

(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2015-190881

(P2015-190881A)

(43) 公開日 平成27年11月2日(2015.11.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 1 D 5/244 (2006.01)	G O 1 D 5/244 F	2 F O 7 7
G O 1 D 5/245 (2006.01)	G O 1 D 5/245 N	2 G O 1 7
G O 1 R 33/09 (2006.01)	G O 1 R 33/06 R	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-68957 (P2014-68957)	(71) 出願人	000146847
(22) 出願日	平成26年3月28日 (2014. 3. 28)		D M G 森精機株式会社
			奈良県大和郡山市北郡山町 1 0 6 番地
		(74) 代理人	110000925
			特許業務法人信友国際特許事務所
		(72) 発明者	久須美 雅昭
			神奈川県伊勢原市鈴川 4 5 株式会社マグ
			ネスケール内
		(72) 発明者	武井 祐介
			神奈川県伊勢原市鈴川 4 5 株式会社マグ
			ネスケール内
		(72) 発明者	石本 茂
			神奈川県伊勢原市鈴川 4 5 株式会社マグ
			ネスケール内

最終頁に続く

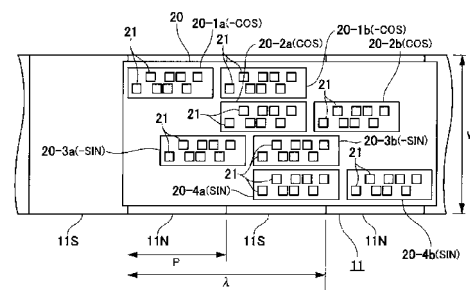
(54) 【発明の名称】 位置検出装置

(57) 【要約】

【課題】 T M R 素子のような従来とは異なる特性を持つ素子を使用して、精度の高い位置検出を行う。

【解決手段】 一定周期の磁気信号が磁気記録されたスケール 1 1 からの漏洩磁気を検出し、漏洩磁気を検出した位置の記録信号を出力する磁気検出素子 2 1 を備える。磁気検出素子 2 1 は、スケールに対する磁気信号の検出方向に沿って、磁気信号の信号波長 λ の $1 / 2 n$ (n は 3 以上の素数) のピッチとしたパターンで配置される。さらに、 m 個 (m は整数) の奇数次高調波をキャンセルするパターンとして、検出方向でもっとも離れる磁気検出素子 2 1 のピッチ距離 L が、 $L = (\lambda / 2) \cdot (1 / 3 + 1 / 5 + 1 / 7 + \dots 1 / (2 m + 1))$ となる範囲に 2 の m 乗個の磁気検出素子 2 1 が配置される。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一定周期の磁気信号が磁性媒体に磁気記録されたスケールと、
前記スケールからの漏洩磁気を検出し、前記漏洩磁気を検出した位置の記録信号を出力する磁気検出素子と、

前記記録信号に基づいて、前記スケールに対する位置を検出する位置検出部とを備え、
前記磁気検出素子は、前記スケールに対する前記磁気信号の検出方向に沿って、前記磁気信号の信号波長 λ の $1/2^n$ (n は 3 以上の素数) のピッチとしたパターンで配置され、

m 個の奇数次の高調波をキャンセルするパターンとして、検出方向でもっとも離れる前記磁気検出素子のピッチ距離 L が、

$$L = (\lambda / 2) \cdot (1/3 + 1/5 + 1/7 + \dots 1/(2m + 1))$$

(m は整数) となる範囲に 2 の m 乗個の前記磁気検出素子が配置され、

前記記録信号から奇数次の高調波信号が低減される、
位置検出装置。

【請求項 2】

前記ピッチ距離 L を決める条件式の右辺は、 $2m + 1$ が素数でない項は除くようにし、
2 の q 乗個 (q は 3 ~ $2m + 1$ までの素数の数) の前記磁気検出素子が配置される、
請求項 1 に記載の位置検出装置。

【請求項 3】

3 次高調波を低減する検出方向に、 $\lambda/6$ 離れた位置に配置される 2 個の前記磁気検出素子は、前記検出方向に沿った同じライン上に配列され、前記検出方向と直交する方向には距離が離れていない、

請求項 1 又は 2 に記載の位置検出装置。

【請求項 4】

5 次高調波を低減する検出方向に $\lambda/10$ 離れた位置の 2 個の前記磁気検出素子どうしは、前記検出方向に沿った同じライン上に配列され、前記検出方向と直交する方向には距離が離れていない、

請求項 3 に記載の位置検出装置。

【請求項 5】

前記パターンは、SIN 波形が出力される第 1 のパターン群、COS 波形が出力される第 2 のパターン群、-SIN 波形が出力される第 3 のパターン群、-COS 波形が出力される第 4 のパターン群を含み、

前記第 1, 第 2, 第 3 及び第 4 のパターン群は、前記検出方向に沿って前記記録信号の単位波長の $1/4$ ずつずれて、かつ、前記磁気信号の単位波長の範囲内で前記磁気検出素子が配置される、

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の位置検出装置。

【請求項 6】

前記第 1 乃至第 4 のパターン群は、それぞれ前記検出方向に沿って交互に配置され、電源電圧に直列接続される第 1 の素子群と、グランドに直列接続される第 2 の素子群とを含むブリッジ回路から前記記録信号を出力する、

請求項 5 に記載の位置検出装置。

【請求項 7】

前記第 1 及び第 2 の素子群は、直列接続された一又は複数の前記磁気検出素子によって構成される

請求項 6 に記載の位置検出装置。

【請求項 8】

前記第 1 及び第 2 の素子群は、前記記録信号から偶数次の高調波信号を除くための一又は複数の前記磁気検出素子を有する

請求項 7 に記載の位置検出装置。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気スケールと磁気検出素子との相対位置を検出する位置検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、直線変位や回転変位等の精密な変位位置を検出する位置検出装置として、磁気スケールと磁気検出素子を備えた位置検出装置が知られている。この位置検出装置は、例えば搬送物の高精度な位置決め制御が必要とされる電子部品の実装装置や部品の寸法を検出（測定）する検出（測定）装置等に広く利用されている。

10

【0003】

図10は、従来の磁気式の位置検出装置の磁気スケールと磁気検出素子の配置例を示す図である。図10の例は、直線変位を検出する場合であり、磁気媒体で構成された磁気スケール1を備える。磁気スケール1は、S極とN極の磁化方向を一定の距離ごとに反転させている。このS極とN極が繰り返される1単位が、磁気スケール1の記録信号の1波長となる。

そして、位置検出装置は、磁気スケール1に近接した位置に、磁気検出素子3a～3hが配置された検出部2を備える。磁気検出素子3a～3hとしては、例えば異方向性磁気抵抗効果を利用したAMR（Anisotropic Magneto-Resistance）素子を使用されている。この磁気検出装置では、磁気スケール1が固定側に、検出部2が可動側に配置されており、位置検出装置は、磁気スケール1と検出部2との相対位置を検出ようになっている。

20

【0004】

図11は、8個の磁気検出素子3a～3hの配置例を示す図である。図11Aは磁気スケール1の上面から見た素子配置であり、図11Bは磁気スケール1の断面方向で見た素子配置である。

磁気スケール1は、長手方向に一定間隔でN極とS極に着磁されている。そして、磁気検出素子21が検出する信号としては、N極とS極が変化する1つの周期が1波長λになる。その1波長λの1/2が、1ピッチPになる。N極とS極は、1ピッチ間隔で直線状に並んでいる。

