

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4695325号
(P4695325)

(45) 発行日 平成23年6月8日(2011.6.8)

(24) 登録日 平成23年3月4日(2011.3.4)

(51) Int. Cl.	F I		
HO 1 L 43/00 (2006.01)	HO 1 L 43/00		
GO 1 R 33/02 (2006.01)	GO 1 R 33/02		D
HO 1 L 43/02 (2006.01)	GO 1 R 33/02		L
	HO 1 L 43/02		

請求項の数 10 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2002-248545 (P2002-248545)	(73) 特許権者	000104652 キヤノン電子株式会社 埼玉県秩父市下影森1248番地
(22) 出願日	平成14年8月28日(2002.8.28)	(74) 代理人	100075948 弁理士 日比谷 征彦
(65) 公開番号	特開2003-163391 (P2003-163391A)	(72) 発明者	川瀬 正博 埼玉県秩父市大字下影森1248番地 キヤノン電子株式会社内
(43) 公開日	平成15年6月6日(2003.6.6)		
審査請求日	平成17年8月29日(2005.8.29)	審査官	三浦 尊裕
(31) 優先権主張番号	特願2001-280971 (P2001-280971)		
(32) 優先日	平成13年9月17日(2001.9.17)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気検出素子とその製造方法及び該素子を用いた携帯機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

高周波電流が印加された状態で外部磁界に対してそのインピーダンスが変化する磁性体から成る磁気インピーダンス素子を用いて、外部磁界の大きさを検知する磁気検出素子において、単一の非磁性基板上につづら折りに形成された前記磁性体としての磁性薄膜と、該磁性薄膜上を横断するように絶縁層を介して積層され所定のラインピッチを有し導電性金属材料から成る渦巻き型の平面コイルとを備え、前記磁性薄膜は長手形状に形成され、磁化容易軸方向がその長手方向に対し垂直になるように磁気異方性が付され、前記磁性薄膜を横断する部分の前記平面コイルのラインピッチを前記所定のラインピッチよりも大きくしたことを特徴とする磁気検出素子。

【請求項2】

前記磁性薄膜を横断する部分の前記平面コイルのラインピッチ p は $8 \mu m < p < 50 \mu m$ であることを特徴とする請求項1に記載の磁気検出素子。

【請求項3】

前記磁性薄膜を横断する部分の前記平面コイルのラインピッチ p は $8 \mu m < p < 25 \mu m$ であることを特徴とする請求項1に記載の磁気検出素子。

【請求項4】

前記平面コイルは、それぞれの渦巻きの中心が前記磁性薄膜の両端に位置するように配置された2つのコイルから成り、前記コイル同士は互いに接続されていることを特徴とする請求項1に記載の磁気検出素子。

【請求項 5】

前記平面コイル上に絶縁層を挟んで、前記平面コイル上に掛かるように引き出し電極が形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気検出素子。

【請求項 6】

前記平面コイルに発生する誘起電圧の変化を検知する回路を有することを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れかの 1 つの請求項に記載の磁気検出素子。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の磁気検出素子から成る方位センサを搭載した携帯機器。

【請求項 8】

磁気インピーダンス素子を用いた磁気検出素子の製造方法において、単一の非磁性基板上につづら折りに長手形状に磁性薄膜を形成する工程と、前記磁性薄膜の形成後に磁場中で熱処理を行い前記磁性薄膜に磁化容易軸方向が長手方向に対し垂直になるように磁気異方性を付する工程と、前記磁性薄膜上に絶縁膜を形成する工程と、前記絶縁膜上に、所定のラインピッチを有し前記磁性薄膜を横断する部分のラインピッチが前記所定のラインピッチよりも大きくなるように導電性金属材料から成る渦巻状コイルパターンを形成する工程とを有することを特徴とする磁気検出素子の製造方法。

10

【請求項 9】

前記渦巻状コイルパターンは、前記導電性金属材料を成膜した後に、エッチングすることにより形成することを特徴とする請求項 8 に記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項 10】

前記渦巻状コイルパターンは、メッキにより形成することを特徴とする請求項 9 に記載の磁気検出素子の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気検知部としての磁性体に高周波電流を印加すると外部磁界に応じて磁性体の両端間のインピーダンスが変化する磁気インピーダンス素子を用いた磁気検出素子とその製造方法及び該素子を搭載した携帯機器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、携帯電話や P D A 等の小型情報端末機能が発達し、地図情報表示や G P S 搭載等で地磁気方位を表示する要求が高まっている。

