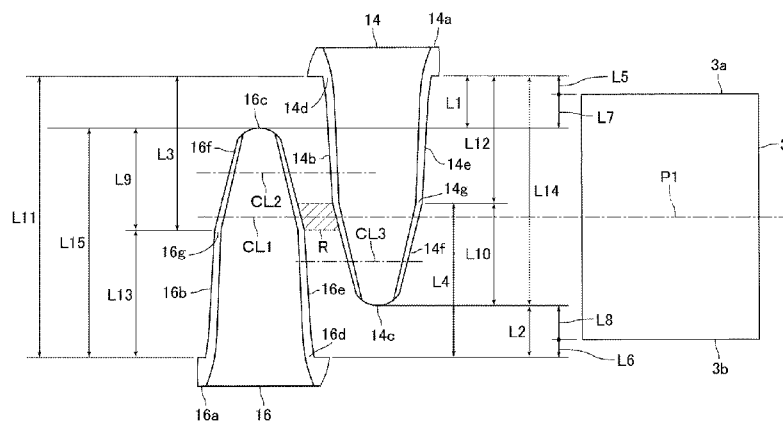
添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: STEPPING MOTOR

(54) 発明の名称: ステッピングモータ

[図5]



(57) Abstract: A stepping motor reduced in size in the axial direction with degradation in performance kept to a minimum. The stepping motor is provided with a driving magnet (3), a yoke (14) having pole teeth (14b), and a yoke (16) having pole teeth (16b). The pole teeth (14b) are each composed of a section (14e) having a width reduced at a low rate and a section (14f) having a width reduced at a high rate. The pole teeth (16b) are each composed of a section (16e) having a width reduced at a low rate and a section (16f) having a width reduced at a high rate. A width reduction rate-changing section (14g, 16g) is located at substantially the intermediate position of the tip section (14c, 16c) in the axial direction. The distance (L10) between the width reduction rate-changing section (14g) and the tip section (14c) is substantially 2/3 the distance (L4) between the width reduction rate-changing section (14g) and the base end section (16d), and the distance (L9) between the width reduction rate-changing section (16g) and the tip section (16c) is substantially 2/3 the distance (L3) between the width reduction rate-changing section (16g) and the base end section (14d).

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2010/106750 A1



軸方向で小型化した場合であっても、性能の低下を抑制することが可能なステッピングモータを提供する。具体的には、ステッピングモータは、駆動用磁石 3 と、極歯 14 b を有するヨーク 14 と、極歯 16 b を有するヨーク 16 とを備えている。極歯 14 b は小幅減少率部 14 e と大幅減少率部 14 f とから構成され、極歯 16 b は小幅減少率部 16 e と大幅減少率部 16 f とから構成されている。幅減少率変更部 14 g、16 g は、軸方向における先端部 14 c、16 c の略中間位置に配置されている。また、幅減少率変更部 14 g と先端部 14 c との距離 L10 は、幅減少率変更部 14 g と基端部 16 d との距離 L4 の略 $2/3$ となっており、幅減少率変更部 16 g と先端部 16 c との距離 L9 は、幅減少率変更部 16 g と基端部 14 d との距離 L3 の略 $2/3$ となっている。

明 細 書

発明の名称 : ステッピングモータ

技術分野

[0001] 本発明は、ステッピングモータに関する。

背景技術

[0002] 従来、ＣＤ、ＤＶＤプレーヤ等に用いられる光ピックアップ装置やカメラに用いられるレンズ群等を移動させるモータとして、ステッピングモータが使用されている。この種のステッピングモータとして、外ヨークに固定される極歯と、内ヨークに固定される極歯とを備えるステッピングモータが知られている（たとえば、特許文献１参照）。

[0003] 特許文献１に記載のステッピングモータでは、外ヨークに固定される極歯と内ヨークに固定される極歯とがロータの周方向で交互に配置されるとともに、極歯は、ロータを構成する駆動用の磁石の外周面に対向するように配置されている。また、このステッピングモータでは、極歯は略台形状に形成されており、外ヨークに固定される極歯と内ヨークに固定される極歯との周方向の隙間は、ロータの軸方向において、一定になっている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２０００－５０５３６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 近年、ＣＤ、ＤＶＤプレーヤやカメラ等の市場では、装置の小型化の要求が高まっており、これらの装置に搭載されるステッピングモータの軸方向での小型化の要求も高まっている。一方で、ステッピングモータを軸方向で小型化した場合であっても、小型化前と同様の性能を有するステッピングモータが市場で求められている。

[0006] そこで、本発明の課題は、軸方向で小型化した場合であっても、性能の低

下を抑制することが可能なステッピングモータを提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0007] 上記の課題を解決するため、本願発明者は、種々の検討を行った。まず、従来のステッピングモータを軸方向で相似的に小型化すると、トルクが低下するため、極歯等を薄型化して駆動用コイルの巻数を増やし、トルクの低下を抑制した。しかしながら、極歯等を薄型化すると、トルクリップルが大きくなって、リニアリティ特性が低下することが本願発明者の検討によって明らかになった。すなわち、極歯等を薄型化すると、駆動用コイルへの通電量が一定であるにもかかわらず、ステップごとのトルクの変動量が大きくなって、理論上の1ステップの回転量と実際の1ステップの回転量との差が大きくなるステップが発生することが本願発明者の検討により明らかになった。
- [0008] そこで、本願発明者は、リニアリティ特性の低下を抑制するため、さらなる検討を行った。その結果、本願発明者は、極歯等を薄型化していった場合には、極歯の基端部や先端部の磁束が集中する箇所で磁気飽和が起こることを知見するに至った。また、本願発明者は、極歯等を薄型化していった場合に、極歯の基端部や先端部の磁束が過剰に集中する箇所で磁気飽和が起こることにより、リニアリティ特性が低下することを知見するに至った。
- [0009] 本発明のステッピングモータは、かかる新たな知見に基づくものであり、駆動用磁石を有するロータと、筒状に巻回され駆動用磁石の外周側に配置される駆動用コイルを有するステータとを備え、ステータは、ロータの軸方向における駆動用コイルの一端面を覆うように配置される略環状の第1の端板部を有する第1のヨークと、軸方向における駆動用コイルの他端面を覆うように配置される略環状の第2の端板部を有する第2のヨークとを備え、第1のヨークは、第1の端板部の内周端から起立するように形成され駆動用磁石の外周面に対向するように配置される複数の第1の極歯を備え、第2のヨークは、第2の端板部の内周端から起立するように形成され駆動用磁石の外周面に対向するように配置される複数の第2の極歯を備え、第1の極歯と第2の極歯とは、ロータの周方向で交互に配置され、周方向で互いに隣接する第

第1の極歯と第2の極歯との周方向における隙間が狭くなる狭隙間部が、第1の極歯の先端部である第1の先端部と第2の極歯の先端部である第2の先端部との軸方向における略中間位置に形成され、軸方向における第1の先端部と狭隙間部との距離は、第2の端板部と第2の極歯との境界部に形成される第2の極歯の基端部である第2の基端部と狭隙間部との軸方向における距離の略 $2/3$ であり、軸方向における第2の先端部と狭隙間部との距離は、第1の端板部と第1の極歯との境界部に形成される第1の極歯の基端部である第1の基端部と狭隙間部との軸方向における距離の略 $2/3$ であることを特徴とする。

[0010] 本発明のステッピングモータでは、軸方向における第1の先端部と狭隙間部との距離は、軸方向における第2の基端部と狭隙間部との距離の略 $2/3$ となっており、軸方向における第2の先端部と狭隙間部との距離は、軸方向における第1の基端部と狭隙間部との距離の略 $2/3$ となっている。そのため、第1の極歯および第2の極歯と駆動用磁石との対向面積を確保しつつ、軸方向における第1の基端部と第2の先端部との距離、および、軸方向における第2の基端部と第1の先端部との距離を比較的大きくすることが可能になる。したがって、第1の極歯および第2の極歯と駆動用磁石との対向面積を確保しつつ、軸方向における駆動用磁石の一端面から第1の基端部までの距離、軸方向における駆動用磁石の一端面から第2の先端部までの距離、軸方向における駆動用磁石の他端面から第2の基端部までの距離、および/または、軸方向における駆動用磁石の他端面から第1の先端部までの距離を大きくすることが可能になる。

[0011] その結果、本発明では、第1の極歯や第2の極歯等を薄型化し、かつ、第1の極歯および第2の極歯と駆動用磁石との対向面積を確保しても、第1、第2の基端部および第1、第2の先端部の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制することが可能になる。すなわち、本発明では、第1の極歯や第2の極歯等を薄型化して駆動用コイルの巻数を増やしたり、第1の極歯および第2の極歯と駆動用磁石との対向面積を確保して、トルクの低下を抑制しても

、第１、第２の基端部および第１、第２の先端部の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制して、リニアリティ特性が低下するのを抑制することが可能になる。したがって、本発明では、ステッピングモータを軸方向で小型化しても、その性能の低下を抑制することが可能になる。

[0012] また、本発明では、周方向で互いに隣接する第１の極歯と第２の極歯との周方向における隙間が狭くなる狭隙間部が第１の先端部と第２の先端部との軸方向における略中間位置に形成されている。そのため、周方向で互いに隣接する第１の極歯と第２の極歯との周方向における隙間が軸方向で一定である場合と比較して、狭隙間部では、第１の極歯の幅および第２の極歯の幅が広がる。したがって、本発明では、磁束密度が比較的高くなる箇所において、第１の極歯の幅および第２の極歯の幅を広げることが可能になり、トルク特性の低下を効果的に抑制することが可能になる。

[0013] 本発明において、狭隙間部は、軸方向における第１の基端部と第２の基端部との略中間位置に形成され、軸方向における駆動用磁石の一端面と第１の基端部との距離と、軸方向における駆動用磁石の他端面と第２の基端部との距離とが略等しいことが好ましい。すなわち、第１の極歯と第２の極歯とが駆動用磁石に対して略対称に配置されていることが好ましい。このように構成すると、第１の極歯と第２の極歯とが駆動用磁石に対して非対称に配置されている場合と比較して、トルクリップルを効果的に小さくすることが可能になり、リニアリティ特性の低下を効果的に抑制することが可能になる。

[0014] また、上述の新たな知見に基づいて、本発明のステッピングモータは、駆動用磁石を有するロータと、筒状に巻回され駆動用磁石の外周側に配置される駆動用コイルを有するステータとを備え、ステータは、ロータの軸方向における駆動用コイルの一端面を覆うように配置される略環状の第１の端板部を有する第１のヨークと、軸方向における駆動用コイルの他端面を覆うように配置される略環状の第２の端板部を有する第２のヨークとを備え、第１のヨークは、第１の端板部の内周端から起立するように形成され駆動用磁石の外周面に対向するように配置される複数の第１の極歯を備え、第２のヨーク

は、第2の端板部の内周端から起立するように形成され駆動用磁石の外周面に対向するように配置される複数の第2の極歯を備え、第1の極歯と第2の極歯とは、ロータの周方向で交互に配置され、第1の極歯は、第1の端板部と第1の極歯との境界部に形成される第1の極歯の基端部である第1の基端部から第1の極歯の先端部である第1の先端部に向かうにしたがってその幅が狭くなるように形成され、第2の極歯は、第2の端板部と第2の極歯との境界部に形成される第2の極歯の基端部である第2の基端部から第2の極歯の先端部である第2の先端部に向かうにしたがってその幅が狭くなるように形成され、第1の極歯は、その基端側に配置されるとともに第1の極歯の先端側に向かうにしたがって所定の減少率で第1の極歯の幅が減少していく第1の小幅減少率部と、第1の極歯の先端側に配置されるとともに第1の極歯の先端側に向かうにしたがって第1の小幅減少率部よりも大きな減少率で第1の極歯の幅が減少していく第1の大幅減少率部とから構成され、第2の極歯は、その基端側に配置されるとともに第2の極歯の先端側に向かうにしたがって所定の減少率で第2の極歯の幅が減少していく第2の小幅減少率部と、第2の極歯の先端側に配置されるとともに第2の極歯の先端側に向かうにしたがって第2の小幅減少率部よりも大きな減少率で第2の極歯の幅が減少していく第2の大幅減少率部とから構成され、第1の小幅減少率部と第1の大幅減少率部との境界部となる第1の幅減少率変更部、および、第2の小幅減少率部と第2の大幅減少率部との境界部となる第2の幅減少率変更部は、軸方向における第1の先端部と第2の先端部との略中間位置に配置され、軸方向における第1の幅減少率変更部と第1の先端部との距離は、軸方向における第1の幅減少率変更部と第2の基端部との距離の略 $2/3$ であり、軸方向における第2の幅減少率変更部と第2の先端部との距離は、軸方向における第2の幅減少率変更部と第1の基端部との距離の略 $2/3$ であることを特徴とする。

[0015] 本発明のステッピングモータでは、軸方向における第1の幅減少率変更部と第1の先端部との距離は、軸方向における第1の幅減少率変更部と第2の

基端部との距離の略 $2/3$ となっており、軸方向における第 2 の幅減少率変更部と第 2 の先端部との距離は、軸方向における第 2 の幅減少率変更部と第 1 の基端部との距離の略 $2/3$ となっている。そのため、第 1 の極歯および第 2 の極歯と駆動用磁石との対向面積を確保しつつ、軸方向における第 1 の基端部と第 2 の先端部との距離、および、軸方向における第 2 の基端部と第 1 の先端部との距離を比較的大きくすることが可能になる。したがって、第 1 の極歯および第 2 の極歯と駆動用磁石との対向面積を確保しつつ、軸方向における駆動用磁石の一端面から第 1 の基端部までの距離、軸方向における駆動用磁石の一端面から第 2 の先端部までの距離、軸方向における駆動用磁石の他端面から第 2 の基端部までの距離、および／または、軸方向における駆動用磁石の他端面から第 1 の先端部までの距離を大きくすることが可能になる。

[0016] その結果、本発明では、第 1 の極歯や第 2 の極歯等を薄型化し、かつ、第 1 の極歯および第 2 の極歯と駆動用磁石との対向面積を確保しても、第 1、第 2 の基端部および第 1、第 2 の先端部の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制することが可能になる。すなわち、本発明では、第 1 の極歯や第 2 の極歯等を薄型化して駆動用コイルの巻数を増やしたり、第 1 の極歯および第 2 の極歯と駆動用磁石との対向面積を確保して、トルクの低下を抑制しても、第 1、第 2 の基端部および第 1、第 2 の先端部の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制して、リニアリティ特性が低下するのを抑制することが可能になる。したがって、本発明では、ステッピングモータを軸方向で小型化しても、その性能の低下を抑制することが可能になる。

[0017] また、本発明では、第 1 の極歯は、基端側に配置される第 1 の小幅減少率部と、先端側に配置される第 1 の大幅減少率部とから構成され、第 2 の極歯は、基端側に配置される第 2 の小幅減少率部と、先端側に配置される第 2 の大幅減少率部とから構成されている。そのため、第 1、第 2 の極歯の幅が基端側から先端側に向かって一定の減少率で減少している場合と比較して、第 1、第 2 の極歯の先端側の幅を狭くしつつ、第 1、第 2 の極歯の基端側の幅