30

【0005】

そして、磁気スケール1に近接して、4個の磁気検出素子3a～3dが近接して配置される。これら4個の磁気検出素子3a～3dの配置間隔としては、図11Aに示すように、2つの磁気検出素子3a, 3bが1ピッチPの間隔で配置され、別の2つの磁気検出素子3c, 3dが1ピッチPの間隔で配置される。そして、磁気検出素子3aと磁気検出素子3cとが、 $(n+1/2)P$ だけ離して配置される。nは、整数である。これら4個の磁気検出素子3a～3dが、直列に接続される。この4個の磁気検出素子3a～3dを直列に接続した直列回路が、所定の電位Vの箇所と接地電位部GNDとの間に接続され、その直列回路の midpoint（すなわち磁気検出素子3b, 3cの接続点）から、信号Ch+が取り出される。

40

【0006】

さらに、これら4個の磁気検出素子3a～3dと一定の距離 $(m+1/2)P$ だけ離して、別の4個の磁気検出素子3e～3hが配置される。mは、整数である。これら4個の磁気検出素子3e～3hの配置間隔は、磁気検出素子3a～3dと同じであり、これら4個の磁気検出素子3e～3hが、直列に接続される。この4個の磁気検出素子3e～3hを直列に接続した直列回路が、所定の電位Vの箇所と接地電位部GNDとの間に接続され、その直列回路の midpoint（すなわち磁気検出素子3f, 3gの接続点）から、信号Ch-が取り出される。

なお、各磁気検出素子3a～3hは、ほぼ中央に $P/6$ の段差部を有する。この $P/6$

50

の段差部は、検出信号から 3 次歪みを除去するためのものである。

【0007】

図 12 は、これら 8 個の磁気検出素子 3a ~ 3h から検出信号を得る接続構成を示す図である。

4 個の磁気検出素子 3a ~ 3d の中点から得た信号 C_{h+} と、4 個の磁気検出素子 3e ~ 3h の中点から得た信号 C_{h-} とが、演算増幅器 4 に供給される。この演算増幅器 4 では、両信号 C_{h+} , C_{h-} が増幅されて検出信号として取り出される。

【0008】

この図 11 , 図 12 に示す構成で磁気検出素子 3a ~ 3h が検出した信号を取り出すことで、歪みがキャンセルされた検出信号が得られる。すなわち、4 個の磁気検出素子 3a ~ 3d の内の素子 3a , 3b と、素子 3c , 3d とが、記録信号の 1 波長の $1/4$ の間隔で配置されていることで、それぞれの組で検出される信号変化が逆相になる。そして、その 4 個の磁気検出素子 3a ~ 3d が直列に接続されて、その直列回路の中点から信号 C_{h+} が取り出されることで、検出信号の偶数次歪みがキャンセルされる。

もう 1 つの組の 4 個の磁気検出素子 3e ~ 3h についても同様に接続されて信号 C_{h-} が取り出されることで、検出信号の偶数次歪みがキャンセルされる。

さらに、これらの信号 C_{h+} , C_{h-} が供給されることにより、演算増幅器 4 で増幅された検出信号が得られる。

【0009】

この図 11 及び図 12 に示す構成は、1 つの検出信号を得るためのものであり、磁気スケール 1 から複数の信号を得る際には、図 11 に示す検出部 2 が、検出信号の数だけ配置される。例えば、磁気スケール 1 の記録信号を正弦波形の信号 (SIN 信号) と余弦波形の信号 (COS 信号) として検出する必要がある場合には、図 11 に示す検出部 2 が 2 組必要である。- SIN 信号と - COS 信号を得る場合には、さらに 2 組の検出部 2 が必要である。

特許文献 1 には、上述した磁気式の位置検出装置の例について記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献 1】特開 2009 - 36637 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

ところで、従来から位置検出装置の磁気検出素子として使用されている AMR 素子は、磁場の変化に対する抵抗変化率が小さいという問題があった。また、磁気検出素子を磁気スケールに近接した位置に配置する際には、極力小さい磁場で抵抗値が変化するように感度が高くなるような位置関係とするのが一般的である。

ここで、AMR 素子は、低磁場で鋭く抵抗値が変化し、磁場が強い箇所で飽和する特性である。図 13 は、AMR 素子の磁場 (横軸) に対する抵抗値の変化率 (縦軸) を示す図である。図 13 では磁場 0 の時の抵抗値と磁場 250 の時の抵抗値での変化率を 100 として相対化した縦軸で表示している。実際の抵抗値の変化としては凡そ 3 % 程度の抵抗変化がこの値に相当する。

この図 13 に示すように、磁場が強い箇所では飽和した特性になってしまう。この飽和した箇所では、磁場に対する抵抗値の変化率を示すカーブが歪み、それに伴って検出される信号も歪んだものになってしまう。

【0012】

このように検出信号が歪むことは、位置検出精度の劣化につながり好ましくない。すなわち、位置検出装置は、検出部で得た検出波形の内挿処理で、正確な相対位置を検出するため、磁気検出素子で検出される信号波形が歪むことは、極力避ける必要がある。しかしながら、従来の歪み除去構成では十分とは言えない問題があった。

10

20

30

40

50

高次の高調波歪みまで除去するためには、それぞれの次数の歪みをキャンセルする磁気検出素子を配置する必要がある。しかしながら、A M R素子などで構成される磁気検出素子は、1個のサイズが比較的大きく、高次の高調波歪みを除去するために多数配置する必要がある。このため、多くの設置スペースが必要になり、磁気検出素子を配置した検出部が大型化してしまう問題がある。

図11の例の場合には、それぞれの磁気検出素子3a~3hがP/6ピッチずれた段差部があるのは、3次高調波をキャンセルするためである。3次高調波をキャンセルする場合には、この程度の構成で対処できるが、3次以上の高調波をキャンセルする場合には、シフト量がより細くなり、それぞれの高調波をキャンセルするための素子が重なってしまうという問題が発生する。このため、それぞれの素子を1ピッチ以上離して配置する必要があり、結果的に磁気検出素子を配置した検出部が非常に大型化してしまうことになる。

10

【0013】

また、個々の磁気検出素子3a~3hは、基準となる位置で検出される信号から、例えば、1ピッチの整数倍といった一定の距離離れた位置に配置されることにより、目的とする位相の信号が検出される。しかし、このように離れた箇所に配置した素子から検出される信号は、同じ位置から検出される信号ではないため、完全には歪みのキャンセルができない。

例えば、磁気スケールのそれぞれの磁化部の磁化状態が等しければ、1ピッチ以上離れた箇所から検出した2つの信号であっても正しくキャンセルできる。しかしながら、磁気スケール上の磁化状態(媒体の磁気均一性、表面形状等)は、様々な要因で完全には等しくなれないことが一般的であり、磁気スケールからの漏洩磁気が不均一となる。このため、高調波の歪みをキャンセルする効果が減少してしまうという問題があった。

20

【0014】

なお、このことは磁気スケールの長手方向と直交する幅方向にも言えることであり、複数の磁気検出素子が、磁気スケールの幅方向にずれて配置されるのは、キャンセル効果が減少するため好ましいことではない。

したがって、高次の次数の高調波歪みをキャンセルするペアの磁気検出素子は、同一波長内で、かつ同一のトラック位置に配置するのが好ましいが、上述したA M R素子などの従来から使用されている素子では、1個の素子のサイズが大きいため、同一波長内の同一のトラック位置に配置することは困難であった。

30

【0015】

また、位置検出装置が検出する信号としては、少なくとも位相が90°シフトしたS I N信号とC O S信号の2つの信号を検出する必要がある。ここで、従来のA M R素子を使用した検出部2の場合には、A M R素子のサイズが磁気スケールに対して比較的大きいため、1つの検出部でS I N信号とC O S信号を同時に検出することが困難である。つまり、S I N信号を検出する検出部と、C O S信号を検出する検出部が、磁気スケールの長手方向に所定波長分だけずれた位置に配置される。したがって、2つの位相の信号の状態(レベルや位相など)についても、完全に一致した状態とはならず、精度上問題があった。

