

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6970640号
(P6970640)

(45) 発行日 令和3年11月24日(2021.11.24)

(24) 登録日 令和3年11月2日(2021.11.2)

(51) Int.Cl. F I
G O 1 D 5/20 (2006.01) G O 1 D 5/20 1 1 0 D

請求項の数 5 (全 11 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2018-77297 (P2018-77297) (22) 出願日 平成30年4月13日 (2018. 4. 13) (65) 公開番号 特開2019-184477 (P2019-184477A) (43) 公開日 令和1年10月24日 (2019. 10. 24) 審査請求日 令和3年3月4日 (2021. 3. 4)</p>	<p>(73) 特許権者 000137694 株式会社ミットヨ 神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号 (74) 代理人 100087480 弁理士 片山 修平 (74) 代理人 100098497 弁理士 片寄 恭三 (72) 発明者 森 洋篤 神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号 株式会社ミットヨ内 審査官 菅藤 政明</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電磁誘導式エンコーダ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

それぞれが略平板形状を有して対向配置され、測定軸方向に相対移動する検出ヘッドおよびスケールを備え、

前記検出ヘッドは、磁束を発生する駆動コイルを備え、

前記スケールは、前記測定軸方向において基本周期で配列され、前記駆動コイルが発生する磁束と電磁結合し、前記測定軸方向に所定の空間周期で変化する磁束を発生する複数の結合コイルを備え、

前記検出ヘッドは、前記測定軸方向において前記基本周期で配列され、前記複数の結合コイルが発生する磁束と電磁結合して当該磁束の位相を検出する受信コイルと、を備え

10

、
 前記測定軸方向における前記結合コイルの線幅中心間の距離Lと、前記結合コイルの線幅dと、前記基本周期とは、 $\frac{L}{2} - 2d < L < \frac{L}{2}$ の関係を有することを特徴とする電磁誘導式エンコーダ。

【請求項2】

前記スケールが構成する平面において、前記測定軸方向と直交する方向における前記複数の結合コイルの幅は、前記測定軸方向と直交する方向における前記駆動コイルの幅以下であることを特徴とする請求項1記載の電磁誘導式エンコーダ。

【請求項3】

前記スケールが構成する平面において、前記結合コイルは、前記測定軸方向と直交する

20

軸に対して線対称な形状を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の電磁誘導式エンコーダ。

【請求項 4】

前記複数の結合コイルは、略矩形状を有することを特徴とする請求項 3 に記載の電磁誘導式エンコーダ。

【請求項 5】

前記結合コイルの線幅 d は、 $200\ \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の電磁誘導式エンコーダ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本件は、電磁誘導式エンコーダに関する。

【背景技術】

【0002】

検出ヘッドとスケールとの間の電磁結合を利用した電磁誘導式エンコーダが知られている（例えば、特許文献 1 ~ 3 参照）。検出ヘッドが備える駆動コイルに電流を流すことによって磁束が発生する。これにより、スケールに備わる結合コイルに起電流が発生する。次に、結合コイルの起電流によって発生する磁束によって、検出ヘッドの受信コイルに起電流が発生する。スケールに対する検出ヘッドの相対的な変位量に応じて各コイル間の電磁結合が変化し、スケールの結合コイルのピッチと同じ周期の正弦波信号が得られる。この正弦波信号を電氣的に内挿することによって最小分解能のデジタル量として用いることができ、検出ヘッドの変位量を測定することができる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 10 - 318781 号公報

【特許文献 2】特開 2001 - 255106 号公報

【特許文献 3】特開 2016 - 206086 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0004】

電磁誘導式エンコーダにおいて、信号強度を確保するために、結合コイルの線幅を広くすることが考えられる。しかしながら、結合コイルの線幅を広くしようとすると、内挿精度が低下して測定精度が低下するおそれがある。

【0005】

1 つの側面では、本発明は、高測定精度と信号強度の確保とを両立することができる電磁誘導式エンコーダ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】