30

【0003】

しかし、携帯機器の小型化に伴い、部品環境も高密度実装が前提となり、占有面積や高さの要求が厳しくなっている。方位センサとしては、既にフラックスゲートセンサ、磁気抵抗素子 (M R センサ) が知られているが、素子のサイズには限界があり、チップ部品サイズの磁界センサが望まれている。

【0004】

出願人は、特許第 3 0 9 6 4 1 3 号のような磁性薄膜による方位センサの応用を提案している。図 1 7 に示すように、ガラス等の非磁性基板 1 上に磁性薄膜で細長い直線状の複数本の並列パターン 2 を形成した素子を既に実用化させており、チップ抵抗のような小型サイズを実現している。センサとしての動作は、パターン 2 の両端の電極 3 a、3 b から高周波電流を印加し、矢印の磁界検知方向に対して、その両端のインピーダンスを変化させる。

40

【0005】

この外部磁界に対するインピーダンスの変化は、図 1 8 に示すような V 字型の特性を示し、センサ動作にはこの V 字特性の傾斜部を用いている。方位センサのように直流磁界を検知する場合には、図 1 7 に示すようにコイル 4 を外側に巻き付け、交流バイアスを印加し、V 字特性の傾斜部へ磁界プラス側とマイナス側に動作点を設定し、外部磁界 H_{ex} に対する両動作点インピーダンスの差分 Z を電気信号として取り出す。

50

【 0 0 0 6 】

【 発明が解決しようとする課題 】

しかしながら、図 17 に示すような外付けのバイアス用コイル 4 では、折角の素子サイズも生かせず、携帯機器等の省スペース化に対応できない。

【 0 0 0 7 】

そこで、図 19 に示すようにバイアス用コイルを導電性薄膜 5 により構成し、素子に組込むことができれば要求を満足できるが、ソレノイド型のバイアスコイルを採用した場合には、図 20 に示すように磁性薄膜 6 の下部にも導電性薄膜層 7 を形成する必要がある。また、絶縁層 8 を介しての材料間の応力歪みによる特性劣化や、絶縁層 8 の耐熱性による温度条件の制約によって、磁性薄膜 6 の特性確保が困難になる。

10

【 0 0 0 8 】

具体的には、磁性薄膜 6 と非磁性基板 1 の間に、絶縁層 8 とコイルの導電性薄膜層 7 が存在し、磁性薄膜 6 への応力制御が難しく、磁気特性が最適な条件を得ることが困難になることや、磁気特性の異方性を付けるための熱処理時に、例えば 500 を超えるような温度に耐えられない等の制約が発生する。

【 0 0 0 9 】

また、このコイルはバイアス用でなく、磁性薄膜の発生する磁束の変化を誘起電圧として取り出す検出コイルとして機能させることも可能であり、そのような構成の場合においても同様の問題が生ずる。

【 0 0 1 0 】

本発明の目的は、上述の問題点を解消し、磁気検出素子とその製造方法及び該素子を用いた携帯機器を提供することにある。

20

【 0 0 1 1 】

本発明の他の目的は、このチップサイズの磁気検出素子にバイアス又は検出コイルを組込む上で、素子特性が安定し、素子サイズを損わない磁気検出素子とその製造方法及び該素子を用いた携帯機器を提供することにある。

【 0 0 1 2 】

【 課題を解決するための手段 】

上記目的を達成するための本発明に係る磁気検出素子は、高周波電流が印加された状態で外部磁界に対してそのインピーダンスが変化する磁性体から成る磁気インピーダンス素子を用いて、外部磁界の大きさを検知する磁気検出素子において、単一の非磁性基板上につづら折りに形成された前記磁性体としての磁性薄膜と、該磁性薄膜上を横断するように絶縁層を介して積層され所定のラインピッチを有し導電性金属材料から成る渦巻き型の平面コイルとを備え、前記磁性薄膜は長手形状に形成され、磁化容易軸方向がその長手方向に対し垂直になるように磁気異方性が付され、前記磁性薄膜を横断する部分の前記平面コイルのラインピッチを前記所定のラインピッチよりも大きくしたことを特徴とする。

30

【 0 0 2 2 】

また、本発明に係る磁気検出素子の製造方法は、磁気インピーダンス素子を用いた磁気検出素子の製造方法において、単一の非磁性基板上につづら折りに長手形状に磁性薄膜を形成する工程と、前記磁性薄膜の形成後に磁場中で熱処理を行い前記磁性薄膜に磁化容易軸方向が長手方向に対し垂直になるように磁気異方性を付する工程と、前記磁性薄膜上に絶縁膜を形成する工程と、前記絶縁膜上に、所定のラインピッチを有し前記磁性薄膜を横断する部分のラインピッチが前記所定のラインピッチよりも大きくなるように導電性金属材料から成る渦巻状コイルパターンを形成する工程とを有することを特徴とする。