40

【0016】

本発明の目的は、歪みなどの影響を排除した精度の高い位置検出が可能な位置検出装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明の位置検出装置は、一定周期の磁気信号が磁性媒体に磁気記録されたスケールと、スケールからの漏洩磁気を検出し、漏洩磁気を検出した位置の記録信号を出力する磁気検出素子と、記録信号に基づいてスケールに対する位置を検出する位置検出部とを備える。

磁気検出素子は、スケールに対する磁気信号の検出方向に沿って、磁気信号の信号波長 λ の $1/2n$ (n は3以上の素数)のピッチとしたパターンで配置される。

50

さらに、 m 個の奇数次高調波をキャンセルするパターンとして、検出方向でもっとも離れる磁気検出素子のピッチ距離 L が、

$$L = (\lambda / 2) \cdot (1 / 3 + 1 / 5 + 1 / 7 + \dots 1 / (2m + 1))$$

(m は整数)となる範囲に2の m 乗個の磁気検出素子が配置され、記録信号から奇数次の高調波信号が低減されるものである。

【発明の効果】

【0018】

本発明によると、磁気検出素子がスケールからの漏洩磁気を検出する際に、奇数次高調波がキャンセルされるパターンとしたことで、奇数次高調波が低減された検出信号が得られる。したがって、本発明の位置検出装置は、歪みが低減された検出信号から、精度の高い位置検出ができるという効果を有する。

10

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の第1の実施の形態による位置検出装置を含む機構全体構成の例を示す構成図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態による位置検出装置の素子配列例を示す構成図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態による磁気検出素子の構成例を示す斜視図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態による磁気検出素子の抵抗値の変化例を示す説明図である。

20

【図5】本発明の第1の実施の形態による磁気検出素子の接続例を示す構成図である。

【図6】本発明の第2の実施の形態による位置検出装置の素子配列例を示す構成図である。

【図7】図6の一部を拡大して示す構成図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態による磁気検出素子の接続例を示す構成図である。

【図9】本発明の第2の実施の形態による素子配列例をさらに高次の高調波歪まで低減するように発展させた例を示す構成図である。

【図10】従来の位置検出装置の磁気スケールと磁気検出素子との配置例を示す説明図である。

【図11】図10に示す磁気検出素子の配置状態の詳細を示す平面図(A)及び断面図(B)である。

30

【図12】従来の磁気検出素子の接続例を示す構成図である。

【図13】従来の磁気検出素子(AMR素子)の磁場-抵抗の検出特性の例を示す特性図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

< 1. 第1の実施の形態例 >

以下、本発明の第1の実施の形態例を、図1～図5を参照して説明する。

[1-1. 位置検出装置の構成例]

図1は、本例の位置検出装置を駆動機構に組み込んだ際の、位置検出装置を含む機構全体構成の例を示す図である。

40

図1に示す位置検出装置100は、工作機械に適用した例である。すなわち、位置検出装置100は、固定部101の上に移動自在に配置された移動台102を備えた工作機械において、固定部101上の移動台102の移動距離を検出するものである。

移動台102には被工作物103が固定され、加工具105により被工作物103の加工が行われる。移動台102は、駆動部106による駆動で位置が変化する。

【0021】

移動台102には、磁気スケール11が配置されている。磁気スケール11は、一定の距離ごとにN極とS極に交互に着磁させた信号を記録した磁性媒体を、金属板の表面に貼り付けた構成である。この磁気スケール11は、位置検出装置100で移動を検出する最

50

大の距離以上の長さに形成されている。

【 0 0 2 2 】

また、固定部 1 0 1 側には検出部 2 0 が配置され、この検出部 2 0 が磁気スケール 1 1 と近接している。そして、検出部 2 0 内の検出素子（図 2 に示す磁気検出素子 2 1）が、磁気スケール 1 1 に記録された信号を検出する。ここでは、検出部 2 0 が複数の磁気検出素子を備えて、それぞれの磁気検出素子で、磁気スケール 1 の記録信号を正弦波形の信号（S I N 信号）及び余弦波形の信号（C O S 信号）として検出する。また、検出部 2 0 には、S I N 信号と C O S 信号の反転信号である、- S I N 信号及び - C O S 信号を検出する磁気検出素子も配置されている。

【 0 0 2 3 】

検出部 2 0 が検出したこれらの S I N 信号，- S I N 信号，C O S 信号及び - C O S 信号は、位置検出部 1 0 4 に供給され、位置検出部 1 0 4 の演算処理で、これらの信号から磁気スケール 1 1 と検出部 2 0 との相対位置が算出される。位置検出部 1 0 4 が算出した位置情報は、制御部 1 0 7 に供給される。制御部 1 0 7 は、目標位置入力部 1 0 8 から入力した目標位置情報と、位置検出部 1 0 4 から供給された位置情報との差分を算出し、その差分だけ移動台 1 0 2 を移動させる駆動信号を生成する。そして、制御部 1 0 7 が生成した駆動信号が駆動部 1 0 6 に供給される。駆動部 1 0 6 は、供給された駆動信号で示された移動量だけ移動台 1 0 2 を移動させる。

【 0 0 2 4 】

[1 - 2 . 磁気検出素子の配置例]

図 2 は、磁気スケール 1 1 に対する検出部 2 0 の配置例を示す図である。

磁気スケール 1 1 は、N 極着磁部 1 1 N と S 極着磁部 1 1 S とが一定間隔で連続している。図 2 に示すように、N 極と S 極が変化する 1 つの周期が 1 波長 λ になる。その 1 波長 λ の 1 / 2 が、1 ピッチ P になる。ここでは、1 波長 λ を 4 0 0 μ m としている。

【 0 0 2 5 】

検出部 2 0 は、T M R 素子（トンネル磁気接合素子）よりなる磁気検出素子 2 1 を複数個用意して、集密に配置したものである。T M R 素子は、トンネル磁気抵抗効果（T M R 効果：tunnel Magneto-Resistance Effect）を利用したものである。T M R 素子には、磁場変化に対する抵抗値の変化が大きいという利点があり、磁気スケール 1 1 から漏洩する磁場を検出する磁気検出素子 2 1 に T M R 素子を適用した場合、個々の磁気検出素子 2 1 を非常に小さいサイズにすることが可能である。

【 0 0 2 6 】

図 2 の例では、磁気スケール 1 1 の幅 W の方向に、4 つの検出部 2 0 - 1 ~ 2 0 - 4 が隣接して配置されている。検出部 2 0 - 1 a , b は、- C O S 信号を検出する素子のパターン群として機能する、- C O S 検出部である。検出部 2 0 - 2 a , b は、C O S 信号を検出する素子のパターン群として機能する、C O S 検出部である。検出部 2 0 - 3 a , b は、- S I N 信号を検出する素子のパターン群として機能する、- S I N 検出部である。検出部 2 0 - 4 a , b は、S I N 信号を検出する素子のパターン群として機能する、S I N 検出部である。これらの - S I N 信号，S I N 信号，- C O S 信号及び C O S 信号を検出するために、それぞれの検出部 2 0 - 1 a , b ~ 2 0 - 4 a , b は、磁気スケール 1 1 の長手方向に順に $\lambda / 4$ ずつシフトした位置に配置されている。具体的には、- C O S 検出部 2 0 - 1 a , b と C O S 検出部 2 0 - 2 a , b とは、1 ピッチ P の間隔で配置され、- S I N 検出部 2 0 - 3 a , b と S I N 検出部 2 0 - 4 a , b についても、1 ピッチ P の間隔で配置されている。- C O S 検出部 2 0 - 1 と - S I N 検出部 2 0 - 3 とは、1 ピッチ P の半分の間隔（すなわち $\lambda / 4$ ）で配置されている。

符号 a , b を付けて示す各検出部 2 0 - 1 ~ 2 0 - 4 の 2 つの検出部（例えば検出部 2 0 - 1 a と検出部 2 0 - 1 b）は、電氣的に直列に接続され、その直列に接続した 2 つの検出部（例えば検出部 2 0 - 1 a , 2 0 - 1 b）の接続点から出力信号が取り出される。このようにして、検出部は所謂ブリッジ構成としている。

