(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5150521号
(P5150521)

(45)発行日　平成25年2月20日(2013.2.20)　(24)登録日　平成24年12月7日(2012.12.7)

(51)Int.Cl.		F I		
G01B 7/00	(2006.01)	G01B	7/00	101E
H03K 17/95	(2006.01)	H03K	17/95	G
H03K 3/0231	(2006.01)	H03K	3/023	A

請求項の数 7　(全 12 頁)

(21)出願番号　特願2009-7740(P2009-7740)
(22)出願日　平成21年1月16日(2009.1.16)
(65)公開番号　特開2010-164472(P2010-164472A)
(43)公開日　平成22年7月29日(2010.7.29)
審査請求日　平成23年9月27日(2011.9.27)

(73)特許権者　000006666
アズビル株式会社
東京都千代田区丸の内２丁目７番３号
(74)代理人　110000121
アイアット国際特許業務法人
(72)発明者　林　巧
東京都千代田区丸の内２丁目７番３号　株式会社山武内
(72)発明者　川井　真一
東京都千代田区丸の内２丁目７番３号　株式会社山武内
(72)発明者　尾身　知子
東京都千代田区丸の内２丁目７番３号　株式会社山武内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】高周波発振形近接センサ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
少なくともコイルとコンデンサと増幅器とを含む発振回路を有し、導電性を有する検出対象物の近接に伴って生じる上記コイルのＱ値の変化によって上記検出対象物の有無または／および距離を検出する高周波発振形近接センサにおいて、
比透磁率が実質的に１であり、かつ、２０℃での体積抵抗率が４５×１０$^{-8}$（Ω・ｍ）以上の金属からなる部材が上記コイルと上記検出対象物との間に配置されており、
上記検出対象物が上記コイルに近接したときに、上記検出対象物が強磁性体の場合には上記検出対象物が無いときよりも上記Ｑ値が減少し、上記検出対象物が非磁性体の場合には上記検出対象物が無いときよりも上記Ｑ値が増加するように上記発振回路の発振周波数が設定されている、
ことを特徴とする高周波発振形近接センサ。
【請求項２】
請求項１記載の高周波発振形近接センサにおいて、
前記部材は、非磁性のステンレス鋼製である、
ことを特徴とする高周波発振形近接センサ。
【請求項３】
請求項１または２記載の高周波発振形近接センサにおいて、
前記増幅器は入力電圧の絶対値の増加に伴い出力の増幅利得が減少する非線形の入出力電圧特性を有し、前記発振回路に前記Ｑ値の変化に応じて発振振幅を変化させる軟発振特