40

【 0 0 2 6 】

【 発明の実施の形態 】

本発明を図 1 ~ 図 16 に図示の実施の形態に基づいて詳細に説明する。

図 1 は第 1 の実施の形態における磁気検出素子の斜視図を示しており、ガラス基板等から成る単一の非磁性基板 11 の上に、磁性薄膜により細長く互いに平行なパターンによりつづら折りに構成した磁気検知部 12 が形成され、この磁気検知部 12 の両端は電極 13 a

50

、13bが接続されている。磁気検知部12の磁界検知方向は、矢印方向のように磁気検知部12に示すパターンの長手方向になっている。また、磁気検知部12は磁化容易軸方向がその長手方向に対して垂直になるように磁気異方性が付けられている。

【0027】

磁気検知部12上には、図示しない第1の絶縁層を挟んで偏平の渦巻状コイル14がその中心を磁気検知部12の端と一致するように配置されている。この渦巻状コイル14の両端は、図示しない第2の絶縁層を挟んで電極13c、13dに接続されている。図2、図3に示す電流供給回路から電極13c、13dを介して渦巻状コイル14に電流を印加し、磁気検知部12上を横断するコイルラインから発生する磁界を利用して、磁気検知部12にバイアス磁界を印加する。

10

【0028】

図4は磁気検知部12の部分断面図を示しており、渦巻状コイル14に矢印方向の電流を流すと、それぞれのラインにファラディの右ねじの法則より、磁気検知部12に図4の右から左方向に磁界が掛かる。磁気検知部12内の磁束は、多少のリップルを有する磁束分布となるが、バイアスとしての磁界印加がなされる。なお、図2の回路は交流バイアスの場合、図3の回路は直流バイアスの場合である。

【0029】

磁気検知部12への印加磁界強度は渦巻状コイル14のラインピッチ p とは逆比例の関係にあるため、必要なコイル電流値は図5に示すような特性を示す。図5は図15で説明したV字型特性の傾斜部で直線性の良好なところの最下部を $20e$ とすると、少なくともそれ以上の印加磁界が必要であり、渦巻状コイル14のラインピッチ p を変化させた素子の試作で、 $20e$ を得るための電流値を計測した結果である。コイル14からの $20e$ の磁界は直接計測できないため、素子の特性をヘルムホルツコイル内で磁界を印加し、 $20e$ 印加での電圧値を求めた後に、それと同じになるコイル電流を探して必要電流値を決定した。

20

【0030】

この結果から、携帯機器における使用を考慮すると、 $20mA$ 以上の電流を供給することは困難であるため、渦巻状コイル14のラインピッチ p を $50\mu m$ 以下にすることが好適である。現実的には、 $10mA$ 以下となるラインピッチ p を $25\mu m$ 以下にすることが望ましい。また、ラインピッチ p を狭くすることに対しては、コイル14の抵抗値の増加による供給電圧の問題や発熱、コイル14のラインの幅 w と高さ t の製造プロセス上の限界からライン幅 $5\mu m$ 以上、スペース $3\mu m$ 以上を考慮すると、ラインピッチ p は $8\mu m$ 以上が好ましい。

30

【0031】

また、バイアス磁界強度は渦巻状コイル14と磁気検知部12の間隔 d にも依存するが、渦巻状コイル14からの磁束は磁気検知部12である磁性体に吸収されて磁気回路を形成し、間隔 d による磁性体内の磁束変化は緩やかである。具体的には、 $d = 1\mu m$ と $d = 10\mu m$ での磁性体内の磁束の減少は約7%程度と小さい。即ち、間隔 d つまり渦巻状コイル14と磁気検知部12間の絶縁膜の膜厚については厳密に管理する必要はない。

【0032】

本実施の形態において、渦巻状コイル14は磁気検知部12と μm オーダで接するため、磁気検知部12の真上及びその近傍がバイアス磁界印加に寄与し、そこで必要なパターンの寸法が確保されていれば、それ以外のパターン部分は自由に設定することができる。

40

【0033】

図6においては、磁気検知部12付近における渦巻状コイル14のラインピッチをそれ以外のラインピッチよりも大きくしている。また、図7においては、全て等間隔のラインピッチとして、図6に示す磁気検出素子よりも小型化を実現することができる。