【 0 0 2 7 】

それぞれの検出部 20 - 1 a, b ~ 20 - 4 a, b には、磁気信号の単位波長の範囲内で、複数の磁気検出素子 21 が所定のパターンで集密に配置されている。以後の説明では、これらの検出部 20 - 1 a, b ~ 20 - 4 a, b は、集密配置部と称する場合がある。ここでは、各検出部 20 - 1 a, 20 - 1 b ~ 20 - 4 a, 20 - 4 b 内の複数の磁気検出素子 21 は、奇数次の高調波歪みがキャンセルできる位置に配置される。

すなわち、それぞれの磁気検出素子 21 は、磁気スケール 11 の長手方向に沿って、記録信号の 1 波長 λ の $1/2n$ (n は 3 以上の素数) のピッチとしたパターンで配置される。そして、 m 個 (m は整数) の奇数次高調波をキャンセルするために、磁気スケール 11 の長手方向でもっとも離れる磁気検出素子 21 の距離 L が、

$$L = (\lambda / 2) \cdot (1/3 + 1/5 + 1/7 + \dots 1/(2m + 1))$$

となる範囲に、2 の m 乗個の磁気検出素子 21 が配置される。

【0028】

具体的には、例えば検出部 20 - 1 a, b ~ 20 - 4 a, b が、3 次と 5 次と 7 次の高調波歪をキャンセルする構成のとき、それぞれの検出部 20 - 1 a, b ~ 20 - 4 a, b には、 $L = (\lambda / 2) \cdot (1/3 + 1/5 + 1/7)$ となる範囲に、8 個 (2 の 3 乗個) の磁気検出素子 21 が配置される。

図 2 の例では、それぞれの集密配置部である検出部 20 - 1 a, b ~ 20 - 4 a, b には、磁気スケール 11 の長手方向に 4 個の磁気検出素子 21 が配置され、その 4 個の磁気検出素子 21 が磁気スケール 11 の幅方向に 2 列に配置されている。3 次と 5 次と 7 次の高調波歪をキャンセルするために必要な素子 21 の配置間隔の具体的な例については、第 2 の実施の形態例で説明し、ここでは省略する。

【0029】

[1 - 3. 磁気検出素子の構成]

次に、図 3 を参照して、検出部 20 が備える磁気検出素子 21 の構成について説明する。

図 3 は、TMR 素子である磁気検出素子 21 の構成例を示す図である。

図 3 に示すように、磁気検出素子 21 は、固定層 21 a とバリア層 21 b とフリー層 21 c の 3 層を有する構造になっている。なお、磁気検出素子 21 は、これらの層の他、信号の引き出しの為の配線層、保護層等各種の層構造が有るがここでは省略した。

【0030】

固定層 21 a は、磁化方向が固定された層である。固定層 21 a の磁化方向 H_1 は、例えば、磁気スケール 11 の N 極着磁部から漏洩する磁界方向と同じ方向になっている。

フリー層 21 c は、磁気スケール 11 から漏洩する磁気により磁化方向が変化する層である。これら固定層 21 a とフリー層 21 c は強磁性層であり、バリア層 21 b は絶縁層である。磁気検出素子 21 は、固定層 21 a とフリー層 21 c の磁化方向が同じとき、素子 21 全体の抵抗値が小さくなり、固定層 21 a とフリー層 21 c の磁化方向が逆のとき、素子 21 全体の抵抗値が大きくなる。このように磁化方向の変化に応じて磁気検出素子 21 の抵抗値が大きく変化する。さらに TMR 素子は 1 個の磁気検出素子 21 の 1 辺の長さを $2\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 程度の非常に小さいサイズとすることができる。

【0031】

図 4 は、磁気検出素子 21 内の各層の磁化方向と、抵抗値との関係を示す図である。

図 4 A は、固定層 21 a の磁化方向とフリー層 21 c の磁化方向とが同じ方向であるとき (例えば N 極着磁部 11 N からの磁場を検出したとき) を示し、図 4 B は、固定層 21 a の磁化方向とフリー層 21 c の磁化方向とが逆向きであるとき (例えば S 極着磁部 11 S からの磁場を検出したとき) を示す。

図 4 C に示すグラフは、フリー層 21 c の磁化方向の変化による抵抗値の変化を示す。フリー層 21 c の磁化方向が 0° のときが、図 4 A に示す状態であり、フリー層 21 c の磁化方向が 180° のときが、図 4 B に示す状態である。

【0032】

図 4 C から分かるように、フリー層 21 c の磁化方向が 0° のとき、磁気検出素子 21

10

20

30

40

50

の抵抗値が最低になり、フリー層 21c の磁化方向が 180° のとき、磁気検出素子 21 の抵抗値が最大になる。そして、図 4C に示す特性の曲線から分かるように、フリー層 21c の磁化方向が 0° から 180° の間であるとき、それぞれの角度に応じた抵抗値が得られる。

【0033】

[1 - 4 . 磁気検出素子の接続状態]

図 5 は、検出部 20 内の 4 つの検出部 20 - 1 ~ 20 - 4 内の磁気検出素子 21 の接続例を示す図である。

図 5A は、SIN 信号を得る構成を示す。- SIN 信号を検出する - SIN 検出部 20 - 3 内の磁気検出素子 21 は、所定電圧 V が得られる箇所と接地電位部 GND との間に直列に接続され、その直列回路の中点から、- SIN 信号が取り出される。

10

また、SIN 信号を検出する SIN 検出部 20 - 4 内の磁気検出素子 21 についても、所定電圧 V が得られる箇所と接地電位部 GND との間に直列に接続され、その直列回路の中点から、SIN 信号が取り出される。

【0034】

磁気検出素子 21 の直列回路から取り出された - SIN 信号及び SIN 信号は、演算増幅器 22 に供給され、演算増幅器 22 の出力信号として SIN 信号が得られる。この演算増幅器 22 が出力する SIN 信号が、位置検出部 104 (図 1) に供給される。

【0035】

図 5B は、COS 信号を得る構成を示す。- COS 信号を検出する - COS 検出部 20 - 1 内の磁気検出素子 21 は、所定電圧 V が得られる箇所と接地電位部 GND との間に直列に接続され、その直列回路の中点から、- COS 信号が取り出される。

20

また、COS 信号を得る信号を検出する COS 検出部 20 - 2 内の磁気検出素子 21 についても、所定電圧 V が得られる箇所と接地電位部 GND との間に直列に接続され、その直列回路の中点から、COS 信号が取り出される。

【0036】

磁気検出素子 21 の直列回路から取り出された - COS 信号及び COS 信号は、演算増幅器 23 に供給され、演算増幅器 23 の出力信号として COS 信号が得られる。この演算増幅器 23 が出力する COS 信号が、位置検出部 104 に供給される。

なお、図 5A の接続構成と図 5B の接続構成のいずれにおいても、それぞれの直列回路の中点よりも電圧 V 側に接続された素子で検出される信号と、中点よりも設置電位部 GND 側に接続された素子で検出される信号とは、信号変化が相互に逆相になるようにする。このように信号変化が相互に逆相になる接続とすることで、演算増幅器 22 , 23 に得られる信号は、偶数次歪みがキャンセルされている。

30

【0037】

さらに、それぞれの磁気検出素子 21 の配置として、長手方向でもっとも離れる磁気検出素子 21 の距離 L が、 $L = (\lambda / 2) \cdot (1 / 3 + 1 / 5 + 1 / 7 + \dots 1 / (2m + 1))$ となる範囲に、2 の m 乗個の配置としたことで、奇数次の高調波についても良好にキャンセルされる。