【0006】

1 つの態様では、本発明に係る電磁誘導式エンコーダは、それぞれが略平板形状を有して対向配置され、測定軸方向に相対移動する検出ヘッドおよびスケールを備え、前記検出ヘッドは、磁束を発生する駆動コイルを備え、前記スケールは、前記測定軸方向において基本周期 P で配列され、前記駆動コイルが発生する磁束と電磁結合し、前記測定軸方向に所定の空間周期で変化する磁束を発生する複数の結合コイルを備え、前記検出ヘッドは、前記測定軸方向において前記基本周期 P で配列され、前記複数の結合コイルが発生する磁束と電磁結合して当該磁束の位相を検出する受信コイルと、を備え、前記測定軸方向における前記結合コイルの線幅中心間の距離 L と、前記結合コイルの線幅 d と、前記基本周期 P とは、 $L/2 - 2d < L < L/2$ の関係を有することを特徴とする。

40

【0007】

上記電磁誘導式エンコーダにおいて、前記スケールが構成する平面において、前記測定

50

軸方向と直交する方向における前記複数の結合コイルの幅は、前記測定軸方向と直交する方向における前記駆動コイルの幅以下としてもよい。

【0008】

上記電磁誘導式エンコーダにおいて、前記スケールが構成する平面において、前記結合コイルは、前記測定軸方向と直交する軸に対して線対称な形状を有していてもよい。

【0009】

上記電磁誘導式エンコーダにおいて、前記複数の結合コイルは、略矩形状を有していてもよい。

【0010】

上記電磁誘導式エンコーダにおいて、前記結合コイルの線幅 d は、 $200 \mu\text{m}$ 以上としてもよい。

10

【発明の効果】

【0011】

高測定精度と信号強度の確保とを両立することができる電磁誘導式エンコーダを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】(a)は電磁誘導式エンコーダの構成を例示する図であり、(b)は受信コイルの構成を例示する図である。

【図2】(a)は隣り合う結合コイル間の磁界を例示する図であり、(b)は受信コイルの基本周期を例示する図であり、(c)は受信信号の出力信号を例示する図である。

20

【図3】結合コイルの寸法を例示する図である。

【図4】結合コイルの線幅を広くした図である。

【図5】結合コイルにおける電流密度のシミュレーション結果を例示する図である。

【図6】コイル外周を流れる電流が生成する磁界を例示する図である。

【図7】(a)および(b)は結合コイルの線幅と $\lambda/2$ との関係を示す図である。

【図8】(a)~(c)は結合コイルの線幅と $\lambda/2$ との関係を示す図である。

【図9】(a)および(b)は、結合コイルの他の形状を例示する図である。

【図10】(a)および(b)は結合コイルの幅と駆動コイルの幅との関係を示す図である。

30

【図11】(a)および(b)は結合コイルの幅と駆動コイルの幅との関係を示す図である。

【図12】変形例を説明するための図である。

【図13】(a)および(b)は結合コイルの線幅と $\lambda/2$ との関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照しつつ、実施形態について説明する。

【0014】

図1(a)は、検出ヘッドとスケールとの間の電磁結合を利用した電磁誘導式エンコーダ100の構成を例示する図である。図1(b)は、後述する受信コイルの構成を例示する図である。

40

【0015】

電磁誘導式エンコーダ100は、測定軸方向に相対移動する検出ヘッド10とスケール20とを有する。検出ヘッド10およびスケール20は、それぞれ略平板形状を有し、所定の隙間を介して対向配置されている。また、電磁誘導式エンコーダ100は、駆動信号生成部30、変位量測定部40などを備えている。図1(a)および図1(b)において、X軸は、検出ヘッド10の変位方向(測定軸)を表している。なお、スケール20が構成する平面において、X軸と直交する方向をY軸とする。

