

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2005-201855
(P2005-201855A)

(43) 公開日 平成17年7月28日(2005.7.28)

(51) Int.Cl.⁷
G 0 1 D 5/245

F I
G O 1 D 5/245 1 O 1 F

テーマコード (参考)
2 F O 7 7

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 22 頁)	
(21) 出願番号 (22) 出願日	特願2004-10683 (P2004-10683) 平成16年1月19日 (2004.1.19)
(71) 出願人	000137694 株式会社ミットヨ 神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目2 O 番 1 号
(74) 代理人	100092820 弁理士 伊丹 勝
(72) 発明者	青木 敏彦 神奈川県川崎市高津区坂戸 1 丁目 2 O 番 1 号 株式会社ミットヨ内
(72) 発明者	辻 勝三郎 神奈川県川崎市高津区坂戸 1 丁目 2 O 番 1 号 株式会社ミットヨ内
最終頁に続く	

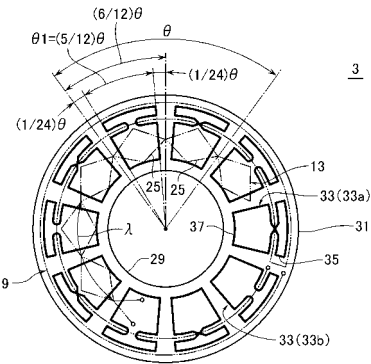
(54) 【発明の名称】 誘導型変位検出装置及びマイクロメータ

(57) 【要約】

【課題】 高精度測定が可能な誘導型変位検出装置を提供する。

【解決手段】 誘導型変位検出装置はロータリ型であり、そのロータ 3 に磁束結合巻線 3 3 が配列されている。ステータには複数の受信ループ 2 5 を含む受信巻線 1 3 が配置されている。二個分の受信ループ 2 5 で規定される中心角を θ とすると、一個分の磁束結合巻線 3 3 で規定される中心角 $\theta 1$ が $(5 / 1 2) \theta$ である。

【選択図】 図 9



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ステータと、
 前記ステータと対向するように配置されたロータと、
 前記ステータに配置された送信巻線と、
 複数の受信ループを含むと共に前記ステータに配置された受信巻線と、
 前記送信巻線及び前記受信巻線に対して磁束結合可能であると共に前記ロータに配列された複数の磁束結合巻線と、を備え、
 二個分の前記受信ループで規定される中心角を θ とすると、一個分の前記磁束結合巻線で規定される中心角 θ_1 が次の範囲である、ことを特徴とする誘導型変位検出装置。 10

【数 1】

$$\frac{4}{12} \theta \leq \theta_1 < \frac{6}{12} \theta \text{ 又は } \frac{6}{12} \theta < \theta_1 \leq \frac{8}{12} \theta$$

【請求項 2】

前記受信巻線は $\sin$ カーブ形状を有する、
 ことを特徴とする請求項 1 に記載の誘導型変位検出装置。

【請求項 3】

前記磁束結合巻線は、前記送信巻線に磁束結合可能な受信導体及び前記受信巻線に磁束結合可能な送信導体を含む閉じた線状導体で構成されており、
 前記線状導体を交差させた構成の前記磁束結合巻線と前記線状導体を交差させない構成の前記磁束結合巻線とが交互に配列されている、
 ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の誘導型変位検出装置。 20

【請求項 4】

前記受信巻線は円弧状を有する、
 ことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の誘導型変位検出装置。

【請求項 5】

前記受信巻線は円周状を有する、
 ことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の誘導型変位検出装置。 30

【請求項 6】

前記送信巻線は前記受信巻線より外側に配置されている、
 ことを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の誘導型変位検出装置。

【請求項 7】

前記送信巻線は前記受信巻線より内側に配置されている、
 ことを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の誘導型変位検出装置。

【請求項 8】

前記送信巻線は、一端からリング状に延びて送信折返し部に至る第 1 のリング部及び前記送信折返し部から前記第 1 のリング部と異なる半径でリング状に延びて他端に至る第 2 のリング部を含む、
 ことを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の誘導型変位検出装置。 40

【請求項 9】

前記受信巻線は前記第 1 のリング部と前記第 2 のリング部との間に配置されている、
 ことを特徴とする請求項 8 に記載の誘導型変位検出装置。

【請求項 10】

前記送信巻線は、一端からリング状に延びて他端に至る一つのリング部である、
 ことを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の誘導型変位検出装置。

【請求項 11】

前記中心角 θ_1 が、 $(5/12)\theta$ 又は $(7/12)\theta$ である、
 ことを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の誘導型変位検出装置。 50

【請求項 1 2】

請求項 1 ～ 1 1 のいずれか 1 項に記載の誘導型変位検出装置が搭載されたマイクロメータ。

【請求項 1 3】

スケールと、

前記スケールと対向するように配置されると共に前記スケールに対してリニア方向に相對移動可能なセンサヘッドと、

前記センサヘッドに配置された送信部材と、

複数の受信ループを含むと共に前記センサヘッドに配置された受信巻線と、

前記送信部材及び前記受信巻線に対して磁束結合可能であるとと共に前記スケールに配列された複数の磁束結合巻線と、を備え、

二個分の前記受信ループの前記相對移動の方向に沿った長さを L とすると、前記相對移動の方向に沿った一個分の前記磁束結合巻線の長さ L_1 が次の範囲である、ことを特徴とする誘導型変位検出装置。

【数 2】

$$\frac{4}{12}L \leq L_1 < \frac{6}{12}L \text{ 又は } \frac{6}{12}L < L_1 \leq \frac{8}{12}L$$

【請求項 1 4】

前記受信巻線は $\sin$ カーブ形状を有する、

ことを特徴とする請求項 1 3 に記載の誘導型変位検出装置。

【請求項 1 5】

前記磁束結合巻線は、前記送信部材に磁束結合可能な受信導体及び前記受信巻線に磁束結合可能な送信導体を含む閉じた線状導体で構成されており、

前記線状導体を交差させた構成の前記磁束結合巻線と前記線状導体を交差させない構成の前記磁束結合巻線とが交互に配列されている、

ことを特徴とする請求項 1 3 又は 1 4 に記載の誘導型変位検出装置。

【請求項 1 6】

前記送信部材は、一端からリニア状に延びて送信折返し部に至る第 1 のリニア部及び前記送信折返し部からリニア状に延びて他端に至る第 2 のリニア部を含む送信巻線である、

ことを特徴とする請求項 1 3 ～ 1 5 のいずれか 1 項に記載の誘導型変位検出装置。

【請求項 1 7】

前記送信部材は、一端からリニア状に延びて他端に至る一本のリニア部である、

ことを特徴とする請求項 1 3 ～ 1 5 のいずれか 1 項に記載の誘導型変位検出装置。

【請求項 1 8】

前記長さ L_1 が、 $(5/12)L$ 又は $(7/12)L$ である、

ことを特徴とする請求項 1 3 ～ 1 7 のいずれか 1 項に記載の誘導型変位検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ノギスやマイクロメータに代表される小型の測定工具、ロータリエンコーダ、リニアエンコーダおよびセンサ機器等に応用される、電磁結合（磁束結合）を利用して変位検出を行う誘導型変位検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から直線変位や角度変位などの精密な測定に誘導型変位検出装置が利用されている。この検出装置にはリニア型とロータリ型がある。リニア型の誘導型変位検出装置は、磁束結合巻線が所定ピッチで配列されたスケールと、このスケールに対して相對移動可能に對向配置されると共に磁束結合巻線と磁束結合可能な送信巻線及び受信巻線が配置された

10

20

30

40

50

センサヘッドと、により構成される（例えば特許文献１）。

【０００３】

一方、ロータリ型の誘導型変位検出装置は、送信巻線及び受信巻線がステータに配置され、磁束結合巻線に対応する導電プレートがロータに配置されている（例えば特許文献２）。

