

(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
2012 年 9 月 13 日(13.09.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/120872 A1

- (51) 国際特許分類:
H02N 2/00 (2006.01) *G02B 7/04* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/001509
- (22) 国際出願日: 2012 年 3 月 5 日(05.03.2012)
- (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 2011-052032 2011 年 3 月 9 日(09.03.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 中積 誠(NAKAZUMI, Makoto) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 田辺 正章(TANABE, Masaaki) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 龍華国際特許業務法人(RYUKA IP Law Firm); 〒1631522 東京都新宿区西新宿 1-6-1 新宿エルタワー 2 2 階 Tokyo (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, QA, RO, RS, RU, RW, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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 (AL, 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, RS, 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: VIBRATION ACTUATOR

(54) 発明の名称: 振動アクチュエータ

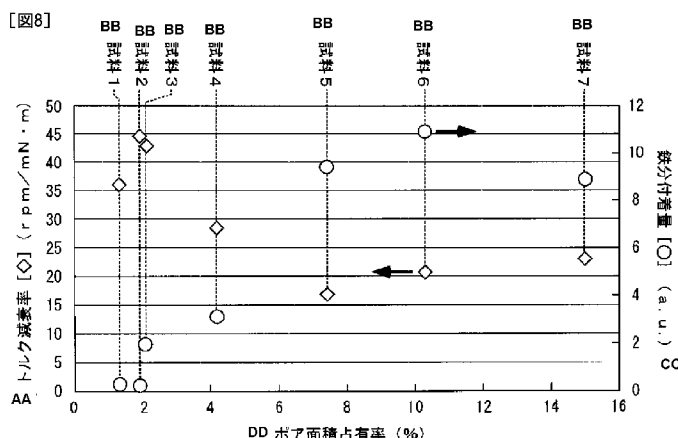


FIG. 8:
AA Torque attenuation
BB Sample
CC Amount of deposited iron
DD Proportion of pore surface area

(57) Abstract: This vibration actuator is provided with: an electric machine conversion unit for converting electrical power to mechanical vibration; a transmitting element for transmitting vibration from the electric machine conversion unit, as driving force; and an abutting element which abuts against the transmitting element and is moved by the driving force in a manner relative to the transmitting element, at least 2% of the surface of contact between the transmitting element and the abutting element being the proportion of the pore surface area on one of either the transmitting element or the abutting element. In this vibration actuator, the mean surface area of the pores may be at least 3 μm^2 . In the other of the transmitting element and the abutting element, the surface of contact with the mating element may contain iron.

(57) 要約: 振動アクチュエータであって、電力を機械的振動に変換する電気機械変換部と、電気機械変換部から振動を駆動力として伝達する伝達部と、伝達部に当接して駆動力により伝達部に対して相対的に移動する当接部とを備え、伝達部および当接部の接触表面

において、伝達部および当接部のいずれか一方におけるポア面積占有率が2%以上である。上記振動アクチュエータにおいて、ポアの平均面積が3 μm^2 以上であってもよい。また、伝達部および当接部の他方において、一方に対する接触面が鉄を含有してもよい。

明 細 書

発明の名称： 振動アクチュエータ

技術分野

[0001] 本発明は、振動アクチュエータに関する。

背景技術

[0002] 軸部の中心軸に対してそれぞれ直交する2つの曲げ振動を生じる振動子と、振動子に摩擦駆動されて軸部の周りを回転するロータとを備えた振動アクチュエータがある（特許文献1参照）。

特許文献1 特開2005-287246号公報

[0003] 振動アクチュエータにおいて、振動子およびロータが接触相互に接触する部位を、耐磨耗性を有する硬質材料で形成した場合、高い駆動トルクが得られない。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] そこで本発明の1つの側面においては、上記の課題を解決することのできる振動アクチュエータを提供することを目的とする。この目的は請求の範囲における独立項に記載の特徴の組み合わせにより達成される。従属項は本発明の更なる有利な具体例を規定する。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明の一態様として、電力を機械的振動に変換する電気機械変換部と、電気機械変換部から振動を駆動力として伝達する伝達部と、伝達部に当接して駆動力により伝達部に対して相対的に移動する当接部とを備え、伝達部および当接部の接触表面において、伝達部および当接部のいずれか一方におけるポア面積占有率が2%以上である振動アクチュエータが提供される。

[0006] なお、上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものではない。これらの特徴群のサブコンビネーションもまた発明となり得る。

図面の簡単な説明

- [0007] [図1]振動アクチュエータ１００の模式的断面図である。
- [図2]電気機械変換部１２２の斜視図である。
- [図3]振動アクチュエータ１００の動作を説明する図である。
- [図4]振動アクチュエータ１００の動作を説明する図である。
- [図5]振動アクチュエータ１００の動作を説明する図である。
- [図6]振動アクチュエータ１００の動作を説明する図である。
- [図7]トルク減衰率の概念を示すグラフである。
- [図8]振動アクチュエータ１００の特性を示すグラフである。
- [図9]振動アクチュエータ１００の特性を示すグラフである。
- [図10]カメラ２００の模式的断面図である。
- [図11]振動アクチュエータ１０１を含む光学機器３００の模式図である。
- [図12]電気機械変換部１２２および伝達部１３１の斜視図である。
- [図13]振動アクチュエータ１０１の動作を説明する模式図である。
- [図14]振動アクチュエータ１０２の側面図である。
- [図15]電気機械変換部１２２および伝達部１３１の斜視図である。
- [図16]振動アクチュエータ１０２の動作を説明する模式図である。

発明を実施するための形態

- [0008] 以下、発明の実施の形態を通じて本発明の一側面を説明するが、以下の実施形態は請求の範囲にかかる発明を限定するものではなく、また実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。
- [0009] 図１は、振動アクチュエータ１００の模式的断面図である。なお、下記の説明においては、図中上側を「上」、図中下側を「下」として各要素の方向を記載する。しかしながら、これらの記載は、振動アクチュエータ１００が図示された方向に限って使用されることを意味するものではない。
- [0010] 振動アクチュエータ１００は、同軸状に順次積層されたベースプレート１１０、圧電積層体１２０、ステータ１３０、ロータ１４０、出力歯車１６０およびトッププレート１８０を備える。これらの部材は、軸部１９０により

中心を貫通される。

- [0011] 軸部 190 の下端は、ベースプレート 110 に結合される。また、トッププレート 180 は、ナット 192 により、軸部 190 の軸方向に沿って下方に向かって締め込まれる。圧電積層体 120、ステータ 130、ロータ 140 および出力歯車 160 は、ベースプレート 110 およびトッププレート 180 の間に挟まれて、軸部 190 の軸方向に相互に押し付けられる。
- [0012] 圧電積層体 120 は、厚さ方向に互いに積層された複数の電気機械変換部 122 を含み、ベースプレート 110 により下方から支持される。圧電積層体 120 の上面には、ステータ 130 が重ねられる。これにより、ステータ 130 は、圧電積層体 120 により下方から支持される。ステータ 130 の上面は、ロータ 140 に対する接触表面をなす。
- [0013] ステータ 130 は、軸部 190 と同軸に配された振動体 132 の下端に結合される。これにより、ステータ 130 が揺動する場合は振動体 132 も一体的に揺動する。ステータ 130 の揺動を振動と見做した場合、振動体 132 はステータ 130 と共にひとつの振動の系をなす。よって、振動体 132 の寸法および質量を変化させることにより、ステータ 130 の固有振動数を調節できる。
- [0014] ロータ 140 は、当接部 142 を介して、ステータ 130 の上面に当接する。当接部 142 は、ロータ 140 に対して固定され、ロータ 140 が軸部 190 の周りを回転する場合は、ロータ 140 と共に回転する。また、当接部 142 は、弾性を有する部材により形成される。これにより、ステータ 130 が軸部 190 の軸方向に振動した場合も、当接表面に追従して接触を維持する。
- [0015] ロータ 140 の上端は、軸部 190 を回転軸とする回転方向について、出力歯車 160 の下部と係合する。これにより、ロータ 140 が軸部 190 を回転軸として回転した場合は、出力歯車 160 も連れ従って回転する。
- [0016] 出力歯車 160 は、軸受け部 170 を介して軸部 190 から軸支される。これにより、出力歯車 160 に負荷がかかっている場合であっても、出力歯

車 160 は、軸部 190 の周りを円滑に回転する。出力歯車 160 の外周にはピニオンギアが切られており、出力歯車 160 の回転を外部に伝達できる。

[0017] 与圧部 150 は、例えば、伸長方向に付勢されたコイルバネであり、出力歯車 160 の下面に一端を当接させる。与圧部 150 の下端は、ロータ 140 の内面に上向きに形成された段差に当接する。

[0018] 出力歯車 160 は、内面に上向きに形成された段差を軸受け部 170 に当接させ、軸受け部 170 の上面はトッププレート 180 に当接する。よって、出力歯車 160 が上方に変位することはない。換言すれば、与圧部 150 は、ロータ 140 を、ステータ 130 に向かって付勢する。

[0019] 図 2 は、圧電積層体 120 を形成する電気機械変換部 122 の斜視図である。電気機械変換部 122 の各々は、圧電材料板 124、駆動電極 121、123、125、127 および共通電極 126 を有する。

[0020] 圧電材料板 124 は、PZT 等の圧電材料により形成された円板状の部材である。圧電材料板 124 の下面は、共通電極 126 により一面に覆われる。圧電材料板 124 の上面は、周方向に分割して配された複数の駆動電極 121、123、125、127 が配される。駆動電極 121、123、125、127 および共通電極 126 は、ニッケル、金等の電極材料を、鍍金、蒸着、厚膜印刷等の方法で、圧電材料の表面に直接に付着させて形成できる。