性を付与する、
ことを特徴とする高周波発振形近接センサ。
【請求項４】
請求項１から３のいずれか１項記載の高周波発振形近接センサにおいて、
前記コイルの一端を共通接続して縒り合わせた２本のコイル導体からなり、その一方を前記発振回路を構成する発振回路用コイルとすると共に、他方を銅抵抗補償用コイルとした２糸コイルと、
上記２糸コイルのインダクタンスとその誘導性の内部抵抗との直列回路と、この直列回路の一端にそれぞれ接続される上記発振回路用コイルおよび上記銅抵抗補償用コイルの各銅抵抗として示される上記２糸コイルの等価回路における前記各銅抵抗と上記直列回路との接続点を仮想接地する銅抵抗補償回路とを具備する、
ことを特徴とする高周波発振形近接センサ。
【請求項５】
請求項１から４のいずれか１項記載の高周波発振形近接センサにおいて、
前記発振回路の発振振幅に応じた振幅信号を出力する振幅検出手段と、
上記振幅信号と予め設定された閾値とを比較してその結果を出力する比較手段と、
を備える、
ことを特徴とする高周波発振形近接センサ。
【請求項６】
請求項５記載の高周波発振形近接センサにおいて、
前記比較手段は、前記検出対象物が無いときの振幅信号よりも高い値に設定された第１の閾値と前記検出対象物が無いときの振幅信号よりも低い値に設定された第２の閾値とを有する、
ことを特徴とする高周波発振形近接センサ。
【請求項７】
請求項６記載の高周波発振形近接センサにおいて、
前記比較手段は、ウィンドウ・コンパレータによって構成されている、
ことを特徴とする高周波発振形近接センサ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、高周波発振形近接センサに関する。
【背景技術】
【０００２】
検出対象物の有無（接近）を非接触で検出する近接センサとして、検出用コイルとコンデンサとを含んで構成される電気的な発振回路（以下では発振回路ともいう）を備えるものが知られている。一般に、光学的な近接センサと区別するために、高周波発振形近接スイッチまたは高周波発振形近接センサと呼ばれる。この種の高周波発振形近接センサ（以下、単に近接センサという）においては、検出用コイルに導電性を有する検出対象物（例えば金属）が接近すると、電磁誘導作用によりこの検出用コイルのＱ値（Ｑｕａｌｉｔｙ　ｆａｃｔｏｒともいう。Ｑ値が高いほど損失が小さい）が変化する。近接センサは、この変化に伴って発振回路の発振周波数や振幅が変化することを利用して検出対象物の存在または接近を検出する。
【０００３】
ここで、Ｑ値とは検出用コイルの自己インダクタンスをＬとし、内部抵抗をＲとし、この検出用コイルと共振用のコンデンサとにより形成されるＬＣ発振回路における共振角周波数をωとしたとき、近似的に「Ｑ＝ωＬ／Ｒ」として与えられるものである。
【０００４】
このような原理の近接センサでは、Ｑ値をより大きく変化させる検出対象物であればあるほど検出距離を長くとることができる。例えば、鉄は、検出用コイルに接近するのに伴

って渦電流損が発生し易い。このため、鉄側に発生した渦電流損によって検出用コイルの内部抵抗Ｒも大きくなり、Ｑ値を大きく低下させる。よって、鉄が検出対象物であると検出距離を長くとることができる。例えば、Ｍ１８（直径１８ｍｍの円筒形）と呼ばれる大きさの近接センサを用いて鉄を検出する場合には、その検出距離を７～８ｍｍとすることができる。これに対し、渦電流損が発生し難いアルミニウム（以下、単にアルミという）では、同じ直径１８ｍｍの近接センサを用いても検出距離は３ｍｍほどである。

【０００５】

図１０は、検出対象物が磁性体（代表的には鉄）の場合と非磁性体（代表的にはアルミ）の場合とで検出対象物の位置の変化に伴う検出用コイルにおけるＱ値の変化を示す図である。図１０は、横軸に接近距離をとり、縦軸にＱ値をとる。図１０における実線の四角のプロットは鉄の場合であり、破線の菱形のプロットはアルミの場合である。また、発振回路の発振周波数は１０ＫＨｚとしている。図１０からわかるように、検出対象物が鉄の場合には、接近距離が７ｍｍよりも短くなったときに、Ｑ値の低下が見られるのに対し、検出対象物がアルミの場合には、接近距離が３ｍｍよりも短くなったところでないと、Ｑ値の低下は見られない。すなわち、鉄の場合は、検出距離は７ｍｍで、アルミの場合は、検出距離は３ｍｍとなる。このように、検出対象物として、鉄よりもアルミの検出距離が短いという問題がある。

【０００６】

これに対して、特許文献１には、磁性体および非磁性体の検出対象物のいずれに対しても同じ感度を有する、いわゆるオール・メタル形の近接センサが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００７】

【特許文献１】特開平３－２９４１５

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

劣悪な環境下で使用される近接センサには機械的または化学的な耐久性が要求されるため、機械的強度および耐食性に優れた非磁性金属（例えばオーステナイト系ステンレス鋼）からなる外装が必要とされる。しかしながら、一般的な高周波発振形近接センサにオーステナイト系ステンレス鋼の外装を用いると、その最大検出距離は、検出対象物が鉄であっても５ｍｍ程度に低下し、検出対象物がアルミだと実用にならない程にまで低下してしまう。また、特許文献１に開示されたオール・メタル形の近接センサを上記金属製の外装に収容すると（すなわち検出用コイルと検出対象物との間に上記金属が存在すると）、その最大検出距離は、実用にならない程にまで低下してしまう。