【0016】

50

検出ヘッド10には、駆動コイル11、受信コイル12などが設けられている。駆動コイル11は、X軸方向に長さ方向を有する矩形コイルを構成している。図1(b)で例示するように、受信コイル12は、駆動コイル11の内側において、検出ヘッド10の両面に形成された2つのパターン13a、13bと、パターン13aとパターン13bとを接続する貫通配線14と、からなる基本周期の正負の正弦波形パターンによって、検出ヘッド10のX軸方向に基本周期で繰り返される検出ループを構成している。本実施形態においては、一例として、受信コイル12は、X軸方向に空間位相をずらした3相の受信コイル12a~12cからなる。これら受信コイル12a~12cは、例えばスター結線されている。

【0017】

スケール20においては、矩形状を有する複数の結合コイル21が、X軸方向に沿って、基本周期で配列されている。各結合コイル21は、閉ループコイルである。各結合コイル21は、駆動コイル11と電磁結合するとともに、受信コイル12と電磁結合している。

【0018】

駆動信号生成部30は、単相交流の駆動信号を生成し、駆動コイル11に供給する。この場合、駆動コイル11に磁束が発生する。それにより、複数の結合コイル21に起電流が発生する。当該複数の結合コイル21は、駆動コイル11が発生する磁束と電磁結合することで、X軸方向に所定の空間周期で変化する磁束が発生する。結合コイル21が発生する磁束は、受信コイル12a~12cに起電流を生じさせる。検出ヘッド10の変位量に応じて各コイル間の電磁結合が変化し、基本周期と同じ周期の正弦波信号が得られる。したがって、受信コイル12は、複数の結合コイル21が発生する磁束の位相を検出する。変位量測定部40は、この正弦波信号を電氣的に内挿することによって最小分解能のデジタル量として用いることができ、検出ヘッド10の変位量を測定する。

【0019】

なお、互いに電磁結合する駆動コイル11、受信コイル12および結合コイル21が1つのトラックを構成する。本実施形態においては、電磁誘導式エンコーダ100は、複数のトラックTr1~Tr3を備えている。複数のトラックTr1~Tr3は、Y軸方向において所定の間隔を空けて配列されている。各トラックにおいて、基本周期が異なっている。それにより、電磁誘導式エンコーダ100は、アブソリュート式エンコーダとして機能する。

【0020】

図2(a)は、隣り合う結合コイル21間の磁界を例示する図である。図2(a)で例示するように、結合コイル21間において、結合コイル21の内側の磁界と逆向きの磁界が生成される。結合コイル21は、上述したように、基本周期で配列されている。図2(b)で例示するように、受信コイル12a~12cも基本周期で設けられている。それにより、図2(c)で例示するように、受信コイル12a~12cの各出力信号は、基本周期の正弦波信号となる。なお、結合コイル21における基本周期とは、X軸方向において隣接する2つの結合コイル21の中心間の距離のことである。または、基本周期は、1つの結合コイル21のX軸プラス側端から、X軸プラス側に隣接する他の結合コイル21のX軸プラス側端までの距離のことと言い換えることもできる。受信コイル12における基本周期とは、受信コイル12を構成する正弦波パターンの周期のことである。

【0021】

例えば、図3で例示するように、結合コイル21は、隣接する2つの結合コイル21の線幅中心間の間隔が $\lambda/2$ となるような寸法を有している。電磁誘導式エンコーダでは、構造的に得られる信号の周期が光電式に比べて粗いため、内挿精度への要求は高くなかった。しかしながら、近年において高精度化の要求が高まり、光電式に匹敵する内挿精度が要求されるようになってきている。このような要求に対応する場合、検出ヘッドの移動に伴って得られる信号がひずみの無い正弦波形状であるか、信号強度の大きさが適切か、信号強