特に、図 2 に示すように、それぞれの検出部 20 - 1 ~ 20 - 4 内に、4 個 $\times$ 2 列の配置で集密した状態に磁気検出素子 21 が配置されることで、それぞれの磁気検出素子 21 は、磁気スケール 11 のほぼ同じ箇所から漏洩する磁気を検出することになる。このため、例えば磁気スケール 11 のそれぞれの信号記録箇所の記録状態が均一でない場合でも、十分なキャンセル効果が得られるようになる。

40

【0038】

このようにして偶数次、奇数次の双方の高調波歪みがキャンセルされた SIN 信号及び COS 信号が得られることで、位置検出部 104 は、それら SIN 信号及び COS 信号から、内挿で分解能の高い位置検出ができる。

すなわち、SIN 信号と COS 信号は、信号周期 λ の一定周期の信号で 90° 位相のずれた信号である。この SIN 信号と COS 信号でリサージュ曲線を作れば円となる。1 周

50

期の信号が出力されたとき、リサージュ上は円が一周回ることになる。

【 0 0 3 9 】

ここで、ある位置での信号はリサージュ円上のどこかの点になり、その点と原点を結ぶ直線と、基準となる軸との角度を求めれば、その角度は信号のその点での λ 内での一意の角度となる。図 1 に示す位置検出部 1 0 4 では、この角度を細かく求める演算を行うことで、小さい分解能で磁気スケール 1 1 上の検出部 2 0 の位置を求めることができる。

【 0 0 4 0 】

リサージュ円上の角度は、 SIN 信号と COS 信号から TAN 角と信号のある象限とから求めることができる。ここで、上述したように偶数次、奇数次の双方の高調波歪みがキャンセルされた SIN 信号及び COS 信号が得られることで、歪みのない信号から演算が行え、分解能の高い位置検出が可能になる。しかも、キャンセルするために配置された複数の磁気検出素子 2 1 は、図 2 に示すように集密した状態で配置されているため、ほぼ同じ位置の記録信号から検出した信号どうしでキャンセルすることができ、しかも精度の高い歪み除去を行うことができるので、より位置精度が向上する。

【 0 0 4 1 】

さらに、図 2 の素子配置から判るように、 $-SIN$ 信号、 SIN 信号、 $-COS$ 信号及び COS 信号を検出するための 4 つの検出部 2 0 - 1、2 0 - 2、2 0 - 3、2 0 - 4 は、磁気スケール 1 1 の長手方向と直交する方向に並んで配置されているため、各位相の検出信号が、スケール上の同じ単位波長内の記録信号から検出される。このため、それぞれの位相の信号のレベルなどが相違することが極力抑えられ、この点からも検出精度が向上する。

【 0 0 4 2 】

< 2 . 第 2 の実施の形態例 >

次に、本発明の第 2 の実施の形態例を、図 6 ~ 図 8 を参照して説明する。この図 6 ~ 図 8 において、第 1 の実施の形態例で説明した箇所と同一部分については同一符号を付し、その詳細説明は省略する。

第 2 の実施の形態例では、検出部 2 0 が備える磁気検出素子 2 1 の配置状態が、第 1 の実施の形態例と異なるものであり、位置検出装置全体の構成については、例えば第 1 の実施の形態例で説明した構成が適用される。

【 0 0 4 3 】

[2 - 1 . 磁気検出素子の配置例]

図 6 は、磁気スケール 1 1 に対する検出部 2 0 の配置例を示す図である。また、図 7 は、図 6 の破線で囲んだ A 部を拡大して示す図である。

磁気スケール 1 1 は、N 極着磁部 1 1 N と S 極着磁部 1 1 S とが一定間隔で連続している。この例の場合、1 波長 λ は $400\mu m$ 、1 ピッチ P は $200\mu m$ である。

検出部 2 0 が備える磁気検出素子 2 1 は、TMR 素子である。この TMR 素子よりなる磁気検出素子 2 1 は、例えば図 3 で説明した構成と同じである。

【 0 0 4 4 】

検出部 2 0 には、磁気スケール 1 1 の幅 W の方向に、4 つの検出部 2 0 - 1 ~ 2 0 - 4 が隣接して配置されている。すなわち、検出部 2 0 は、 $-COS$ 信号を検出する $-COS$ 検出部 2 0 - 1 と、 COS 信号を検出する COS 検出部 2 0 - 2 と、 $-SIN$ 信号を検出する $-SIN$ 検出部 2 0 - 3 と、 SIN 信号を検出する SIN 検出部 2 0 - 4 とを備える。これらの検出部 2 0 - 1 ~ 2 0 - 4 は、 $90^\circ (1/4\lambda)$ ずつシフトした素子配置である。

【 0 0 4 5 】

そして、それぞれの検出部 2 0 - 1 ~ 2 0 - 4 は、磁気スケール 1 1 の長手方向に連続して配置された 1 0 個の集密配置部を備える。

具体的には、 $-COS$ 検出部 2 0 - 1 は、1 0 個の集密配置部 2 0 - 1 a ~ 2 0 - 1 j を備える。また、 COS 検出部 2 0 - 2 は、1 0 個の集密配置部 2 0 - 2 a ~ 2 0 - 2 j を備える。また、 $-SIN$ 検出部 2 0 - 3 は、1 0 個の集密配置部 2 0 - 3 a ~ 2 0 - 3

j を備える。さらに、S I N 検出部 2 0 - 4 は、1 0 個の集密配置部 2 0 - 4 a ~ 2 0 - 4 j を備える。

【 0 0 4 6 】

それぞれの集密配置部 2 0 - 1 a ~ 2 0 - 1 j , 2 0 - 2 a ~ 2 0 - 2 j , 2 0 - 3 a ~ 2 0 - 3 j , 2 0 - 4 a ~ 2 0 - 4 j 内には、磁気信号の単位波長の範囲内で複数の磁気検出素子 2 1 が配置されている。ここでは、各集密配置部内には、1 辺が 5 μ m 程度のサイズの磁気検出素子 2 1 が、3 2 個ずつ配置されている。この 3 2 個の素子は、トラック方向に 2 個、幅方向に 2 個の 2 $\times$ 2 の 4 個ずつの素子が 1 組の素子となるように配置されており、それぞれの集密配置部には、8 個ずつの磁気検出素子 2 1 が配置された状態になっている。以下の図 7 の説明で 1 個の素子と述べたときには、この 4 個の素子の組を 1 個とする。

10

【 0 0 4 7 】

複数配置された磁気検出素子 2 1 は、目的とする信号を検出する素子であると共に、その目的とする信号に対して、奇数次の高調波をキャンセルするための素子でもある。ここでは、1 つの集密配置部に配置した 8 個の磁気検出素子 2 1 により、3 次と 5 次と 7 次の 3 個の高調波をキャンセルする。

すなわち、m 個（ここでは m は 3 ）の奇数次高調波をキャンセルするために、磁気スケール 1 1 の長手方向でもっとも離れる磁気検出素子 2 1 の距離 L が、

$$L = (\lambda / 2) \cdot (1 / 3 + 1 / 5 + 1 / 7)$$

となる範囲に、2 の m 乗個（2 の 3 乗個 = 8 個）の磁気検出素子 2 1 が配置されることになる。

20

図 7 に示す各検出部 2 0 - 1 ~ 2 0 - 4 に示す磁気検出素子 2 1 のブロック内の数字は、以下の説明で判りやすいように、それぞれの素子がキャンセルする高調波の次数の関係を示したものである「1」と記載された磁気検出素子 2 1 を、基準となる信号（1 次の信号）としている。また、各集密配置部内の磁気検出素子 2 1 は、図 7 にラインで接続して示すように直列に接続している。但し、4 個の素子の組の中の接続ラインは省略している。

【 0 0 4 8 】

ここで、1 つの集密配置部の内部の磁気検出素子 2 1 の配置に関して、7 次までの高調波をキャンセルする具体的な構成について説明する。図 7 では、集密配置部 2 0 - 4 a 内の 8 個の磁気検出素子 2 1 の配置間隔の詳細を示すが、他の集密配置部についても同じ配置間隔になっている。但し、一部の集密配置部は、列が反転している。