【0034】

また、電極13を渦巻状コイル14上に重なるようにして内側に配置することにより、素子のサイズをより小さくできる。更に、素子の電極13が一面に全て形成され、その形成

50

面の電極 13 と相手側基板の電極部とが半田接合により面接合されることは、高密度の基板実装では都合が良い。

【0035】

このような磁気検出素子を用いた外部磁界の検知は、図 2、図 3 に示すバイアス磁界発生用電流供給回路から電極 13c、13d を通じて渦巻状コイル 14 に電流を印加し、磁気検知部 12 にバイアス磁界を印加しながら、電極 13a、13b を介して磁気検知部 12 に高周波電流を印加し、図 1 の矢印の磁界検知方向に対して、インピーダンスを変化させることにより、外部磁界の大きさ及び方向を検知することにより行う。

【0036】

図 8 は上述の磁気検出素子の製造模式図を示しており、先ず図 8 (a) に示すようにガラスやセラミック等から成る単一の非磁性基板 11 にスパッタ又はメッキにより、Ni - Fe の金属磁性膜、Co - Zr - Nb 系のアモルファス膜、Fe - Ta - C、Fe - Ta - N 系の微結晶膜等の高透磁率磁性薄膜を成膜する。この薄膜の膜厚は、表皮効果を有効に機能させるため磁気検出素子に印加する電流の周波数を考慮して、1 ~ 5 μm の間で選択する。

10

【0037】

そして、並列の細長いパターンから成るつづら折れパターンから成る磁気検知部 12 をドライ又はウェットエッチングにより形成する。この磁気検知部 12 の特性は、コイルを形成した後の工程では絶縁膜等で熱的な制約を受けるため、磁性膜を成膜した後又はパターンエッチング後の段階で磁場中で熱処理等を行うことにより、磁化容易軸を矢印の方向に付けておく。

20

【0038】

次に、図 8 (b) に示すように、渦巻状コイル 14 を形成する前に SiO_2 、 Cr_2O_3 等の非磁性酸化物膜やポリイミド膜耐熱樹脂等から成る第 1 の絶縁膜 21 を設けるが、この第 1 の絶縁膜 21 の膜厚 d は特に寸法的に制約はなく、1 ~ 20 μm 程度とする。

【0039】

次に、図 8 (c) に示すように、第 1 の絶縁膜 21 の全面上に膜厚数 μm の銅、アルミニウム、金等の導電膜をスパッタ又はメッキで形成し、中心が磁気検知部 12 の端部となるように、ドライ又はウェットエッチングにより渦巻状コイル 14 で形成する。別の方法としては、コイルパターンをレジスト膜に凹溝として形成し、底部に置いた金等のシード電極より、メッキにより渦巻状コイル 14 を形成することもできる。

30

【0040】

更に、図 8 (d) に示すように、第 2 の絶縁膜 22 を第 1 の絶縁膜 21 と同様に形成する。ただし、渦巻状コイル 14 の両端から電極 13 に接続するための窓部 23 を開けておく。最後に、図 8 (e) に示すように磁気検知部 12 及び渦巻状コイル 14 の両端に接続する電極 13a ~ 13d を形成し、バイアスコイルが組込まれた素子が完成する。

【0041】

図 9 は上述のように製造された磁気検出素子の外部磁界検知特性図を示し、磁気検知部 12 の磁性膜に、磁界検知方向に対して直角方向の面内に磁化容易軸を付けたものは、V 字型の外部磁界検知特性を示す。磁気検出素子は Fe - Ta - C 系軟磁性薄膜を用い、パターン幅 24 μm 、パターン長さ 1.5 mm、膜厚 2 μm 、ライン数 8 の寸法で試作を行ったものであり、図 10 に示すように 5 V の 20 MHz の発振回路と検波回路から構成される評価回路で、最大で $V_s = 270 \text{ mV}$ の出力が得られている。

40

【0042】

なお渦巻状コイル 14 は、銅のコイルパターン幅 18 μm 、ピッチ 24 μm 、磁気検知部 12 上のクロスライン数 60 T で、第 1、第 2 の絶縁膜 21、22 の膜厚を 3 μm とし形成した。

【0043】

図 9 の実線で示すバイアス電流なしの特性と比較して、 $I_b = 15 \text{ mA}$ のバイアス電流を印加した場合は、破線で示すように 30 e シフトし、感度の傾斜度の大きいところにセッ