[0021] これにより、例えば、共通電極 126 を接地電位に固定し、駆動電極 121、123、125、127 のいずれかに駆動電圧を印加した場合、当該駆動電極 121、123、125、127 の領域に限って圧電材料板 124 の厚さが変化する。

[0022] 圧電積層体 120 は、上記のような電気機械変換部 122 を、絶縁層を介して複数積層して形成される。また、圧電積層体 120 の複数の電気機械変換部 122 において、同じ位置にある駆動電極 121、123、125、127 には、同じ駆動電圧が、同じタイミングで印加される。

- [0023] 図3、図4、図5および図6は、振動アクチュエータ100における圧電積層体120の動作を説明する図である。これらの図と図1で共通の要素には同じ参照番号を付して重複する説明を省く。
- [0024] 圧電積層体120において、電気機械変換部122の複数の駆動電極121、123、125、127のいずれかに対して選択的に駆動電圧を印加すると、当該駆動電極121、123、125、127の位置において圧電材料板124の厚さの変化が重畳される。これにより、ベースプレート110に対するステータ130の傾きが変化する。
- [0025] 図3に示す状態では、紙面手前側の駆動電極127に圧電体を伸長させる電圧を印加し、紙面奥側の駆動電極123に圧電体を収縮させる電圧を印加している。これにより、当初はベースプレート110に対して平行であったステータ130が、図示のように紙面後方に向かって傾斜する。
- [0026] 次いで、ステータ130を上から見た場合に時計周りに、電圧を印加する駆動電極121、123、125、127を順次切り替えることにより、図4～図6に示すように、ステータ130の傾く方向を時計周りに回転させることができる。なお、電圧を印加する順序を逆にした場合は、ステータ130の傾きの回転方向が反転する。
- [0027] 再び図1を参照すると、振動アクチュエータ100において、ロータ140は与圧部150に付勢されるので、当接部142がステータ130に対して定常的に押し付けられる。このため、ロータ140は、傾斜方向を回転させつつ揺動するステータ130から摩擦駆動力を得て回転する。
- [0028] このとき、ロータ140は、ステータ130の傾斜方向の回転と逆に回転する。よって、振動アクチュエータ100を上から見下ろした場合に、上記のようにステータ130の傾き方向が時計周りに回転した場合は、ロータ140の回転方向は反時計周りになる。こうして、圧電積層体120に駆動電圧を供給された場合にロータ140が回転運動する振動アクチュエータ100が形成される。
- [0029] なお、振動アクチュエータ100の駆動電圧の周波数は、圧電積層体12

０、ステータ１３０、振動体１３２および軸部１９０等、振動アクチュエータ１００が動作する場合に振動する部分の固有振動数に近いことが好ましい。これにより、投入した電力に対して効率よく駆動力を発生させることができる。

[0030] また、振動アクチュエータ１００が発生する回転駆動力は、ステータ１３０とロータ１４０との摩擦力によって生じる。ここで、「 F （摩擦力）＝ μ （摩擦係数）× N （負荷荷重）」という原理に従い、負荷荷重 N が一定ならば摩擦力 $F \propto$ 摩擦係数 μ という関係が成り立つ。よって、振動アクチュエータ１００においては、ステータ１３０およびロータ１４０の摩擦を大きくすることにより、駆動効率を向上させて出力トルクを増加させ得る。

[0031] 上記のような振動アクチュエータ１００において、ロータ１４０の当接部１４２の材料としては、焼きを入れて弾性材料として使用できるＳＵＳ４２０Ｊ２等の他、ＳＵＳ４３１、４０３、４１０、４２０、４４０等のマルテンサイト系ステンレス鋼を使用できる。更に、振動アクチュエータ１００の仕様に応じて、ＳＵＳ３０４のようなオーステナイト系ステンレス鋼等の他のステンレス鋼、鉄系合金等を材料とすることもできる。

[0032] ステータ１３０の材料としては、金属酸化物、金属窒化物、金属炭化物等の粉末を原料として焼結したセラミックスを使用できる。より具体的には、酸化アルミニウム、酸化ジルコニウム、酸化マグネシウム、酸化ケイ素、窒化チタン、炭化ケイ素および窒化ケイ素のいずれか、または、これらを二種以上含有する材料を例示できる。

[0033] セラミックスは、変形が少なく、耐磨耗性の高い材料として使用されるが、原料粉末の固相反応により製造するので不可避に空孔を含む。このため、セラミックスにより形成されたステータ１３０の表面にもポアと呼ばれる空孔が現れる。このポアによるステータ１３０の表面性状の違いが、振動アクチュエータ１００の出力特性に影響を及ぼすことが判った。そこで、試料１～７として、表面におけるポア面積占有率（％）が異なる複数のセラミックス製ステータ１３０を用意して、振動アクチュエータ１００の特性に及ぼす

影響を調べた。

- [0034] セラミックスによりステータ 130 を製造する場合には、使用する原料粉末の粒度を選ぶことにより、ポア面積占有率およびポア平均面積を調節できる。例えば、粒径がより小さな原料粉末を焼結するとセラミックスの組織は緻密になり、表面のポア面積占有率およびポア平均面積は小さくなる。粒径がより大きな原料粉末を焼成すると、表面のポア面積占有率およびポア平均面積が大きくなる。
- [0035] 更に、粒径の異なる原料粉末を混合して、粒度分布を変化させることによりポア面積占有率およびポア平均面積を、より細かく調節することもできる。粒径の大小に加えて、またはこれに代えて、焼結時間、焼結温度、焼結圧力等の焼結条件を変更することによりポア面積占有率およびポア平均面積を調節することもできる。
- [0036] 上記のようなポア面積占有率およびポア平均面積の調節方法は、ステータ 130 がセラミックスの場合の他、粉末冶金の手法で製造される焼結合金のステータ 130 に対しても適用できる。また、焼結以外の方法で製造されたステータ 130 においても、材料に応じたエッチャントでエッチングすることにより、目的とするポア面積占有率およびポア平均面積を有する表面性状を形成できる。
- [0037] なお、ポア面積占有率とは、ステータ 130 の表面を 1000 倍の光学顕微鏡で観察して、観察により得られたポア面積の合計を、ステータ 130 表面の全体面積で除した値である。ただし、1000 倍の倍率でステータ 130 の表面を隈なく観察するには多大な時間を要する。
- [0038] そこで、光学顕微鏡を用いて 1000 倍にて観察する場合に、 $300\ \mu\text{m} \times 220\ \mu\text{m}$ の範囲内に存在するポアを抽出した。このポアの面積を合計し、視野面積で除したものをポア面積占有率とした。ポア面積占有率はランダムに選択した 3 点について測定し、それらの平均値を求めた。
- [0039] より具体的には、下記の手順で試料のポアを定量した。試料の観察にはデジタルマイクロスコープ（VHX-900 型、株式会社キーエンス）を使用

した。このデジタルマイクロスコープは同軸落射照明系を備えたズームレンズとCCDカメラとから構成され、最大1000倍での明視野観察を行うことができる。

[0040] CCDカメラは1／1.8型211万画素イメージセンサを使用しており、実効画素は1600×1200である。実際の観察はズームレンズ倍率を1000倍とし、電子シャッターモード（シャッタ速度）及びホワイトバランスをAUTO、絞り開放、フレームレート15F／Sに設定して、ステータ表面の300μm×220μmの領域を1600×1200ドットの画像データとして取得した。

[0041] このデータを画像処理ソフトウェア（Image-J）に取り込み、一旦8ビットグレースケール（0～255）に変換した後、二値化してポア領域のみを抽出した。この際、二値化の閾値は変換画像を見ながら手動で調整し、ポア領域のみが抽出されるように設定した。今回の評価における二値化の閾値は、試料4及び6については70、他の試料については95とした。

[0042] このようにしてポア領域を抽出した後、画像処理ソフトウェアの機能を利用してポアの総数及び総面積を算出してポア面積占有率を得た。また、ポアの総面積をポアの総数で除してポア平均面積を得た。

[0043] こうして、ポア面積占有率が互いに異なる7つのステータ130を用意した。各ステータ130のポア面積占有率およびポア平均面積を表1に示す。また、各ステータ130の材料も併せて表1に示す。

[表1]

試料 番号	ポア 面積占有率 (%)	ポア 平均面積 (μm ²)	呼び名 (主要組成)
試料1	1.30	0.637	サーメット（炭化チタン－窒化チタン）
試料2	1.75	0.604	シリコンカーバイド（シリコンカーバイド）
試料3	2.10	0.436	ジルコニア（ジルコニア）
試料4	4.10	0.268	アルチック（アルミナー炭化チタン）
試料5	7.50	3.728	アルミナ1（Al ₂ O ₃ 、不純物4％以下）
試料6	10.3	7.669	アルミナ2（Al ₂ O ₃ 、不純物10％以下）
試料7	15.00	3.996	アルミナ3（Al ₂ O ₃ 、不純物0.3％以下）

[0044] 上記 7 種のステータ 130 を備えた振動アクチュエータ 100 について、トルク減衰率（rpm／mN・m）および鉄分付着量を測定した。測定結果を表 2 に示す。

[表2]

試料番号	トルク減衰率 (rpm／N・mm)	鉄分付着量
試料 1	35.8	0.27
試料 2	44.2	0.17
試料 3	42.5	1.84
試料 4	28.3	3.01
試料 5	16.7	9.3
試料 6	20.3	10.8
試料 7	22.6	8.84