30

【 0 0 4 9 】

まず、磁気スケール 1 1 の 1 波長 λ が 4 0 0 μ m のとき、3 次から 7 次までの奇数次の高調波歪をキャンセルするために必要な、磁気検出素子 2 1 の間隔を以下に示す。

3 次：6 6 . 6 μ m

5 次：4 0 μ m

7 次：2 8 . 5 7 μ m

ここで、3 次の 6 6 . 6 μ m は $\lambda / 6$ であり、5 次の 4 0 μ m は $\lambda / 1 0$ であり、7 次の 2 8 . 5 7 μ m は $\lambda / 1 4$ である。

40

【 0 0 5 0 】

集密配置部内には、これらの間隔の位置に、2 の 3 乗個の 8 個の磁気検出素子 2 1 が配置される。1 個の磁気検出素子 2 1 の大きさが 1 辺 1 0 μ m 程度であるとき、すべての素子を同一トラック位置上には配置できないので、ここでは 2 列に配置する。ここでの同一トラックとは、磁気スケール 1 1 上の幅方向の位置が同一であることを示す。

【 0 0 5 1 】

集密配置部内に磁気検出素子 2 1 を配置する際には、まず低次の 3 次、5 次から優先して同一トラック上に磁気検出素子 2 1 が配置される。すなわち、基準となる磁気検出素子 2 1 （「1」と記載した素子）から、6 6 . 6 μ m シフトした位置に、3 次歪低減用の磁気検出素子 2 1 （「3」と記載した素子）が配置される。また、基準となる磁気検出素子

50

21 から $40\ \mu\text{m}$ シフトした位置と、3 次歪低減用の磁気検出素子 21 から $40\ \mu\text{m}$ シフトした位置のそれぞれに、5 次歪低減用の磁気検出素子 21 (「5」と記載した素子) が配置される。

【0052】

次に、これら 4 個の素子 21 を配置したトラックに隣接した別のトラック上には、7 次歪低減用の磁気検出素子 21 (「7」と記載した素子) が配置される。この 7 次歪低減用の磁気検出素子 21 は、隣接したトラック上の 1 次、3 次、5 次用の 4 個の磁気検出素子 21 から、それぞれ $28.57\ \mu\text{m}$ シフトした位置に配置される。

このようにして 3 次、5 次、7 次の高調波低減用の磁気検出素子 21 が、1 つの集密配置部内に配置される。

10

なお、図 7 の例では、3 次歪低減用の磁気検出素子 21 と 5 次歪低減用の磁気検出素子 21 が、同一トラック上に配置可能な例を示したが、これらの全ての素子が同一トラックに配置できない場合には、低い次数 (3 次) の歪低減用の素子から優先的に同一トラックに配置するのが好ましい。

【0053】

[2 - 2 . 集密配置部の接続例]

図 8 は、図 6 に示すそれぞれの検出部 20 - 1 ~ 20 - 4 が備える 10 個の集密配置部の接続例を示す図である。

- COS 検出部 20 - 1 には、10 個の集密配置部 20 - 1 a ~ 20 - 1 j が、磁気スケール 11 の長手方向に 1 ピッチ P の間隔 ($200\ \mu\text{m}$) で配置されている。ここで、図 8 に示すように、1 つおきに交互に各集密配置部の磁気検出素子 21 を直列に接続する。

20

すなわち、5 個の集密配置部 20 - 1 a , 20 - 1 c , . . . , 20 - 1 i が直列に接続され、この直列回路に所定電圧 V が印加される。また、別の 5 個の集密配置部 20 - 1 b , 20 - 1 d , . . . , 20 - 1 j が直列に接続され、この直列回路が接地電位部 GND に接続される。

そして、- COS 検出部 20 - 1 では、図 8 に示すように、所定電圧 V が印加される側の 5 個の集密配置部 20 - 1 a ~ 20 - 1 i による直列回路と、接地電位部 GND に接続された側の 5 個の集密配置部 20 - 1 b ~ 20 - 1 j による直列回路とが直列に接続される。さらに、その接続点に得られる信号が、演算増幅器 22 の一方の入力端に供給される。

30

【0054】

他の検出部 (COS 検出部 20 - 2 , - SIN 検出部 20 - 3 , SIN 検出部 20 - 4) についても、図 8 に示すように、10 個の集密配置部が、1 つおきに交互に直列に接続され、一方の直列回路に所定電圧 V が印加され、他方の直列回路が接地電位部 GND に接続される。そして、それぞれの接続点の信号が、演算増幅器 22 又は 23 の入力端に供給される。

【0055】

このようにして、演算増幅器 22 には、- COS 信号の検出信号と COS 信号の検出信号とが供給され、演算増幅器 22 での増幅で、COS 信号が得られる。同様に、演算増幅器 23 には、- SIN 信号の検出信号と SIN 信号の検出信号とが供給され、演算増幅器 23 で増幅されて SIN 信号が得られる。

40

この図 8 に示す構成により、 $180^\circ (= 1/2\lambda)$ の間隔で配置された 5 個ずつの集密配置部で得られた信号の加算信号が、演算増幅器 22 及び 23 に供給されることになり、ブリッジ接続によって偶数次の歪みがキャンセルされる。

【0056】

このように 5 個ずつの集密配置部で得られた信号の加算信号を得ることで、磁気スケール 11 からの漏洩磁界のばらつきがあっても、演算増幅器 22 , 23 で得られる COS 信号 , SIN 信号のレベル変動を極力抑えることができる。

【0057】

以上説明したように、図 6 , 図 7 に示す素子配置とした検出部を備える位置検出装置は

50

、7次の高調波歪まで除去された極めて良好な信号検出ができる。特に、1つの集密配置部内に、3次、5次、7次の高調波低減用の磁気検出素子21を集密させて配置したことで、7次までの歪み除去を、同じ波長内の信号から行うことができ、これにより、磁気スケール11のレベル変動などの影響を排除した良好な歪み除去を行うことができる。

【0058】

また、3次、5次、7次の高調波歪の中で、比較的レベルが高い低次の歪み低減用の素子から優先的に、基準となる素子と同一トラック上に配置することにより、より効果の高い歪み除去を実現することが可能となる。具体的には、3次の高調波歪を低減するための、磁気スケール11の長手方向に、 $\lambda/6$ 離れた位置の2個の磁気検出素子を配置する。この2個の磁気検出素子は、磁気スケール11の長手方向（検出方向）と直交する方向には距離が離れていないため、3次の高調波歪の低減を確実に行うことが可能である。

また、5次の高調波歪を低減するための2個の磁気検出素子についても、磁気スケール11の長手方向に $\lambda/10$ 離れた位置に配置されるため、磁気スケール11の長手方向（検出方向）と直交する方向には距離が離れていない。このため、5次の高調波歪の低減についても確実に行うことができる。

【0059】

[2-3. より高次の歪み除去を行う構成の例]

図6～図8に示す例では、7次の高調波歪まで除去する構成を説明した。これに対して、より高次の歪み除去を行うようにしてもよい。

ここでは、13次の高調波までの歪み除去を行う集密配置部の構成を説明する。図9は、この13次の高調波までの歪み除去を行う集密配置部20-1a～20-1j、20-2a～20-2j、20-3a～20-3j、20-4a～20-4jの例を示す図である。

13次の高調波までの歪み除去を行うために必要な具体的な磁気検出素子21の配置間隔を説明すると、磁気スケール11の1波長 λ が $400\mu\text{m}$ のときに、3次から13次までの奇数次の高調波歪をキャンセルするために必要な、磁気検出素子21の間隔は、以下の通りである。