【０００９】

本発明は、このような背景の下に行われたものであって、上記金属製の外装に収容しても検出対象物としての鉄およびアルミに対して実用的な検出距離を有する近接センサを提供することを目的とする。

【００１０】

なお、本明細書では、説明をわかりやすくするために、検出対象物の材質として鉄とアルミを代表例に用いて説明を行うが、電気的あるいは磁気的な性質が鉄（強磁性・導電性）やアルミ（非磁性・導電性）に類似した物質であれば、それらの類似物質にも本発明の近接センサを適用することができる。よって、本明細書の説明内容により本発明の適用対象が鉄およびアルミに限定されるものではない。例えば、強磁性かつ導電性を有する物質としてはニッケル、コバルト、これらを含む合金、これらの金属粉末を合成樹脂中に分散させた複合材料等が挙げられる。また、非磁性かつ導電性を有する物質としては金、銀、銅などの非磁性金属、これらを含む合金、これらの金属粉末を合成樹脂中に分散させた複合材料等が挙げられる。これらの検出対象物は全て本発明の適用対象である。なお、本明細書では、強磁性体以外を非磁性体と呼ぶ。

【課題を解決するための手段】
【００１１】
本発明の高周波発振形近接センサは、少なくともコイルとコンデンサ（キャパシタともいう）と増幅器とを含む発振回路を有し、導電性を有する検出対象物の近接に伴って生じるコイルのＱ値の変化によって検出対象物の有無または／および距離を検出する高周波発振型近接センサにおいて、比透磁率は実質的に１であり、かつ、２０℃での体積抵抗率が４５×１０$^{-8}$（Ω・ｍ）以上の金属からなる部材がコイルと検出対象物の間に配置されており、検出対象物がコイルに近接したときに、検出対象物が強磁性体の場合には検出対象物が無いときよりもＱ値が減少し、検出対象物が非磁性体の場合には検出対象物が無いときよりもＱ値が増加するように発振回路の発振周波数が設定されていることを特徴とする。
【００１２】
さらに、上述した部材は、非磁性のステンレス鋼製であることを特徴とする。
【００１３】
さらに、増幅器は入力電圧の絶対値の増加に伴い出力の増幅利得が減少する非線形の入出力電圧特性を有し、発振回路に上記Q値の変化に応じて発振振幅を変化させる軟発振特性を付与することを特徴とする。
【００１４】
さらに、コイルの一端を共通接続して縒り合わせた２本のコイル導体からなり、その一方を発振回路を構成する発振回路用コイルとするとともに、他方を銅抵抗補償用コイルとした２糸コイルと、２糸コイルのインダクタンスとその誘導性の内部抵抗との直列回路と、この直列回路の一端にそれぞれ接続される発振回路用コイル及び銅抵抗補償用コイルの各銅抵抗として示される２糸コイルの等価回路における各銅抵抗と直列回路との接続点を仮想接地する銅抵抗補償回路とを具備したことを特徴とする。
【００１５】
さらに、発振回路の発振振幅に応じた振幅信号を出力する振幅検出手段（例えば、バッファおよび平滑化コンデンサ）と、振幅信号と予め設定された閾値とを比較してその結果を出力する比較手段（例えば、ウィンドウ・コンパレータ）と、を備えることを特徴とする。
【００１６】
さらに、比較手段は検出対象物が無いときの振幅信号よりも高い値に設定された第一の閾値と検出対象物が無いときの振幅信号よりも低い値に設定された第２の閾値とを有することを特徴とする。
【００１７】
さらに、比較手段は、ウインドウ・コンパレータによって構成されていることを特徴とする。
【発明の効果】
【００１８】
本発明によれば、上述したような金属製の外装に収容しても検出対象物としての強磁性体および非磁性体に対して実用的な検出距離を有する近接センサを得ることができる。
【図面の簡単な説明】
【００１９】
【図１】本発明の実施の形態に係る近接センサの内部構成の概念図である。
【図２】図１に示す近接センサのセンサ本体にステンレスカバーを装着する様子を示す図である。
【図３】図１に示す近接センサのセンサ本体にステンレスカバーを装着した状態を示す図である。
【図４】図１に示す近接センサの外観図である。
【図５】図１に示す近接センサにおける検出対象物の接近距離とＱ値との関係を示す図である。