[0045] 表 2 に示したトルク減衰率は、下記の式 1 に従って算出した。

$$\text{トルク減衰率} = \text{減衰回転数 (rpm)} / \text{負荷トルク (N・mm)} \cdots \text{式 1}$$

[0046] 図 7 は、振動アクチュエータ 100 のトルク減衰率の概念を示すグラフである。図 7 のグラフの横軸は負荷トルクであり、縦軸が回転数である。図示のように、振動アクチュエータ 100 を回転させながら負荷トルクを 0（N・mm）から上昇させていった場合、振動アクチュエータ 100 の回転数（rpm）は徐々に減少する。トルク減衰率は、このように負荷トルクの上昇に従って減少した振動アクチュエータの回転数の割合、すなわち、図 7 におけるグラフの傾きを示す。トルク減衰率が低い振動アクチュエータ 100 は、負荷が大きくなっても回転数の低下が少ない。よって、大きな負荷トルクに対しても高い回転数を維持できる。

[0047] なお、トルク減衰率は、ある程度の稼働時間を経て特性が安定した振動アクチュエータ 100 について測定および算出した。また、トルク減衰率は、回転数が負荷トルクに対して直線的に減衰する領域において算出したものであり、具体的には負荷トルクが 6 mN・m 以下の範囲において測定された値である。

[0048] 鉄分付着量 (a. u. (arbitrary unit : 任意単位)) は、セラミックス製のステータ 130 と、ステンレス製の当接部 142 とを備えた振動アクチュエータ 100 において、当接部 142 が摺動したことによるステータ 130 への鉄分の付着量を意味する。鉄分付着量は、当接部 142 が摺動した領域である摺動跡と、当接部 142 が摺動しなかった領域とのそれぞれについて、走査型電子顕微鏡に付属するエネルギー分散型 X 線分析装置により鉄分付着量を検出し、それら検出した鉄分付着量の差分として求めた。

[0049] 図 8 は、表 1 および表 2 に示した測定結果の一部をプロットしたグラフである。図 8 には、ステータ 130 における接触面のポア面積占有率と振動アクチュエータ 100 のトルク減衰率 ($\text{rpm}/\text{mN} \cdot \text{m}$) の関係、および、同ポア面積占有率とステータ 130 に対する鉄分付着量との関係が併せて示される。

[0050] 図 8 に示す通り、ステータ 130 の表面におけるポア面積占有率が 2% 以上になると、鉄分の付着が顕著になることが判る。また、鉄分の付着量が増すに連れて、振動アクチュエータ 100 のトルク減衰率が低くなることが判る。よって、ステータ 130 表面のポア面積占有率を 2% 以上とすることにより、振動アクチュエータ 100 の出力トルクを向上させられることが判る。

また、ポア面積占有率を 4% 以上とすることにより、振動アクチュエータ 100 のトルク減衰率がさらに低くなり、出力トルクをより向上させられることが判る。図 8 によれば、このような効果は、少なくともポア面積占有率が ~15% の領域において同様に得られることが示される。

[0051] このように、各材料のポア面積占有率に着目すると、ポア面積占有率が大きいものほど、ステンレス材料に由来する Fe の付着が起こり、高い負荷トルクでも駆動することが出来る超音波モータとなる。ポア面積占有率の高いセラミックス材料を用いることによって、高いトルクと効率が得られる。

[0052] ただし、図 8 に示す通り、ポア面積占有率が 10% を越えても、鉄分の付着量は増えなくなる。また、ポア面積占有率が過大になると、ステータ 13

0の表面に欠陥が増加して劣化しやすくなることも予想される。よって、ステータ130の表面におけるポア面積占有率は15%以下としてもよく、更に、10%以下としてもよい。

[0053] 図9は、表1および表2に示した測定結果の一部をプロットしたグラフである。図9には、ステータ130における接触面のポア平均面積(μm^2)と振動アクチュエータ100のトルク減衰率($\text{rpm}/\text{mN}\cdot\text{m}$)の関係、および、平均面積(μm^2)とステータ130に対する鉄分付着量の関係が併せて示される。

[0054] また、図9から判るように、ポア平均面積が $3\mu\text{m}^2$ 以上になった場合も、ステータ130への鉄分付着量が増加する。また、鉄分付着量増加に伴って振動アクチュエータ100のトルク減衰率も低下する。よって、高トルク化という観点からは、ポア平均面積を $3\mu\text{m}^2$ 以上とすることができる。

[0055] なお、上記の例では、ステータ130におけるロータ140への接触面全体において、ポア面積占有率およびポア平均面積が実質的に均一であった。しかしながら、仮に、ポア面積占有率およびポア平均面積が不均一に分布していたとしても、少なくともロータ140との接触面全体の平均値として上記の範囲を満たせば、所期の作用が得られる。

[0056] また、上記の例では、振動アクチュエータ100は、セラミックス製のステータ130とステンレス製の当接部142とを備えていた。しかしながら、例えば、ステンレス等の金属により形成されたステータ130とセラミックス製の当接部142とを備えた振動アクチュエータ100においても、当接部142の接触面におけるポア面積占有率を管理することにより、振動アクチュエータ100が出力する駆動トルクを向上できる。

[0057] 図10は、振動アクチュエータ100を備えたカメラ200の模式的断面図である。カメラ200は、レンズユニット202およびカメラボディ201を含む。

[0058] レンズユニット202は、マウントシステム203を介して、カメラボディ201に対して着脱自在に装着される。レンズユニット202は、光学系

２８０、光学系２８０を収容する鏡筒２７０、および、鏡筒２７０の内部に設けられて光学系２８０を駆動する振動アクチュエータ１００を備える。

[0059] 光学系２８０は、図中で左側にあたる入射端から順次配列された、前球２８２、変倍レンズ２８４、合焦レンズ２８６および主レンズ２８８を含む。合焦レンズ２８６および主レンズ２８８の間には、絞り装置２９０が配置される。

[0060] 振動アクチュエータ１００は、光軸方向について鏡筒２７０の中程にあって相対的に小径な合焦レンズ２８６の下方に配置される。これにより、鏡筒２７０の径を拡大することなく、振動アクチュエータ１００は鏡筒２７０内に収容される。振動アクチュエータ１００は、例えば輪列を介して合焦レンズ２８６を光軸Ｘの方向に前進または後退させる。

[0061] カメラボディ２０１は、ファインダ２４０、制御部２５０、主鏡２６２を収容する。主鏡２６２は、レンズユニット２０２の光学系２８０を介して入射した被写体光束の光路上に傾斜して配置される斜設位置と、被写体光束を避けて上昇する退避位置（図中に点線で示す）との間を移動する。

[0062] 斜設位置にある主鏡２６２は、被写体光束の大半を、上方に配置されたピント板２６６に導く。ピント板２６６は撮像素子２２０と光学的に共役な位置にあり、ピント板２６６に形成された被写体像は、ペンタプリズム２４８を通じてファインダ２４０から、正立正像として観察される。また、被写体光束の一部は、ペンタプリズム２４８により測光部２５２に導かれる。測光部２５２は、被写体輝度に応じた被写体光束の強度およびその分布を測定する。

[0063] ファインダ２４０は、接眼部２４２、ファインダ用表示部２４４およびハーフミラー２４６を含む。ファインダ用表示部２４４は、カメラ２００に設定された撮影条件等の情報を表す表示画像を生成する。ハーフミラー２４６は、ファインダ用表示部２４４に生成された表示画像を、フォーカシングスクリーンの映像に重畳する。これにより、ユーザは、ピント板２６６に形成された被写体像とファインダ用表示部２４４に形成された表示画像とを、接

眼部 2 4 2 から併せて観察できる。

- [0064] また、主鏡 2 6 2 は、裏面に副鏡 2 6 4 を有する。副鏡 2 6 4 は、主鏡 2 6 2 を透過した被写体光束の一部を、下方に配置された合焦部 2 5 4 に導く。これにより、主鏡 2 6 2 が斜設位置にある場合は、合焦レンズ 2 8 6 の合焦位置を検出する。なお、主鏡 2 6 2 が退避位置に移動した場合は、副鏡 2 6 4 も被写体光束から退避する。
- [0065] カメラボディ 2 0 1 において、レンズユニット 2 0 2 に対して主鏡 2 6 2 の後方には、シャッタ 2 3 0、光学フィルタ 2 2 2 および撮像素子 2 2 0 が順次配置される。シャッタ 2 3 0 が開放される場合は、その直前に主鏡 2 6 2 が退避位置に移動するので、被写体光束は直進して撮像素子 2 2 0 に入射される。これにより、入射光の形成する画像が撮像素子 2 2 0 において電気信号に変換される。
- [0066] カメラ 2 0 0 において、レンズユニット 2 0 2 はカメラボディ 2 0 1 に対して電氣的にも結合されている。これにより、レンズユニット 2 0 2 は、カメラボディ 2 0 1 から電力の供給を受けると共に、カメラボディ 2 0 1 の制御部 2 5 0 の制御の下に、カメラボディ 2 0 1 と連携して動作する。よって、例えば、カメラボディ 2 0 1 側の合焦部 2 5 4 が検出した被写体までの距離の情報に基づいて振動アクチュエータ 1 0 0 の回転量および回転方向を制御することによりオートフォーカス機構を形成できる。
- [0067] なお、振動アクチュエータ 1 0 0 により合焦レンズ 2 8 6 を移動させる場合について例示したが、絞り装置 2 9 0 の開閉、変倍レンズ 2 8 4 におけるバリエータレンズの移動等を振動アクチュエータ 1 0 0 で駆動してもよい。この場合も、電気信号を介して測光部 2 5 2、ファインダ用表示部 2 4 4 等と情報を参照し合うことにより、振動アクチュエータ 1 0 0 は、露出の自動化、シーンモードの実行、ブラケット撮影の実行等に寄与する。
- [0068] また、振動アクチュエータ 1 0 0 は、撮影機、双眼鏡等の光学系以外の用途にも使用できる。例えば、精密ステージ、より具体的には電子ビーム描画装置、検査装置用各種ステージ、バイオテクノロジー用セルインジェクタの移