10

20

30

40

50

度の変動は抑えられているか、といった点が重要になる。しかしながら、これまではこのような点について厳密に考慮されていなかった。

【0022】

そこで、例えば、図4で例示するように、結合コイル21の線幅を広くすることでコイルの抵抗成分を減少させ、信号強度を増加させることができる。さらに、製造時に発生する可能性があるコイルの欠損による信号強度変動を抑制することができる。しかしながら、線幅を拡大することによって補正が難しい基本周期の $1/3$ 周期の誤差($1/3$ 誤差)が増加し、内挿精度が低下することが確認された。以上のことから、高測定精度と信号強度の確保とを両立することは困難であった。なお、信号強度の確保には、信号の絶対値の大きさと信号変動の抑制とが含まれる。

10

【0023】

本発明者らは、鋭意研究の結果、結合コイル21内の電流密度が、コイル内周側では低く外周側で高くなることを突き止めた。図5は、結合コイル21における電流密度のシミュレーション結果を例示する図である。図5において、模様が濃くなるほど電流密度が高いことを示す。数値の単位は、 A/m^2 である。図5の結果から、結合コイル21の内周側では電流密度が低く、結合コイル21の外周側では電流密度が高くなっていることがわかる。このように、結合コイル21の線幅方向において、電流密度にバラツキが生じている。

【0024】

信号強度を確保するために結合コイル21の線幅を広くすると、図6で例示するように、コイル外周を流れる電流が生成する磁界について図中+側の領域と-側の領域とがアンバランスとなり、理想的な正弦波から逸脱することにより内挿精度が悪化する要因となる。このような電流密度分布は、線幅が細い場合は無視できていたが、線幅増加に伴い顕著になっていくことが確認された。例えば、 $200\mu m$ 以上の広い線幅を有する結合コイル21において顕著となる。

20

【0025】

以上のことから、図7(a)で例示するように、隣接する2つの結合コイル21の線幅中心間の間隔 L を $L/2$ とすると、高い内挿精度が得られない。そこで、図7(b)で例示するように、電流密度分布の影響を抑制するために、電流密度が高いコイル端部間の間隔($>L$)を $L/2$ とすることが好ましい。例えば、基本周期 T で作成された受信コイル12の端部が電流密度の高い結合コイル21の端部近傍に合致するように配置することが好ましい。そこで、本実施形態においては、図8(a)~図8(c)で例示するように、受信コイル周期 = 結合コイル間隔 = 得たい信号周期 (= 基本周期 T)に対して、一つの結合コイル21における線幅中心間の距離を距離 L とし、結合コイルの線幅を幅 d とした場合に、 $L/2 - 2d < L < L/2$ とする。この構成によれば、電流密度が高いコイル端部間の間隔を $L/2$ またはそれに近い値とすることができる。それにより、内挿精度の低下が抑制され、高測定精度が得られる。また、結合コイル21の線幅を広くすることができるため、信号強度を増加させることができる。以上のことから、高測定精度と信号強度の確保とを両立することができる。なお、さらに高い内挿精度を得る観点から、 $L/2 - 3d/2 < L < L/2 + d/2$ とすることが好ましい。

30

40

【0026】

なお、本実施形態においては、結合コイル21が略矩形状を有しているが、他の形状を有していてもよい。例えば、図9(a)で例示するように、結合コイル21は、8の字状の閉ループコイルであってもよい。または、図9(b)で例示するように、結合コイル21は、略円形状の閉ループコイルであってもよい。これらのような閉ループコイルであっても、コイル内周側の電流密度よりもコイル外周側の電流密度が高くなる。そこで、結合コイル21のうち受信コイル12と電磁結合する部分において、X軸方向における線幅中心間の最大距離を距離 L とし、結合コイル21の線幅を幅 d とした場合に、 $L/2 - 2d < L < L/2$ とする。この構成によれば、電流密度が高いコイル端部間の間隔を $L/2$ またはそれに近い値とすることができる。それにより、内挿精度の低下が抑制され、高測定