【図６】図１に示す近接センサにおいて基準点と検出対象物との間の距離を５ｍｍに設定したときのＱ比と発振周波数との関係を示す図である。
【図７】図１に示す近接センサの発振回路の要部概略構成図である。
【図８】図１、図７に示す非線形増幅器の非線形の入出力特性を示す図である。
【図９】図１に示す近接センサにおけるコイルの等価回路を示す図である。
【図１０】従来の近接センサを用いたときの検出対象物が鉄の場合とアルミの場合とで検出用コイルにおけるＱ値の変化を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００２０】
本発明の実施の形態における近接センサ４を図１から図７を参照して説明する。図１は、近接センサ４の内部構成の概念図である。図２および図３は、近接センサ４の主要構成部となる非磁性体からなるカバー（以下、ステンレスカバーあるいは単にカバーということもある）１と近接センサ本体２との関係を示す図である。このカバー１は、その物理的な特性として、比透磁率が実質的に１であり、かつ、２０℃において４５×１０$^{-8}$（Ω・ｍ）以上の体積抵抗率を有することが望ましい。この条件を満たす材質であれば本発明に適用することが可能であるが、機械的強度や入手・加工の容易性を考慮すると、オーステナイト系ステンレス鋼が最も実用に適している。図２は、センサ本体２にステンレスカバー１を装着する様子を示す図である。図３は、センサ本体２にステンレスカバー１を装着した状態を示す図である。図４は、近接センサ４の外観図である。図５は、検出対象物７の接近距離とＱ値との関係を示す図であり、横軸に接近距離をとり、縦軸にＱ値をとる。なお、図５は発振回路（共振回路）５の発振周波数が２０ＫＨｚの場合の例で、実線の四角は鉄を示し、破線の菱形はアルミを示す。
【００２１】
本発明の実施の形態に係る近接センサ４は、図１に示すように、コイル１０とコンデンサ６とを含んで構成される発振回路５を備えている。そして、近接センサ４は、導電性を有する検出対象物７の存在または接近によるコイル１０のＱ値の変化に基づいて検出対象物７の存在または接近を検出する。磁気的な特性を最適化するために、コイル１０は軟磁性フェライトなどの高透磁率材料からなるコア（図示せず）に収容されることが多い。また、使用目的によっては、近接センサ４は、検出対象物７と近接センサ４上の基準点Ｐとの間の距離を検出する。ここで、基準点Ｐとは、例えば、図１や図４に示すように、ステンレスカバー１の検出対象物と向き合う面上の点である。
【００２２】
ここで、この近接センサ４は、図２～図４に示すように、センサ本体２（コイル１０を含むボビン、発振回路５および検出部８等の電気回路を形成するプリント配線基板など）の筐体としてステンレス製部材であるステンレスカバー１を有するので、筐体の少なくとも検出対象物７が接近してくる部分にステンレス製部材であるステンレスカバー１が配置されることになる。このステンレスカバー１と検出用コイル１０との間の距離ｍ（図１参照）は、コイル１０のＱ値が、ステンレスカバー１が無い場合と比較して低下する距離に設定される。このコイルのＱ値の低下はステンレスカバー１に生じる電磁誘導の影響によるものである。この距離ｍは、通常、数ミリメートル以下となるように設定される。ステンレスカバー１の外周には雄ネジが形成されており、これに適合した雌ネジを有する取付ナット３で取付対象物に取り付けられる。また、これはオプション（選択可能な構成要素）になるが、後述のように近接センサ４が軟発振特性を有する場合には、図１に示すように、コイル１０を含んで構成される発振回路５の発振振幅を観察するためにウィンドウ・コンパレータ９を備える。このウィンドウ・コンパレータ９は複数の閾値を持ち、これらの閾値と入力値（具体的には発振回路５の発振振幅を表す電圧値）との大小関係を判定して、それぞれ出力する機能を有する。
【００２３】
上述した近接センサ４は、ステンレスカバー１の作用によりコイル１０のＱ値が低いものとなる。このようにコイル１０のＱ値を低くした状態において、アルミである検出対象