動機構、核磁気共鳴装置の移動ベッド等の動力源等を例示できる。

[0069] 図 1 1 は、振動アクチュエータ 1 0 1 を含む光学機器 3 0 0 の模式図である。光学機器 3 0 0 は、光学部品 3 0 2、保持枠 3 0 4 および案内軸 3 0 6 と、振動アクチュエータ 1 0 1 とを備える。

[0070] 保持枠 3 0 4 は、レンズ等の光学部品 3 0 2 を保持する。また、保持枠 3 0 4 は、一对の案内軸 3 0 6 を挿通されて摺動可能に支持される。案内軸 3 0 6 は、光学部品 3 0 2 の光軸方向に互いに平行に配される。

[0071] 保持枠 3 0 4 は、全体として円筒形をなすが、側周面の図中下部には平坦な当接面 1 4 3 を有する。当接面 1 4 3 は、案内軸 3 0 6 の軸方向に平行に形成され、振動アクチュエータ 1 0 1 の一部をなす。当接面 1 4 3 は、保持枠 3 0 4 の一部を加工して形成してもよいし、保持枠 3 0 4 の側周面に他の部材を付加して形成してもよい。

[0072] 振動アクチュエータ 1 0 1 は更に、電気機械変換部 1 2 2 および伝達部 1 3 1 を含む。電気機械変換部 1 2 2 および伝達部 1 3 1 は、保持枠 3 0 4 に対して、図中下側に配され、保持枠 3 0 4 の側周面に位置する当接面 1 4 3 に当接する。

[0073] 振動アクチュエータ 1 0 1 においては、電気機械変換部 1 2 2 および伝達部 1 3 1 が、案内軸 3 0 6 に対して相対位置を固定された状態で、保持枠 3 0 4 の当接面 1 4 3 に駆動力を伝達する。これにより、光学部品 3 0 2 は、保持枠 3 0 4 と共に、案内軸 3 0 6 に沿って光軸方向に移動する。これにより、光学部品 3 0 2 を含む光学系の特性が変化する。

[0074] 図 1 2 は、電気機械変換部 1 2 2 および伝達部 1 3 1 が一体となった組立体の斜視図である。伝達部 1 3 1 は矩形板状の形状を有し、図中下面に電気機械変換部 1 2 2 を有する。伝達部 1 3 1 の上面には、長手方向に離間して図中上方に突出する一对の突起部 1 3 3 が設けられる。光学機器 3 0 0 においては、突起部 1 3 3 の先端が、保持枠 3 0 4 の側面に当接する。

[0075] 電気機械変換部 1 2 2 は、圧電材料により形成された一对の圧電ブロックを含む。圧電ブロックは、伝達部 1 3 1 の長手方向に離間して配置される。

一对の圧電ブロックは相互に絶縁され、個別に駆動電圧を印加できる。これにより、保持枠 304 の当接面 143 に当接させた状態で、伝達部 131 を変形させることができる。

[0076] 図 13 は、振動アクチュエータ 101 の動作を説明する模式図である。図 13 において、(A) 列は、一对の圧電ブロックに印加される 2 相の駆動電圧 A、B の実効値の変化を、タイミング t1 からタイミング t9 に至る時間の経過に従って示す。駆動電圧 A、B は、相互に位相が 90 度ずれた状態で周期的に変化する。

[0077] 図 13 において、(B) 列は、上記駆動電圧 A、B を印加された電気機械変換部 122 により伝達部 131 に生じる横振動の時間的变化を示す。ここで、横振動とは、電気機械変換部 122 が位相差をもって伸縮することにより伝達部 131 が屈曲変形した場合に、伝達部 131 の長手方向と直交する方向に変位を生じる振動を意味する。伝達部 131 は、駆動電圧 A、B の変動周期に対して 4 次の横振動モードを有する。

[0078] 図 13 において、(C) 列は、上記駆動電圧 A、B を印加された電気機械変換部 122 により伝達部 131 に生じる縦振動の時間的变化を示す。ここで、縦振動とは、電気機械変換部 122 の伸縮に伴って伝達部 131 が伸縮することにより、伝達部 131 の長手方向に変位を生じる振動を意味する。伝達部 131 は、駆動電圧 A、B の変動周期に対して 1 次の縦振動モードを有する。

[0079] 図 13 において、(D) 列は、上記横振動および上記縦振動の合成により、伝達部 131 の突起部 133 先端に生じる橢円運動の時間的变化を示す。突起部 133 は、伝達部 131 の 4 次振動モードの腹の位置に配される。また、伝達部 131 は、例えば、長手方向中央において、案内軸 306 に対して相対的に固定される。これにより、突起部 133 の先端は、保持枠 304 の当接面 143 を、案内軸 306 の長手方向に突き動かす駆動力を生じる。これにより保持枠 304 は案内軸 306 の長手方向に沿って移動する。

[0080] 上記のような振動アクチュエータ 101 においても、当接面 143 および

突起部 133 のいずれか一方を金属系材料により形成すると共に、他方の表面に適切な割合でポアを形成することにより、振動アクチュエータ 101 の出力トルクを向上させることができる。より具体的には、例えば、保持枠 304 の表面に形成される当接面 143 を、表面にポアを有するセラミックス材料等により形成し、突起部 133 と一体的な伝達部 131 を金属材料により形成してもよい。

[0081] 図 14 は、振動アクチュエータ 102 の側面図である。振動アクチュエータ 102 は、図中下側から順次積層された、ベースプレート 110、与圧部 150、加圧板 151、電気機械変換部 122、伝達部 131、ロータ 140、緩衝板 163 および出力部 161 を有する。

[0082] 与圧部 150 は、図中下端をベースプレート 110 に固定される。また与圧部 150 は、加圧板 151 を上方向に押し上げる付勢力を発揮する。加圧板 151 は、互いに一体をなす電気機械変換部 122 および伝達部 131 を、更に上方のロータ 140 に向かって押し付ける。これにより、伝達部 131 は、ロータ 140 の図中下面に形成された当接部 142 に押し当てられる。

[0083] ロータ 140 は、ベースプレート 110 に対して回転可能に配される。また、ロータ 140 は、緩衝板 163 を挟んで出力部 161 に結合される。これにより、ロータ 140 に生じた運動のうち、回転運動が出力部 161 に伝えられ、紙面と平行な回転軸の回りに、ロータ 140 および出力部 161 が一体的に回転する。また、ロータ 140 に生じた高さ方向の振動は、緩衝板 163 に吸収される。これにより、出力部 161 は、回転運動を効率よく外部に伝達できる。

[0084] 図 15 は、振動アクチュエータ 102 の電気機械変換部 122 および伝達部 131 の組立体と、ロータ 140 の当接部 142 との斜視図である。図 14 と共通の要素には同じ参照番号を付して重複する説明を省く。

[0085] 振動アクチュエータ 102 において、電気機械変換部 122 は、環状の伝達部 131 の図中下面に配された複数の圧電ブロックを含む。複数の圧電ブ

ロックは、伝達部 131 の周方向に離間して配置される。一对の圧電ブロックは相互に絶縁され、個別に駆動電圧を印加できる。これにより、保持枠 304 の当接面 143 に当接させた状態で、伝達部 131 を部分的に変形させることができる。

[0086] また、伝達部 131 は、径方向に形成された複数の溝 135 を図中上面に有する。これにより、伝達部 131 の曲げ剛性が低くなり、電気機械変換部 122 による伝達部 131 の変形が容易になる。

[0087] ロータ 140 は全体として環状をなし、径方向の幅が狭い当接部 142 を下端に有する。これにより、当接部 142 は、伝達部 131 に対して強く押し付けられる。

[0088] 図 16 は、振動アクチュエータ 102 の動作を説明する展開図である。図 13 を参照して説明したように、伝達部 131 の長手方向に配置された複数の圧電ブロックに、位相差を有して周期的に変動する駆動電圧を印加することにより、伝達部 131 に横振動および縦振動を生じさせることができる。

[0089] 振動アクチュエータ 102 においては、伝達部 131 が環状なので、横振動が生じる位置を順次移動させることにより、周方向に進行する進行波が伝達部 131 に生じる。よって、伝達部 131 に当接する環状の当接部 142 には周方向の駆動力が伝達され、ロータ 140 が回転する。

[0090] 上記のような振動アクチュエータ 102 においても、当接部 142 および伝達部 131 のいずれか一方の表面に適切な割合でポアを形成することにより、振動アクチュエータ 102 の出力トルクを向上させることができる。より具体的には、例えば、振動アクチュエータ 102 が動作する場合に変形しない当接部 142 を、表面にポアを有するセラミックス材料により形成し、進行波の発生と共に変形する伝達部 131 を金属系の材料により形成してもよい。

[0091] 以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その

様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることは、請求の範囲の記載から明らかである。

符号の説明

[0092] 100、101、102 振動アクチュエータ、110 ベースプレート、120 圧電積層体、121、123、125、127 電極、122 電気機械変換部、124 圧電材料板、126 共通電極、130 ステータ、131 伝達部、132 振動体、133 突起部、135 溝、140 ロータ、142 当接部、143 当接面、150 与圧部、151 加圧板、160 出力歯車、161 出力部、163 緩衝板、170 軸受け部、180 トッププレート、190 軸部、192 ナット、200 カメラ、201 カメラボディ、202 レンズユニット、203 マウントシステム、220 撮像素子、222 光学フィルタ、230 シャッタ、240 ファインダ、242 接眼部、244 ファインダ用表示部、246 ハーフミラー、248 ペンタプリズム、250 制御部、252 測光部、254 合焦部、262 主鏡、264 副鏡、266 ピント板、270 鏡筒、280 光学系、282 前球、284 変倍レンズ、286 合焦レンズ、288 主レンズ、290 絞り装置、300 光学機器、302 光学部品、304 保持枠、306 案内軸