を広くすることが可能になる。したがって、第1、第2の極歯の先端側の影響によるトルクリップルの悪化を抑制しつつ、第1、第2の極歯の基端側における磁気飽和を抑制して第1、第2の極歯の基端側の影響によるトルクリップルの悪化を抑制することが可能になる。その結果、リニアリティ特性の低下を効果的に抑制することが可能になる。

[0018] 本発明において、第1の幅減少率変更部および第2の幅減少率変更部は、軸方向における第1の基端部と第2の基端部との略中間位置に配置され、軸方向における駆動用磁石の一端面と第1の基端部との距離と、軸方向における駆動用磁石の他端面と第2の基端部との距離とが略等しいことが好ましい。すなわち、第1の極歯と第2の極歯とが駆動用磁石に対して略対称に配置されていることが好ましい。このように構成すると、第1の極歯と第2の極歯とが駆動用磁石に対して非対称に配置されている場合と比較して、トルクリップルを効果的に小さくすることが可能になり、リニアリティ特性の低下を効果的に抑制することが可能になる。

[0019] また、上述の新たな知見に基づいて、本発明のステッピングモータは、駆動用磁石を有するロータと、筒状に巻回され駆動用磁石の外周側に配置される駆動用コイルを有するステータとを備え、ステータは、ロータの軸方向における駆動用コイルの一端面を覆うように配置される略環状の第1の端板部を有する第1のヨークと、軸方向における駆動用コイルの他端面を覆うように配置される略環状の第2の端板部を有する第2のヨークとを備え、第1のヨークは、第1の端板部の内周端から起立するように形成され駆動用磁石の外周面に対向するように配置される複数の第1の極歯を備え、第2のヨークは、第2の端板部の内周端から起立するように形成され駆動用磁石の外周面に対向するように配置される複数の第2の極歯を備え、第1の極歯と第2の極歯とは、ロータの周方向で交互に配置され、第1の極歯は、第1の端板部と第1の極歯との境界部に形成される第1の極歯の基端部である第1の基端部から第1の極歯の先端部である第1の先端部に向かうにしたがってその幅が狭くなるように形成され、第2の極歯は、第2の端板部と第2の極歯との

境界部に形成される第2の極歯の基端部である第2の基端部から第2の極歯の先端部である第2の先端部に向かうにしたがってその幅が狭くなるように形成され、第1の極歯は、その基端側に配置されるとともに第1の極歯の先端側に向かうにしたがって所定の減少率で第1の極歯の幅が減少していく第1の小幅減少率部と、第1の極歯の先端側に配置されるとともに第1の極歯の先端側に向かうにしたがって第1の小幅減少率部よりも大きな減少率で第1の極歯の幅が減少していく第1の大幅減少率部とから構成され、第2の極歯は、その基端側に配置されるとともに第2の極歯の先端側に向かうにしたがって所定の減少率で第2の極歯の幅が減少していく第2の小幅減少率部と、第2の極歯の先端側に配置されるとともに第2の極歯の先端側に向かうにしたがって第2の小幅減少率部よりも大きな減少率で第2の極歯の幅が減少していく第2の大幅減少率部とから構成され、第1の小幅減少率部と第1の大幅減少率部との境界部となる第1の幅減少率変更部は、軸方向における第1の基端部と第2の基端部との中心位置である第1の中心位置よりも第1の基端部側に配置され、第2の小幅減少率部と第2の大幅減少率部との境界部となる第2の幅減少率変更部は、第1の中心位置よりも第2の基端部側に配置されていることを特徴とする。

[0020] 本発明のステッピングモータでは、第1の幅減少率変更部は、第1の中心位置よりも第1の基端部側に配置されている。そのため、第1の幅減少率変更部が第1の中心位置よりも第1の先端部側に配置されている場合と比較して、第1の基端部の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制することが可能になる。また、本発明では、第2の幅減少率変更部は、第1の中心位置よりも第2の基端部側に配置されているため、第2の幅減少率変更部が第1の中心位置よりも第2の先端部側に配置されている場合と比較して、第2の基端部の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制することが可能になる。したがって、本発明では、第1の極歯や第2の極歯等を薄型化して駆動用コイルの巻数を増やし、トルクの低下を抑制しても、第1、第2の基端部の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制して、リニアリティ特性が低下するのを抑制

することが可能になる。したがって、本発明では、ステッピングモータを軸方向で小型化しても、その性能の低下を抑制することが可能になる。

[0021] 本発明において、第1の幅減少率変更部は、軸方向における第1の中心位置と第2の先端部との中心位置である第2の中心位置よりも第1の先端部側に配置され、第2の幅減少率変更部は、軸方向における第1の中心位置と第1の先端部との中心位置である第3の中心位置よりも第2の先端部側に配置されていることが好ましい。このように構成すると、第1の中心位置よりも第1の基端部側に第1の幅減少率変更部が配置され、第1の中心位置よりも第2の基端部側に第2の幅減少率変更部が配置されている場合であっても、第1の極歯および第2の極歯と駆動用磁石との対向面積を確保して、トルクの低下を抑制することが可能になる。

[0022] 本発明において、軸方向における第1の幅減少率変更部と第2の幅減少率変更部との間は、周方向で互いに隣接する第1の極歯と第2の極歯との周方向における隙間が狭くなる狭隙間部となっていることが好ましい。このように構成すると、狭隙間部では、第1の極歯の幅および第2の極歯の幅が広くなるため、磁束密度が比較的高くなる箇所において、第1の極歯の幅および第2の極歯の幅を広くすることが可能になる。したがって、トルク特性の低下を効果的に抑制することが可能になる。

[0023] 本発明において、軸方向における第1の幅減少率変更部と第1の先端部との距離は、軸方向における第1の幅減少率変更部と第2の基端部との距離の略 $2/3$ であり、軸方向における第2の幅減少率変更部と第2の先端部との距離は、軸方向における第2の幅減少率変更部と第1の基端部との距離の略 $2/3$ であることが好ましい。このように構成すると、第1の極歯および第2の極歯と駆動用磁石との対向面積を確保しつつ、軸方向における第1の基端部と第2の先端部との距離、および、軸方向における第2の基端部と第1の先端部との距離を比較的大きくすることが可能になる。したがって、上述のように、第1の極歯や第2の極歯等を薄型化し、かつ、第1の極歯および第2の極歯と駆動用磁石との対向面積を確保しても、第1、第2の基端部お

よび第 1、第 2 の先端部の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制することが可能になる。

[0024] 本発明において、軸方向における第 1 の幅減少率変更部と第 1 の中心位置との距離と、軸方向における第 2 の幅減少率変更部と第 1 の中心位置との距離とが略等しく、軸方向における駆動用磁石の一端面と第 1 の基端部との距離と、軸方向における駆動用磁石の他端面と第 2 の基端部との距離とが略等しいことが好ましい。すなわち、第 1 の極歯と第 2 の極歯とが駆動用磁石に対して略対称に配置されていることが好ましい。このように構成すると、第 1 の極歯と第 2 の極歯とが駆動用磁石に対して非対称に配置されている場合と比較して、トルクリップルを効果的に小さくすることが可能になり、リニアリティ特性の低下を効果的に抑制することが可能になる。

[0025] 本発明において、軸方向における駆動用磁石の一端面は、軸方向において、第 1 の基端部と第 2 の先端部との間に配置され、軸方向における駆動用磁石の他端面は、軸方向において、第 2 の基端部と第 1 の先端部との間に配置され、第 1 の先端部および第 2 の先端部は、凸曲面状に形成されていることが好ましい。このように構成すると、駆動用磁石の一端面から第 1 の基端部と第 2 の先端部とをバランス良く離して配置することが可能になり、かつ、駆動用磁石の他端面から第 2 の基端部と第 1 の先端部とをバランス良く離して配置することが可能になる。したがって、第 1 の極歯や第 2 の極歯等を薄型化しても、第 1、第 2 の基端部および第 1、第 2 の先端部の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制することが可能になる。また、このように構成すると、第 1 の先端部および第 2 の先端部が凸曲面状に形成されているため、第 1、第 2 の先端部に磁束が集中するのを効果的に抑制することが可能になる。したがって、第 1 の極歯や第 2 の極歯等を薄型化して駆動用コイルの巻数を増やし、トルクの低下を抑制しても、第 1、第 2 の基端部および第 1、第 2 の先端部の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制して、リニアリティ特性が低下するのを抑制することが可能になる。また、このように構成すると、第 1 の先端部および第 2 の先端部が凸曲面状に形成されているため、第

１、第２の先端部を駆動用磁石の一端面あるいは他端面に比較的近づけても、第１、第２の先端部に磁束が集中するのを抑制することが可能になる。したがって、第１、第２の先端部に磁束が集中するのを抑制しつつ、効率的な磁気回路を形成することが可能になり、トルクの低下を効率的に抑制することが可能になる。

[0026] 本発明において、軸方向における駆動用磁石の一端面は、軸方向において、第１の基端部と第２の先端部との間に配置されるとともに、軸方向における駆動用磁石の一端面と第１の基端部との距離は、軸方向における駆動用磁石の一端面と第２の先端部との距離よりも短く、軸方向における駆動用磁石の他端面は、軸方向において、第２の基端部と第１の先端部との間に配置されるとともに、軸方向における駆動用磁石の他端面と第２の基端部との距離は、軸方向における駆動用磁石の他端面と第１の先端部との距離よりも短いことが好ましい。このように構成すると、駆動用磁石の一端面から第１の基端部と第２の先端部とをバランス良く離して配置することが可能になり、かつ、駆動用磁石の他端面から第２の基端部と第１の先端部とをバランス良く離して配置することが可能になるため、第１の極歯や第２の極歯等を薄型化しても、第１、第２の基端部および第１、第２の先端部の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制することが可能になる。また、このように構成すると、軸方向における駆動用磁石の一端面と第１の基端部との距離が軸方向における駆動用磁石の一端面と第２の先端部との距離よりも長く、また、軸方向における駆動用磁石の他端面と第２の基端部との距離が軸方向における駆動用磁石の他端面と第１の先端部との距離よりも長い場合と比較して、第１、第２の極歯の軸方向の長さを短くすることが可能になる。したがって、ステッピングモータを軸方向で小型化することが可能になる。

[0027] 本発明において、軸方向における駆動用磁石の一端面は、軸方向において、第１の基端部と第２の先端部との間に配置され、軸方向における駆動用磁石の他端面は、軸方向において、第２の基端部と第１の先端部との間に配置され、軸方向における第１の基端部と第２の先端部との距離と、軸方向にお

ける第2の基端部と第1の先端部との距離とが略等しく、軸方向における駆動用磁石の一端面と第1の基端部との距離と、軸方向における駆動用磁石の他端面と第2の基端部との距離とが略等しいことが好ましい。このように構成すると、駆動用磁石の一端面から第1の基端部と第2の先端部とをバランス良く離して配置することが可能になり、かつ、駆動用磁石の他端面から第2の基端部と第1の先端部とをバランス良く離して配置することが可能になるため、第1の極歯や第2の極歯等を薄型化しても、第1、第2の基端部および第1、第2の先端部の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制することが可能になる。また、このように構成すると、第1の極歯と第2の極歯とが駆動用磁石に対して略対称に配置されるため、第1の極歯と第2の極歯とが駆動用磁石に対して非対称に配置されている場合と比較して、トルクリップルを効果的に小さくすることが可能になり、リニアリティ特性の低下を効果的に抑制することが可能になる。

[0028] 本発明において、ステータは、たとえば、駆動用コイルと第1のヨークと第2のヨークとを有するステータ部組を複数備え、ステータ部組は、軸方向で重なるように配置されている。

発明の効果

[0029] 以上のように、本発明では、ステッピングモータを軸方向で小型化した場合であっても、その性能の低下を抑制することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0030] [図1] 本発明の実施の形態にかかるステッピングモータの断面図である。

[図2] 図1のE-E方向からステッピングモータを示す図である。

[図3] 図1に示す外ヨークを示す図であり、(A)は平面図、(B)は(A)のF-F断面の断面図である。

[図4] 図1に示す内ヨークを示す図であり、(A)は平面図、(B)は(A)のG-G断面の断面図である。

[図5] 図1に示す駆動用磁石および極歯の配置関係を説明するための図である。

[図6] 図5に示す幅減少率変更部と先端部との距離を変化させたときのモータのトルクおよびトルクリップルを算出するシミュレーションの条件を説明するための図である。

[図7] (A) は、図5に示す幅減少率変更部と先端部との距離を変化させたときのモータのトルクおよびトルクリップルを算出するシミュレーションの結果を示すグラフであり、(B) は(A)のグラフの元データの一覧表である。

[図8] 比較例にかかるモータの極歯の構成、配置関係、および、駆動用磁石と極歯との配置関係を説明するための図である。

[図9] 図1に示すモータのトルクと比較例にかかるモータのトルクとを算出するシミュレーションの結果を示すグラフである。

[図10] 図1に示すモータのトルクリップルと比較例にかかるモータのトルクリップルとを算出するシミュレーションの結果を示すグラフである。

符号の説明

- [0031]
- 1 モータ（ステッピングモータ）
 - 3 駆動用磁石
 - 3 a 一端面
 - 3 b 他端面
 - 4 ロータ
 - 5 駆動用コイル
 - 6 ステータ
 - 1 2 第1のステータ部組（ステータ部組）
 - 1 3 第2のステータ部組（ステータ部組）
 - 1 4 外ヨーク（第1のヨーク）
 - 1 4 a 端板部（第1の端板部）
 - 1 4 b 極歯（第1の極歯）
 - 1 4 c 先端部（第1の先端部）
 - 1 4 d 基端部（第1の基端部）

- 1 4 e 小幅減少率部（第 1 の小幅減少率部）
- 1 4 f 大幅減少率部（第 1 の大幅減少率部）
- 1 4 g 幅減少率変更部（第 1 の幅減少率変更部）
- 1 6 内ヨーク（第 2 のヨーク）
- 1 6 a 端板部（第 2 の端板部）
- 1 6 b 極歯（第 2 の極歯）
- 1 6 c 先端部（第 2 の先端部）
- 1 6 d 基端部（第 2 の基端部）
- 1 6 e 小幅減少率部（第 2 の小幅減少率部）
- 1 6 f 大幅減少率部（第 2 の大幅減少率部）
- 1 6 g 幅減少率変更部（第 2 の幅減少率変更部）
- C L 1 中心位置（第 1 の中心位置）
- C L 2 中心位置（第 2 の中心位置）
- C L 3 中心位置（第 3 の中心位置）
- L 1 第 1 の基端部と第 2 の先端部との距離
- L 2 第 2 の基端部と第 1 の先端部との距離
- L 3 第 2 の幅減少率変更部と第 1 の基端部
- L 4 第 1 の幅減少率変更部と第 2 の基端部との距離
- L 5 駆動用磁石の一端面と第 1 の基端部との距離
- L 6 駆動用磁石の他端面と第 2 の基端部との距離
- L 7 駆動用磁石の一端面と第 2 の先端部との距離
- L 8 駆動用磁石の他端面と第 1 の先端部との距離
- L 9 第 2 の幅減少率変更部と第 2 の先端部との距離
- L 1 0 第 1 の幅減少率変更部と第 1 の先端部との距離
- R 狭隙間部

発明を実施するための形態

- [0032] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。
- [0033] （ステッピングモータの概略構成）