【特許文献１】特開平１０－３１８７８１号公報（図１）

【特許文献２】特開平８－３１３２９５号公報（図１６）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

10

受信巻線から得られる受信信号は、理想的な $\sin$ 波、つまり歪のない $\sin$ 波であることが望ましい。しかしながら、この信号に高調波が混じると、受信信号に高調波歪が生じる。特に、スケールとセンサヘッドのギャップ（ステータとロータのギャップ）が小さくなるに従って、磁場分布の幾何学的形状の影響が大きくなり、上記高調波歪が発生し易くなる。高調波歪は測定誤差の原因となるため、高精度測定のためには受信信号の高調波歪を低減する必要がある。

【０００５】

本発明は、高精度測定が可能な誘導型変位検出装置及びこれを搭載したマイクロメ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】

20

【０００６】

本発明に係る誘導型変位検出装置の一態様は、ステータと、前記ステータと対向するように配置されたロータと、前記ステータに配置された送信巻線と、複数の受信ループを含むと共に前記ステータに配置された受信巻線と、前記送信巻線及び前記受信巻線に対して磁束結合可能であると共に前記ロータに配列された複数の磁束結合巻線と、を備え、二個分の前記受信ループで規定される中心角を θ とすると、一個分の前記磁束結合巻線で規定される中心角 θ_1 が次の範囲である、ことを特徴とする。

【０００７】

【数３】

30

$$\frac{4}{12}\theta \leq \theta_1 < \frac{6}{12}\theta \text{ 又は } \frac{6}{12}\theta < \theta_1 \leq \frac{8}{12}\theta$$

【０００８】

本発明に係る誘導型変位検出装置の一態様によれば、一個分の磁束結合巻線で規定される中心角 θ_1 の大きさを上記値の範囲にしたことにより、受信信号の高調波歪を低減することができる。中心角 θ_1 としては、例えば $(5/12)\theta$ 又は $(7/12)\theta$ である。

【０００９】

本発明に係る誘導型変位検出装置の一態様において、前記受信巻線は $\sin$ カーブ形状を有する、ようにすることができる。これによれば、受信巻線を流れる受信信号の高調波歪を低減できる。

40

【００１０】

本発明に係る誘導型変位検出装置の一態様において、前記磁束結合巻線は、前記送信巻線に磁束結合可能な受信導体及び前記受信巻線に磁束結合可能な送信導体を含む閉じた線状導体で構成されており、前記線状導体を交差させた構成の前記磁束結合巻線と前記線状導体を交差させない構成の前記磁束結合巻線とが交互に配列されている、ようにすることができる。これによれば、磁束結合巻線を密に配置できるため、受信巻線を流れる受信信号の強度を大きくできる。

【００１１】

本発明に係る誘導型変位検出装置の一態様において、前記受信巻線は円弧状を有する、

50

ようにしてもよい。

【0012】

本発明に係る誘導型変位検出装置の一態様において、前記受信巻線は円周状を有する、ようにしてもよい。これによれば、受信巻線を通る受信信号のダイナミックレンジを大きくすることができる。

【0013】

本発明に係る誘導型変位検出装置の一態様において、前記送信巻線は前記受信巻線より外側に配置されている、ようにしてもよい。

【0014】

本発明に係る誘導型変位検出装置の一態様において、前記送信巻線は前記受信巻線より内側に配置されている、ようにしてもよい。これによれば、送信巻線を短くできるので、送信巻線のインピーダンスを下げることもできる。よって、送信巻線に大きな電流を流すことができるため、受信巻線を通る受信信号を大きくできる。

【0015】

本発明に係る誘導型変位検出装置の一態様において、前記送信巻線は、一端からリング状に延びて送信折返し部に至る第1のリング部及び前記送信折返し部から前記第1のリング部と異なる半径でリング状に延びて他端に至る第2のリング部を含む、ようにしてもよい。そして、前記受信巻線は前記第1のリング部と前記第2のリング部との間に配置されている、ようにしてもよい。

【0016】

本発明に係る誘導型変位検出装置の一態様において、前記送信巻線は、一端からリング状に延びて他端に至る一つのリング部である、ようにしてもよい。

【0017】

本発明に係る誘導型変位検出装置の一態様は、マイクロメータに搭載することができる。

【0018】

ここまで説明した本発明に係る誘導型変位検出装置の一態様は、ロータリ型であるが。次に説明する本発明に係る誘導型変位検出装置の他の態様は、リニア型であり、上記一態様と同様の作用効果を有する。

【0019】

本発明に係る誘導型変位検出装置の他の態様は、スケールと、前記スケールと対向するように配置されると共に前記スケールに対してリニア方向に相対移動可能なセンサヘッドと、前記センサヘッドに配置された送信部材と、複数の受信ループを含むと共に前記センサヘッドに配置された受信巻線と、前記送信部材及び前記受信巻線に対して磁束結合可能であると共に前記スケールに配列された複数の磁束結合巻線と、を備え、二個分の前記受信ループの前記相対移動の方向に沿った長さをLとすると、前記相対移動の方向に沿った一個分の前記磁束結合巻線の長さL1が次の範囲である、ことを特徴とする。

【0020】

【数4】

$$\frac{4}{12}L \leq L_1 < \frac{6}{12}L \text{ 又は } \frac{6}{12}L < L_1 \leq \frac{8}{12}L$$

【0021】

長さL1の具体的な値は、例えば(5/12)L又は(7/12)Lである。

【0022】

本発明に係る誘導型変位検出装置の他の態様において、前記受信巻線はsinカーブ形状を有する、ようにすることができる。

【0023】

本発明に係る誘導型変位検出装置の他の態様において、前記磁束結合巻線は、前記送信

10

20

30

40

50

部材に磁束結合可能な受信導体及び前記受信巻線に磁束結合可能な送信導体を含む閉じた線状導体で構成されており、前記線状導体を交差させた構成の前記磁束結合巻線と前記線状導体を交差させない構成の前記磁束結合巻線とが交互に配列されている、ようにすることができる。

【0024】

本発明に係る誘導型変位検出装置の他の態様において、前記送信部材は、一端からリニア状に延びて送信折返し部に至る第1のリニア部及び前記送信折返し部からリニア状に延びて他端に至る第2のリニア部を含む送信巻線である、ようにすることができる。

【0025】

本発明に係る誘導型変位検出装置の他の態様において、前記送信部材は、一端からリニア状に延びて他端に至る一本のリニア部である、ようにすることができる。 10

【発明の効果】

【0026】

本発明に係る誘導型変位検出装置によれば、受信巻線を流れる受信信号の高調波歪を低減できるため、高精度測定が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、図面を参照して、本発明に係る誘導型変位検出装置（「誘導型変位検出装置」を「エンコーダ」と記載する場合もある。）について説明する。なお、図において、既に説明した図中の符号で示すものと同一のものについては、同一符号を付すことにより説明を省略する。 20

【0028】

〔第1実施形態〕

第1実施形態に係る誘導型変位検出装置は、ロータリ型エンコーダである。ステータに配置された受信巻線を構成する複数の受信ループのうち、二個分の受信ループで規定される中心角を θ とすると、ロータに配列された複数の磁束結合巻線の一個分で規定される中心角 θ_1 を、 $(5/12)\theta$ とした点が第1実施形態の主な特徴である。以下、第1実施形態の詳細を説明する。

【0029】

（第1実施形態に係るエンコーダの構造）

図1は、第1実施形態に係る誘導型変位検出装置の構成要素であるステータ1の平面図であり、図2はロータ3の平面図である。ステータ1とロータ3とが互いに対向するように配置されている。ロータ3は回転方向Aに回転自在に支持されている。ステータ1やロータ3は、プリント回路基板、ガラス基板、シリコン基板等により構成される。 30