物７がコイル１０に接近すると、コイル１０の磁束の配列が変化し、結果的にステンレスカバー１による損失が減少して図５に示すようにＱ値が上昇する。このような現象は、発明者による度重なる実験によって確認されている。なお、鉄である検出対象物７がコイル１０に接近するとＱ値が下がることは従来と同様である。発振回路５の発振振幅はＱ値に応じた電圧として観測される。

【００２４】

ただし、発振回路５の発振周波数には、上記の判定に適さない周波数領域も存在する。図６は、外径１８ｍｍの円柱状の近接センサにおいて、基準点Ｐと検出対象物７との間の距離を５ｍｍに設定したときのＱ比と発振回路５の発振周波数との関係を示す図である。図６は、横軸に発振回路５の発振周波数をとり、縦軸にＱ比をとる。なお、Ｑ比とは、検出対象物７を近接センサ４に接近させたときのＱ値をＱinとし、検出対象物がないときのＱ値をＱoutとしたときの両者の比であり、Ｑ比＝Ｑin／Ｑoutとして表した値である。Ｑ比は、「％」の単位で示している。

【００２５】

図６によれば、例えば発振周波数が１０ｋＨｚのとき、アルミ製の検出対象物７が基準点Ｐから５ｍｍの位置に存在するにもかかわらずＱ比は１００％となり（すなわち検出対象物７が無いときのＱ値と同じとなり）、アルミ製の検出対象物７を検出できない。アルミ検出として好まれるのはＱ比が「１００」から離れた領域であり、図６からは１５ｋＨｚ～４０ｋＨｚで、さらに好ましいのは２０ｋＨｚ～３５ｋＨｚと言える。一方、鉄製の検出対象物７の検出に好ましいのはＱ比が１００％を下回る５ｋＨｚ～３５ｋＨｚであり、さらに好ましいのは７ｋＨｚ～２０ｋＨｚである。したがって、図６の例において、アルミ製の検出対象物７および鉄製の検出対象物７の両方を検出するためには、発振回路５の共振周波数を２０ｋＨｚ近傍に設定することが好ましい。当然ながら、発振回路５の共振周波数は、発振回路５を構成するコイル、コンデンサおよび抵抗の各電気的特性値（Ｌ、Ｃ）を調節することで任意に設定できる。

【００２６】

図６に示すように、Ｑ比の状態は、検出対象物７がアルミである場合と鉄である場合とでは変化の傾向が逆になることがわかる。このことは、図５からも推測できるがＱ比の状態を観測することにより一層明らかである。また、図５によれば、横軸の接近距離が８ｍｍよりも短くなったところから鉄とアルミとで変化の傾向に差が現れていることがわかる。

【００２７】

ところで、通常のＬＣＲ型発振回路は、Ｑ値のわずかな変化に応じて発振が生起または停止するという、いわゆる硬発振特性を有している。すなわち、実質的に発振および停止のいずれかの状態しか採り得ない。そのため、上述のように一つの近接センサでアルミ製の検出対象物７および鉄製の検出対象物７の両方を検出できるように構成しても、アルミ検出専用の設定（通常は停止しておりアルミが接近すると発振を開始する）か、鉄専用の設定（通常は発振しており鉄が接近すると発振が停止する）か、のいずれかにしか用いることができない。そこで、ひとつの近接センサにおいてアルミおよび鉄の両用の設定を可能にしたいという新たな課題が生じる。この課題を解決するために、発振回路５に発振振幅が徐々に変化する特性（いわゆる軟発振特性）を付与する必要がある。