図 1 は、本発明の実施の形態にかかるステッピングモータ 1 の断面図である。図 2 は、図 1 の E-E 方向からステッピングモータ 1 を示す図である。図 3 は、図 1 に示す外ヨーク 14 を示す図であり、(A) は平面図、(B) は (A) の F-F 断面の断面図である。図 4 は、図 1 に示す内ヨーク 16 を示す図であり、(A) は平面図、(B) は (A) の G-G 断面の断面図である。

[0034] 本形態のステッピングモータ 1 (以下、「モータ 1」とする。)は、いわゆる PM 型のステッピングモータである。このモータ 1 は、図 1 に示すように、回転軸 2 と 2 個の駆動用磁石 3 とを有するロータ 4 と、駆動用磁石 3 の外周側に配置される 2 個の駆動用コイル 5 を有するステータ 6 とを備えている。また、モータ 1 は、回転軸 2 の出力側の端部 (図示省略) を支持する軸受 (図示省略) と、回転軸 2 の反出力側の端部を支持する軸受 7 と、軸受 7 を保持する軸受保持部材 8 と、回転軸 2 を出力側へ付勢するための板バネ 9 とを備えている。

[0035] なお、以下の説明では、回転軸 2 の出力側となる図 1 の左側を「出力側」、回転軸 2 の反出力側となる図 1 の右側を「反出力側」とする。また、回転軸 2 の軸方向となる図 1 の左右方向を「軸方向」、軸方向に直交する方向を「径方向」、ロータ 4 の円周方向を「周方向」とする。

[0036] 回転軸 2 は、ステンレス鋼、アルミニウムあるいは黄銅等の金属で形成されている。回転軸 2 の出力側は、ステータ 6 から突出しており、このステータ 6 から突出した部分には、リードスクリュー 2a が形成されている。リードスクリュー 2a は、たとえば、光ピックアップ装置等の被移動体と螺合して、被移動体を移動させる。

[0037] 駆動用磁石 3 は、永久磁石であり、略円筒状に形成されている。2 個の駆動用磁石 3 は、軸方向に所定の間隔をあけた状態で、回転軸 2 の反出力側に固定されている。具体的には、ステータ 6 の軸方向の略中心を通過する平面 P に対して、2 個の駆動用磁石 3 が略面対称に配置されている。駆動用磁石 3 の外周面には、N 極と S 極とが周方向に沿って交互に形成されている。な

お、駆動用磁石 3 の外周面に交互に形成される N 極、S 極の周方向における幅は、たとえば、周方向で交互に配置される後述の極歯 14 b、16 b の周方向における配置ピッチとほぼ等しくなっている。

[0038] ステータ 6 は、第 1 のステータ部組 12 と第 2 のステータ部組 13 とを備えている。第 1 のステータ部組 12 と第 2 のステータ部組 13 とは、軸方向で重なるように配置されている。

[0039] 第 1 のステータ部組 12 は、外ヨーク 14 と、1 個の駆動用コイル 5 が巻回されるボビン 15 と、ボビン 15 を外ヨーク 14 との間に挟むように配置される内ヨーク 16 と、これらの各構成を径方向外側および反出力側から覆うケース部材 17 とを備えている。この第 1 のステータ部組 12 は、反出力側に配置される駆動用磁石 3 の径方向外側に配置されている。

[0040] ボビン 15 は、軸方向の両端に鏝部 15 a、15 b を有する鏝付の筒状に形成されている。本形態では、図 1 に示すように、出力側に配置される鏝部 15 a の厚さ（軸方向の厚さ）が、反出力側に配置される鏝部 15 b の厚さよりも薄くなっている。駆動用コイル 5 は、ボビン 15 の外周側に巻回されている。すなわち、駆動用コイル 5 は、円筒状等の筒状に巻回されている。

[0041] 外ヨーク 14 は、図 3 に示すように、略環状に形成される端板部 14 a と、端板部 14 a の内周端から軸方向に起立するように形成されるとともに周方向に所定のピッチで配置される複数の極歯 14 b とを備えている。内ヨーク 16 は、図 4 に示すように、略環状に形成される端板部 16 a と、端板部 16 a の内周端から軸方向に起立するように形成されるとともに周方向に所定のピッチで配置される複数の極歯 16 b とを備えている。本形態では、外ヨーク 14 は 4 個の極歯 14 b を備え、4 個の極歯 14 b が略 90° ピッチで配置されている。また、内ヨーク 16 は 4 個の極歯 16 b を備え、4 個の極歯 16 b が略 90° ピッチで配置されている。

[0042] 外ヨーク 14 の端板部 14 a は、駆動用コイル 5 の反出力側の端面を覆うように配置され、内ヨーク 16 の端板部 16 a は、駆動用コイル 5 の出力側の端面を覆うように配置されている。すなわち、駆動用コイル 5 は、軸方向

において、端板部 14 a と端板部 16 a とに挟まれている。具体的には、端板部 14 a は、ボビン 15 の鏑部 15 a の反出力側の面を覆うように配置され、端板部 16 a は、ボビン 15 の鏑部 15 b の出力側の面を覆うように配置されており、ボビン 15 は、軸方向において、端板部 14 a と端板部 16 a とに挟まれている。

[0043] 極歯 14 b、16 b は、駆動用磁石 3 の外周面に対向するように配置されている。また、極歯 14 b と極歯 16 b とは、周方向で隣接するように交互に配置されている。すなわち、4 個の極歯 14 b の間のそれぞれに、出力側から極歯 16 b が入り込み、4 個の極歯 16 b の間のそれぞれに、反出力側から極歯 14 b が入り込むように、極歯 14 b と極歯 16 b とが配置されている。また、極歯 14 b、16 b の径方向外側には、駆動用コイル 5 が巻回されたボビン 15 が配置されている。

[0044] 外ヨーク 14 および内ヨーク 16 のより具体的な構成、極歯 14 b、16 b 同士により具体的な配置関係、および、軸方向における駆動用磁石 3 と極歯 14 b、16 b との配置関係については後述する。

[0045] 第 2 のステータ部組 13 は、第 1 のステータ部組 12 と同一の構成が、ステータ 6 の軸方向の略中心を通過する平面 P に対して対称に配置されることで構成されている。すなわち、第 2 のステータ部組 13 は、第 1 のステータ部組 12 と同様に、外ヨーク 14 と、1 個の駆動用コイル 5 が巻回されるボビン 15 と、内ヨーク 16 と、ケース部材 17 とを備えており、図 1 に示すように、第 1 のステータ部組 12 を構成する内ヨーク 16 の端板部 16 a の出力側の面と、第 2 のステータ部組 13 を構成する内ヨーク 16 の端板部 16 a の反出力側の面とが平面 P 上で当接している。そのため、第 2 のステータ部組 13 の構成の詳細な説明は省略する。

[0046] 軸受保持部材 8 は、略筒状に形成されており、第 1 ステータ部組 12 の反出力側の端面に固定されている。すなわち、軸受保持部材 8 は、第 1 ステータ部組 12 のケース部材 17 の反出力側の端面に固定されている。軸受 7 は、軸受保持部材 8 の内周側に保持されており、軸方向に移動可能となってい

る。軸受 7 には、球状のピボット 19 が配置される凹部が形成されている。また、回転軸 2 の反出力側の端面にもピボット 19 が配置される凹部が形成されている。

[0047] 板バネ 9 は、軸受保持部材 8 の反出力側に固定されている。板バネ 9 の中心部には、図 2 に示すように、軸受 7 に当接するバネ部 9 a が形成されている。バネ部 9 a は、軸受 7 およびピボット 19 を介して、回転軸 2 を出力側に付勢している。本形態では、軸受 7、軸受保持部材 8、板バネ 9 およびピボット 19 によって、ロータ 4 の反出力側端がラジアル方向およびスラスト方向に支持されている。

[0048] なお、本形態では、バネ部 9 a によって付勢された軸受 7 の出力端側の一部は、図 1 に示すように、第 1 のステータ部組 12 のケース部材 17 の反出力側の端面よりも出力側に配置されている。すなわち、軸受 7 の出力端側の一部は、ステータ 6 の内部に配置されている。

[0049] モータ 1 を軸方向から見たときの形状は、図 2 に示すように、略小判形状となっている。具体的には、モータ 1 を軸方向から見たときの形状は、曲率半径および曲率中心が同じ 2 個の円弧と図 2 の上下方向に平行な 2 本の線とから形成される略小判形状となっている。そのため、軸方向から見たときの形状が円形となるモータと比較して、本形態では、図 2 の左右方向においてモータ 1 を小型化することができる。なお、たとえば、モータ 1 の外径 ϕ は、7.5 mm であり、図 2 の左右方向におけるモータ 1 の幅 W0 は、6 mm である。また、本形態では、図 2 の左右両側面においても駆動用コイル 5 は、ケース部材 17 に覆われている。すなわち、駆動用コイル 5 は、全周にわたってケース部材 17 に覆われている。

[0050] (外ヨークおよび内ヨークの構成)

上述のように、外ヨーク 14 は、端板部 14 a と、4 個の極歯 14 b とを備えている。図 3 (B) に示すように、極歯 14 b の先端部 14 c は、凸曲面状に形成されている。具体的には、先端部 14 c は、径方向から見たときの形状が略 1/4 円弧状になる凸曲面状に形成されている。

- [0051] また、極歯 14 b は、図 3 (B) に示すように、端板部 14 a と極歯 14 b との境界部に形成される極歯 14 b の基端部 14 d から先端部 14 c に向かうにしたがってその幅（具体的には、周方向の幅）が狭くなるように形成されている。具体的には、基端部 14 d から先端部 14 c に向かって、初めは非常に緩やかに極歯 14 b の幅が減少し、その後、緩やかに極歯 14 b の幅が減少しており、極歯 14 b は、径方向から見たときの形状が略五角形状あるいは略六角形状となるように形成されている。
- [0052] すなわち、本形態の極歯 14 b は、極歯 14 b の基端側に配置されるとともに極歯 14 b の先端側に向かうにしたがって所定の減少率で極歯 14 b の幅が減少していく小幅減少率部 14 e と、極歯 14 b の先端側に配置されるとともに極歯 14 b の先端側に向かうにしたがって小幅減少率部 14 e よりも大きな減少率で極歯 14 b の幅が減少していく大幅減少率部 14 f とから構成されている。小幅減少率部 14 e と大幅減少率部 14 f との境界部は、極歯 14 b の幅の減少率が変わる幅減少率変更部 14 g となっている。
- [0053] 小幅減少率部 14 e は、極歯 14 b の先端側に向かうにしたがって、周方向の両側から同じ量だけ極歯 14 b の幅が狭くなるように形成されている。また、小幅減少率部 14 e の周方向両端部は、径方向から見たときの形状が軸方向（図 3 (B) の上下方向）に対して傾斜する直線状となるように形成されており、小幅減少率部 14 e では、極歯 14 b の先端側に向かうにしたがって、極歯 14 b の幅が次第に狭くなっている。
- [0054] 大幅減少率部 14 f は、極歯 14 b の先端側に向かうにしたがって、周方向の両側から同じ量だけ極歯 14 b の幅が狭くなるように形成されている。また、大幅減少率部 14 f の周方向両端部は、径方向から見たときの形状が軸方向に対して傾斜する直線状となるように形成されており、大幅減少率部 14 f では、極歯 14 b の先端側に向かうにしたがって、極歯 14 b の幅が次第に狭くなっている。また、径方向から見たときの大幅減少率部 14 f の周方向両端部の軸方向に対する傾きは、径方向から見たときの小幅減少率部 14 e の周方向両端部の軸方向に対する傾きよりも大きくなっている。

- [0055] 上述のように、内ヨーク 16 は、端板部 16 a と、4 個の極歯 16 b とを備えている。本形態では、極歯 16 b は、外ヨーク 14 の極歯 14 b と同形状に形成されている。すなわち、まず、極歯 16 b の先端部 16 c は、図 4 (B) に示すように、径方向から見たときの形状が略 1/4 円弧状になる凸曲面状に形成されている。
- [0056] また、極歯 16 b は、図 4 (B) に示すように、端板部 16 a と極歯 16 b との境界部に形成される極歯 16 b の基端部 16 d から先端部 16 c に向かうにしたがってその幅が狭くなるように形成されている。具体的には、基端部 16 d から先端部 16 c に向かって、初めは非常に緩やかに極歯 16 b の幅が減少し、その後、緩やかに極歯 16 b の幅が減少しており、極歯 16 b は、径方向から見たときの形状が略五角形状あるいは略六角形状となるように形成されている。
- [0057] すなわち、極歯 16 b は、極歯 16 b の基端側に配置されるとともに極歯 16 b の先端側に向かうにしたがって所定の減少率で極歯 16 b の幅が減少していく小幅減少率部 16 e と、極歯 16 b の先端側に配置されるとともに極歯 16 b の先端側に向かうにしたがって小幅減少率部 16 e よりも大きな減少率で極歯 16 b の幅が減少していく大幅減少率部 16 f とから構成されている。小幅減少率部 16 e と大幅減少率部 16 f との境界部は、極歯 16 b の幅の減少率が変わる幅減少率変更部 16 g となっている。
- [0058] 小幅減少率部 14 e と同様に、小幅減少率部 16 e は、極歯 16 b の先端側に向かうにしたがって、周方向の両側から同じ量だけ極歯 16 b の幅が狭くなるように形成されている。また、小幅減少率部 16 e の周方向両端部は、径方向から見たときの形状が軸方向（図 4 (B) の上下方向）に対して傾斜する直線状となるように形成されている。
- [0059] 大幅減少率部 14 f と同様に、大幅減少率部 16 f は、極歯 16 b の先端側に向かうにしたがって、周方向の両側から同じ量だけ極歯 16 b の幅が狭くなるように形成されている。また、大幅減少率部 16 f の周方向両端部は、径方向から見たときの形状が軸方向に対して傾斜する直線状になるように

形成されている。また、径方向から見たときの大幅減少率部 16 f の周方向両端部の軸方向に対する傾きは、径方向から見たときの小幅減少率部 16 e の周方向両端部の軸方向に対する傾きよりも大きくなっている。

[0060] 本形態では、極歯 14 b の先端部 14 c の幅 H 1 は、極歯 14 b の基端部 14 d の幅 H 2 の略 $1/3$ となっている。また、先端部 14 c の幅 H 1 は、極歯 14 b の幅減少率変更部 14 g の幅 H 3 の略 $19/50$ となっている。同様に、本形態では、極歯 16 b の先端部 16 c の幅 H 4 は、極歯 16 b の基端部 16 d の幅 H 5 の略 $1/3$ となっている。また、先端部 16 c の幅 H 4 は、極歯 16 b の幅減少率変更部 16 g の幅 H 6 の略 $19/50$ となっている。

[0061] (極歯の配置関係および駆動用磁石と極歯との配置関係)

図 5 は、図 1 に示す駆動用磁石 3 および極歯 14 b、16 b の配置関係を説明するための図である。

[0062] 上述のように、本形態では、外ヨーク 14 の極歯 14 b と内ヨーク 16 の極歯 16 b とは、同形状に形成されている。そのため、本形態では、図 5 に示すように、極歯 14 b の基端部 14 d と極歯 16 b の先端部 16 c との距離 L 1 と、極歯 16 b の基端部 16 d と極歯 14 b の先端部 14 c との距離 L 2 とが等しくなっている。また、極歯 16 b の幅減少率変更部 16 g と基端部 14 d との距離 L 3 と、極歯 14 b の幅減少率変更部 14 g と基端部 16 d との距離 L 4 とが等しくなっている。