【0030】

まず、図1のステータ1から説明する。ステータ1は、中央に貫通穴5が形成された例えば樹脂からなる絶縁基板7を備える。絶縁基板7の上に、送信巻線9が貫通穴5を囲むように配置されている。詳しくは、送信巻線9は、端子T1（一端の一例）からリング状に延びて送信折返し部11に至るリング部9a（第1のリング部の一例）及び送信折返し部11からリング部9aと異なる半径でリング状に延びて端子T2（他端の一例）に至るリング部9b（第2のリング部の一例）を含む。 40

【0031】

送信巻線9と貫通穴5との間の絶縁基板7には、送信巻線9に沿って円弧状の三つの受信巻線13、15、17が重なるように配置されている。巻線13、15、17は、それぞれ同じ構造を有しており、受信巻線13を例として受信巻線の構造を説明する。

【0032】

図3は受信巻線13の平面図である。受信巻線13は、上層導体19と、これに立体交差する下層導体21とのセットUを複数備え、これらのセットUを円弧状に配置したものである。上層導体19と下層導体21との間に図示しない絶縁層が配置されている。この絶縁層に設けられたスルーホール又はビアホールに埋め込まれた埋込導体23を介して、 50

上層導体 19 の端部と下層導体 21 の端部とが接続されている。

【0033】

また、受信巻線 13 は、図 4 に示す略ひし形の受信ループ 25 を複数備え、これらを送信巻線 9 (図 1) に沿って配置した構成を有する、ということもできる。受信ループ 25 の向かい合う二辺が上層導体 19 であり、残りの向かい合う二辺が下層導体 21 である。

【0034】

さらに、受信巻線 13 は、端子 T3 から波状 (この例ではジグザグ状であるが、後で説明するような sin 状でもよい) に延びて受信折返し部 23a で折り返し、再び波状に延びて端子 T4 に至るように構成されている、ということもできる。

【0035】

なお、上層導体 19 と下層導体 21 が絶縁基板 7 (図 1) の表面上に形成されている場合で説明している。しかしながら、絶縁基板 7 の表面上に上層導体 19 を配置し、裏面上に下層導体 21 を配置し、絶縁基板 7 に設けられたスルーホールに埋め込まれた埋込導体 23 により、上層導体 19 の端部と下層導体 21 の端部を接続した構成でもよい。

【0036】

図 1 の説明に戻る。受信巻線 13、15、17 は、 $\lambda/6$ だけ位相をずらして配置されている。 λ とは、図 3 に示すように、受信巻線の波長であり、別の言い方をすれば、回転方向 A (図 2) に沿った、二個分の受信ループ 25 の寸法である。

【0037】

受信巻線 13、15、17 は、送信巻線 9 の送信折返し部 11 から、所定距離 (例えば受信ループ 25 の略 1.5 個分) だけ離されている。この理由を説明する。送信巻線 9 のうち、折返し部 11 以外の箇所の形状はリング状であり、折返し部 11 の形状はリングの半径方向に延びる直線状である。

【0038】

このように、送信巻線 9 は送信折返し部 11 の箇所で延びる方向が急激に変化し、不規則な形状となっている。このため、送信巻線 9 により形成される磁場は、折返し部 11 や端子 T1、T2 付近で分布や強度が変化し、歪が生じる。したがって、受信巻線 13、15、17 が折返し部 11 と磁束結合 (つまりクロストーク) すると、受信巻線 13、15、17 が上記歪んだ磁場の影響を受けるため、変位検出の精度が低下する。この理由から、巻線 13、15、17 を折返し部 11 から所定距離だけ離しているのである。

【0039】

受信巻線 13 の端子 T3、T4、受信巻線 15 の端子 T5、T6、受信巻線 17 の端子 T7、T8 及び送信巻線 9 の端子 T1、T2 は、図示しない配線を介して、変位を測定するための演算や制御などをする IC 回路 27 と接続されている。IC 回路 27 はステータ 1 に配置されていてもよいし、これとは別の部品に取り付けられていてもよい。

【0040】

なお、第 1 実施形態は、互いに位相をずらして配置された三つの受信巻線 13、15、17、すなわち 3 相の受信巻線の場合である。しかしながら、本発明は、受信巻線が一つの場合 (1 相の受信巻線)、互いに位相をずらして配置された二つの受信巻線の場合 (2 相の受信巻線)、互いに位相をずらして配置された四つ以上の受信巻線の場合 (4 相以上の受信巻線) でもよい。

【0041】

次に、図 2 によりロータ 3 の構成を説明する。ロータ 3 は中央に貫通穴 29 が形成されている、例えば樹脂からなる円盤状の絶縁基板 31 を有する。絶縁基板 31 の上に貫通穴 29 を囲むように、複数の磁束結合巻線 33 がリング状に配列されている。図示しない回転軸が図 1 のステータ 1 の貫通穴 5 に通されており、この回転軸がロータ 3 の貫通穴 29 の箇所に固定されている。これにより、ロータ 3 が回転方向 A に回転自在に支持される。この状態において、磁束結合巻線 33 は、図 1 の送信巻線 9 及び受信巻線 13、15、17 と対向している。磁束結合巻線 33、送信巻線 9 及び受信巻線 13、15、17 は、アルミニウム、銅、金などの電気抵抗が低い材料で構成される。

10

20

30

40

50

【0042】

巻線33には、線状導体を交差させた構成の磁束結合巻線33aと線状導体を交差させない構成の磁束結合巻線33bとがある。磁束結合巻線33aと磁束結合巻線33bとが交互に配置されている。

【0043】

図5は磁束結合巻線33aの平面図であり、図6は磁束結合巻線33bの平面図である。磁束結合巻線33は、送信巻線9に磁束結合可能な受信導体35及び受信ループ25（つまり受信巻線13, 15, 17）に磁束結合可能な送信導体37を含む閉じた線状導体で構成される。受信導体35及び送信導体37は共にループ状であり、磁束結合巻線33は、これらの導体35, 37の接続箇所39で括れた構造を有する。磁束結合巻線33aは線状導体を交差させた構成であるが、これを具体的に説明すると、磁束結合巻線33aは受信導体35と送信導体37の接続箇所39において、線状導体41が立体的に交差している。

10

【0044】

ここで、巻線33aと巻線33bとを交互に配置した理由について説明する。図7は、第1実施形態に係る磁束結合巻線の配列に対する比較形態であり、隣り合う磁束結合巻線33b及び隣り合う受信ループ25の平面図である。この形態では、巻線33aを含まず、巻線33bは詰めて配列されている。

【0045】

ある時刻における送信導体37に流れる電流の向きを矢印i1で示している。この時、送信導体37-1と磁束結合する受信ループ25-1、送信導体37-2と磁束結合する受信ループ25-2に流れる電流の向きは、矢印i2のようになる。したがって、受信ループ25-1を流れる電流と受信ループ25-2を流れる電流とは打ち消しあうので、受信巻線に受信信号を流すことができない。

20

【0046】

したがって、磁束結合巻線33bのみを配列する場合、隣り合う巻線33bの間にスペース（例えば受信ループ一個分）を設けている。つまり、図7の隣り合う磁束結合巻線33bのうち一方の巻線33bのみを配置するようにしている。これにより、隣り合う受信ループ25のうち片方しか送信導体37と磁束結合できないようにし、上記電流の打ち消しあいを防止している。

30

【0047】

これに対して、第1実施形態では、図2に示すように、磁束結合巻線33が詰めて配置されているが、上記打ち消し合いが生じない。この理由を図8で説明する。図8は第1実施形態に係るロータの隣り合う磁束結合巻線33a, 33bの平面図である。ある時刻における磁束結合巻線33a, 33bに流れる電流の向きを矢印i1で示している。

【0048】

第1実施形態では、線状導体を交差させた構成の磁束結合巻線33aと線状導体を交差させない構成の磁束結合巻線33bとを、交互に配置している。このため、隣り合う送信導体37-1, 37-2を流れる電流は逆向きになる。したがって、受信ループ25-1を流れる電流と受信ループ25-2を流れる電流とが打ち消しあうことはない（つまり、隣り合う磁束結合巻線において、一方の磁束結合巻線の線状導体を交差させることにより、一方の磁束結合巻線の送信導体を流れる電流を反転させている。）。