50

トできる。

【 0 0 4 4 】

また、本実施の形態では、磁気検知部 1 2 に高周波電流を印加し、その両端部間のインピーダンス変化を検知することにより外部磁界の大きさ及び方向を検知する構成を示したが、磁気検知部 1 2 に高周波電流を印加し、外部磁界に応じて渦巻状コイル 1 4 に発生する誘起電圧の変化を検知することにより、外部磁界の大きさ及び方向を検知する構成としてもよい。この場合に、渦巻状コイル 1 4 はバイアス磁界印加用ではなく、誘起電圧検知用として用いられる。

【 0 0 4 5 】

なお、図 1 1 は磁気検出素子の変形例を示し、2つのコイルを連続させ、それぞれ渦巻き中心を有する渦巻状コイル 1 4 ' を形成し、その中心部が磁気検知部 1 2 の両端にそれぞれ合わせるように積層して形成することも考えられる。

【 0 0 4 6 】

図 1 2 は第 2 の実施の形態の磁気検出素子のための回路図を示しており、第 1 の実施の形態と同様に、磁気検出素子の磁気検知部 1 2 の電極 1 3 a、1 3 b にパルス発振の電流を印加する。図 1 3 に示すように、磁気検知部 1 2 に流すパルス電流の立ち上がり、立下りに対応してピークを有するパルス出力が渦巻状コイル 1 4 の両端に現れる。このピークの高さ V_s が、外部磁界にほぼ比例して変化し、このピーク値を検波回路により取り出す。

【 0 0 4 7 】

ピーク値の検知はプラス側だけでなくマイナス側、又は両方のピークを処理して出力としてもよい。プラス側のピーク値を検波した際の特性は、図 1 4 に示すような S 字状の特性を有している。磁気検知部 1 2 と渦巻状コイル 1 4 が絶縁膜を挟んで、数 μm の間隔で近接するために、外部磁界に対する磁性薄膜の磁束変化が効率良く取り出されて高い誘起電圧が得られる。

【 0 0 4 8 】

続いて、第 1、第 2 の実施の形態において説明した磁気検出素子を組み込んだ携帯機器について説明する。2つの磁気検出素子を組み合わせることにより、方位センサとして腕時計及び PDA に組み込むことが可能となる。

【 0 0 4 9 】

図 1 5 は腕時計に磁気検出素子を方位センサとして組み込んだ例を示しており、回路基板 3 1 には 2 つの磁気検出素子から成る方位センサ 3 2 が長手方向が直交するように実装されている。更に、回路基板 3 1 には時計機能、方位センサ 3 2 を制御し、磁気検出素子のそれぞれからの出力を基に方位角の演算処理も行う CPU 3 3、方位センサ 3 2 を駆動させる駆動回路 3 4 が接続されている。また、CPU 3 3 には時計機能に関する各種操作ボタン 3 5 が接続され、更に腕時計の表面には時刻及び方位を表示する表示部 3 6 が設けられている。なお、方位センサ 3 2 の 2 つの磁気検出素子の直交軸の取り付け角度 (X , Y 方向) は自由に設定でき、ソフト上で最終的に方位の基準を定義する。

【 0 0 5 0 】

図 1 6 は PDA に磁気検出素子を方位センサとして組み込んだ例を示している。PDA のメイン回路基板 4 1 には、磁気検出素子から成る方位センサ 4 2 が組み込まれている。更に、メイン回路基板 4 1 には、方位センサ 4 2 を制御する CPU 4 3、方位センサ 4 2 を駆動する方位センサ駆動回路 4 4、PDA の各種機能、が接続されている。方位角の演算処理はこの CPU 4 3、方位センサ駆動回路 4 4 等の PDA の機能を処理する各種回路が演算処理する。また、CPU 4 3 には 3 2 M 程度のメモリ 4 5 が接続されている。更に、PDA 本体には各種操作を行うボタン 4 6、測定結果を表示する表示部 4 7、音声を発生するスピーカ 4 8 が設けられている。

【 0 0 5 1 】

方位センサ 4 2 の 2 つの磁気検出素子の直交軸の取り付け角度 (X , Y 方向) は自由に設定でき、ソフト上で最終的に方位の基準を定義する。この例においては、図示しない GPS センサにより、現在位置や方位センサ 4 2 により方位を検知し、その検知結果に基づい