[0063] また、本形態では、軸方向において、外ヨーク 14 と内ヨーク 16 とは、軸方向における駆動用磁石 3 の中心を通過する平面 P 1 に対して略面对称に配置されている。すなわち、極歯 14 b と極歯 16 b とは、平面 P 1 に対して略面对称に配置されており、軸方向における駆動用磁石 3 の一端面 3 a と基端部 14 d との距離 L 5 と、軸方向における駆動用磁石 3 の他端面 3 b と基端部 16 d との距離 L 6 とは、略等しくなっている。そのため、駆動用磁石 3 の一端面 3 a と先端部 16 c との距離 L 7 と、駆動用磁石 3 の他端面 3 b と先端部 14 c との距離 L 8 とが略等しくなっている。また、外ヨーク 1

4と内ヨーク16とが平面P1に対して略面对称に配置されているため、軸方向における基端部14dと基端部16dとの中心位置CL1と、軸方向における平面P1の位置とは略一致している。なお、図5では、中心位置CL1と平面P1とが軸方向において一致しているが、中心位置CL1と平面P1とが軸方向において若干ずれる場合もある。

[0064] また、図5に示すように、駆動用磁石3の一端面3aは、軸方向において、基端部14dと先端部16cとの間に配置され、駆動用磁石3の他端面3bは、軸方向において、基端部16dと先端部14cとの間に配置されている。本形態では、駆動用磁石3の一端面3aと基端部14dとの距離L5は、駆動用磁石3の一端面3aと先端部16cとの距離L7よりも短くなっている。また、駆動用磁石3の他端面3bと基端部16dとの距離L6は、駆動用磁石3の他端面3bと先端部14cとの距離L8よりも短くなっている。

[0065] さらに、本形態では、幅減少率変更部14gと幅減少率変更部16gとは、軸方向における先端部14cと先端部16cとの略中間位置に配置されている。すなわち、幅減少率変更部14gと幅減少率変更部16gとは、軸方向における基端部14dと基端部16dとの略中間位置に配置されている。具体的には、軸方向において、幅減少率変更部14gは、中心位置CL1よりも極歯14bの基端部14d側に配置され、幅減少率変更部16gは、中心位置CL1よりも極歯16bの基端部16d側に配置されている。より具体的には、幅減少率変更部14gは、軸方向における中心位置CL1と先端部16cとの中心位置CL2よりも極歯14bの先端部14c側（中心位置CL1側）に配置され、幅減少率変更部16gは、軸方向における中心位置CL1と先端部14cとの中心位置CL3よりも極歯16bの先端部16c側（中心位置CL1側）に配置されている。また、上述のように、極歯14bと極歯16bとが同形状に形成されているため、軸方向における幅減少率変更部14gと中心位置CL1との距離と、軸方向における幅減少率変更部16gと中心位置CL1との距離とが等しくなっている。

[0066] 軸方向における幅減少率変更部 14 g と幅減少率変更部 16 g との間（具体的には、図 5 の斜線で示す領域）では、周方向で互いに隣接する極歯 14 b と極歯 16 b との周方向における隙間が他の箇所よりも狭くなっている。すなわち、軸方向における幅減少率変更部 14 g と幅減少率変更部 16 g との間の領域は、周方向で互いに隣接する極歯 14 b と極歯 16 b との周方向における隙間が他の箇所よりも狭くなる狭隙間部 R となっている。狭隙間部 R は、軸方向における先端部 14 c と先端部 16 c との略中間位置に形成されている。すなわち、狭隙間部 R は、軸方向における基端部 14 d と基端部 16 d との略中間位置に形成されている。

[0067] また、軸方向における狭隙間部 R と先端部 16 c との距離は、軸方向における狭隙間部 R と基端部 14 d との距離の略 $2/3$ となっており、軸方向における狭隙間部 R と先端部 14 c との距離は、軸方向における狭隙間部 R と基端部 16 d との距離の略 $2/3$ となっている。より具体的には、図 5 に示すように、本形態では、軸方向における幅減少率変更部 16 g と先端部 16 c との距離 L_9 は、軸方向における幅減少率変更部 16 g と基端部 14 d との距離 L_3 の略 $2/3$ となっており、軸方向における幅減少率変更部 14 g と先端部 14 c との距離 L_{10} は、軸方向における幅減少率変更部 14 g と基端部 16 d との距離 L_4 の略 $2/3$ となっている。

[0068] なお、本形態では、たとえば、外ヨーク 14 は第 1 のヨークであり、内ヨーク 16 は第 2 のヨークである。また、端板部 14 a は第 1 の端板部であり、端板部 16 a は第 2 の端板部であり、極歯 14 b は第 1 の極歯であり、極歯 16 b は第 2 の極歯である。さらに、先端部 14 c は第 1 の先端部であり、先端部 16 c は第 2 の先端部であり、基端部 14 d は第 1 の基端部であり、基端部 16 d は第 2 の基端部である。また、小幅減少率部 14 e は第 1 の小幅減少率部であり、小幅減少率部 16 e は第 2 の小幅減少率部であり、大幅減少率部 14 f は第 1 の大幅減少率部であり、大幅減少率部 16 f は第 2 の大幅減少率部であり、幅減少率変更部 14 g は第 1 の幅減少率変更部であり、幅減少率変更部 16 g は第 2 の幅減少率変更部である。また、中心位置

CL 1 は、第 1 の中心位置であり、中心位置 CL 2 は、第 2 の中心位置であり、中心位置 CL 3 は、第 3 の中心位置である。

[0069] (本形態の主な効果)

以上説明したように、本形態では、軸方向における狭隙間部 R と先端部 16 c との距離は、軸方向における狭隙間部 R と基端部 14 d との距離の略 $2/3$ となっており、軸方向における狭隙間部 R と先端部 14 c との距離は、軸方向における狭隙間部 R と基端部 16 d との距離の略 $2/3$ となっている。より具体的には、本形態では、幅減少率変更部 16 g と先端部 16 c との距離 L 9 は、幅減少率変更部 16 g と基端部 14 d との距離 L 3 の略 $2/3$ となっており、幅減少率変更部 14 g と先端部 14 c との距離 L 10 は、幅減少率変更部 14 g と基端部 16 d との距離 L 4 の略 $2/3$ となっている。

[0070] そのため、極歯 14 b、16 b と駆動用磁石 3 との対向面積を確保しつつ、基端部 14 d と先端部 16 c との距離 L 1、および、基端部 16 d と先端部 14 c との距離 L 2 を比較的大きくすることが可能になる。したがって、極歯 14 b、16 b と駆動用磁石 3 との対向面積を確保しつつ、駆動用磁石 3 の一端面 3 a から基端部 14 d までの距離 L 5、駆動用磁石 3 の一端面 3 a から先端部 16 c までの距離 L 7、駆動用磁石 3 の他端面 3 b から基端部 16 d までの距離 L 6、および、駆動用磁石 3 の他端面 3 b から先端部 14 c までの距離 L 8 を大きくすることが可能になる。

[0071] その結果、外ヨーク 14、内ヨーク 16 (すなわち、端板部 14 a、16 a や極歯 14 b、16 b) およびケース部材 17 等を薄型化し、かつ、極歯 14 b、16 b と駆動用磁石 3 との対向面積を確保しても、先端部 14 c、16 c および基端部 14 d、16 d の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制することが可能になる。すなわち、本形態では、外ヨーク 14、内ヨーク 16 およびケース部材 17 等を薄型化して駆動用コイル 5 の巻数を増やしたり、極歯 14 b、16 b と駆動用磁石 3 との対向面積を確保して、トルクの低下を抑制しても、先端部 14 c、16 c および基端部 14 d、16 d の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制して、リニアリティ特性が低下するの

を抑制することが可能になる。したがって、本形態では、モータ 1 を軸方向で小型化しても、その性能の低下を抑制することが可能になる。なお、この効果については、後述のシミュレーション 1、2 でさらに詳しく説明する。

[0072] 本形態では、極歯 14 b は、小幅減少率部 14 e と大幅減少率部 14 f とから構成され、極歯 16 b は、小幅減少率部 16 e と大幅減少率部 16 f とから構成されている。そのため、極歯 14 b、16 b の幅が基端部 14 d、16 d から先端部 14 c、16 c まで一定の減少率で減少している場合と比較して、極歯 14 b、16 b の先端側の幅を狭くしつつ、極歯 14 b、16 b の基端側の幅を広くすることが可能になる。したがって、極歯 14 b、16 b の先端側の影響によるトルクリップルの悪化を抑制しつつ、極歯 14 b、16 b の基端側における磁気飽和を抑制して極歯 14 b、16 b の基端側の影響によるトルクリップルの悪化を抑制することが可能になる。その結果、リニアリティ特性の低下を効果的に抑制することが可能になる。

[0073] 本形態では、狭隙間部 R は、軸方向における先端部 14 c と先端部 16 c との略中間位置に形成されている。すなわち、狭隙間部 R は、磁束密度が比較的高くなる駆動用磁石 3 の軸方向における略中間位置に形成されている。そのため、磁束密度が比較的高くなる駆動用磁石 3 の軸方向における略中間位置で、極歯 14 b と極歯 16 b との周方向における隙間を狭くすることができ、トルク特性の低下を効果的に抑制することが可能になる。

[0074] 本形態では、極歯 14 b と極歯 16 b とは、軸方向における駆動用磁石 3 の中心を通過する平面 P 1 に対して略面对称に配置されている。そのため、極歯 14 b と極歯 16 b とが平面 P 1 に対して非対称に配置されている場合と比較して、トルクリップルを効果的に小さくすることが可能になり、リニアリティ特性の低下を効果的に抑制することが可能になる。

[0075] 本形態では、幅減少率変更部 14 g は、中心位置 C L 1 よりも基端部 14 d 側に配置され、幅減少率変更部 16 g は、中心位置 C L 1 よりも基端部 16 d 側に配置されている。そのため、幅減少率変更部 14 g が中心位置 C L 1 よりも先端部 14 c 側に配置されている場合と比較して、基端部 14 d の

磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制することが可能になる。また、幅減少率変更部 16 g が中心位置 CL 1 よりも先端部 16 c 側に配置されている場合と比較して、基端部 16 d の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制することが可能になる。したがって、本形態では、外ヨーク 14、内ヨーク 16 およびケース部材 17 等を薄型化して駆動用コイル 5 の巻数を増やし、トルクの低下を抑制しても、基端部 14 d、16 d の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制して、リニアリティ特性が低下するのを抑制することが可能になる。

[0076] 本形態では、幅減少率変更部 14 g は、中心位置 CL 2 よりも先端部 14 c 側に配置され、幅減少率変更部 16 g は、中心位置 CL 3 よりも先端部 16 c 側に配置されている。そのため、中心位置 CL 1 よりも基端部 14 d 側に幅減少率変更部 14 g が配置され、中心位置 CL 1 よりも基端部 16 d 側に幅減少率変更部 16 g が配置されている場合であっても、極歯 14 b、16 b と駆動用磁石 3 との対向面積を確保して、トルクの低下を抑制することが可能になる。

[0077] 本形態では、駆動用磁石 3 の一端面 3 a は、軸方向において、基端部 14 d と先端部 16 c との間に配置され、駆動用磁石 3 の他端面 3 b は、軸方向において、基端部 16 d と先端部 14 c との間に配置されている。そのため、駆動用磁石 3 の一端面 3 a から基端部 14 d と先端部 16 c とをバランス良く離して配置することが可能になり、また、駆動用磁石 3 の他端面 3 b から基端部 16 d と先端部 14 c とをバランス良く離して配置することが可能になる。したがって、本形態では、外ヨーク 14、内ヨーク 16 およびケース部材 17 等を薄型化しても、先端部 14 c、16 c および基端部 14 d、16 d の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制することが可能になる。特に、本形態では、先端部 14 c、16 c は、凸曲面状に形成されているため、先端部 14 c、16 c に磁束が集中するのを効果的に抑制することが可能になる。その結果、本形態では、モータ 1 を軸方向で小型化する際に、外ヨーク 14、内ヨーク 16 およびケース部材 17 等を薄型化して駆動用コイル

5の巻数を増やし、トルクの低下を抑制しても、先端部14c、16cおよび基端部14d、16dの磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制して、リニアリティ特性が低下するのを抑制することが可能になる。

[0078] 本形態では、先端部14c、16cは、凸曲面状に形成されている。そのため、先端部14c、16cを駆動用磁石3の一端面3aあるいは他端面3bに比較的近づけても、先端部14c、16cに磁束が集中するのを抑制することが可能になる。すなわち、極歯14b、16bと駆動用磁石3との対向面積を増やしつつ、先端部14c、16cに磁束が集中するのを抑制することが可能になる。したがって、先端部14c、16cに磁束が集中するのを抑制しつつ、効率的な磁気回路を形成することが可能になり、トルクの低下を効率的に抑制することが可能になる。

[0079] 本形態では、駆動用磁石3の一端面3aと基端部14dとの距離L5は、駆動用磁石3の一端面3aと先端部16cとの距離L7よりも短くなっている。また、駆動用磁石3の他端面3bと基端部16dとの距離L6は、駆動用磁石3の他端面3bと先端部14cとの距離L8よりも短くなっている。そのため、距離L5が距離L7よりも長く、距離L6が距離L8よりも長い場合と比較して、軸方向における駆動用磁石3の長さが一定であり、かつ、距離L7、L8が一定である場合には、極歯14b、16bの軸方向の長さを短くすることができる。したがって、軸方向における駆動用磁石3の長さが一定であり、かつ、距離L7、L8が一定である場合には、モータ1を軸方向で小型化することができる。

[0080] (シミュレーション1)

図6は、図5に示す幅減少率変更部16gと先端部16cとの距離L9および幅減少率変更部14gと先端部14cとの距離L10を変化させたときのモータ1のトルクおよびトルクリップルを算出するシミュレーションの条件を説明するための図である。図7(A)は、図5に示す幅減少率変更部16gと先端部16cとの距離L9および幅減少率変更部14gと先端部14cとの距離L10を変化させたときのモータ1のトルクおよびトルクリップ

ルを算出するシミュレーションの結果を示すグラフであり、図7（B）は図7（A）のグラフの元データの一覧表である。

[0081] 駆動用磁石3の軸方向の長さ $W1$ （図6参照）、軸方向における極歯14bの基端部14dと極歯16bの基端部16dとの距離 $L11$ （図5参照）、軸方向における基端部14dと幅減少率変更部14gとの距離 $L12$ （図5参照）、軸方向における基端部16dと幅減少率変更部16gとの距離 $L13$ （図5参照）、駆動用磁石3の一端面3aと基端部14dとの距離 $L5$ 、および、駆動用磁石3の他端面3bと基端部16dとの距離 $L6$ を一定にして、幅減少率変更部16gと先端部16cとの距離 $L9$ および幅減少率変更部14gと先端部14cとの距離 $L10$ を変化させたときのモータ1のトルクおよびトルクリップルを算出するシミュレーションを行った。具体的には、シミュレーションでは、駆動用コイル5に供給される電流値を一定としたときのモータ1の最小トルク、および、駆動用コイル5に供給される電流値を一定としたときのモータ1のステップごとのトルクの変動量の最大値（最大トルクと最少トルクとの差）を算出した。以下、そのシミュレーションの条件および結果について説明する。