40

【0049】

したがって、第1実施形態によれば、磁束結合巻線33を詰めて配列できるので、図2に示すように絶縁基板31に配置できる磁束結合巻線33の数を多くできるので、受信巻線13, 15, 17で受信する信号の強度を大きくすることができる。

【0050】

さて、磁束結合巻線33aの立体交差した構造は以下のようにして実現できる。図5を参照して、絶縁基板31（図2）の表面上に下層の線状導体41aを形成する。線状導体41aを覆う絶縁層を形成する。この絶縁層に線状導体41aの両端を露出するビアホー

50

ルを形成する。この絶縁層の上に上層の線状導体 4 1 b を形成し、ビアホールに埋め込まれた埋込導体を介して線状導体 4 1 a を線状導体 4 1 b に接続する。上層の線状導体 4 1 b が受信導体 3 5 及び送信導体 3 7 を構成している。なお、絶縁基板 3 1 の表面上に線状導体 4 1 b を配置し、裏面上に線状導体 4 1 a を配置し、絶縁基板 3 1 に設けられたスルーホールに埋め込まれた埋込導体により、線状導体 4 1 b と線状導体 4 1 a とを接続した構成でもよい。

【0051】

以上の説明から分かるように、図 5 に示す磁束結合巻線 3 3 a は、受信導体 3 5 の全体及び送信導体 3 7 の全体が同一平面に位置しており、受信導体 3 5 と送信導体 3 7 の接続箇所 3 9 で線状導体 4 1 が立体交差している。立体交差させる構成として、受信導体 3 5 の右半分と送信導体 3 7 の左半分を下層に配置し、受信導体 3 5 の左半分と送信導体 3 7 の右半分以上層に配置した構成でもよい。しかしながら、この構成よりも図 5 に示す構成のほうが、受信導体 3 5 (送信導体 3 7) の全体が同一平面に位置するので、受信導体 3 5 (送信導体 3 7) のバランスをとることができ、測定精度を向上させることができる。

【0052】

(第 1 実施形態の主な効果)

図 9 は、図 2 のロータ 3 上に図 1 の送信巻線 9 及び受信巻線 1 3 を重ねた平面図である。第 1 実施形態によれば、二個分の受信ループ 2 5 で規定される中心角を θ とすると、一個分の磁束結合巻線 3 3 で規定される中心角 θ_1 を、 $(5/12)\theta$ としたので、受信巻線を流れる受信信号の高調波歪を低減することができる。まず、高調波歪の原因となる $\lambda/6$ 誤差について説明する。

【0053】

図 10 は、受信巻線を流れる受信信号の波形を示すグラフである。縦軸が受信信号の電圧の大きさを示し、横軸が磁束結合巻線の移動量である。 λ は受信巻線の波長である。受信信号の波形としては、図 10 に示すように、歪が含まれない理想的な $\sin$ 波が好ましい。

【0054】

一方、図 11 は高調歪が生じている受信信号の波形の一例を示すグラフである。波形は、台形状の正弦波となっている。このような正弦波では測定値に誤差が生じる。高調波歪の原因のとして、受信信号に λ 毎に発生する λ 誤差、 $\lambda/2$ 毎に発生する $\lambda/2$ 誤差、 $\lambda/6$ 毎に発生する $\lambda/6$ 誤差などがある。第 1 実施形態によれば、 $\lambda/6$ 誤差の補正ができることにより、受信信号の高調波歪の低減を図ることができる。

【0055】

本発明者は、実験により、上記高調波歪の低減の効果を確認した。この実験には、サンプル 1, 2 を用いた。サンプル 1, 2 のステータは共に図 1 のステータ 1 である。サンプル 1 のロータは、第 1 実施形態に係る図 9 のロータ 3 であり、これに対してサンプル 2 のロータは、比較形態に係る図 12 のロータ 4 3 である。図 12 のロータ 4 3 に配列される磁束結合巻線 3 3 は巻線 3 3 b のみである。隣り合う巻線 3 3 b 間のスペースは受信ループ 2 5 一個分である。したがって、一個分の磁束結合巻線 3 3 で規定される中心角 θ_1 は、 $(6/12)\theta$ となる。

【0056】

この実験によれば、サンプル 1 (第 1 実施形態に係る図 9 のロータ) は、サンプル 2 (比較形態に係る図 12 のロータ) に比べて、受信巻線を流れる受信電流に含まれる高調波電流が五分の一となった。したがって、第 1 実施形態によれば、比較形態よりも受信信号の高調波歪を低減できるため、より高精度な測定が可能となる。

【0057】

この実験では、一個分の磁束結合巻線 3 3 で規定される中心角 θ_1 が $(5/12)\theta$ の場合で、高調波歪を低減できる効果を確認した。本発明者は、 $\theta_1 < (6/12)\theta$ ならば、高調波歪の低減の効果が生じると推定している。但し、 $\theta_1 < (4/12)\theta$ の場合、受信巻線で受信される受信信号が小さくなるため、 θ_1 の下限値は $(4/12)\theta$ であ

10

20

30

40

50

る。

【0058】

よって、中心角 θ_1 は次の範囲となる。

【0059】

【数5】

$$\frac{4}{12}\theta \leq \theta_1 < \frac{6}{12}\theta$$

【0060】

なお、サンプル1はサンプル2に比べて、受信信号の信号強度が約三倍となった。よって、この点からも、第1実施形態によれば高精度測定が可能となる。 10

【0061】

(第1実施形態の変形例)

第1実施形態には、以下に示す変形例がある。図13は、第1変形例であり、受信巻線13, 15, 17の平面図である。第1変形例の受信巻線13, 15, 17は円周状を有する。第1変形例によれば、円弧状の受信巻線よりも受信信号のダイナミックレンジを大きくすることができる。

【0062】

図14は、第2変形例であり、送信巻線9の平面図である。第2変形例の送信巻線9は、一個のリング部から構成されている。つまり、送信巻線9は、端子T1（一端の一例）からリング状に延びて端子T2（他端の一例）に至る一つのリング部である。 20

【0063】

図15は、第3変形例に係るステータ45の平面図である。図1のステータ1では、送信巻線9が受信巻線13, 15, 17より外側に配置されているのに対して、この変形例では、送信巻線9が受信巻線13, 15, 17より内側に配置されている。第3変形例によれば、送信巻線9をより短くできるので、送信巻線9のインピーダンスを下げるができる。これにより、送信巻線9に大きな電流を流すことができるため、送信磁場の磁束密度が上がり、受信巻線13, 15, 17で受信する信号強度を大きくできる。

【0064】

なお、第1～第3変形例の組合せも可能である。例えば、図15のステータ45において、受信巻線13, 15, 17の形状を図13に示すような円周状にしてもよい。また、図15のステータ45において、送信巻線9の替りに、図14の送信巻線9を受信巻線13, 15, 17の内側に配置してもよい。 30

【0065】

(マイクロメータ)

次に、第1実施形態に係るエンコーダが搭載されたマイクロメータについて説明する。図16は、このマイクロメータ47の正面図である。フレーム49に図1のステータ1が固定され、シンプル51に図2のロータ3が固定されている。

【0066】

例えば、製造現場で使用中に工作機械のクーラントやオイルがスピンドル53周辺から内部に侵入した場合、従来の静電容量式ロータリエンコーダを使用したデジタル式のマイクロメータでは誤動作を起していたが、第1実施形態に係るエンコーダを使用したデジタル式のマイクロメータであれば検出原理が電磁誘導であるため、誤動作することなく変位を検出することができる。従って、従来よりも耐環境性に優れたデジタル式のマイクロメータを提供することが可能である。 40

【0067】

[第2実施形態]

第2実施形態に係る誘導型変位検出装置はロータリ型エンコーダであり、磁束結合巻線のうち、線状導体を交差させない構成の磁束結合巻線のみが配列された構成を有する。図17は、第2実施形態に係るロータ55上に送信巻線及び受信巻線を重ねた平面図であり 50