3次： $66.6\mu\text{m}$

5次： $40\mu\text{m}$

7次： $28.57\mu\text{m}$

9次： $22.2\mu\text{m}$

11次： $18.18\mu\text{m}$

13次： $15.38\mu\text{m}$

【0060】

ここで、9次の高調波は、3次の高調波の3倍であり、3次高調波のキャンセルパターンの間隔 $66.6\mu\text{m}$ は9次高調波の 1.5λ の間隔になる為にちょうどこの位置で9次高調波の位相も逆相になるのでキャンセルできる。この様に奇数次高調波で、素数で無いものは、或る、より低い次数の奇数次高調波の奇数倍に必ずなるので、その或るより低い次数の奇数次高調波のキャンセルパターンを用いてキャンセルする事が出来る。

この様に3次高調波を低減する素子のペアを用いることで、9次高調波歪の大部分がキャンセルされる。このため、9次の高調波低減用素子対は、特に配置する必要がない。

つまり、上述した式 $L = (\lambda/2) \cdot (1/3 + 1/5 + 1/7 + \dots 1/(2m+1))$ で素子の配置数を決める際に、奇数で素数でない数の次数の項は除くようにして、2のq乗個（qは3～2m+1までの素数の数）の磁気検出素子を配置するようにする。

【0061】

このため、13次の高調波までの歪み除去を行う場合、集密配置部内には、9次の高調波低減用素子対を除いた、3次と5次と7次と11次と13次の高調波低減用素子対を、以下に示す間隔で配置する。

3次： $66.6\mu\text{m}$

5次： $40\mu\text{m}$

7次： $28.57\mu\text{m}$

10

20

30

40

50

1 1 次 : 1 8 . 1 8 μm

1 3 次 : 1 5 . 3 8 μm

1 つの集密配置部内には、これらの間隔の位置に、2 の 5 乗 = 3 2 個の磁気検出素子 2 1 が配置される。つまり 3 次から 1 3 次までの 3 , 5 , 7 , 9 , 1 1 , 1 3 の中で素数は 3 , 5 , 7 , 1 1 , 1 3 の 5 個で有り、この 5 から 2 の 5 乗 = 3 2 個となる。

1 個の磁気検出素子 2 1 の大きさが 1 辺 1 0 μm 程度であるとする、同一トラック位置上にはすべての素子を配置することができないので、ここでは図 9 に示すように、磁気スケール 1 1 の長手方向に 8 個並べた列を、幅方向に 4 列に配置する。

【 0 0 6 2 】

図 9 に示すようにそれぞれの集密配置部内に 3 2 個の磁気検出素子 2 1 を配置する際には、まず低次の 3 次、5 次の高調波歪低減用素子が優先的に同一トラック（第 1 トラック）上に配置される。さらに、第 1 トラック上に配置可能な 1 3 次の高調波歪低減用素子ペアが配置され、合計 8 個の素子が第 1 トラック上に配置される。

そして、7 次の高調波歪低減用素子と 1 1 次の高調波歪低減用素子が、幅方向にシフトした第 2 , 第 3 , 第 4 トラックに分けて配置される。このときにも、基準となる信号（1 次）を検出する素子を配置したトラックに近いトラックから、低次の歪除去用の素子を配置する。このようにして、4 列の配置で 3 2 個の磁気検出素子 2 1 が集密した状態で配置される集密配置部を使って、1 3 次までの高調波歪の低減を行うことができる。

この 1 3 次までの高調波歪の低減を行う場合でも、複数の集密配置部の接続状態については、図 6 や図 8 に示す構成をそのまま適用することができる。

【 0 0 6 3 】

< 変形例 >

なお、上述した実施の形態例で説明した 1 波長や 1 ピッチなどの各値は、好適な一例を示したものであり、本発明は、これらの数値に限定されるものではない。例えば、1 波長としては、4 0 0 μm を示したが、位置検出装置として必要な測位分解能に応じて、数十 μm から数百 μm 程度の範囲内で適切な値を選定することができる。

個々の磁気検出素子のサイズについても、1 辺の長さが 2 μm ~ 1 0 μm 程度とするのは 1 つの例であり、それより大きなサイズや小さなサイズの磁気検出素子を使用してもよい。

【 0 0 6 4 】

また、図 2 , 図 6 , 図 7 , 図 9 に示す磁気検出素子の配置例についても、それぞれ好適な例を示したものであり、磁気検出素子がこれらの例とは異なる配置状態で配置されていてもよい。

また、低減（除去）する高周波歪の次数についても、好適な例を示すものであり、より高い次数（1 5 次以上）の高周波歪を除去するようにしてもよい。

また、上述した実施の形態例では、磁気検出素子として、トンネル磁気抵抗効果を利用した TMR 素子を使用した、その他の構成の素子を使用してもよい。

【 0 0 6 5 】

また、上述した実施の形態例では、スケールを直線状の位置検出装置に適用した例を説明した。これに対して、磁気スケールを円形に配置することで、スケールとヘッドとの相対回転角度を検出する位置検出装置に本発明を適用してもよい。直線状の位置検出装置の例としてスケールを示した図 1 の構成も、一例にすぎないものであり、本発明は、その他の各種機器用の位置検出装置に適用することが可能である。

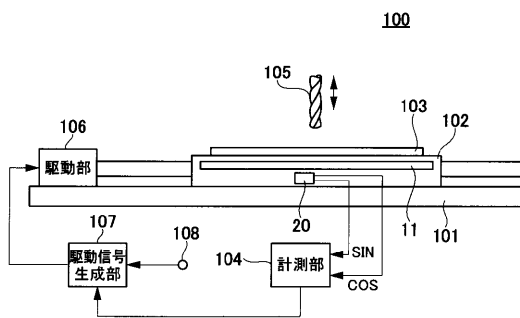
【 符号の説明 】

【 0 0 6 6 】

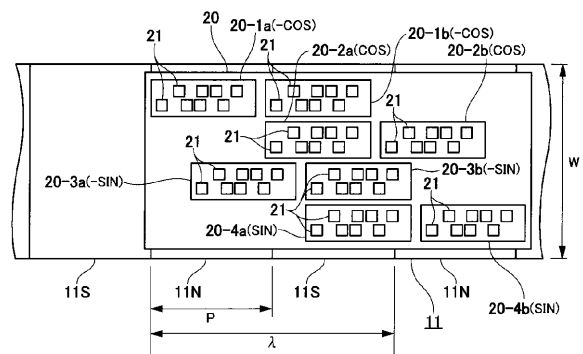
1 ... 磁気スケール、2 ... 検出部、3 a ~ 3 h ... 磁気検出素子、4 ... 演算増幅器、1 1 ... 磁気スケール、1 1 N ... N 極着磁部、1 1 S ... S 極着磁部、2 0 ... 検出部、2 0 - 1 ... - C O S 検出部、2 0 - 2 ... C O S 検出部、2 0 - 3 ... - S I N 検出部、2 0 - 4 ... S I N 検出部、2 0 - 1 a ~ 2 0 - 1 j , 2 0 - 2 a ~ 2 0 - 2 j , 2 0 - 3 a ~ 2 0 - 3 j , 2 0 - 4 a ~ 2 0 - 4 j ... 集密配置部、2 1 ... 磁気検出素子、2 1 a ... 固定層、2 1 b ...