[0082] まず、シミュレーションの条件について説明する。シミュレーションでは、距離 $L12$ 、 $L13$ を2.0mmに固定して、図7（B）に示すように、距離 $L9$ 、 $L10$ を条件1～条件4までの4つの長さとしたときのモータ1のトルクおよびトルクリップルを算出した。また、このシミュレーションでは、図2～図6に示す各寸法を以下のように設定した。

[0083] 距離 $L3$ 、 $L4$ ：2.41mm

距離 $L5$ ：0.26mm

距離 $L6$ ：0.3mm

距離 $L11$ ：4.41mm

距離 $L12$ 、 $L13$ ：2mm

先端部14cの幅 $H1$ 、先端部16cの幅 $H4$ ：0.457mm

基端部14dの幅 $H2$ 、基端部16dの幅 $H5$ ：1.339mm

幅減少率変更部 14 g の幅 H 3、幅減少率変更部 16 g の幅 H 6 : 1. 2 mm

先端部 14 c、16 c の曲率半径 : 0. 4 mm

駆動用磁石 3 の長さ W 1 : 3. 85 mm

駆動用コイル 5 の軸方向の長さ W 2 : 3. 7 mm

2 個の駆動用磁石 3 の一端面 3 a 間の距離 W 3 : 9. 2 mm

ステータ 6 の出力側端からモータ 1 の反出力側端までの距離 W 4 : 12. 42 mm

極歯 14 b、16 b の厚さ t 1 : 0. 37 mm

端板部 14 a、16 a の厚さ t 2 : 0. 45 mm

ケース部材 17 の厚さ t 3 : 0. 2 mm

駆動用磁石 3 の外径 D 1 : 3. 16 mm

極歯 14 b、16 b の内径 D 2 : 3. 46 mm

極歯 14 b、16 b の外径 D 3 : 4. 2 mm

径方向における極歯 14 b、16 b と駆動用磁石 3 との隙間 S : 0. 15 mm

モータ 1 の外径 ϕ : 7. 5 mm

モータ 1 の幅 W 0 : 6 mm

なお、図 5 に示す L 14 は、極歯 14 b の先端部 14 c から基端部 14 d までの距離（すなわち、極歯 14 b の軸方向の長さ）であり、図 5 に示す L 15 は、極歯 16 b の先端部 16 c から基端部 16 d までの距離（すなわち、極歯 16 b の軸方向の長さ）である。

[0084] 以上の条件でシミュレーションを行った結果を図 7 に示す。図 7 に示すように、距離 L 9、L 10 を 1. 2 mm にした条件 1 の場合には、トルクリップルは小さくて、リニアリティ特性は良好であるものの、トルクが小さくて、トルク特性は良好でなかった。また、距離 L 9、L 10 を 1. 96 mm にした条件 3 の場合、および、距離 L 9、L 10 を 2. 2 mm とした条件 4 の場合には、トルクは大きくて、トルク特性は良好であったものの、トルクリ

リップルが大きくて、リニアリティ特性は良好でなかった。これに対して、距離 L_9 、 L_{10} を1.6 mmにした条件2の場合には、トルクリップルは小さく、かつ、トルクは大きくて、リニアリティ特性およびトルク特性はいずれも良好であった。すなわち、距離 L_9 、 L_{10} が1.6 mm、距離 L_3 、 L_4 が2.41 mmであり、距離 L_9 、 L_{10} が距離 L_3 、 L_4 の略2/3となっている場合には、リニアリティ特性およびトルク特性がバランス良く良好になった。

[0085] このように、距離 L_9 、 L_{10} が距離 L_3 、 L_4 の略2/3となっている場合には、極歯14b、16bと駆動用磁石3との対向面積を確保して、トルク特性が低下するのを抑制することができるとともに、先端部14c、16cおよび基端部14d、16dの磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制して、リニアリティ特性が低下するのを抑制することができる。

[0086] (シミュレーション2)

図8は、比較例にかかるモータの極歯54b、56bの構成、配置関係、および、駆動用磁石3と極歯54b、56bとの配置関係を説明するための図である。図9は、図1に示すモータ1のトルクと比較例にかかるモータのトルクとを算出するシミュレーションの結果を示すグラフである。図10は、図1に示すモータ1のトルクリップルと比較例にかかるモータのトルクリップルとを算出するシミュレーションの結果を示すグラフである。

[0087] 図1に示すモータ1（実施例にかかるモータ1）のトルクおよびトルクリップルと、モータ1よりも軸方向に長いモータ（比較例にかかるモータ）のトルクおよびトルクリップルとを比較するため、モータ1のトルクおよびトルクリップルと、比較例にかかるモータのトルクおよびトルクリップルとを算出するシミュレーションを行った。以下、そのシミュレーションの条件および結果について説明する。

[0088] まず、シミュレーションの条件について説明する。シミュレーションでは、実施例にかかるモータ1として、上述のシミュレーション1の条件2で設定されるモータ1を使用した。また、比較例にかかるモータとしては、図8

に示すように、外ヨーク 5 4 の極歯 5 4 b と内ヨーク 5 6 の極歯 5 6 b との周方向の隙間が軸方向で一定になっているモータを使用した。また、比較例にかかるモータの図 6、図 8 に示す各寸法を以下のように設定した。なお、極歯 5 4 b、5 6 b の形状および以下の設定値を除けば、比較例にかかるモータとモータ 1 とはほぼ同様に構成されている。また、極歯 5 4 b と極歯 5 6 b とは同形状に形成されている。さらに、極歯 5 4 b の先端部 5 4 c および極歯 5 6 b の先端部 5 6 c は、平面状に形成されている。

[0089] 極歯 5 4 b の基端部 5 4 d と極歯 5 6 b の先端部 5 6 c との距離 L 5 1 :

0. 5 mm

極歯 5 6 b の基端部 5 6 d と極歯 5 4 b の先端部 5 4 c との距離 L 5 2 :

0. 5 mm

駆動用磁石 3 の一端面 3 a と基端部 5 4 d との距離 : 0 mm

駆動用磁石 3 の他端面 3 b と基端部 5 6 d との距離 L 5 6 : 0. 3 mm

駆動用磁石 3 の他端面 3 b と先端部 5 4 c との距離 L 5 8 : 0. 2 mm

基端部 5 4 d と基端部 5 6 d との距離 L 6 1 : 5. 11 mm

極歯 5 4 b の軸方向の長さ L 6 4、極歯 5 6 b の軸方向の長さ L 6 5 : 4

. 61 mm

先端部 5 4 c の幅 H 5 1、先端部 5 6 c の幅 H 5 3 : 0. 585 mm

基端部 5 4 d の幅 H 5 2、基端部 5 6 d の幅 H 5 4 : 1. 339 mm

駆動用磁石 3 の長さ W 1 : 4. 81 mm

駆動用コイル 5 の軸方向の長さ W 2 : 4. 3 mm

2 個の駆動用磁石 3 の一端面 3 a 間の距離 W 3 : 11. 22 mm

ステータ 6 の出力側端からモータ 1 の反出力側端までの距離 W 4 : 14.

42 mm

極歯 5 4 b、5 6 b の厚さ t 1 : 0. 45 mm

端板部 5 4 a、5 6 a の厚さ t 2 : 0. 5 mm

ケース部材 1 7 の厚さ t 3 : 0. 3 mm

駆動用磁石 3 の外径 D 1 : 3. 2 mm

極歯 54b、56b の内径 D_2 : 3.5 mm

極歯 54b、56b の外径 D_3 : 4.4 mm

径方向における極歯 54b、56b と駆動用磁石 3 との隙間 S : 0.15 mm

[0090] 以上の条件でシミュレーションを行った結果を図 9、図 10 に示す。図 9 に示すように、回転しているロータ 4 を止めるためのトルクであるプルアウトトルク (POT) は、実施例にかかるモータ 1 と比較例にかかるモータとで、ほぼ同等となった。また、図 9 に示すように、停止しているロータ 4 を起動させるためのトルクであるプルイントルク (PIT) も、実施例にかかるモータ 1 と比較例にかかるモータとで、ほぼ同等となった。さらに、図 10 に示すように、実施例にかかるモータ 1 のトルクリップルと、比較例にかかるモータのトルクリップルもほぼ同等となった。

[0091] このように、距離 L_9 、 L_{10} が距離 L_3 、 L_4 の略 $2/3$ となっているモータ 1 は、比較例にかかるモータよりも軸方向で 2 mm 短くなっている（すなわち、軸方向で 2 mm だけ小型化されている）にもかかわらず、比較例にかかるモータとほぼ同等のトルク特性とリニアリティ特性とを得ることができる。すなわち、距離 L_9 、 L_{10} が距離 L_3 、 L_4 の略 $2/3$ となっているモータ 1 では、モータ 1 を軸方向で小型化しても、極歯 14b、16b と駆動用磁石 3 との対向面積を確保して、トルク特性が低下するのを抑制することができるとともに、先端部 14c、16c および基端部 14d、16d の磁束が集中する箇所での磁気飽和を抑制して、リニアリティ特性が低下するのを抑制することができる。

[0092] （他の実施の形態）

上述した形態は、本発明の好適な形態の一例ではあるが、これに限定されるものではなく本発明の要旨を変更しない範囲において種々変形実施が可能である。

[0093] 上述した形態では、図 1 に示すように、軸受 7 の出力端側の一部がステータ 6 の内部に配置されている。この他にもたとえば、軸受 7 の大半部分がス

ステータ 6 の内部に配置されるように、回転軸 2、軸受 7、軸受保持部材 8 および板バネ 9 が構成されても良い。また、軸受 7 の全部がステータ 6 の内部に配置されるように（すなわち、軸受 7 がステータ 6 の内部に収納されるように）、回転軸 2、軸受 7、軸受保持部材 8 および板バネ 9 が構成されても良い。

[0094] 上述した形態では、ステータ 6 は、第 1 のステータ部組 12 と第 2 のステータ部組 13 とによって構成されている。この他にもたとえば、ステータ 6 は、3 個以上のステータ部組によって構成されても良い。

[0095] 上述した形態では、モータ 1 を軸方向から見たときの形状は、略小判形状となっている。この他にもたとえば、モータ 1 を軸方向から見たときの形状が略円形状となっても良い。

請求の範囲

[請求項1]

駆動用磁石を有するロータと、筒状に巻回され前記駆動用磁石の外周側に配置される駆動用コイルを有するステータとを備え、

前記ステータは、前記ロータの軸方向における前記駆動用コイルの一端面を覆うように配置される略環状の第1の端板部を有する第1のヨークと、前記軸方向における前記駆動用コイルの他端面を覆うように配置される略環状の第2の端板部を有する第2のヨークとを備え、

前記第1のヨークは、前記第1の端板部の内周端から起立するように形成され前記駆動用磁石の外周面に対向するように配置される複数の第1の極歯を備え、

前記第2のヨークは、前記第2の端板部の内周端から起立するように形成され前記駆動用磁石の外周面に対向するように配置される複数の第2の極歯を備え、

前記第1の極歯と前記第2の極歯とは、前記ロータの周方向で交互に配置され、

前記周方向で互いに隣接する前記第1の極歯と前記第2の極歯との前記周方向における隙間が狭くなる狭隙間部が、前記第1の極歯の先端部である第1の先端部と前記第2の極歯の先端部である第2の先端部との前記軸方向における略中間位置に形成され、

前記軸方向における前記第1の先端部と前記狭隙間部との距離は、前記第2の端板部と前記第2の極歯との境界部に形成される前記第2の極歯の基端部である第2の基端部と前記狭隙間部との前記軸方向における距離の略2/3であり、

前記軸方向における前記第2の先端部と前記狭隙間部との距離は、前記第1の端板部と前記第1の極歯との境界部に形成される前記第1の極歯の基端部である第1の基端部と前記狭隙間部との前記軸方向における距離の略2/3であることを特徴とするステッピングモータ。

[請求項2]

前記狭隙間部は、前記軸方向における前記第1の基端部と前記第2

の基端部との略中間位置に形成され、

前記軸方向における前記駆動用磁石の一端面と前記第 1 の基端部との距離と、前記軸方向における前記駆動用磁石の他端面と前記第 2 の基端部との距離とが略等しいことを特徴とする請求項 1 記載のステッピングモータ。

[請求項3]

駆動用磁石を有するロータと、筒状に巻回され前記駆動用磁石の外周側に配置される駆動用コイルを有するステータとを備え、

前記ステータは、前記ロータの軸方向における前記駆動用コイルの一端面を覆うように配置される略環状の第 1 の端板部を有する第 1 のヨークと、前記軸方向における前記駆動用コイルの他端面を覆うように配置される略環状の第 2 の端板部を有する第 2 のヨークとを備え、

前記第 1 のヨークは、前記第 1 の端板部の内周端から起立するように形成され前記駆動用磁石の外周面に対向するように配置される複数の第 1 の極歯を備え、

前記第 2 のヨークは、前記第 2 の端板部の内周端から起立するように形成され前記駆動用磁石の外周面に対向するように配置される複数の第 2 の極歯を備え、

前記第 1 の極歯と前記第 2 の極歯とは、前記ロータの周方向で交互に配置され、

前記第 1 の極歯は、前記第 1 の端板部と前記第 1 の極歯との境界部に形成される前記第 1 の極歯の基端部である第 1 の基端部から前記第 1 の極歯の先端部である第 1 の先端部に向かうにしたがってその幅が狭くなるように形成され、

前記第 2 の極歯は、前記第 2 の端板部と前記第 2 の極歯との境界部に形成される前記第 2 の極歯の基端部である第 2 の基端部から前記第 2 の極歯の先端部である第 2 の先端部に向かうにしたがってその幅が狭くなるように形成され、

前記第 1 の極歯は、その基端側に配置されるとともに前記第 1 の極

歯の先端側に向かうにしたがって所定の減少率で前記第 1 の極歯の幅が減少していく第 1 の小幅減少率部と、前記第 1 の極歯の先端側に配置されるとともに前記第 1 の極歯の先端側に向かうにしたがって前記第 1 の小幅減少率部よりも大きな減少率で前記第 1 の極歯の幅が減少していく第 1 の大幅減少率部とから構成され、

前記第 2 の極歯は、その基端側に配置されるとともに前記第 2 の極歯の先端側に向かうにしたがって所定の減少率で前記第 2 の極歯の幅が減少していく第 2 の小幅減少率部と、前記第 2 の極歯の先端側に配置されるとともに前記第 2 の極歯の先端側に向かうにしたがって前記第 2 の小幅減少率部よりも大きな減少率で前記第 2 の極歯の幅が減少していく第 2 の大幅減少率部とから構成され、

前記第 1 の小幅減少率部と前記第 1 の大幅減少率部との境界部となる第 1 の幅減少率変更部、および、前記第 2 の小幅減少率部と前記第 2 の大幅減少率部との境界部となる第 2 の幅減少率変更部は、前記軸方向における前記第 1 の先端部と前記第 2 の先端部との略中間位置に配置され、