、図 9 と対応する。隣り合う磁束結合巻線 3 3 b 間は、略一個分の受信ループ 2 5 に相当するスペースが設けられている。これにより、第 1 実施形態で説明したように、受信巻線を通る電流の打ち消しあい防止している。

【0068】

第 1 実施形態と同様に、第 2 実施形態によれば、二個分の受信ループ 2 5 で規定される中心角を θ とすると、一個分の磁束結合巻線 3 3 で規定される中心角 θ_1 の範囲を次の通りにしたので、受信巻線を通る受信信号の高調波歪を低減することができる。

【0069】

【数 6】

$$\frac{4}{12}\theta \leq \theta_1 < \frac{6}{12}\theta$$

10

【0070】

ところで、第 2 実施形態では、略一個分の受信ループ 2 5 に相当するスペースが隣り合う磁束結合巻線 3 3 b 間に設けられている。このため、図 1 8 に示すように、一個分の磁束結合巻線 3 3 で規定される中心角 $\theta_1 > (6/12)\theta$ にすることができ、これにより、受信巻線を通る受信信号の高調波歪を低減することができる。実験的に $(7/12)\theta$ にしたところ、高調波歪がおおよそ $2/5$ になった。

【0071】

但し、 $\theta_1 > (8/12)\theta$ の場合、図 7 で説明した電流打消しの問題が生じるため、 θ_1 の上限値は $(8/12)\theta$ である。よって、中心角 θ_1 の範囲は次の通りである。

【0072】

【数 7】

$$\frac{6}{12}\theta < \theta_1 \leq \frac{8}{12}\theta$$

20

【0073】

次に、第 2 実施形態の変形例について、図 1 9 及び図 2 0 を用いて説明する。図 1 9 はステータ 5 7 の平面図であり、図 2 0 はロータ 5 9 の平面図である。まず、ステータ 5 7 の構成から説明する。送信巻線 9 は、端子 T 1 となる一端から受信巻線 1 3, 1 5, 1 7 に追着き追越すように、巻線 1 3, 1 5, 1 7 の外側をリング状に延びて送信折返し部 1 1 に至るリング部 9 a (第 1 のリング部の一例) と、送信折返し部 1 1 と、送信折返し部 1 1 から受信巻線 1 3, 1 5, 1 7 に追着き追越すように、巻線 1 3, 1 5, 1 7 の内側をリング状に延びたリング部 9 b (第 2 のリング部の一例) と、リング部 9 b から端子 T 2 となる他端に至る引出部 6 1 と、で構成される。つまり、この変形例では、リング部 9 a とリング部 9 b との間に受信巻線 1 3, 1 5, 1 7 が配置されている。受信巻線 1 3, 1 5, 1 7 は円弧状を有するが、円周状を有していてもよい。

30

【0074】

次に、図 2 0 のロータ 5 9 について説明する。磁束結合巻線 3 3 は、受信導体と送信導体に分けられていない。磁束結合巻線 3 3 は、閉じた線状導体であり、線状導体は略台形状を形作るように延びている。磁束結合巻線 3 3 どうしの間には、略一個分の受信ループのスペースが設けられる。

40

【0075】

二個分の受信ループで規定される中心角を θ とすると、一個分の磁束結合巻線 3 3 で規定される中心角 θ_1 が以下の範囲にされている。

【0076】

【数 8】

$$\frac{4}{12}\theta \leq \theta_1 < \frac{6}{12}\theta$$

50

【0077】

なお、磁束結合巻線33どうしの間に、略一個分の受信ループのスペースが設けられているため、中心角 θ_1 を次の範囲にすることもできる。

【0078】

【数9】

$$\frac{6}{12}\theta < \theta_1 \leq \frac{8}{12}\theta$$

【0079】

[第3実施形態]

第3実施形態に係るエンコーダは、図1の受信巻線13, 15, 17の替りに図21に示す受信巻線13, 15, 17を配置したものである。これらの巻線は円弧状を有しているが、円周状を有していてもよい。第3実施形態に係る受信巻線13, 15, 17はsinカーブ形状を有する。sinカーブ形状の設計には、例えば、次の式を用いる。

【0080】

【数10】

$$n \text{ 個目の折り曲げ高さ} = \frac{W}{2} \sin\left(2\pi \frac{n}{N}\right) \cdots \text{式1}$$

10

20

【0081】

この式1を基にして描いたsinカーブを図22に示す。縦軸がn個目の折り曲げ高さであり、横軸が折り曲げ位置である。Nは受信巻線の1波長内の折り曲げ総数であり、ここでは12回である。Wは受信巻線の幅つまり、折り曲げ高さの最大値の二倍である。

【0082】

式1はエンコーダがリニア型の場合であり、第3実施形態はロータリ型なので、次の式2を用いる。

【0083】

【数11】

$$n \text{ 個目の折り曲げ高さ} = \frac{\text{受信巻線外側半径} + \text{受信巻線内側半径}}{2} + \frac{W}{2} \sin\left(\alpha \frac{n}{N}\right) \cdots$$

30

式2

【0084】

但し、 α は1波長角(=360度÷波長数)であり、受信巻線外側半径は、図21に示すように受信巻線の外周63の半径であり、受信巻線内側半径は、受信巻線の内周65の半径である。

【0085】

第3実施形態によれば、受信信号の高調波歪を低減することができることを、本発明者は実験により確認した。この実験には、サンプル3(ステータは図1のステータ1であり、但し受信巻線は図21の受信巻線13, 15, 17である。ロータは図12のロータ43である。)、サンプル4(ステータは図1のステータ1である。ロータは図12のロータ43である)を用いた。この実験によれば、サンプル3はサンプル4に比べて、高調波の誤差が八分の一となった。

40

【0086】

したがって、第3実施形態によれば、図21の送信巻線13, 15, 17を第1実施形態や第2実施形態のエンコーダに設けるので、受信信号の高調波歪を低減できる効果がさらに高まるため、より高精度な測定が可能となる。

50

【0087】

この実験結果から、（ギャップ／ピッチ）＝0.025でも高調波低減の効果が生じることが分かる。また、サンプル3はサンプル4に比べて、受信巻線の面積が1.3倍になったため、受信信号の信号強度が1.3倍となった。よって、この点からも、第3実施形態によれば高精度測定が可能となる。

【0088】

なお、式1, 2によれば、受信巻線の形状は、理想的なsinカーブ形状ではなく、略sinカーブ形状となるが、理想的なsinカーブ形状になるように設計してもよい。

【第4実施形態】

第1～第3実施形態はロータリ型であるが、これらをリニア型に適用した例を第4実施形態で説明する。この実施形態によれば、ロータリ型の場合と同様の効果を得ることができる。

【0089】

図23は、第4実施形態に係るエンコーダの構成要素であるセンサヘッド71の平面図であり、図24はスケール73の平面図である。スケール73は、その長手方向の一部が表れている。センサヘッド71やスケール73は、プリント回路基板、ガラス基板、シリコン基板等により構成される。センサヘッド71は、スケール73に対して所定ギャップをもって対向するように、測定軸xに沿って移動可能に配置される。なお、センサヘッドが固定でスケールが移動する構成でもよい。すなわち、センサヘッドとスケールとは、互いにリニア方向に相対移動可能に配置されていればよい。

【0090】

センサヘッド71に配置された送信巻線75（送信部材の一例）、受信巻線13, 15, 17は、図1に示す送信巻線9、受信巻線13, 15, 17をリニア状にしたものである。詳しくは、センサヘッド71は絶縁基板77を有している。絶縁基板77のスケール73と対向する面側には、矩形状の送信巻線75が配置されている。すなわち、送信巻線75は、端子T1（一端の一例）からリニア状に延びて送信折返し部11に至るリニア部75a（第1のリニア部の一例）及び折返し部11からリニア状に延びて端子T2（他端の一例）に至るリニア部75b（第2のリニア部の一例）により構成される。送信巻線75は、アルミニウム、銅、金などの電気抵抗が低い材料で構成される。絶縁基板77のスケール73と対向する面側であって、送信巻線9の隣にリニア状の受信巻線13, 15, 17が配置されている。