50

精度が得られる。さらに高い内挿精度を得る観点から、 $\frac{L}{2} - 3d/2 < L < \frac{L}{2} + d/2$ とすることが好ましい。なお、結合コイル21は、Y軸に対して線対称の形状を有していることが好ましい。

【0027】

続いて、検出ヘッド10の駆動コイル11の位置と、スケール20の結合コイル21の位置との関係について説明する。図10(a)で例示するように、検出ヘッド10の位置とスケール20の位置との相対的なラテラル変動許容量(Y軸方向の変動許容量)を増加させるためには、受信コイル12の位置変動を考慮すると、図10(b)で例示するように、Y軸方向における結合コイル21の幅をできるだけ広げた方が有利となる。しかしながら、図11(a)で例示するように、結合コイル21が駆動コイル11からはみ出してしまつと、はみ出し部分で駆動コイル11からの磁界が打ち消し合うため、信号強度が低下する。そこで、図11(b)で例示するように、信号強度を確保するためには、Y軸方向における結合コイル21の幅は、Y軸方向における駆動コイル11の幅以下とすることが好ましい。

10

【0028】

(変形例)

図1の例では、駆動コイル11内に受信コイル12が配置されていたが、それに限られない。図12は、受信コイル12が駆動コイル11内に配置されていない例について説明する。例えば、図12で例示するように、駆動コイル11は、1対の駆動コイル11aおよび駆動コイル11bを備える。受信コイル12は、駆動コイル11aと駆動コイル11bとの間に配置されている。

20

【0029】

駆動コイル11a, 11bは、X軸方向に延びる矩形パターンからなり、例えば駆動コイル11aが反時計回り、駆動コイル11bが時計回りというように、XY平面において互いに反対回りに電流を流すように相互に結線されている。

【0030】

スケール20においては、結合コイル21aと結合コイル21bとがX軸方向に交互に配置されている。結合コイル21aは、基本周期で配列された閉ループコイルであり、駆動コイル11aと電磁結合する第1ループ部22aと、受信コイル12と電磁結合する第2ループ部23aとを有する。結合コイル21bは、結合コイル21aと位相を180°異ならせて配列された閉ループコイルからなり、駆動コイル11bと電磁結合する第1ループ部22bと、受信コイル12と電磁結合する第2ループ部23bと、を有する。本変形例では、結合コイル21aと結合コイル21bとが基本周期 $\frac{L}{2}$ で配置されていることになる。

30

【0031】

このような構成において、結合コイル21a, 21bのうち受信コイル12と電磁結合する部分において、X軸方向における線幅中心間の最大距離を距離Lとし、結合コイル21a, 21bの線幅を幅dとした場合に、 $L = \frac{L}{2}$ とすると、結合コイル21aと結合コイル21bとが端部で接触してしまう。そこで、本変形例では、図13(a)で例示するように、結合コイル21aと結合コイル21bとの間の間隔tを考慮し、 $L < \frac{L}{2}$ とする。具体的には、 $L + d + t = \frac{L}{2}$ であつて、Lを最大限に広げた場合は $t = 0$ であり、最小のLは図13(b)で例示するように $t = d$ の場合であるため、 $\frac{L}{2} - 2d < L < \frac{L}{2} - d$ とする。この構成によれば、電流密度が高いコイル端部間の間隔を $\frac{L}{2}$ またはそれに近い値とすることができる。それにより、内挿精度の低下が抑制され、高測定精度が得られる。さらに高い内挿精度を得る観点から、 $\frac{L}{2} - 3d/2 < L < \frac{L}{2} + d/2$ とすることが好ましい。