前記軸方向における前記第 1 の幅減少率変更部と前記第 1 の先端部との距離は、前記軸方向における前記第 1 の幅減少率変更部と前記第 2 の基端部との距離の略 $2/3$ であり、

前記軸方向における前記第 2 の幅減少率変更部と前記第 2 の先端部との距離は、前記軸方向における前記第 2 の幅減少率変更部と前記第 1 の基端部との距離の略 $2/3$ であることを特徴とするステッピングモータ。

[請求項4]

前記第 1 の幅減少率変更部および前記第 2 の幅減少率変更部は、前記軸方向における前記第 1 の基端部と前記第 2 の基端部との略中間位置に配置され、

前記軸方向における前記駆動用磁石の一端面と前記第 1 の基端部との距離と、前記軸方向における前記駆動用磁石の他端面と前記第 2 の

基端部との距離とが略等しいことを特徴とする請求項 3 記載のステッピングモータ。

[請求項 5]

駆動用磁石を有するロータと、筒状に巻回され前記駆動用磁石の外周側に配置される駆動用コイルを有するステータとを備え、

前記ステータは、前記ロータの軸方向における前記駆動用コイルの一端面を覆うように配置される略環状の第 1 の端板部を有する第 1 のヨークと、前記軸方向における前記駆動用コイルの他端面を覆うように配置される略環状の第 2 の端板部を有する第 2 のヨークとを備え、

前記第 1 のヨークは、前記第 1 の端板部の内周端から起立するように形成され前記駆動用磁石の外周面に対向するように配置される複数の第 1 の極歯を備え、

前記第 2 のヨークは、前記第 2 の端板部の内周端から起立するように形成され前記駆動用磁石の外周面に対向するように配置される複数の第 2 の極歯を備え、

前記第 1 の極歯と前記第 2 の極歯とは、前記ロータの周方向で交互に配置され、

前記第 1 の極歯は、前記第 1 の端板部と前記第 1 の極歯との境界部に形成される前記第 1 の極歯の基端部である第 1 の基端部から前記第 1 の極歯の先端部である第 1 の先端部に向かうにしたがってその幅が狭くなるように形成され、

前記第 2 の極歯は、前記第 2 の端板部と前記第 2 の極歯との境界部に形成される前記第 2 の極歯の基端部である第 2 の基端部から前記第 2 の極歯の先端部である第 2 の先端部に向かうにしたがってその幅が狭くなるように形成され、

前記第 1 の極歯は、その基端側に配置されるとともに前記第 1 の極歯の先端側に向かうにしたがって所定の減少率で前記第 1 の極歯の幅が減少していく第 1 の小幅減少率部と、前記第 1 の極歯の先端側に配置されるとともに前記第 1 の極歯の先端側に向かうにしたがって前記

第 1 の小幅減少率部よりも大きな減少率で前記第 1 の極歯の幅が減少していく第 1 の大幅減少率部とから構成され、

前記第 2 の極歯は、その基端側に配置されるとともに前記第 2 の極歯の先端側に向かうにしたがって所定の減少率で前記第 2 の極歯の幅が減少していく第 2 の小幅減少率部と、前記第 2 の極歯の先端側に配置されるとともに前記第 2 の極歯の先端側に向かうにしたがって前記第 2 の小幅減少率部よりも大きな減少率で前記第 2 の極歯の幅が減少していく第 2 の大幅減少率部とから構成され、

前記第 1 の小幅減少率部と前記第 1 の大幅減少率部との境界部となる第 1 の幅減少率変更部は、前記軸方向における前記第 1 の基端部と前記第 2 の基端部との中心位置である第 1 の中心位置よりも前記第 1 の基端部側に配置され、

前記第 2 の小幅減少率部と前記第 2 の大幅減少率部との境界部となる第 2 の幅減少率変更部は、前記第 1 の中心位置よりも前記第 2 の基端部側に配置されていることを特徴とするステッピングモータ。

[請求項6]

前記第 1 の幅減少率変更部は、前記軸方向における前記第 1 の中心位置と前記第 2 の先端部との中心位置である第 2 の中心位置よりも前記第 1 の先端部側に配置され、

前記第 2 の幅減少率変更部は、前記軸方向における前記第 1 の中心位置と前記第 1 の先端部との中心位置である第 3 の中心位置よりも前記第 2 の先端部側に配置されていることを特徴とする請求項 5 記載のステッピングモータ。

[請求項7]

前記軸方向における前記第 1 の幅減少率変更部と前記第 2 の幅減少率変更部との間は、前記周方向で互いに隣接する前記第 1 の極歯と前記第 2 の極歯との前記周方向における隙間が狭くなる狭隙間部となっていることを特徴とする請求項 5 または 6 記載のステッピングモータ。

[請求項8]

前記軸方向における前記第 1 の幅減少率変更部と前記第 1 の先端部

との距離は、前記軸方向における前記第 1 の幅減少率変更部と前記第 2 の基端部との距離の略 $2/3$ であり、

前記軸方向における前記第 2 の幅減少率変更部と前記第 2 の先端部との距離は、前記軸方向における前記第 2 の幅減少率変更部と前記第 1 の基端部との距離の略 $2/3$ であることを特徴とする請求項 5 または 6 記載のステッピングモータ。

[請求項 9] 前記軸方向における前記第 1 の幅減少率変更部と前記第 1 の中心位置との距離と、前記軸方向における前記第 2 の幅減少率変更部と前記第 1 の中心位置との距離とが略等しく、

前記軸方向における前記駆動用磁石の一端面と前記第 1 の基端部との距離と、前記軸方向における前記駆動用磁石の他端面と前記第 2 の基端部との距離とが略等しいことを特徴とする請求項 5 または 6 記載のステッピングモータ。

[請求項 10] 前記軸方向における前記駆動用磁石の一端面は、前記軸方向において、前記第 1 の基端部と前記第 2 の先端部との間に配置され、

前記軸方向における前記駆動用磁石の他端面は、前記軸方向において、前記第 2 の基端部と前記第 1 の先端部との間に配置され、

前記第 1 の先端部および前記第 2 の先端部は、凸曲面状に形成されていることを特徴とする請求項 5 または 6 記載のステッピングモータ。

[請求項 11] 前記軸方向における前記駆動用磁石の一端面は、前記軸方向において、前記第 1 の基端部と前記第 2 の先端部との間に配置されるときともに、前記軸方向における前記駆動用磁石の一端面と前記第 1 の基端部との距離は、前記軸方向における前記駆動用磁石の一端面と前記第 2 の先端部との距離よりも短く、

前記軸方向における前記駆動用磁石の他端面は、前記軸方向において、前記第 2 の基端部と前記第 1 の先端部との間に配置されるときともに、前記軸方向における前記駆動用磁石の他端面と前記第 2 の基端部

との距離は、前記軸方向における前記駆動用磁石の他端面と前記第 1 の先端部との距離よりも短いことを特徴とする請求項 5 または 6 記載のステッピングモータ。

[請求項12] 前記軸方向における前記駆動用磁石の一端面は、前記軸方向において、前記第 1 の基端部と前記第 2 の先端部との間に配置され、

前記軸方向における前記駆動用磁石の他端面は、前記軸方向において、前記第 2 の基端部と前記第 1 の先端部との間に配置され、

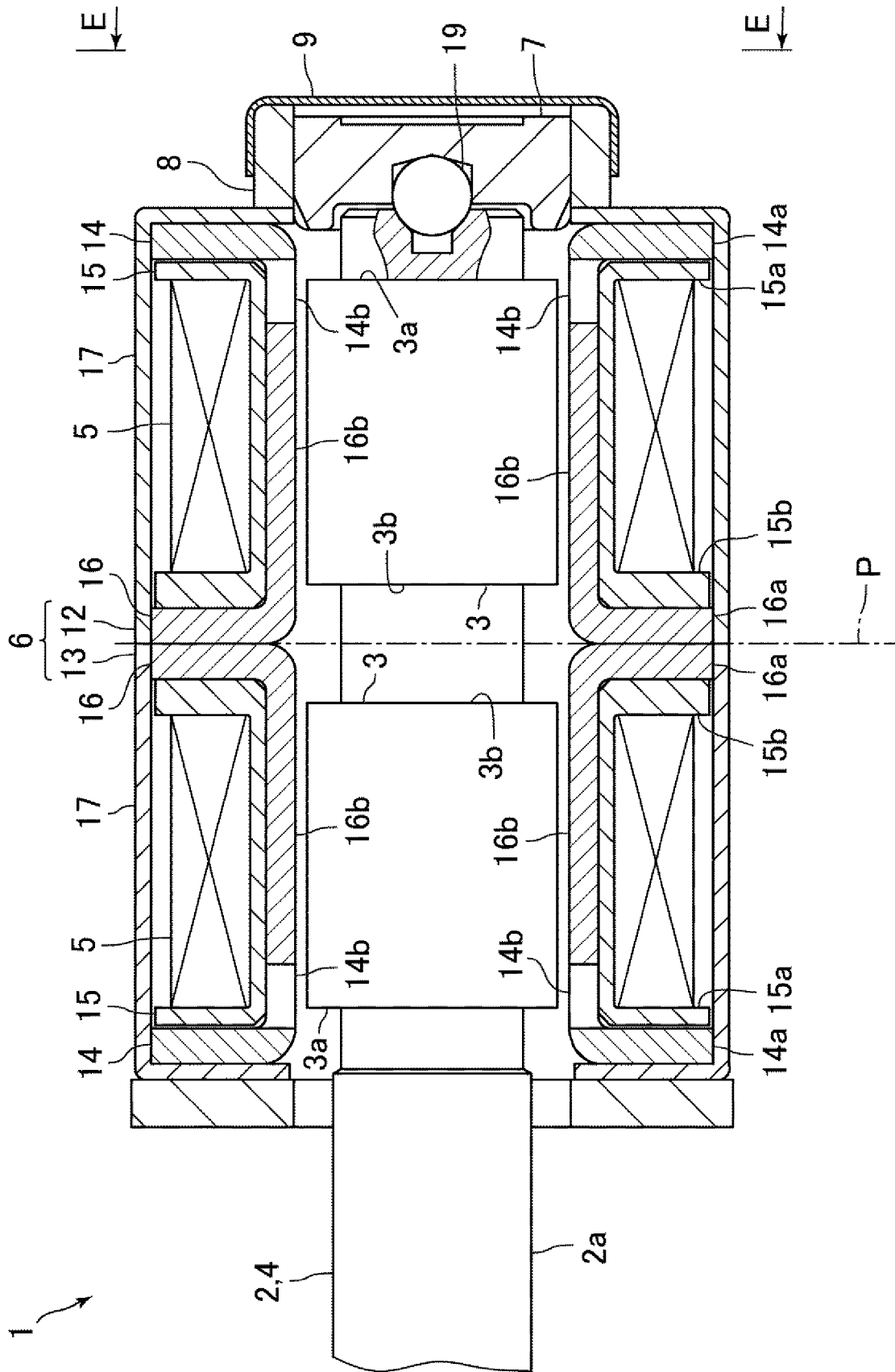
前記軸方向における前記第 1 の基端部と前記第 2 の先端部との距離と、前記軸方向における前記第 2 の基端部と前記第 1 の先端部との距離とが略等しく、

前記軸方向における前記駆動用磁石の一端面と前記第 1 の基端部との距離と、前記軸方向における前記駆動用磁石の他端面と前記第 2 の基端部との距離とが略等しいことを特徴とする請求項 5 または 6 記載のステッピングモータ。

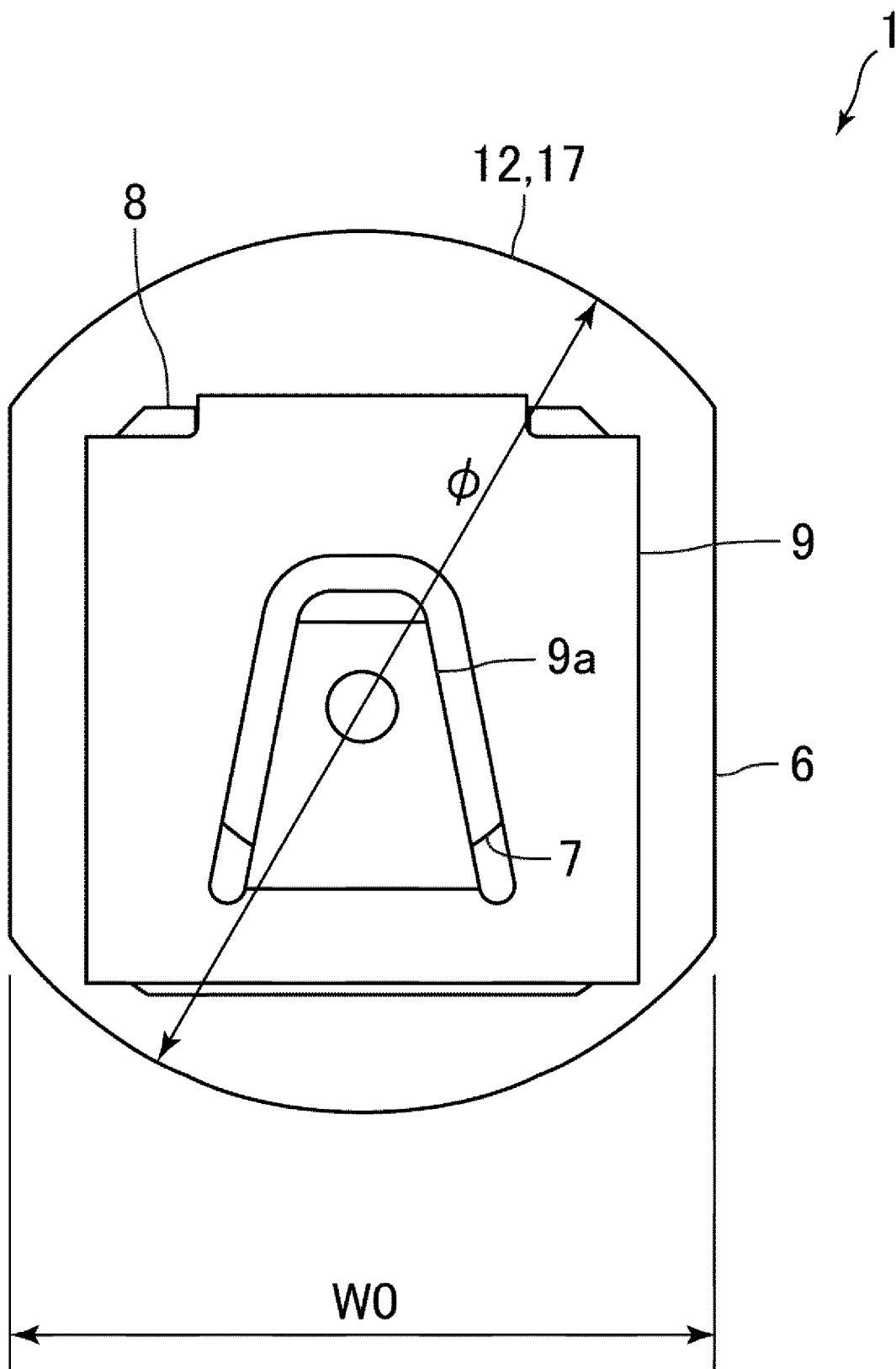
[請求項13] 前記ステータは、前記駆動用コイルと前記第 1 のヨークと前記第 2 のヨークとを有するステータ部組を複数備え、