請求の範囲

- [請求項1] 電力を機械的振動に変換する電気機械変換部と、
前記電気機械変換部から振動を駆動力として伝達する伝達部と、
前記伝達部に当接して前記駆動力により前記伝達部に対して相対的に移動する当接部と
を備え、
前記伝達部および前記当接部の接触表面において、前記伝達部および前記当接部のいずれか一方におけるポア面積占有率が2%以上である振動アクチュエータ。
- [請求項2] 前記ポアの平均面積が $3\mu\text{m}^2$ 以上である請求項1に記載の振動アクチュエータ。
- [請求項3] 前記伝達部および前記当接部の他方において、前記一方に対する接触面が鉄を含有する請求項1または請求項2に記載の振動アクチュエータ。
- [請求項4] 前記他方が、前記一方に対する接触面にマルテンサイト系ステンレス鋼を含む請求項3に記載の振動アクチュエータ。
- [請求項5] 前記伝達部および前記当接部の少なくとも一方は、焼結体を含む請求項1から請求項4までのいずれか一項に記載の振動アクチュエータ。
- [請求項6] 前記伝達部および前記当接部の少なくとも一方は、金属酸化物、金属窒化物および金属炭化物のうちの少なくともひとつを含む請求項1または請求項2に記載の振動アクチュエータ。
- [請求項7] 前記伝達部および前記当接部の一方における他方との接触表面はアルミナにより形成され、前記他方の接触表面はステンレス鋼により形成される請求項1から請求項3までのいずれか一項に記載の振動アクチュエータ。
- [請求項8] 前記伝達部はステータを含み、
前記電気機械変換部は前記ステータを傾けつつ、傾けた方向を回転

させ、

前記当接部は、前記ステータと接触して前記ステータの変位を受けて回転するロータを含む請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の振動アクチュエータ。

[請求項9] 前記伝達部は板状の本体部および前記本体部から突出した突起部を有し、

前記電気機械変換部は互いに位相の異なる振動を与えることにより前記突起部を楕円運動させ、

前記当接部は前記突起部に当接して、前記突起部の楕円運動の駆動力を受けることにより前記伝達部に対して一方向に移動する請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の振動アクチュエータ。

[請求項10] 前記伝達部は環状の本体部および前記本体部に配された複数の溝を有し、

前記電気機械変換部は、互いに位相の異なる振動を与えることにより前記本体部に周方向に進行する進行波を発生させ、

前記当接部は、前記本体部に接触して前記周方向の進行波を受けることにより回転する環状のロータを含む請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の振動アクチュエータ。

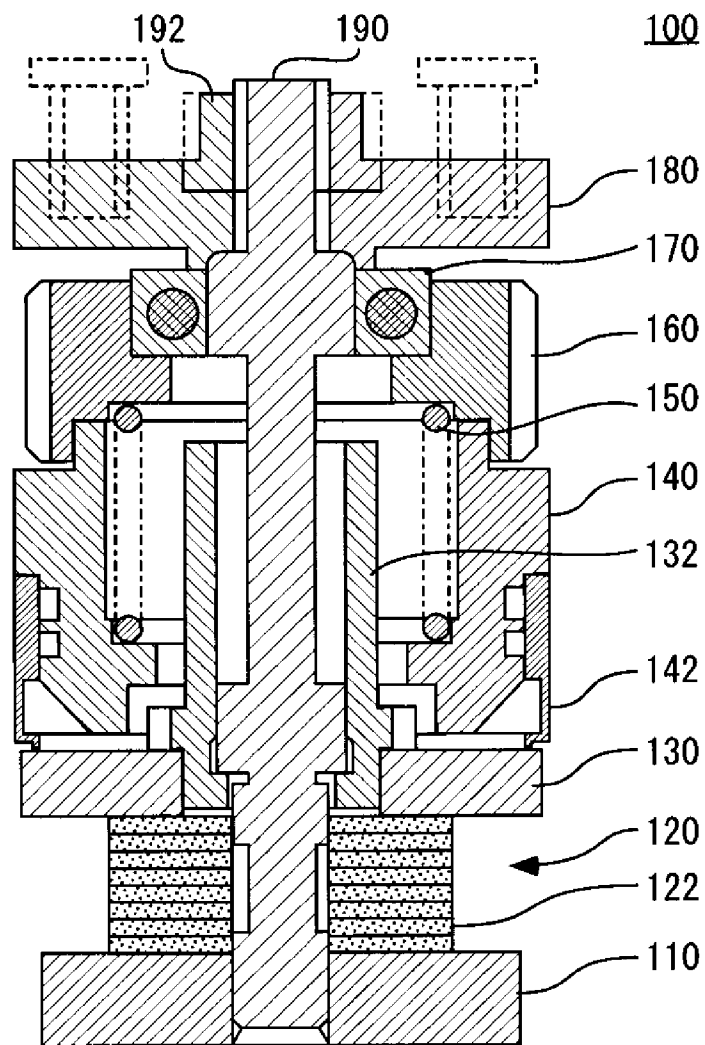
[請求項11] 請求項 1 から請求項 10 までのいずれか一項に記載の振動アクチュエータと、

前記振動アクチュエータにより光軸方向に移動する光学部品とを備えたレンズユニット。

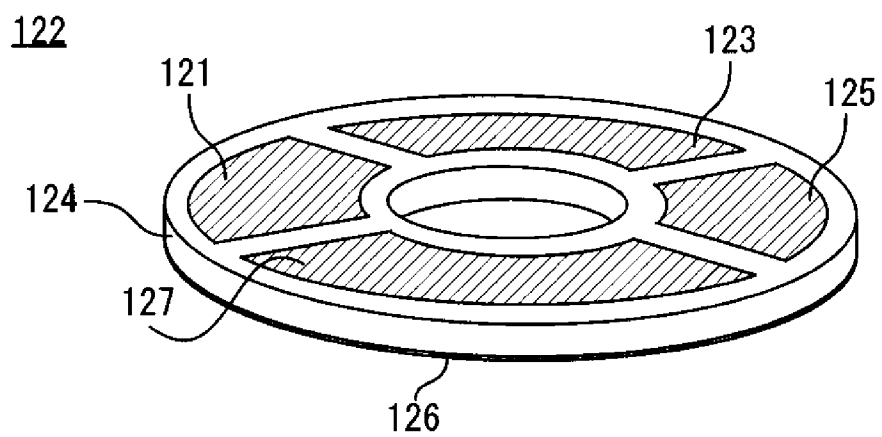
[請求項12] 請求項 1 から請求項 10 までのいずれか一項に記載の振動アクチュエータと、

前記振動アクチュエータにより光軸方向に移動する光学部品と、
前記光学部品により結像された被写体像を撮像する撮像素子とを備えた撮像装置。

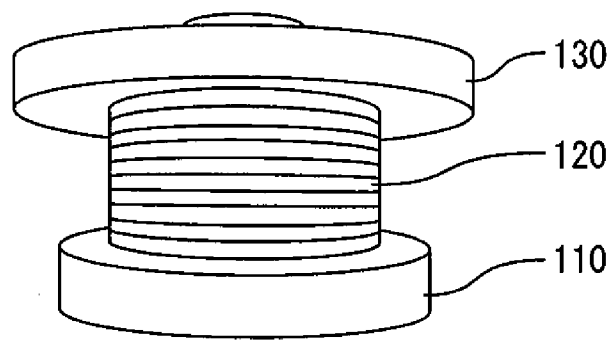
[図1]



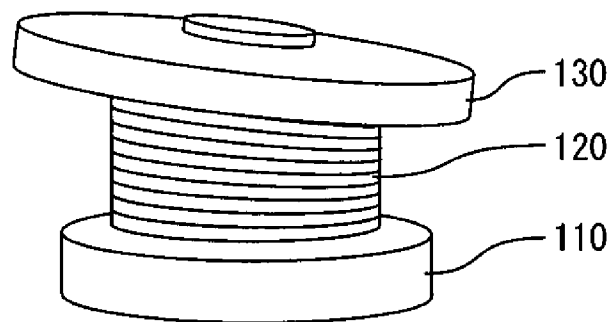
[図2]



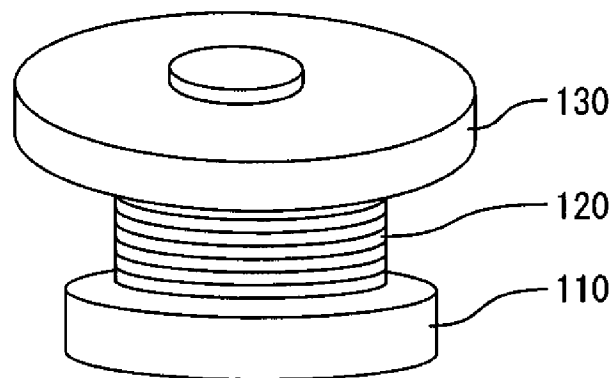
[図3]