40

【0032】

以上、本発明の実施例について詳述したが、本発明に係る特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

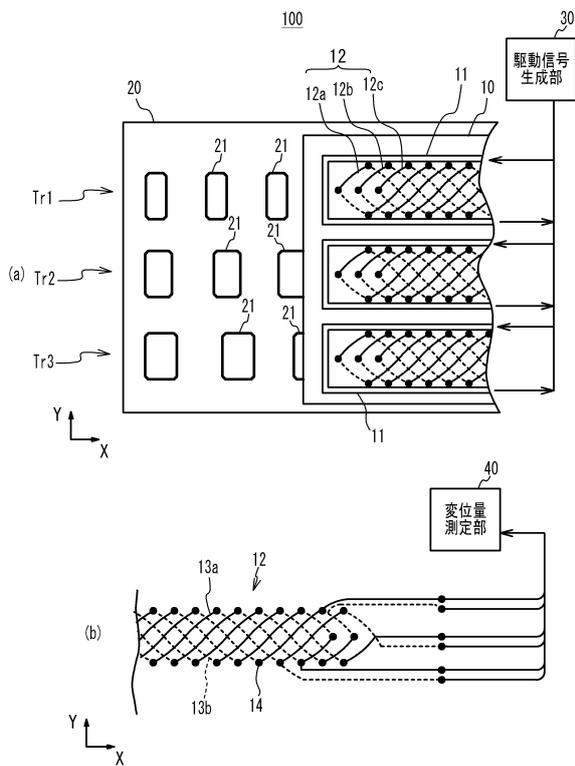
50

【符号の説明】

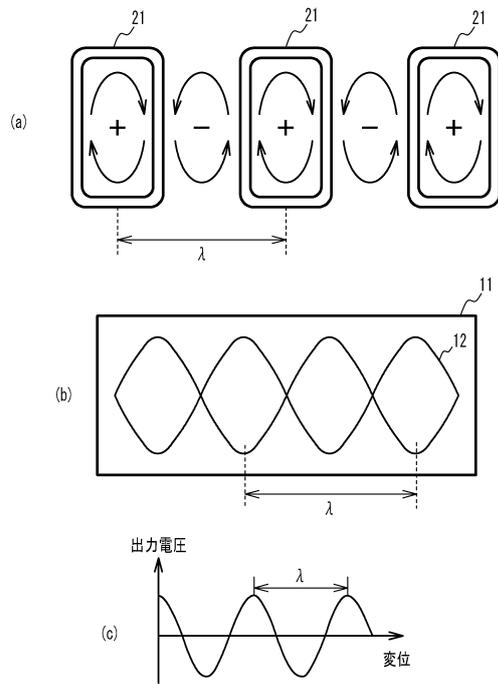
【0033】

- 10 検出ヘッド
- 11 駆動コイル
- 12 受信コイル
- 13 パターン
- 14 貫通配線
- 20 スケール
- 21 結合コイル
- 22 第1ループ部
- 23 第2ループ部
- 30 駆動信号生成部
- 40 変位量測定部
- 100 電磁誘導式エンコーダ