前記ステータ部組は、前記軸方向で重なるように配置されていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載のステッピングモータ。

[図1]

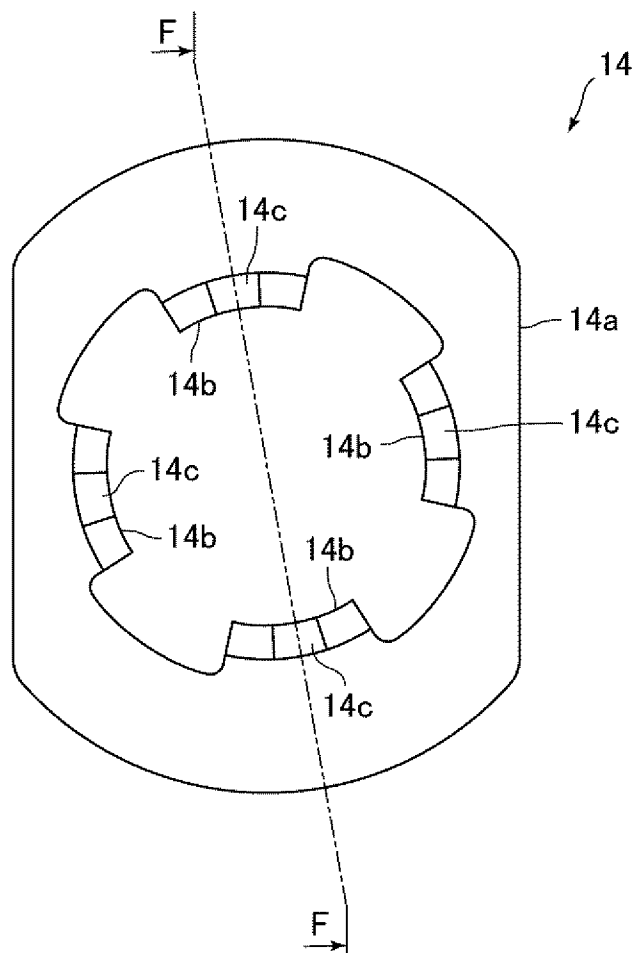


[図2]

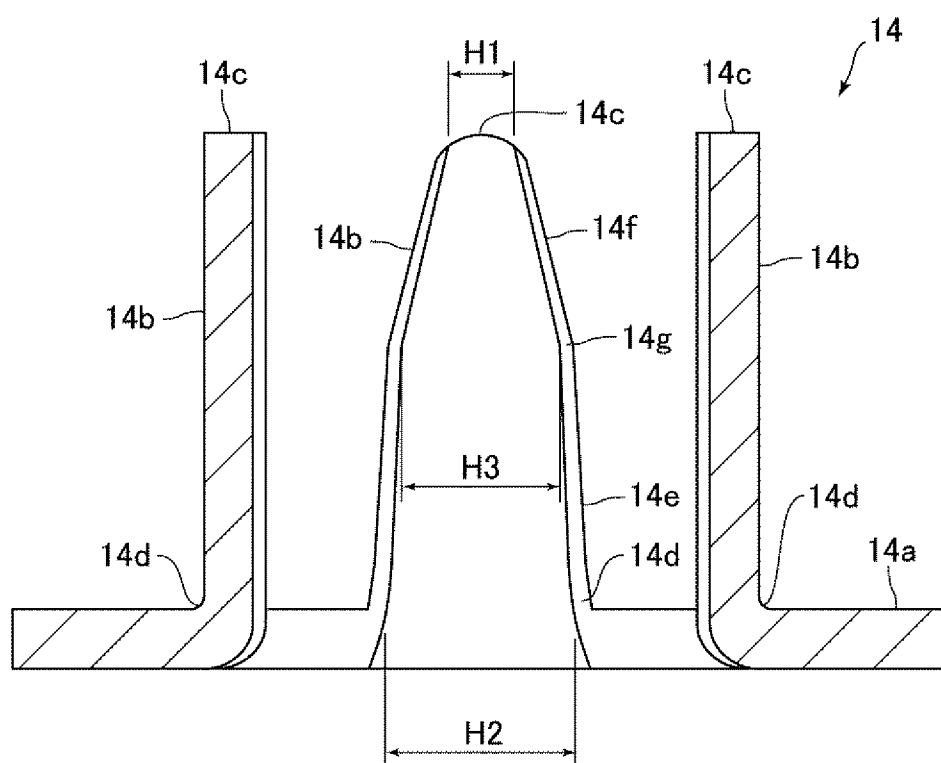


[図3]

(A)

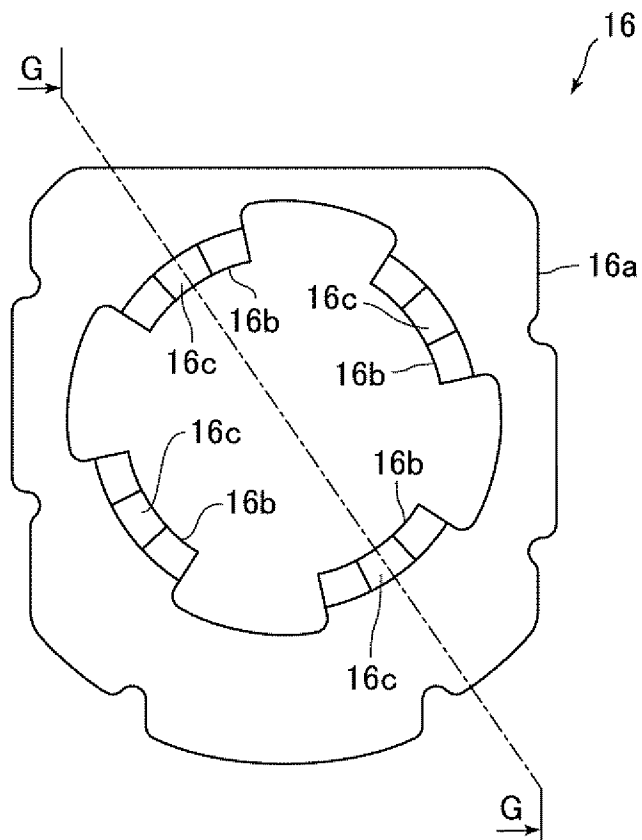


(B)

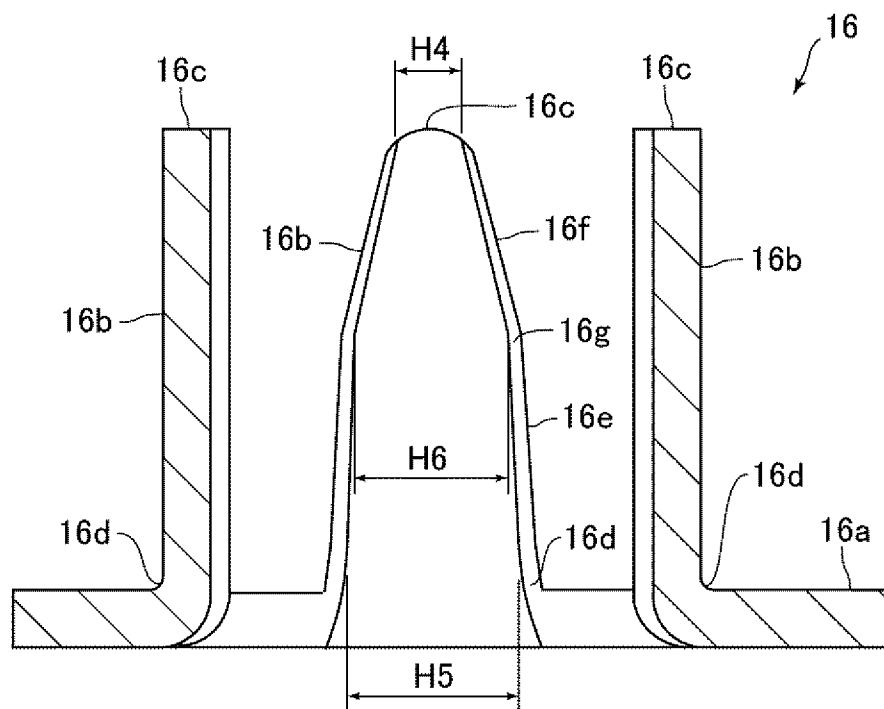


[図4]

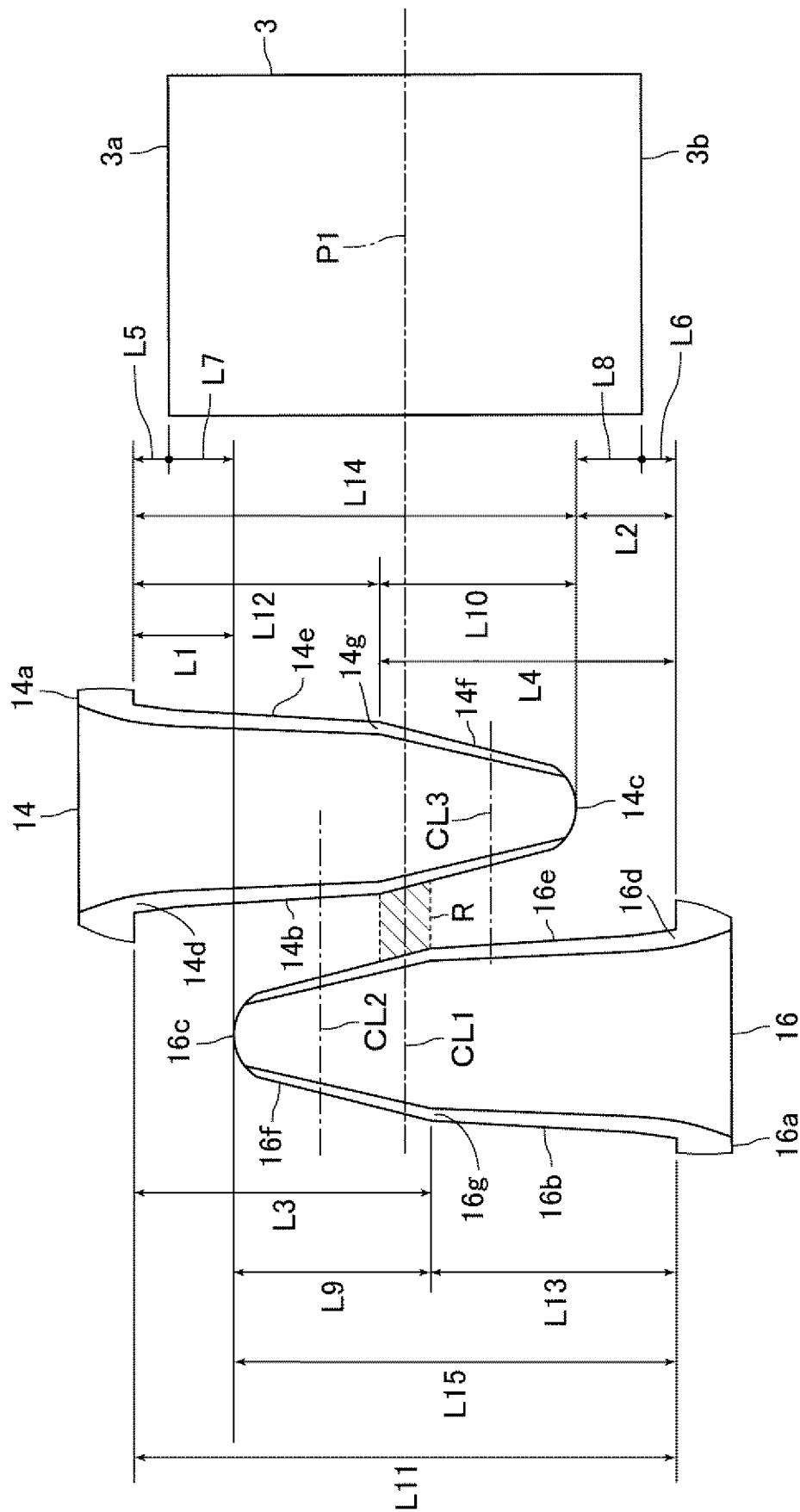
(A)



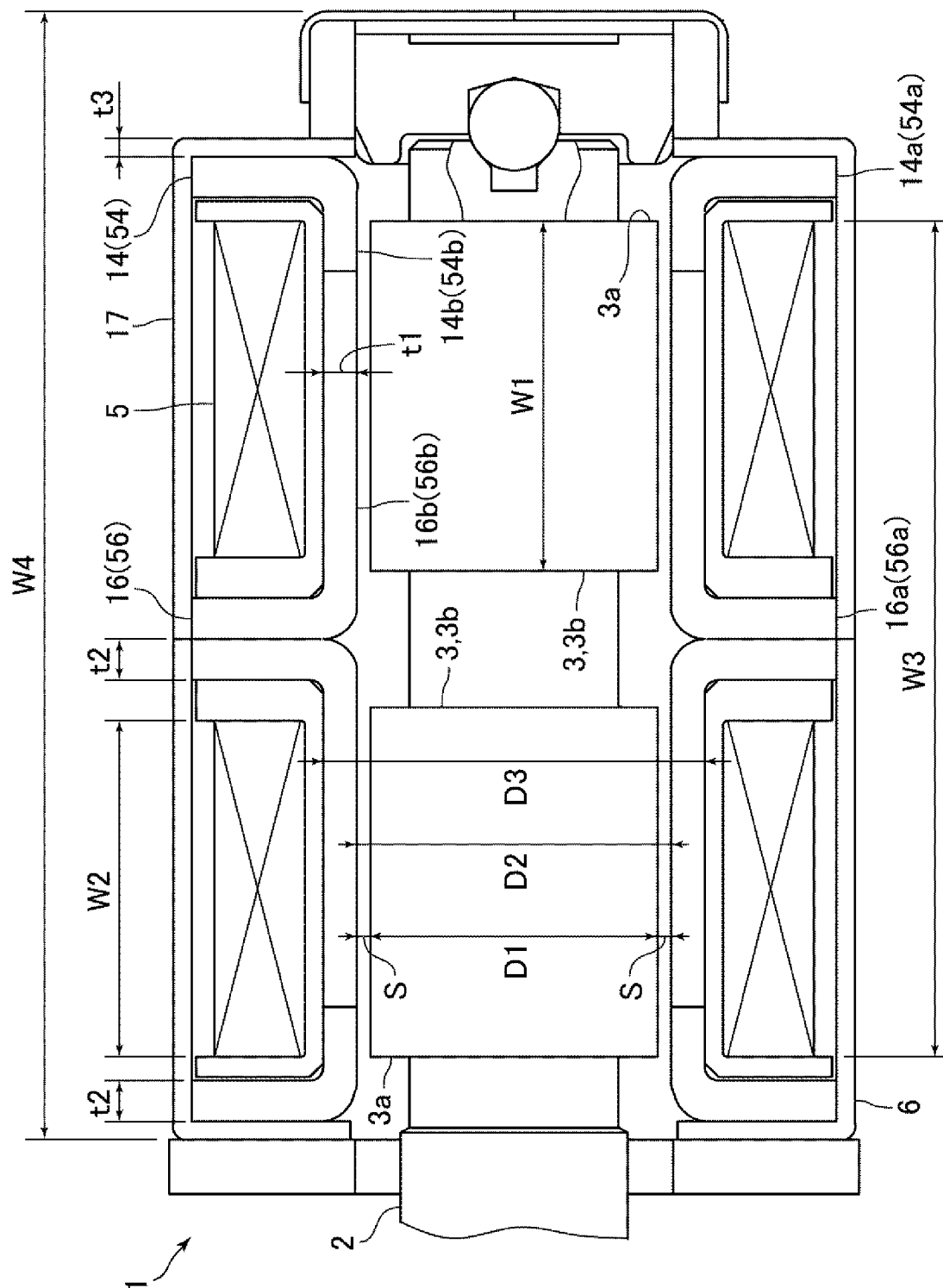
(B)