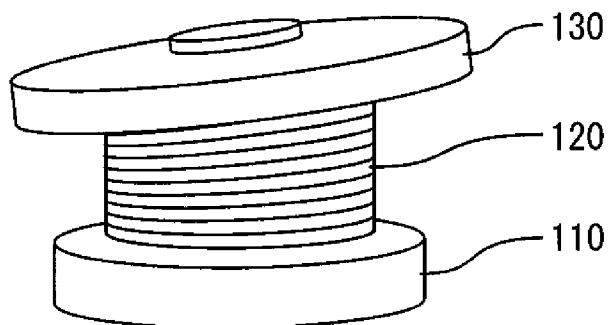
[図4]



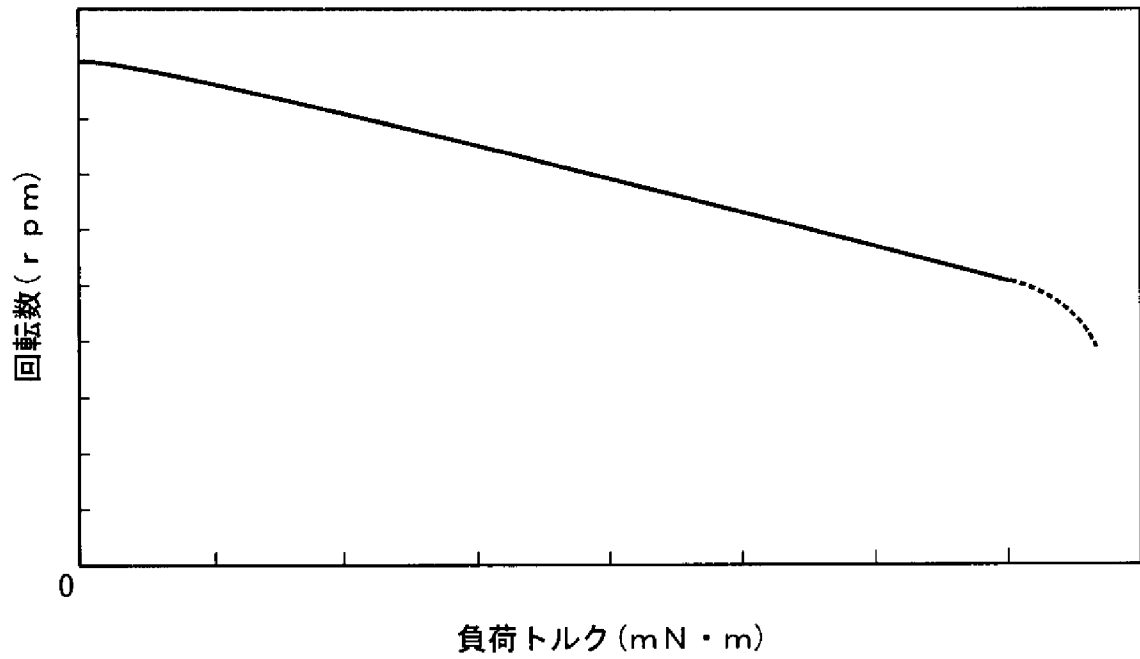
[図5]



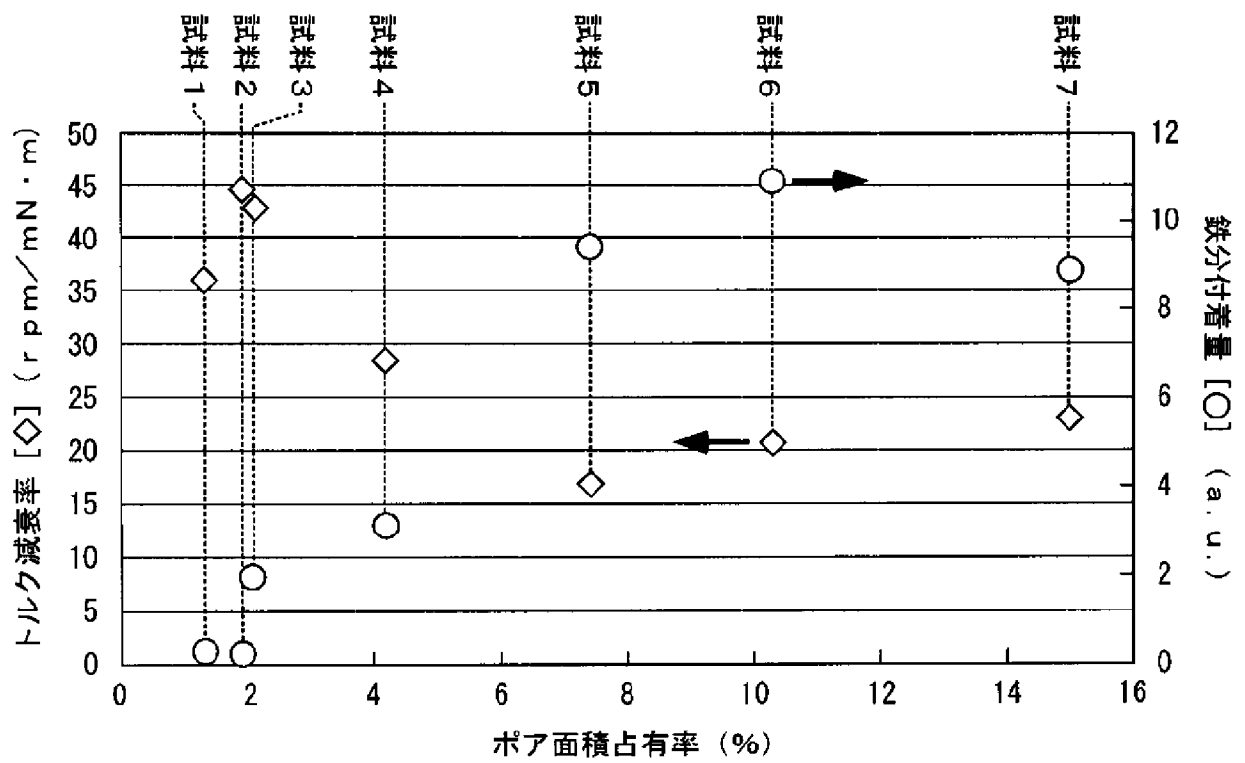
[図6]



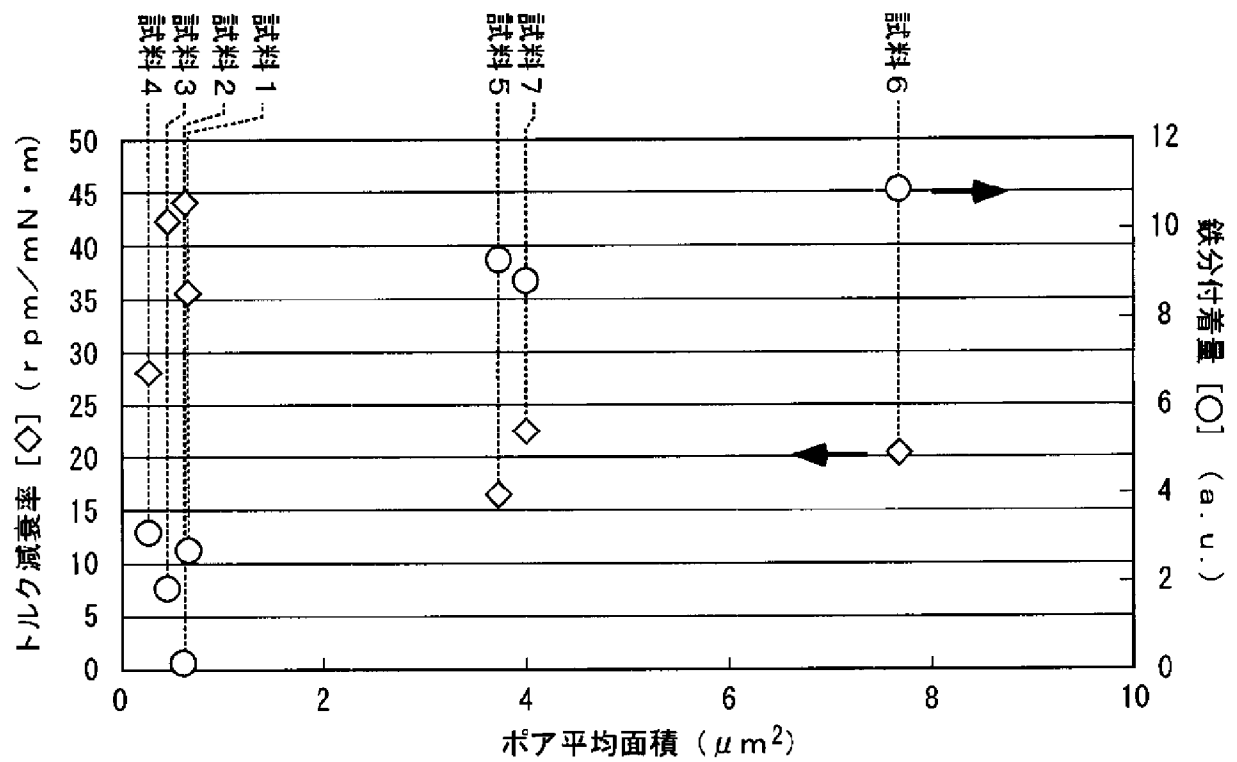
[図7]