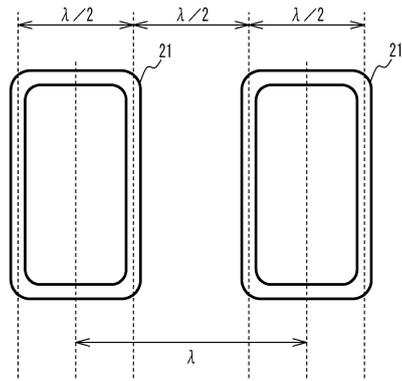
【図1】



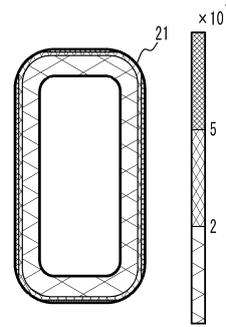
【図2】



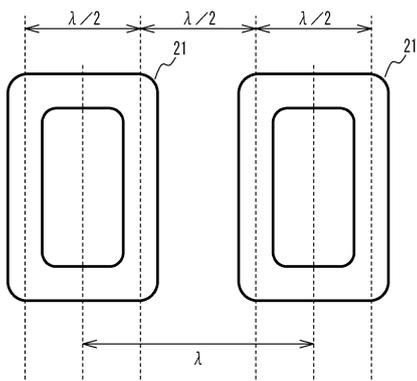
【 図 3 】



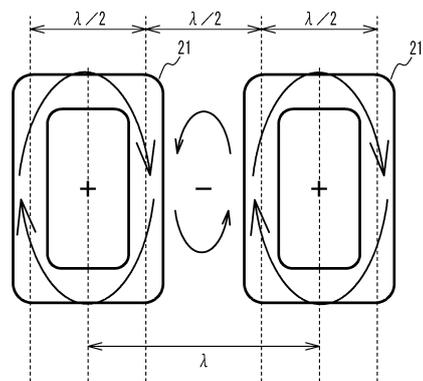
【 図 5 】



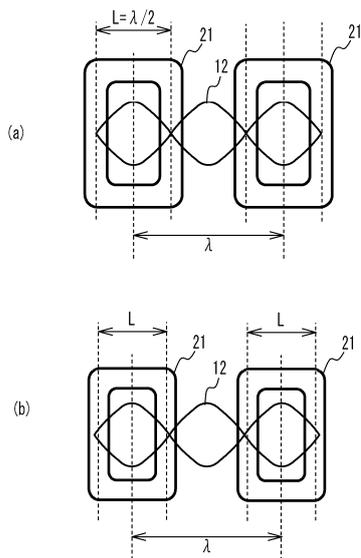
【 図 4 】



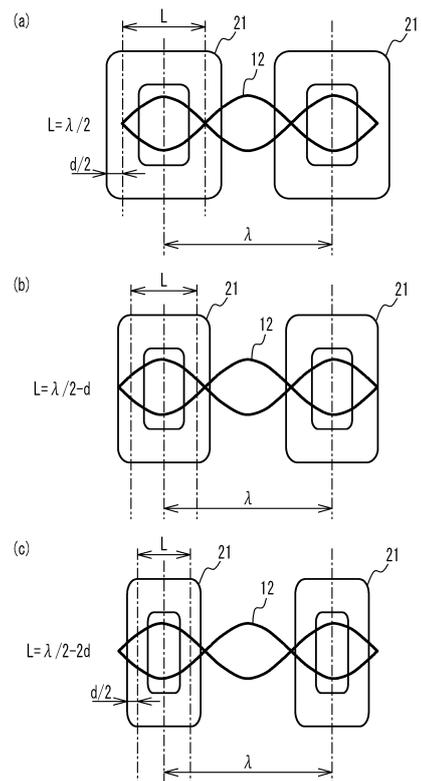
【 図 6 】



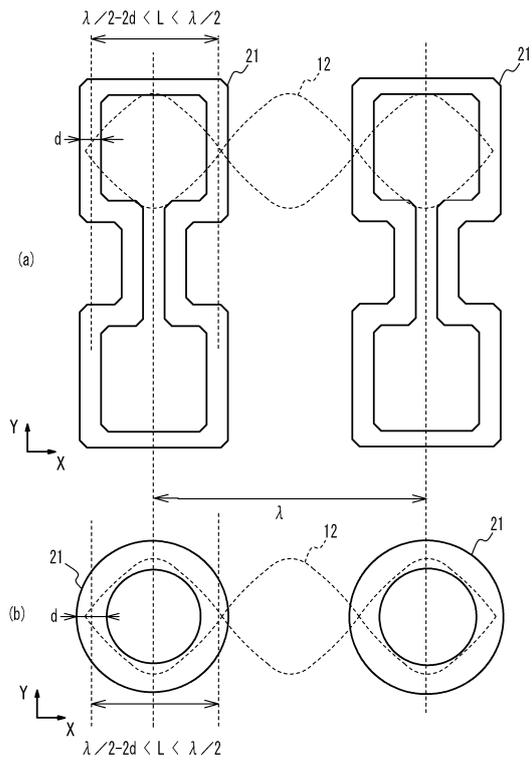
【 図 7 】