【0091】

スケール73は絶縁基板79を備え、この基板79のセンサヘッド71に対向する面側には、スケール73の長手方向に沿って磁束結合巻線33aと磁束結合巻線33bとが交互にリニア状に配列されている。

【0092】

図23に示す二個分の受信ループの測定軸x方向（相対移動の方向の一例）に沿った長さをLとすると、測定軸x方向（相対移動の方向の一例）に沿った一個分の磁束結合巻線33の長さL1が、以下の範囲の一例である（5/12）Lにされている。

【0093】

【数12】

$$\frac{4}{12}L \leq L_1 < \frac{6}{12}L$$

【0094】

これは、図9の磁束結合巻線33の場合と対応する。なお、長さLは受信巻線13, 15, 17の波長λに相当する。

【0095】

図25及び図26は、第4実施形態の第1変形例に係るスケール81の平面図である。図24のスケール73との違いは、磁束結合巻線33のうち巻線33bのみが配列されて

10

20

30

40

50

いる点である。図 2 5 のスケール 8 1 では、磁束結合巻線 3 3 の長さ L_1 の範囲が次の通りであり、図 1 7 の磁束結合巻線 3 3 の場合と対応する。

【0 0 9 6】

【数 1 3】

$$\frac{4}{12}L \leq L_1 < \frac{6}{12}L$$

【0 0 9 7】

一方、図 2 6 のスケール 8 1 では、磁束結合巻線 3 3 の長さ L_1 の範囲が次の通りであり、図 1 8 の磁束結合巻線 3 3 の場合と対応する。

【0 0 9 8】

【数 1 4】

$$\frac{6}{12}L < L_1 \leq \frac{8}{12}L$$

【0 0 9 9】

図 2 7 は、第 4 実施形態の第 2 変形例に係る受信巻線 1 3, 1 5, 1 7 の平面図である。これらの巻線は *sin* カープ形状を有し、図 2 1 の巻線と対応する。図 2 7 の巻線はリニア型の場合なので、この巻線の設計には第 3 実施形態で説明した式 1 を利用する。

【0 1 0 0】

次に、第 4 実施形態の第 3 変形例を説明する。図 2 8 は、この変形例に係るセンサヘッド 8 3 の平面図である。この変形例では、端子 T 1 (一端の一例) からリニア状に延びて端子 2 (他端の一例) に至る一本のリニア部からなる送信部材 8 5 がセンサヘッド 8 3 に配置されている。送信部材 8 5 は図 2 3 の送信巻線 7 5 と同様の機能を果たす。

【0 1 0 1】

最後に、第 4 実施形態に係るエンコーダを搭載したノギス 8 7 について説明する。図 2 9 はノギス 8 7 の分解斜視図である。ノギス 8 7 は本尺 8 9 を備える。図 2 4 のスケール 7 3 が本尺 8 9 に取り付けられる。ノギス 8 7 は、本尺 8 9 に配設され、本尺 8 9 の測定軸 x に沿って可動するスライダアセンブリ 9 1 を備える。

【0 1 0 2】

スライダアセンブリ 9 1 はベース 9 3 を含む。アセンブリ 9 1 はまた、本尺 8 9 の上に位置し、ベース 9 3 に取り付けられたセンサヘッド 7 1 (図 2 3) を有する。従って、ベース 9 3 およびセンサヘッド 7 1 は本尺 8 9 に沿ってユニットとして移動する。測定された距離はデジタル表示装置 9 5 に表示され、これはスライダアセンブリ 9 1 のカバー 9 7 に取り付けられている。

【図面の簡単な説明】

【0 1 0 3】

【図 1】第 1 実施形態に係る誘導型変位検出装置のステータの平面図である。

【図 2】第 1 実施形態に係る誘導型変位検出装置のロータの平面図である。

【図 3】図 1 のステータに配置された受信巻線の平面図である。

【図 4】受信巻線を構成する受信ループの平面図である。

【図 5】図 2 のロータに配置された、線状導体が交差した構成の磁束結合巻線の平面図である。

【図 6】図 2 のロータに配置された、線状導体が交差していない構成の磁束結合巻線の平面図である。

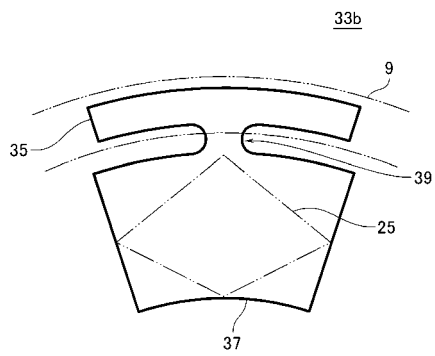
【図 7】第 1 実施形態に係る磁束結合巻線の配列に対する比較形態であり、隣り合う磁束結合巻線及び隣り合う受信ループの平面図である。

【図 8】第 1 実施形態における隣り合う磁束結合巻線及び隣り合う受信ループの平面図である。

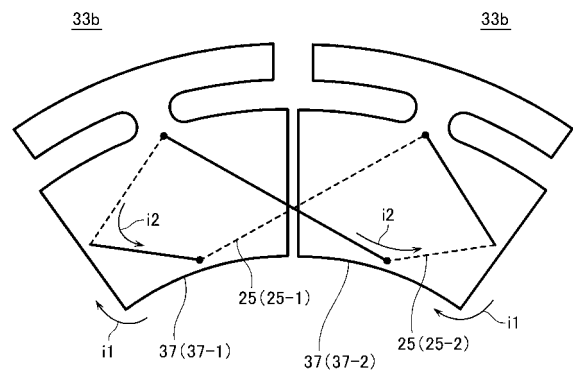
【図 9】図 2 のロータ上に図 1 の送信巻線及び受信巻線を重ねた平面図である。