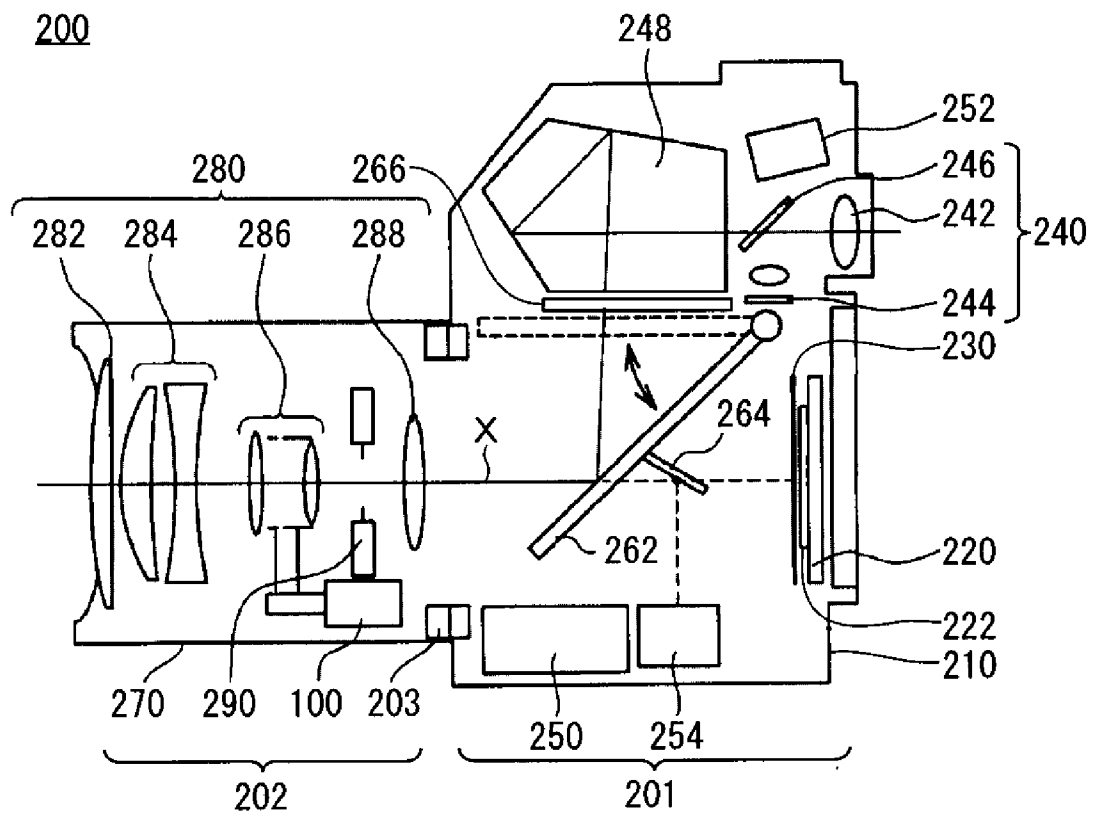
[図8]



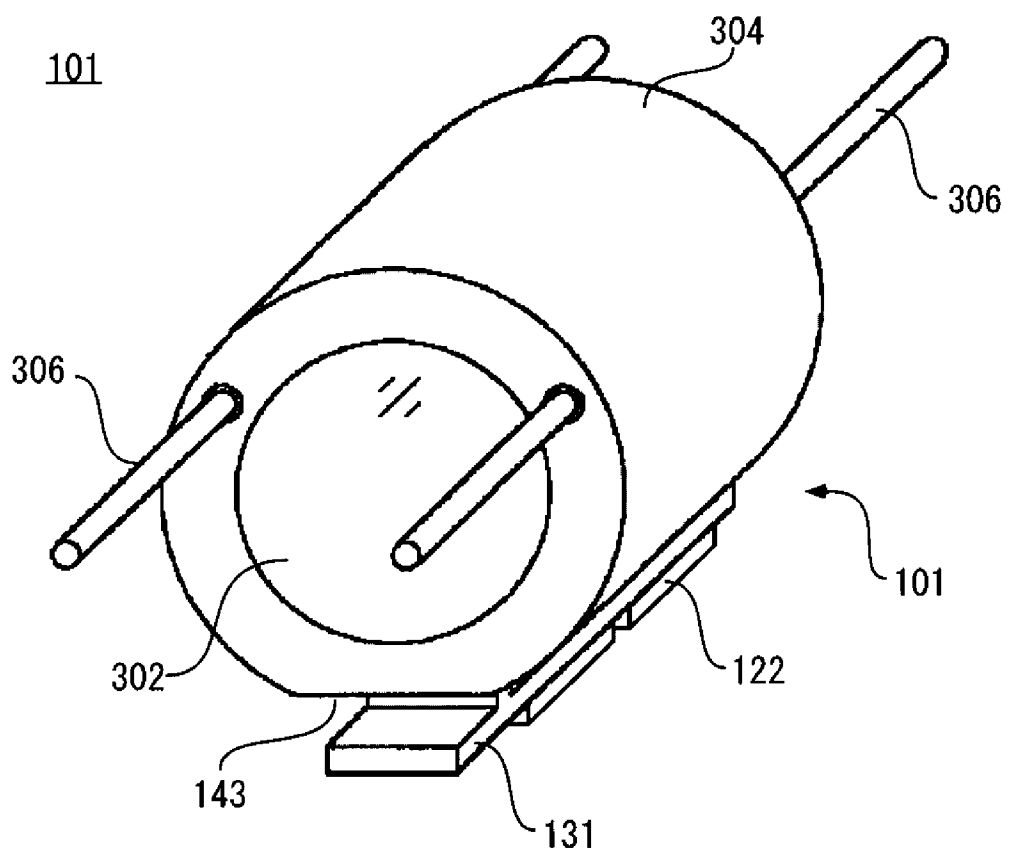
[図9]



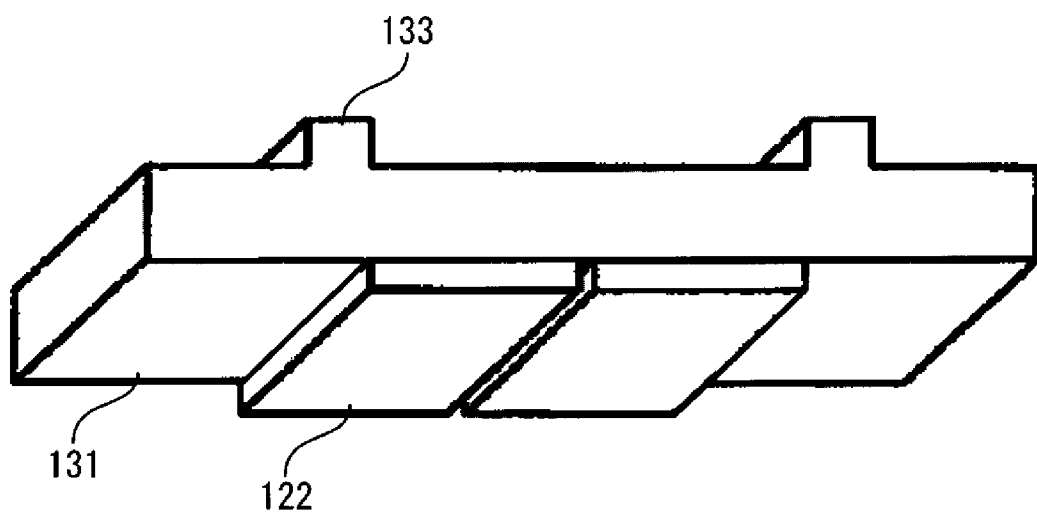
[図10]



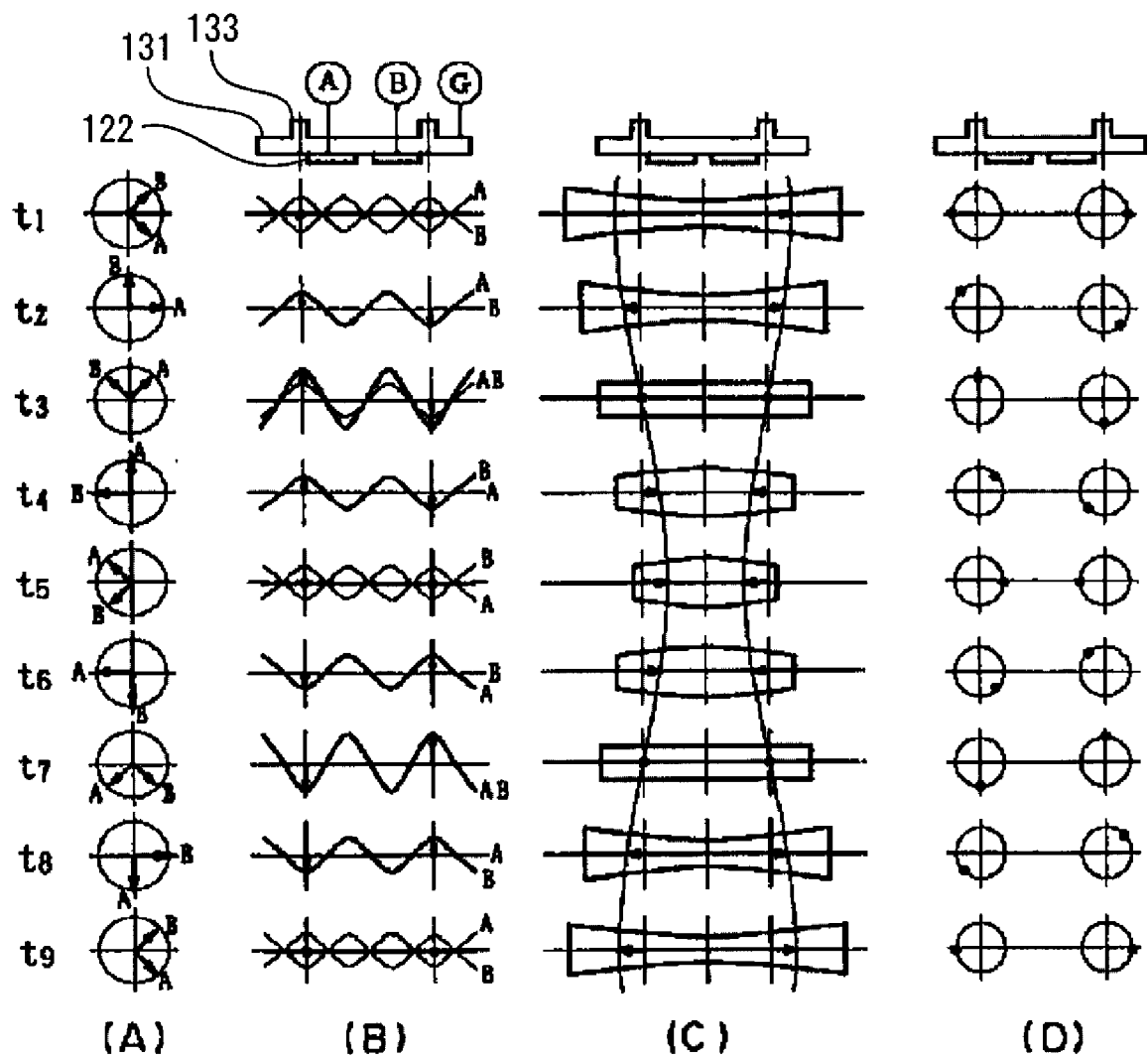
[図11]