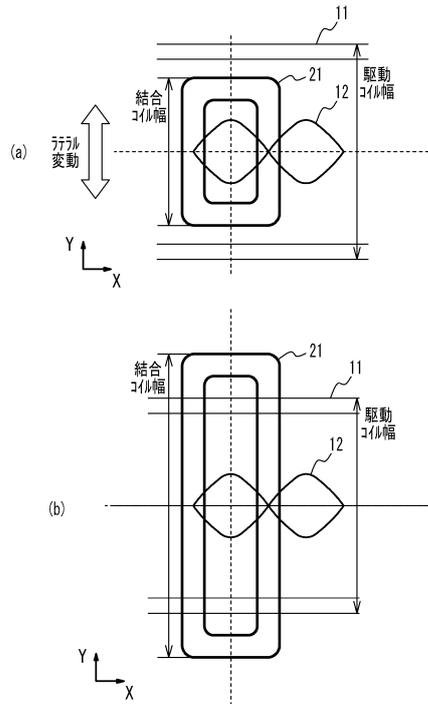
【 図 8 】



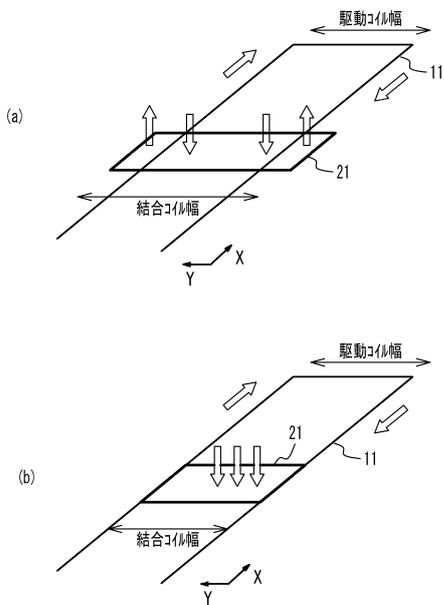
【図9】



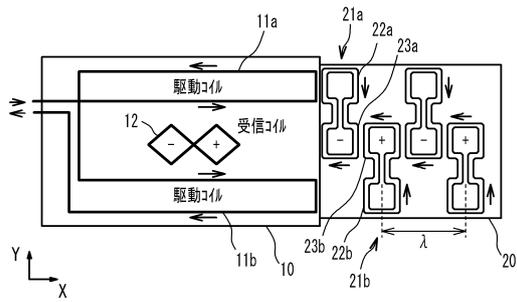
【図10】



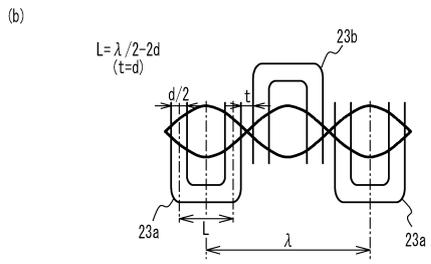
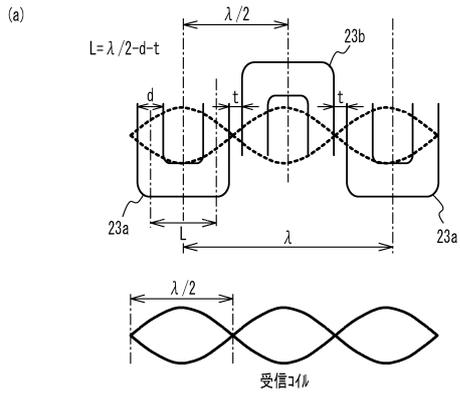
【図11】



【図12】



【 図 13 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2016-206086(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/20