- 【図 1 0】高調歪が生じていない受信信号の波形を示すグラフである。
- 【図 1 1】高調歪が生じている受信信号の波形を示すグラフである。
- 【図 1 2】比較形態に係るロータの平面図である。
- 【図 1 3】第 1 実施形態の第 1 変形例であり、受信巻線の平面図である。
- 【図 1 4】第 1 実施形態の第 2 変形例であり、送信巻線の平面図である。
- 【図 1 5】第 1 実施形態の第 3 変形例であり、ステータの平面図である。
- 【図 1 6】第 1 実施形態に係る誘導型変位検出装置が組み込まれているマイクロメータの正面図である。
- 【図 1 7】第 2 実施形態に係るロータの一例の平面図である。
- 【図 1 8】第 2 実施形態に係るロータの他の例の平面図である。 10
- 【図 1 9】第 2 実施形態の変形例を構成するステータの平面図である。
- 【図 2 0】第 2 実施形態の変形例を構成するロータの平面図である。
- 【図 2 1】第 3 実施形態に係るエンコーダに備えられる受信巻線の平面図である。
- 【図 2 2】第 3 実施形態で説明した式 1 を利用して描いた $\sin$ カurve 形状の曲線を示す図である。
- 【図 2 3】第 4 実施形態に係るエンコーダの構成要素であるセンサヘッドの平面図である。
- 【図 2 4】第 4 実施形態に係るエンコーダの構成要素であるスケールの平面図である。
- 【図 2 5】第 4 実施形態の第 1 変形例に係るスケールの平面図である {測定軸 x 方向に沿った磁束結合巻線の長さ L_1 が、 $(4/12)L$ 以上でかつ $(6/12)L$ より小さい} 20
- 【図 2 6】第 4 実施形態の第 1 変形例に係るスケールの平面図である {測定軸 x 方向に沿った磁束結合巻線の長さ L_1 が、 $(6/12)L$ より大きくかつ $(8/12)L$ 以下}。
- 【図 2 7】第 4 実施形態の第 2 変形例に係る受信巻線の平面図である。
- 【図 2 8】第 4 実施形態の第 3 変形例に係るセンサヘッドの平面図である。
- 【図 2 9】第 4 実施形態に係るエンコーダを搭載したノギスの分解斜視図である。
- 【符号の説明】
- 【0104】
- 1・・・ステータ、3・・・ロータ、5・・・貫通穴、7・・・絶縁基板、9・・・送信巻線、9a・・・リング部（第 1 のリング部の一例）、9b・・・リング部（第 2 のリング部の一例）、11・・・送信折返し部、13, 15, 17・・・受信巻線、19・・・上層導体、21・・・下層導体、23・・・埋込導体、23a・・・受信折返し部、25・・・受信ループ、27・・・IC 回路、29・・・貫通穴、31・・・絶縁基板、33, 33a, 33b・・・磁束結合巻線、35・・・受信導体、37・・・送信導体、39・・・接属箇所、41・・・線状導体、43・・・ロータ、45・・・ステータ、47・・・マイクロメータ、49・・・フレーム、51・・・シンプル、53・・・スピンドル、55・・・ロータ、57・・・ステータ、59・・・ロータ、61・・・引出部、63・・・受信巻線の外周、65・・・受信巻線の内周、71・・・センサヘッド、73・・・スケール、75・・・送信巻線、75a・・・リニア部（第 1 のリニア部の一例）、75b・・・リニア部（第 2 のリニア部の一例）、77, 79・・・絶縁基板、81・・・スケール、83・・・センサヘッド、85・・・送信部材、87・・・ノギス、89・・・本尺、91・・・スライダアセンブリ、93・・・ベース、95・・・デジタル表示装置、97・・・カバー、A・・・ロータの回転方向、T1～T8・・・端子、U・・・上層導体と下層導体のセット、 λ ・・・受信巻線の波長、i1・・・送信導体を流れる電流の向き、i2・・・受信ループを流れる電流の向き x・・・測定軸 40