バリア層、21c...フリー層、22, 23...演算増幅器、100...装置、101...固定部、102...移動台、103...被工作物、104...位置検出部、105...加工工具、106...駆動部、107...制御部、108...目標位置入力部

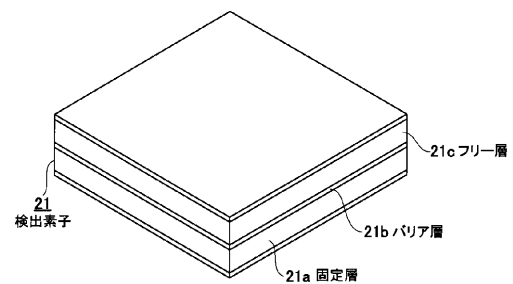
【図1】



【図2】

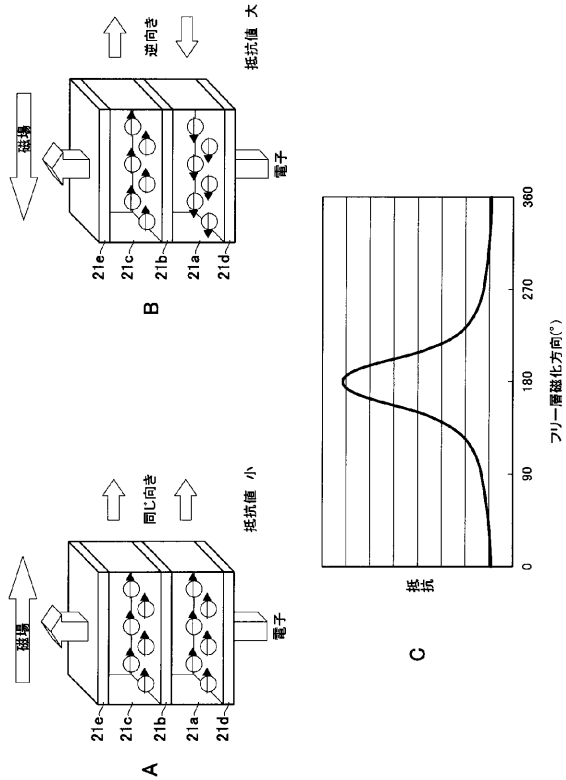


【図3】

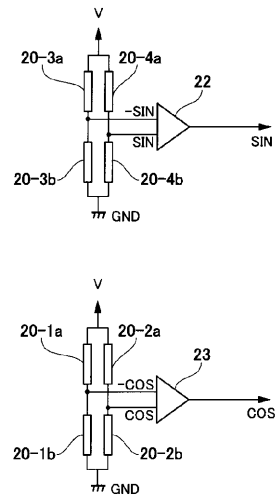


検出素子の構成例

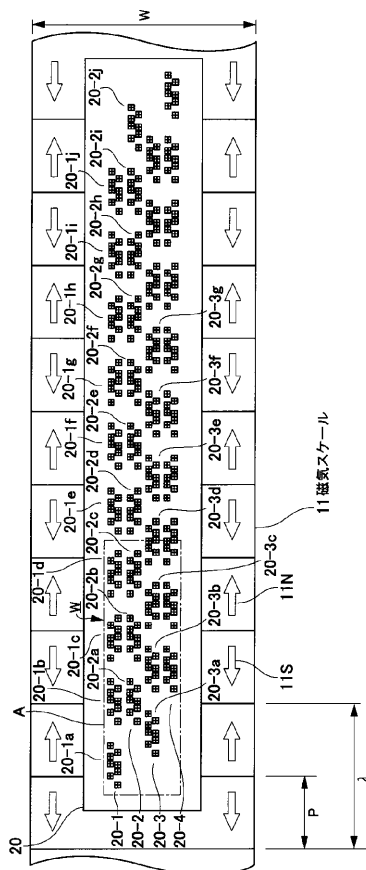
【図 4】



【図 5】

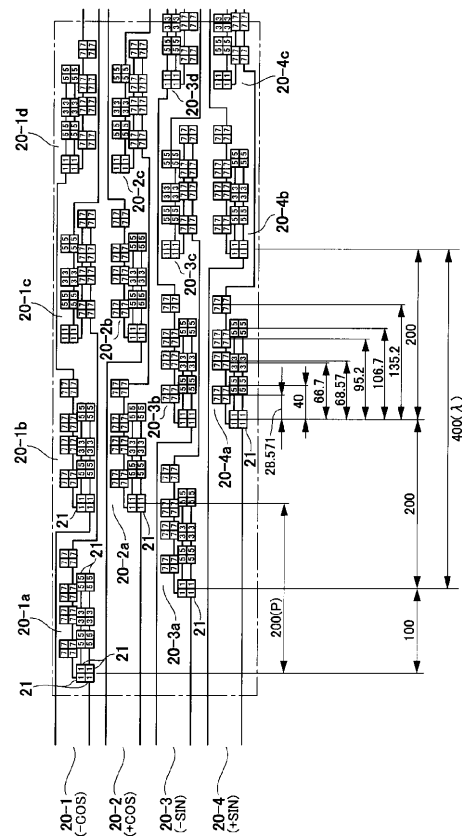


【図 6】



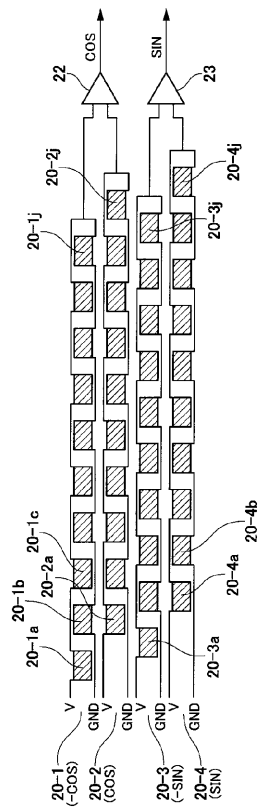
ヘッドの配置例

【図 7】

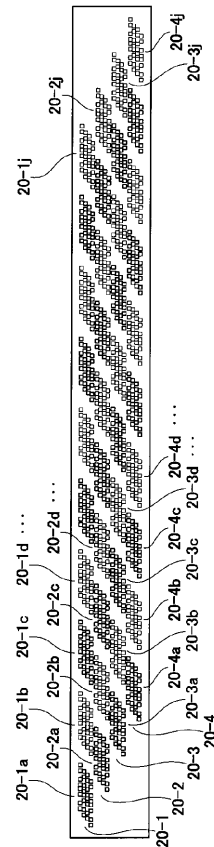


A部の拡大図

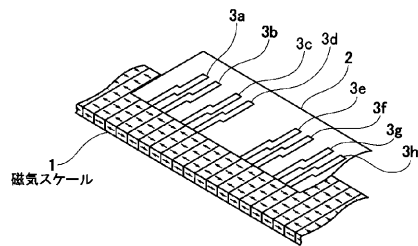
【図 8】



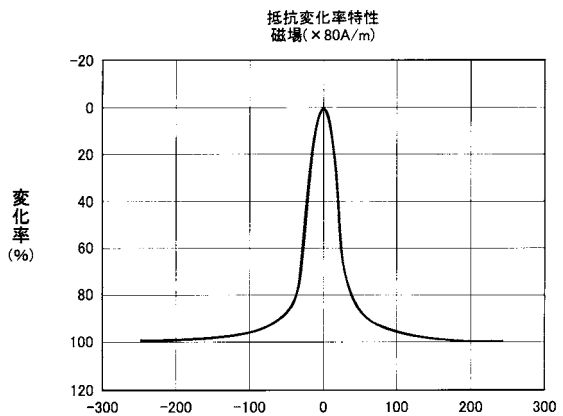
【図 9】



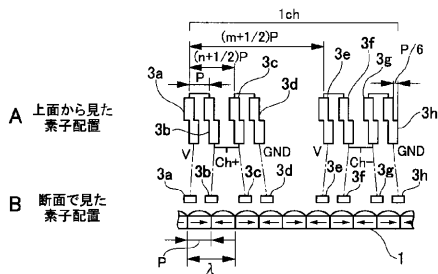
【図 10】



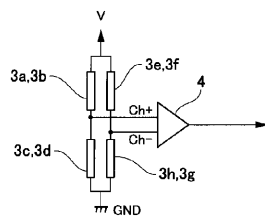
【図 13】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2F077 AA45 CC02 NN05 NN24 PP14 QQ06 QQ09 TT16
2G017 AA01 AD55 BA05 BA09