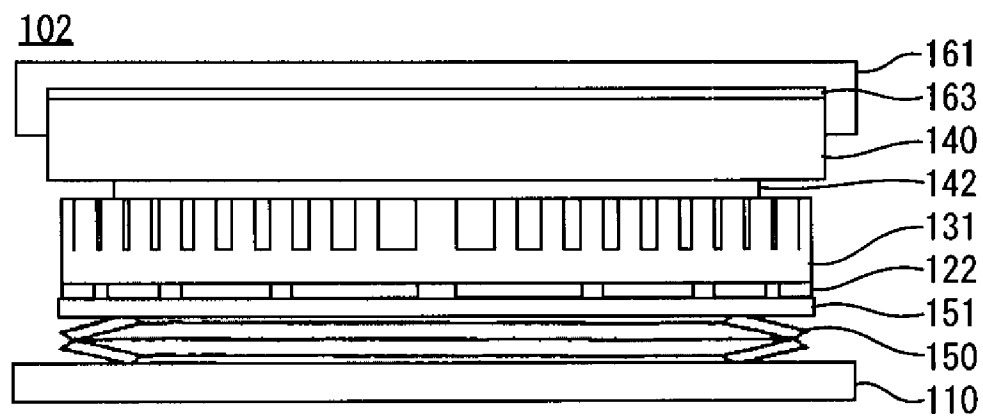
[図12]



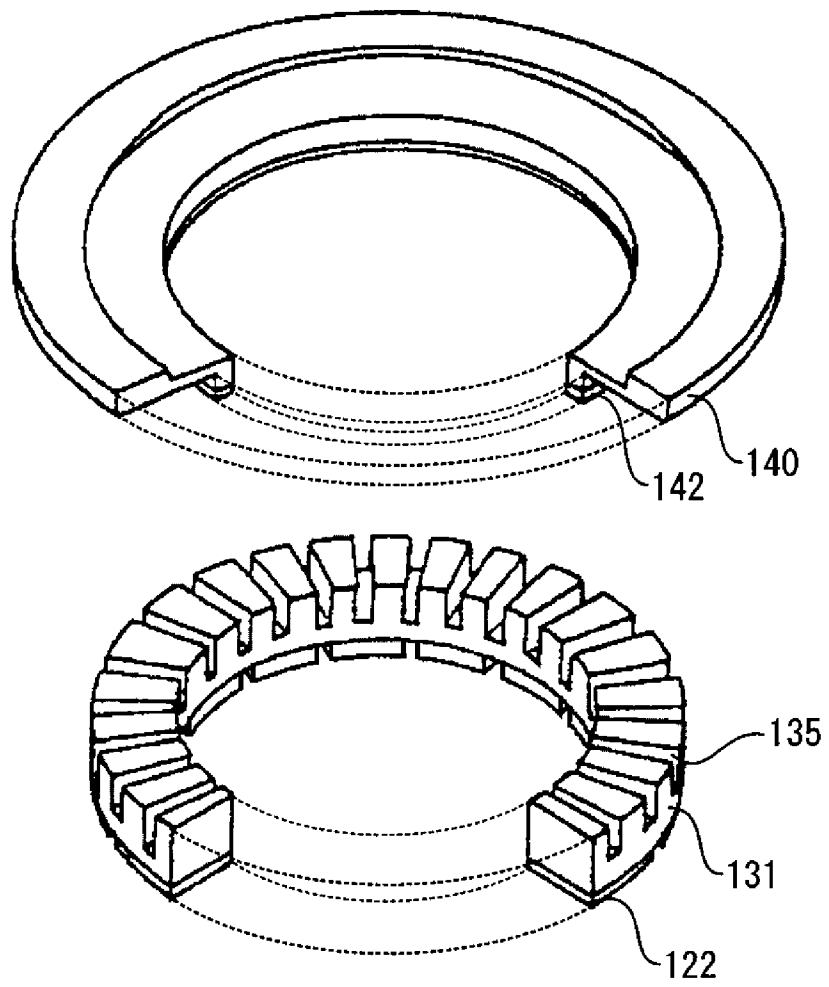
[図13]



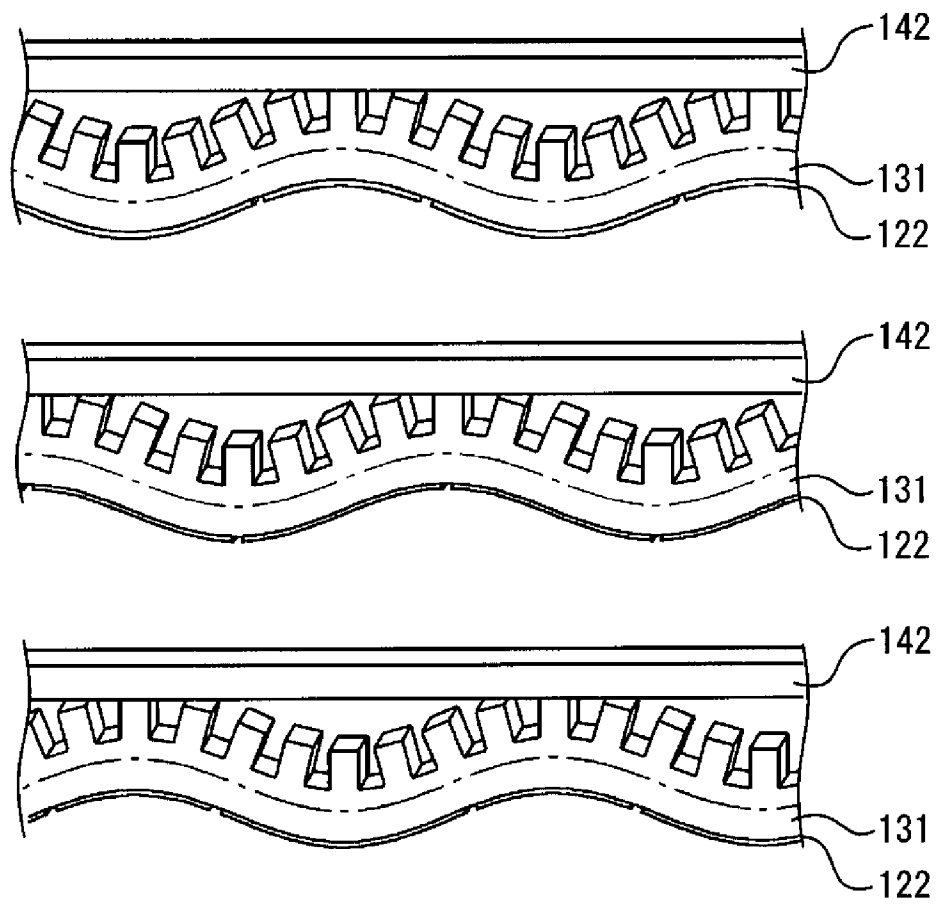
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/001509

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02N2/00(2006.01) i, G02B7/04(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)

H02N2/00, G02B7/04

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
X Y	JP 2004-236493 A (NSK Ltd.), 19 August 2004 (19.08.2004), paragraphs [0034], [0048] to [0049], [0052], [0077]; fig. 2 (Family: none)	1-2, 5-6, 9 3-4, 7-8, 10-12
Y	JP 2000-175466 A (Canon Inc.), 23 June 2000 (23.06.2000), paragraphs [0009], [0024], [0026], [0056] to [0058]; fig. 1, 3 (Family: none)	3-4, 7-8, 10-12

☐ 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
28 May, 2012 (28.05.12)

Date of mailing of the international search report
05 June, 2012 (05.06.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H02N2/00(2006.01)i, G02B7/04(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. H02N2/00, G02B7/04

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012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
X Y	JP 2004-236493 A (日本精工株式会社) 2004.08.19, 【0034】, 【0048】 - 【0049】, 【0052】, 【0077】, 図2 (ファミリーなし)	1-2, 5-6, 9 3-4, 7-8, 10-12
Y	JP 2000-175466 A (キヤノン株式会社) 2000.06.23, 【0009】, 【0024】, 【0026】, 【0056】 - 【0058】, 図1, 図3 (ファミリーなし)	3-4, 7-8, 10-12

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

28.05.2012

国際調査報告の発送日

05.06.2012

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100-8915

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)

安池 一貴

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

3V

5068