【００２８】

検出対象物７の検出用コイル１０への接近距離に応じて発振振幅がアナログ的に変化する軟発振回路を構成した場合、発振振幅の変化は図５のＱ値に似た曲線を描くので、図５のグラフの縦軸である「Ｑ値」を「発振振幅」と読み代えて考える。すなわち、コイルのＱ値の増減に伴って発振回路５の発振振幅も増減する。

【００２９】

従って、検出対象物７のコイル１０への接近距離に応じて発振振幅がアナログ的に変化する軟発振を用い、そのＱ値の変化の傾向を調べることにより、鉄であってもアルミであってもひとつの近接センサ４により検出可能となる。さらに軟発振を用いた場合には、発

振振幅の遷移の方向を調べることにより、検出された検出対象物７が鉄であるかアルミであるかを判別することもできる。具体的には、発振回路５の振幅信号を前述のウィンドウ・コンパレータ９へ入力して二つの閾値と比較し、入力電圧が上側の閾値を上回った場合にアルミ製の検出対象物７が接近したものと判定する。また、入力電圧が下側の閾値を下回った場合に鉄製の検出対象物７が接近したものと判定する。入力電圧が二つの閾値の間にあるときは、いずれの検出対象物７も接近していないものと判定する。

【００３０】

ところで、このような高周波発振型近接センサには、一般的にその検出特性が安定であることのみならず、その検出距離を十分に長く設定し得ること等が要求される。特開２００３－２９８４０３に開示された構成によれば、検出用コイルの銅抵抗成分を仮想的に短絡して検出用コイルのＱ値およびＱ比を改善し、検出感度の向上を図ることができると共に、銅抵抗に起因する温度依存性を除去することができる。また、反転増幅器を用いた簡単な構成で銅抵抗を仮想的に短絡することができる。そこで、このような構成を適用して、検出距離のいっそうの長距離化を図ることが可能である。

【００３１】

このような原理に基づき鉄であってもアルミであっても検出可能な近接センサ４の発振回路５の具体的な実施の形態を図７～図９を参照して説明する。図７は、この実施の形態に係る近接センサ４の発振回路５の要部概略構成図である。この近接センサ４の発振回路５は、例えば一端（図９のＴ１）を共通に接続した２本の高周波リッツ線を互いに縒り合わせた２糸コイル（１０－１、１０－２）を樹脂製のボビンに巻装し、このボビンにフェライトコアを挿入して形成されたコイル１０を備えたものである。そのコイル１０は、並列に接続されたコンデンサ１５との間でＬＣ並列共振器を形成している。すなわち、コンデンサ１５の一端は共通端子Ｔ１に接続され、他端は後述の反転増幅器１３の非反転入力端子と共に接地されている。このような２糸で形成されたコイル１０のうち銅抵抗補償用コイル１０－２の他端（図９のＴ３）は反転増幅器１３の反転入力端子に接続され、発振回路用コイル１０－１の他端（図９のＴ２）は反転増幅器１３の出力端子に接続されて銅抵抗補償回路を形成している。すなわち、反転増幅器１３は、銅抵抗補償用コイル１０－２ の他端に生じる電圧を反転増幅し、その出力を発振回路用コイル１０－１の他端に負帰還することで、２糸コイル１０の銅抵抗を打ち消すように作用する。

【００３２】

このような銅抵抗補償回路は、基本的には図９（Ａ） に示すように２糸で構成されたコイル１０のインダクタンスＬ（＝Ｌ１＝Ｌ２）とその誘導性の内部抵抗Ｒｉとの直列回路およびこの直列回路の一端Ｔ１にそれぞれ接続される発振回路用コイル１０－１および銅抵抗補償用コイル１０－２の各銅抵抗をＲcuとした場合に、図９（Ｂ）に示す等価回路として表すことができる。銅抵抗補償回路は、この等価回路における各銅抵抗Ｒcuと直列回路との接続点Ｄを仮想接地する役割を担う。そして接続点Ｄの仮想接地により銅抵抗Ｒcuの存在自体を打ち消すことで、発振回路５における銅抵抗Ｒcuに起因する検出特性の不安定化を防止するものである。