10

20

30

40

50

てメモリ45に格納された地図情報を検索し、現在位置近傍の地図情報を表示すると共に、地図上に現在位置及び方位を表示することが可能である。

【0052】

【発明の効果】

以上説明したように本発明に係る磁気検出素子は、高感度な薄膜の磁気インピーダンス素子に対して、素子の性能が安定し、バイアスコイル或いは検出コイルを組み込んだ小型の素子を供給可能となり、電極やコイルパターンの自由度もあり、より小型の素子設計も可能である。また、コイルを磁気検知部に対して数 μm オーダで近接配置できるため、効率の良いバイアス磁界の印加或いは誘起電圧の検知が可能である。

【0053】

更に、本発明に係る磁気検出素子の製造方法は、素子の特性を確保してから、コイルを上側に積層して形成するため、製造方法は簡素であり、安定した性能が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態における磁気検出素子の斜視図である。

【図2】電流供給回路の回路図である。

【図3】電流供給回路の回路図である。

【図4】渦巻状コイルの断面図である。

【図5】コイルピッチと必要コイル電流値の関係のグラフ図である。

【図6】ラインピッチが可変した素子の平面図である。

【図7】ラインピッチが等間隔の素子の平面図である。

【図8】磁気検出素子の製造様式図である。

【図9】磁気検出素子の外部磁界検知特性図である。

【図10】磁気検出素子の評価回路の回路図である。

【図11】変形例の磁気検出素子の斜視図である。

【図12】第2の実施の形態における磁気検出素子の動作回路の電気回路図である。

【図13】磁気検知部への印加電圧と渦巻状コイルの出力との対応のグラフ図である。