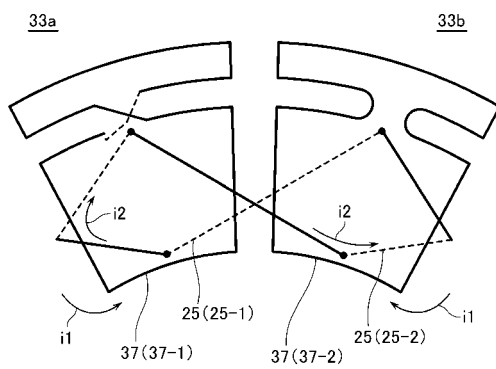
【図 6】



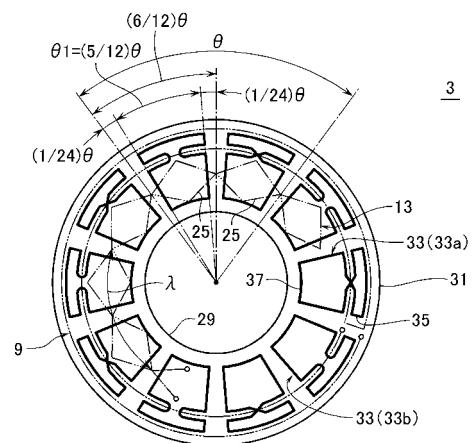
【図 7】



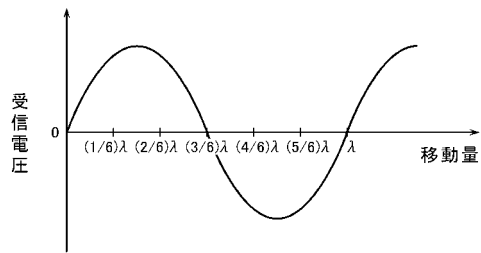
【図 8】



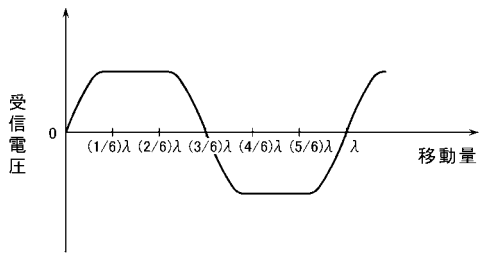
【図 9】



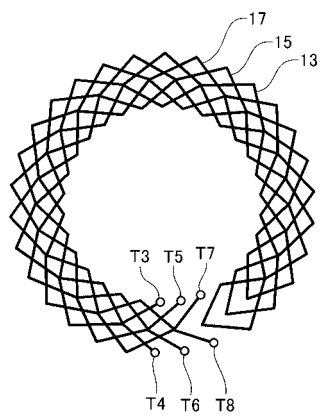
【図 1 0】



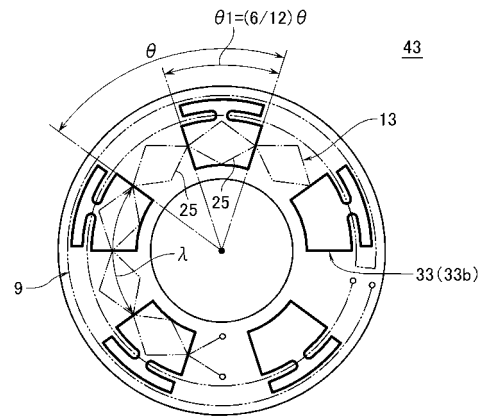
【図 1 1】



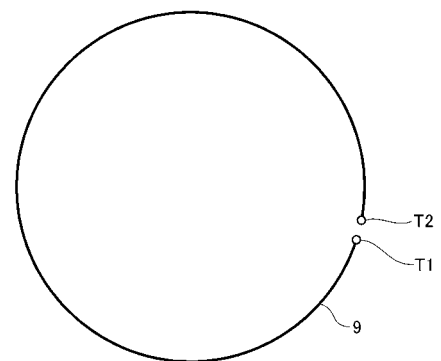
【図 1 3】



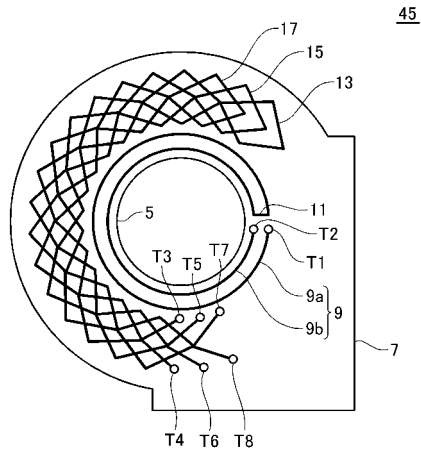
【図 1 2】



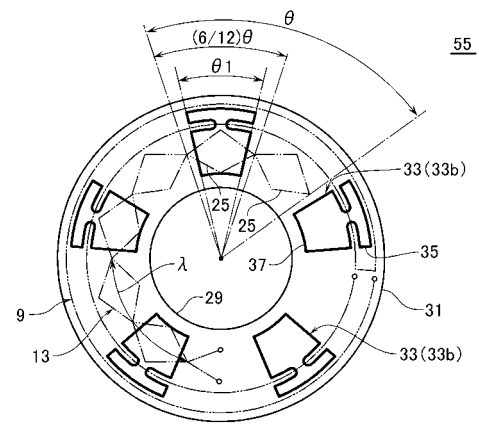
【図 1 4】



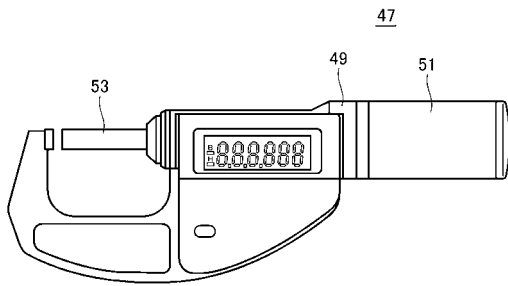
【図 15】



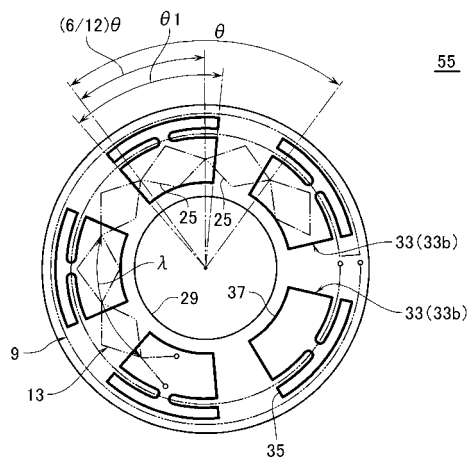
【図 17】



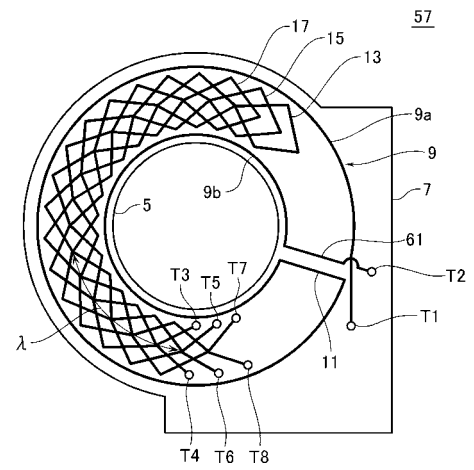
【図 16】



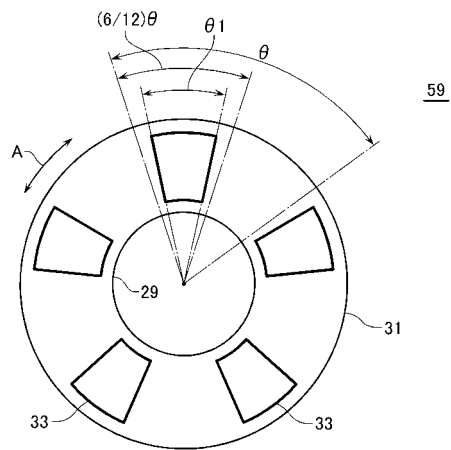
【図 18】



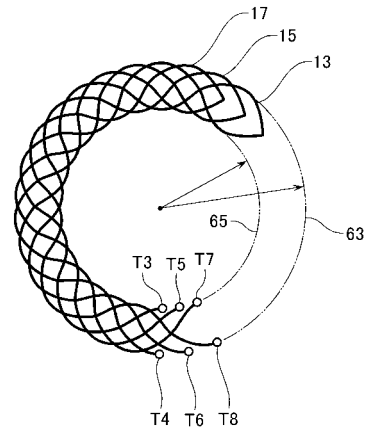
【図 19】



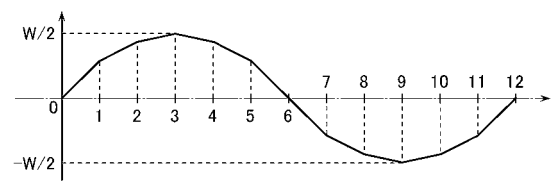
【図 2 0】



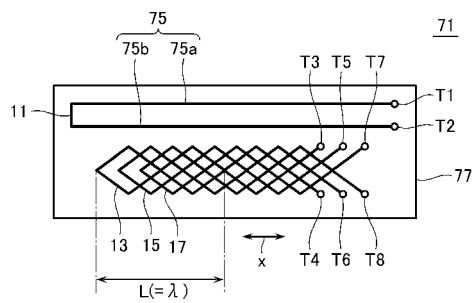
【図 2 1】



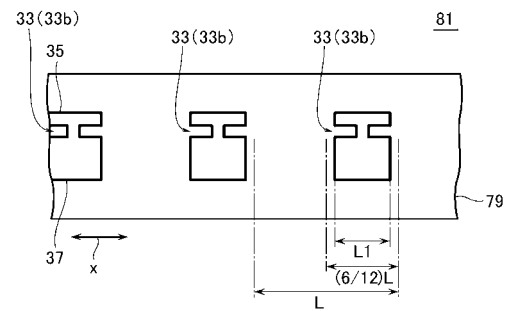
【図 2 2】



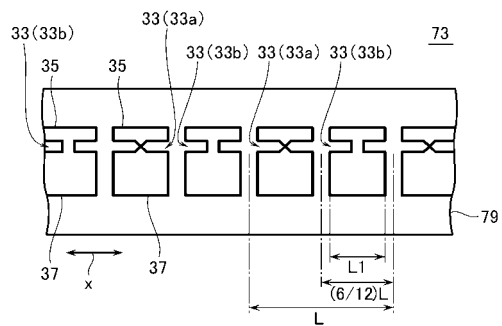
【図 2 3】



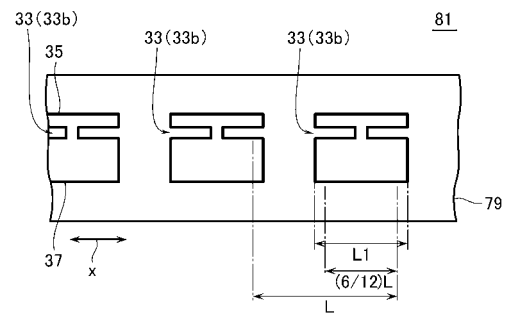
【図 2 5】



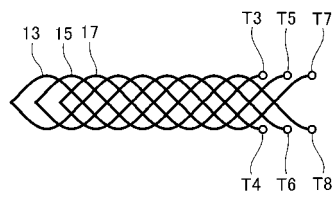
【図 2 4】



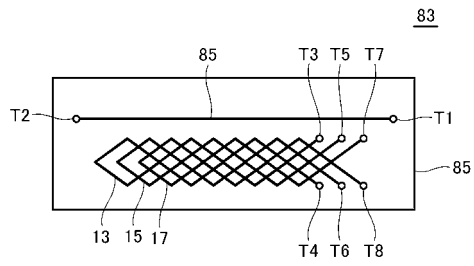
【図 2 6】



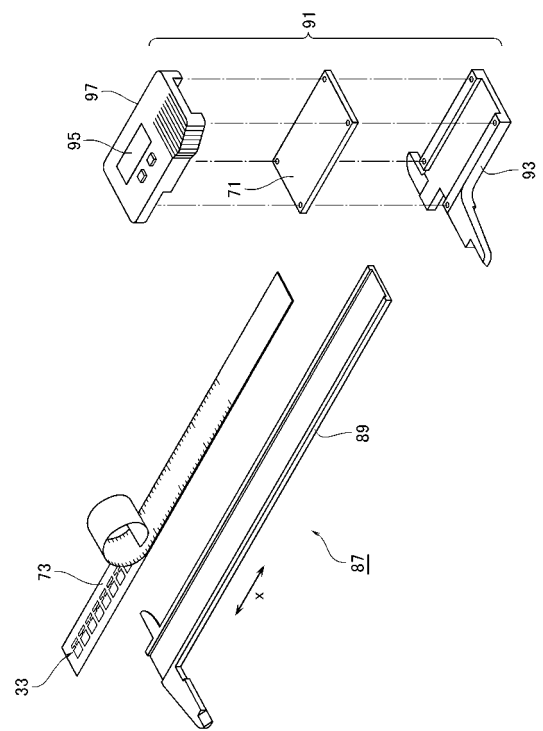
【図 27】



【図 28】



【図 29】



フロントページの続き

(72)発明者 中山 賢一

宮崎県宮崎市橘通東3丁目1番47号

宮崎プレジデントビル

Fターム(参考) 2F077 AA11 AA21 NN02 NN05 NN16 PP06 PP26 UU07