[図5]

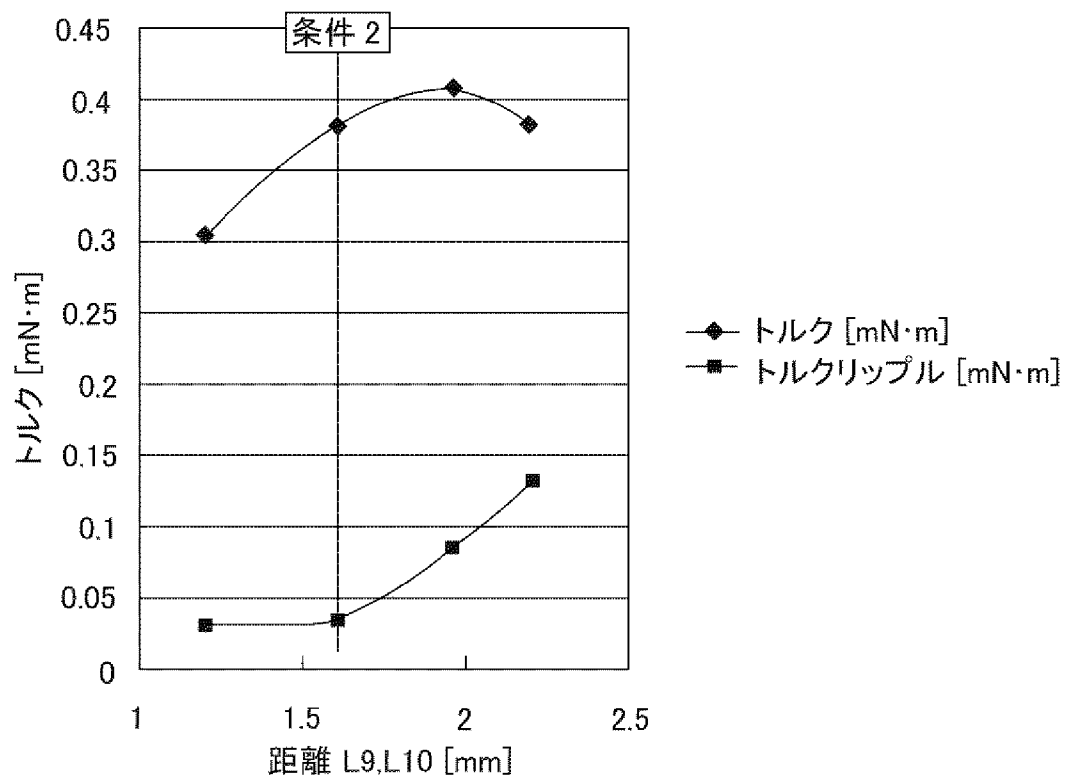


[図6]



[図7]

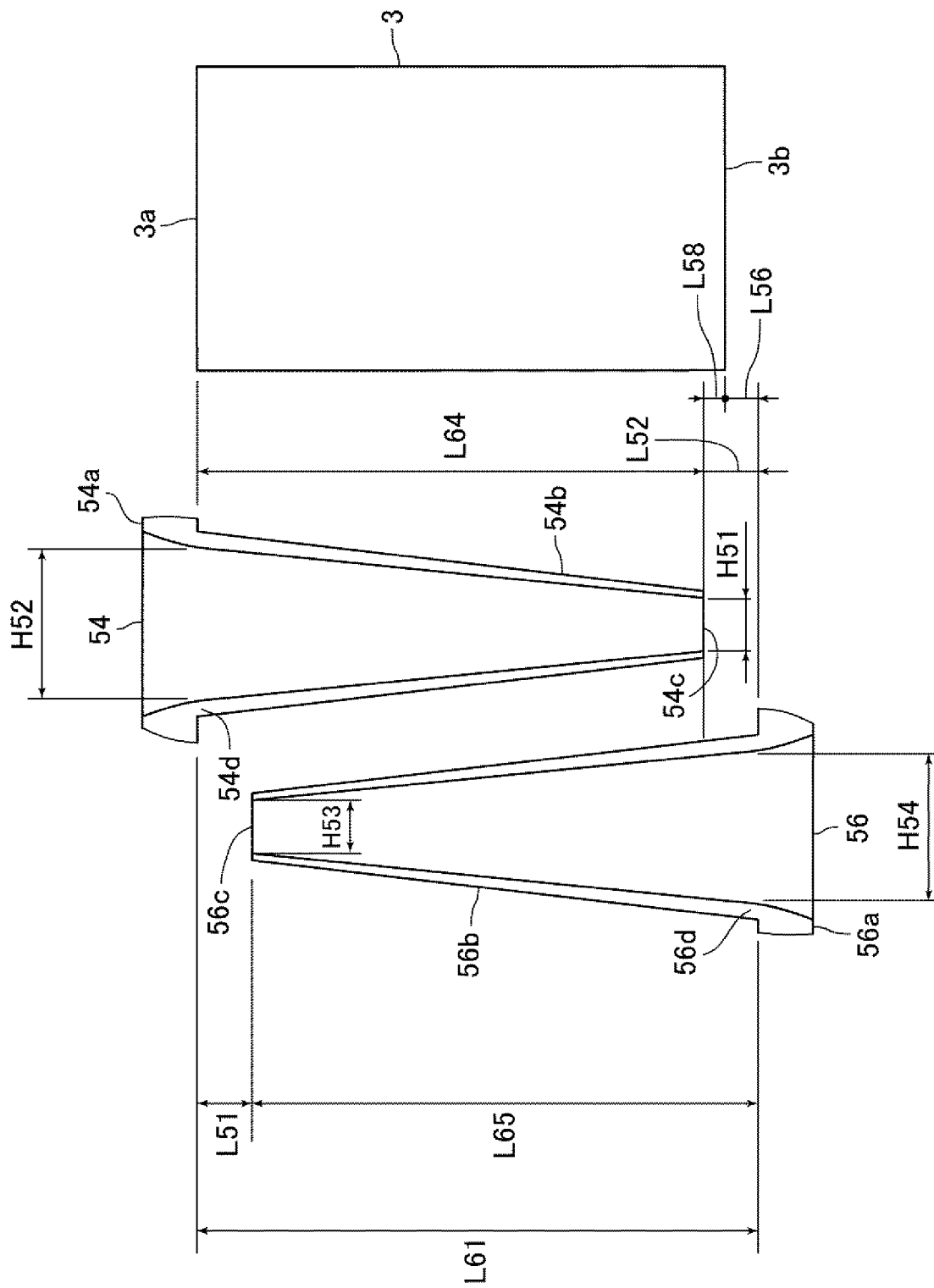
(A)



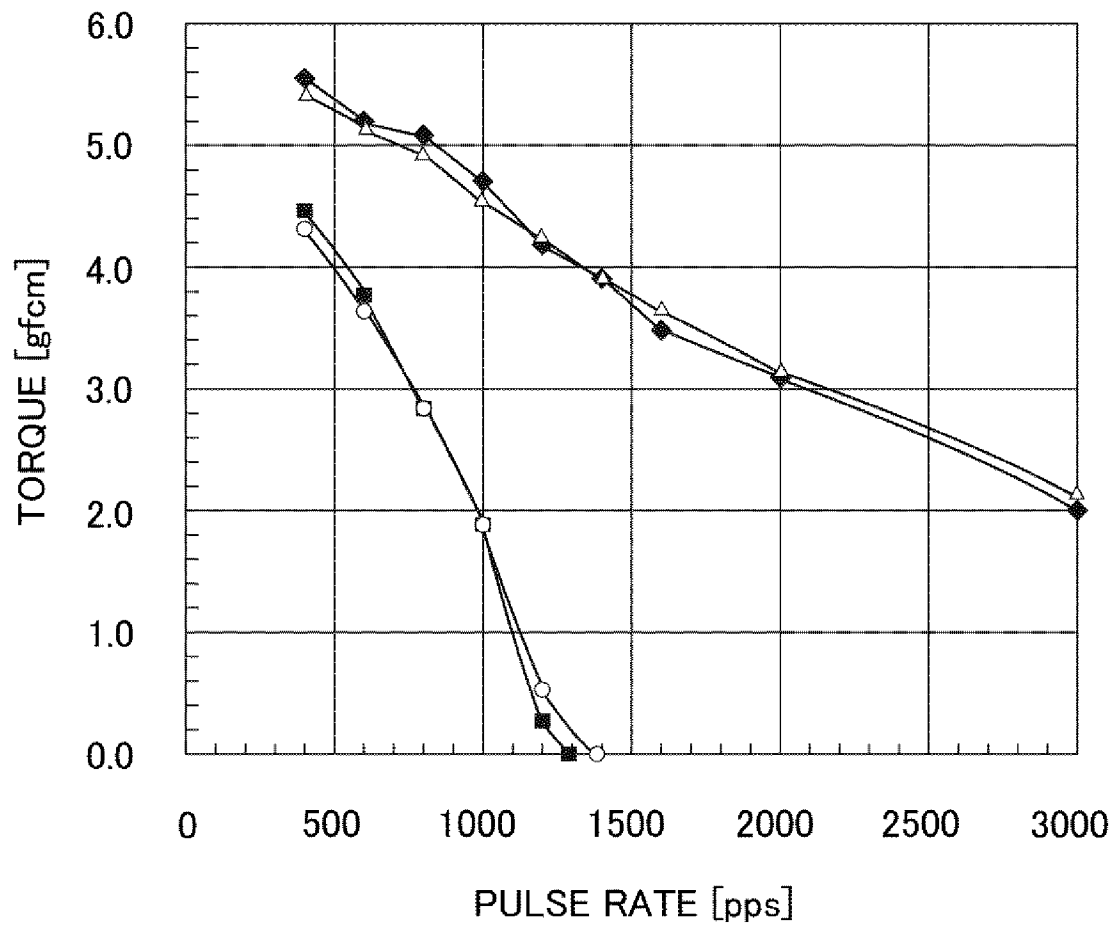
(B)

条件	距離 $L9, L10$ [mm]	距離 $L14, L15$ [mm]	トルク [$mN \cdot m$]	トルクリップル [$mN \cdot m$]
1	1.2	3.2	0.305	0.032
2	1.6	3.6	0.382	0.036
3	1.96	3.96	0.406	0.086
4	2.2	4.2	0.382	0.134

[図8]

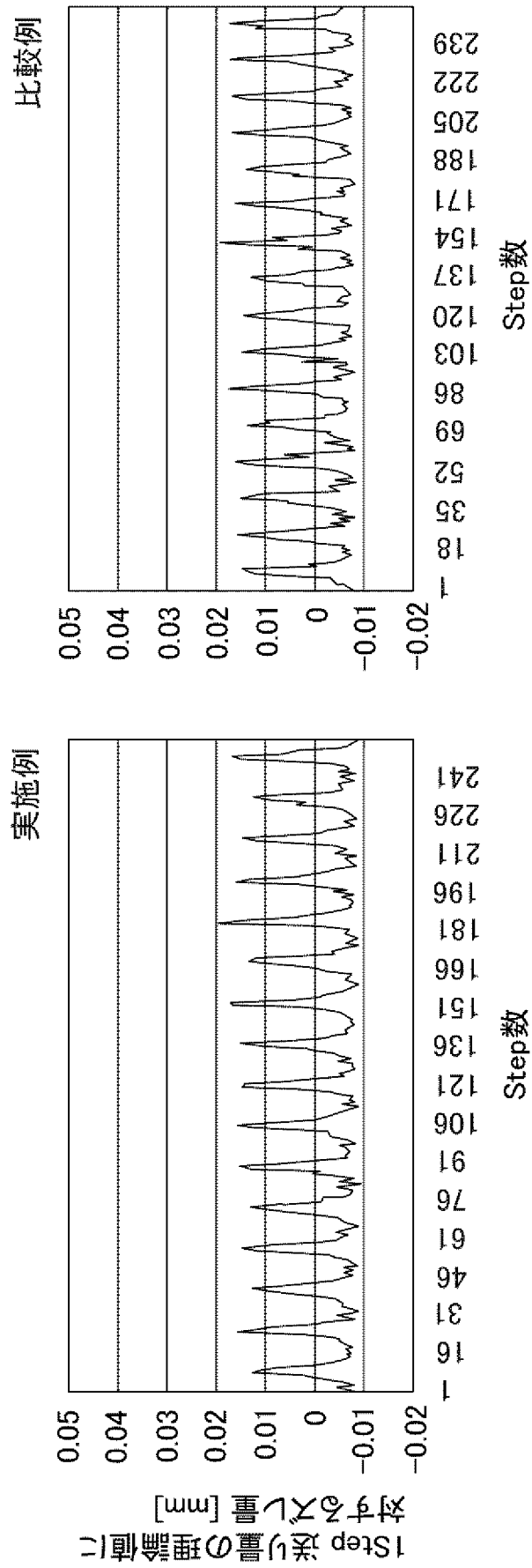


[図9]



- △— 実施例:POT
- 実施例:PIT
- ◆— 比較例:POT
- 比較例:PIT

[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/001524

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K37/14 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02K37/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2010

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2010 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-280174 A (Canon Electronics Inc.), 12 October 2006 (12.10.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-13
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 86843/1983 (Laid-open No. 191880/1984) (Sanritsu Kogyo Kabushiki Kaisha), 19 December 1984 (19.12.1984), entire text; all drawings (Family: none)	1-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 May, 2010 (21.05.10)Date of mailing of the international search report
01 June, 2010 (01.06.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/001524

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3-112356 A (FDK Corp.), 13 May 1991 (13.05.1991), entire text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 6-178525 A (Seiko Epson Corp.), 24 June 1994 (24.06.1994), entire text; all drawings (Family: none)	1-13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H02K37/14(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H02K37/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2006-280174 A (キヤノン電子株式会社) 2006. 10. 12, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-13
A	日本国実用新案登録出願 58-86843 号 (日本国実用新案登録出願公開 59-191880 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (サンリツ工業株式会社) 1984. 12. 19, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-13

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 1 . 0 5 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

0 1 . 0 6 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森山 拓哉

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 8

3 V

3 9 2 4

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 3-112356 A (富士電気化学株式会社) 1991. 05. 13, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 6-178525 A (セイコーエプソン株式会社) 1994. 06. 24, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-13