【図14】電気回路における検出結果のグラフ図である。

【図15】磁気検出素子を方位センサとして組み込んだ腕時計の平面図である。

【図16】磁気検出素子を方位センサとして組み込んだPDAの平面図である。

【図17】従来例の磁気検出素子の斜視図である。

【図18】この磁気検出素子の特性図である。

【図19】他の従来例の磁気検出素子の平面図である。

【図20】この磁気検出素子の断面図である。

【符号の説明】

1 1 非磁性基板

1 2 磁気検知部

1 3 電極

1 4 渦巻状コイル

2 1、2 2 絶縁膜

3 1 回路基板

3 2、4 2 方位センサ

3 3、4 3 CPU

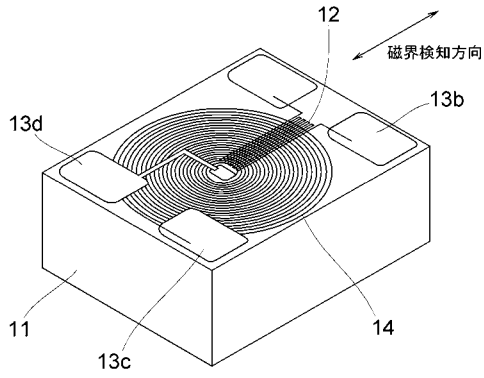
10

20

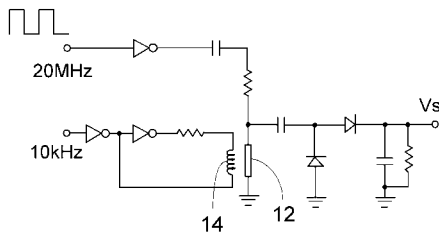
30

40

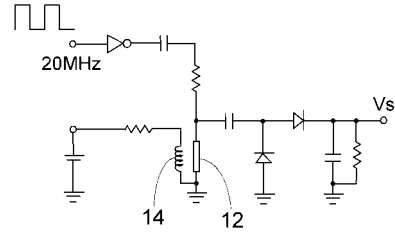
【図1】



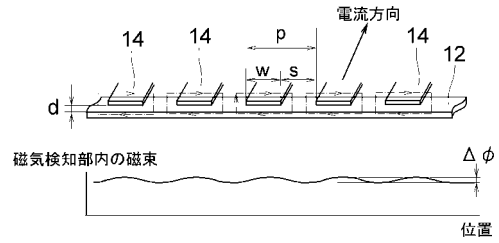
【図2】



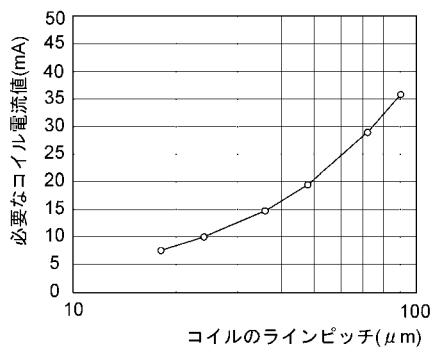
【図3】



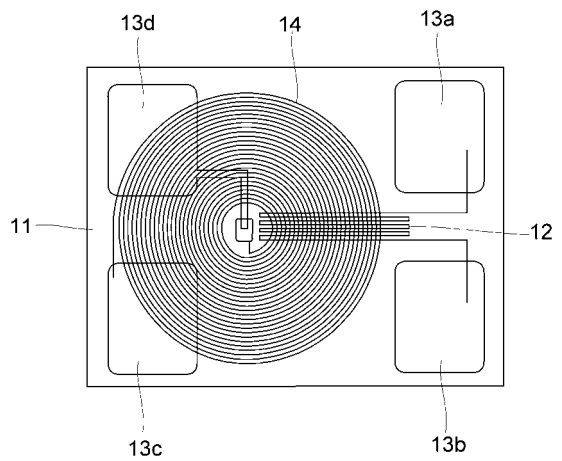
【図4】



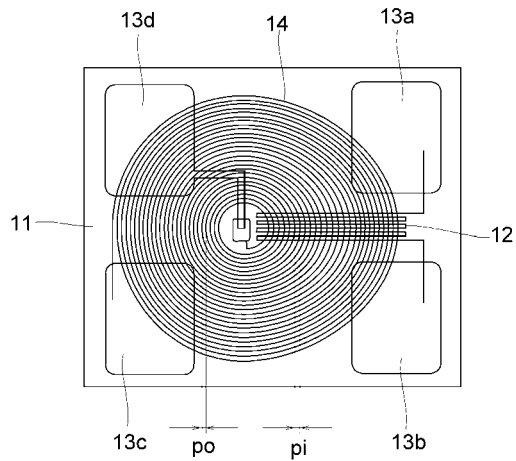
【図5】



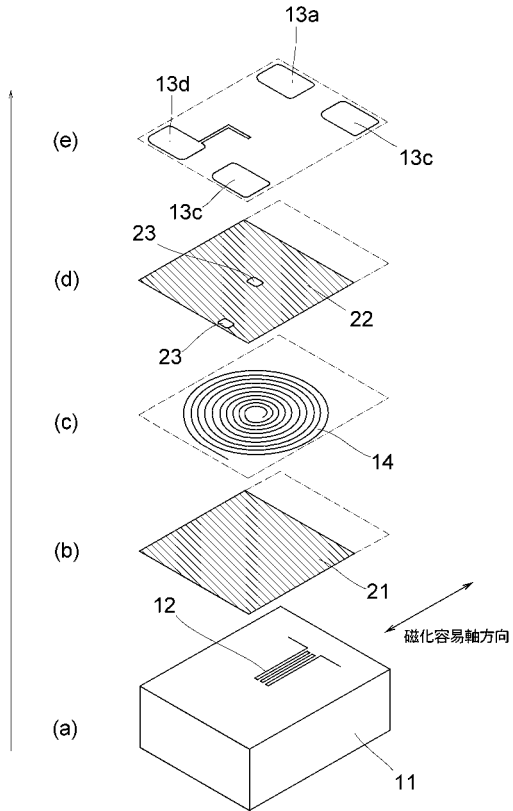
【図7】



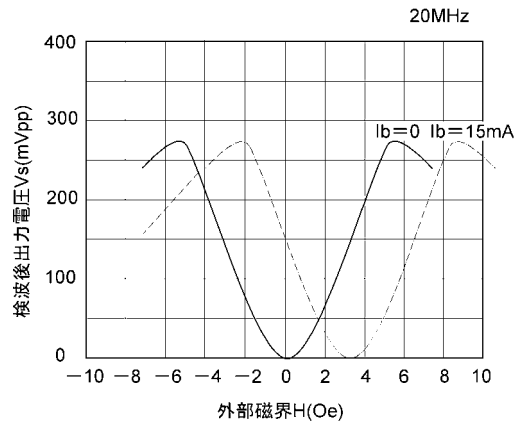
【図6】



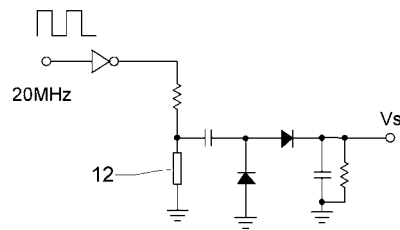
【図8】



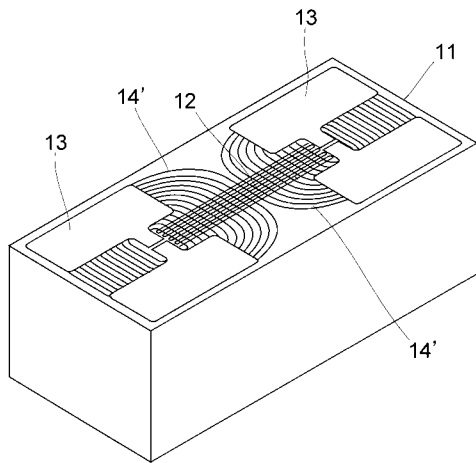
【図9】



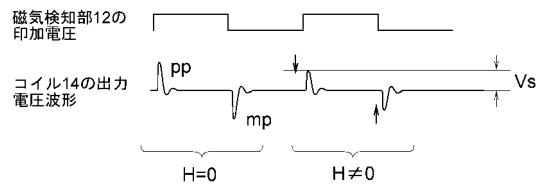
【図10】



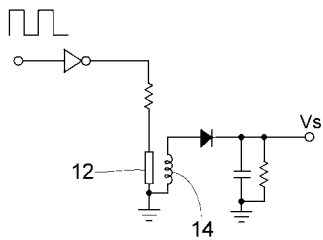
【図11】



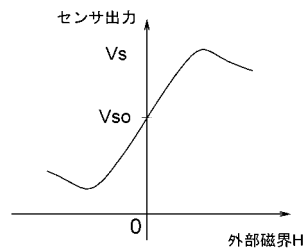
【図13】



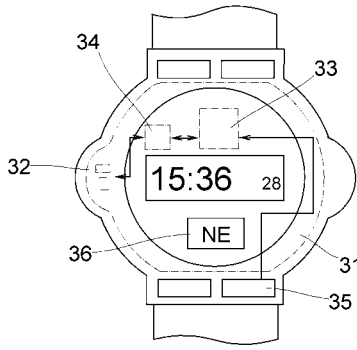
【図12】



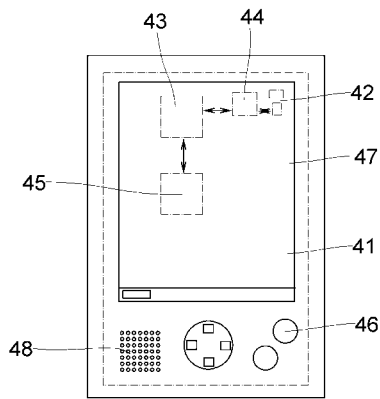
【図14】



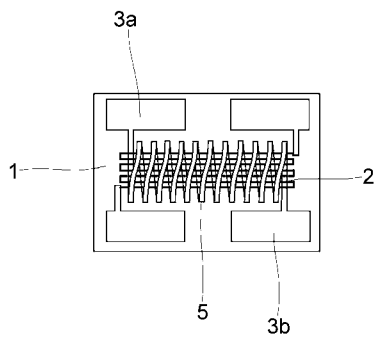
【図15】



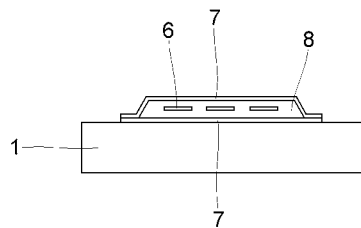
【図16】



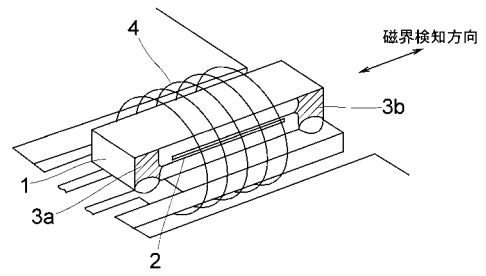
【図19】



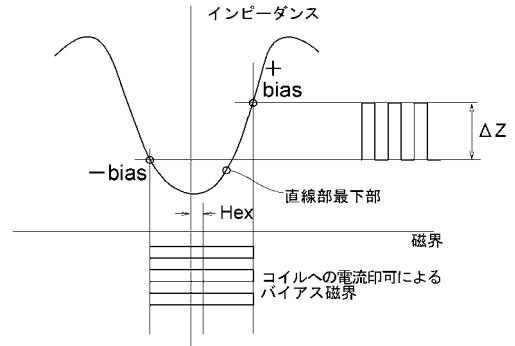
【図20】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-027664(JP,A)
国際公開第99/006848(WO,A1)
特開平08-330644(JP,A)
特開2001-208816(JP,A)
特開2003-004831(JP,A)
特開2001-221838(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 43/00
G01R 33/02
H01L 43/02