【００３３】

なお、コイル１０を形成する導線の材質として専ら銅が使用されることから、その電気的性質を「銅抵抗」と称するが、導線の材質として他の金属材料を用いた場合も原理上の差異は無いので、本発明の技術的思想に含まれることは言うまでもない。

【００３４】

また、非線形増幅器１２は、コイル１０に接続されてコイル１０を発振駆動する発振回路を構成する。例えば、図８に示すように、その入力電圧V_{in}の絶対値が増すと、それに応じて増幅利得が減少する非線形の出力V_{out}を示すものとなっている。このような非線形増幅器の回路構成は公知なので詳述しない（例えば特開２００２－３７４１５５を参照のこと）。図８では入力V_{in1}およびV_{in2}を境界値として増幅利得が変化するが、境界値の数をさらに増して入出力特性を曲線に近いものとしても良い。非線形増幅器１２は、さらに、コイル１０のＱ値の変化に応じてコイル１０に生起される発振振幅を変化させる役

割を担う。この非線形増幅器１２は、基本的にはコイル１０に生起された電圧を入力して増幅し、その増幅出力電圧を抵抗器１４を介して電流変換してコイル１０に出力することで、入力電圧に応じて電流を吐き出すという負性抵抗のような働きを呈する。この働きにより、非線形増幅器１２は、コイル１０を発振駆動する。発振振幅が大きくなると増幅利得が減少することから、コイルのＱ値の変化に対する発振振幅の急激な変化が抑制され、いわゆる軟発振特性を得ることができる。

【００３５】

なお、本発明の実施の形態においては、発振回路用コイル１０－１のＱ値を低下させるためにステンレスカバー１を用いた。これは発振回路用コイル１０－１における磁束の配列の変化が必須要件である。よって、単に発振回路５の諸元の設定によってＱ値が低い状態を作り出しても上述した原理は成立しない。

【００３６】

また、センサ本体２を保護する目的で、既にステンレスカバー１が被覆された近接センサが実用化されている。これにより、既存のステンレスカバーを備えた近接センサを本実施の形態の近接センサ４に改造することは容易である。

【００３７】

また、発振回路用コイル１０－１のＱ値を低下させることができれば、カバーは必ずしもステンレス製でなくてよい。よって、近接センサ４のカバーをステンレス製のカバーに限定するものではない。ただし、比透磁率が実質的に１であり、かつ、２０℃の体積抵抗率が４５×１０$^{-8}$（Ω・ｍ）以上の金属を用いる必要がある。

【００３８】

以上の実施の形態では、銅抵抗補償回路付きのコイル１０を用いる例を説明した。これにより、所望する検出距離（７～８ｍｍ）を鉄とアルミの両者に対して確保することができる。しかしながら、鉄およびアルミの双方を検出可能な近接センサを実現する上で、銅抵抗補償回路は必須ではない。このため、本発明の適用範囲を銅抵抗補償回路付きのコイル１０を有する近接センサに限定するものではない。

【００３９】

なお、図５に示したデータは、発振回路５における発振周波数を２０ｋＨｚとした場合のデータである。このように、発振回路５の発振周波数は、２０ｋＨｚという比較的低い周波数である。このような状況下では、検出対象物７のコイル１０への接近に伴い変化する交流性の抵抗よりも銅抵抗の方が支配的となる。このため、銅抵抗補償回路の有効性は高い。

【００４０】

以上、本発明の実施の形態およびその変形例を説明したが、本発明の実施の形態は、その要旨を逸脱しない限り、様々に変更できる。例えば、比誘電率が実質的に１であり、２０℃での体積抵抗率が４５×１０$^{-8}$（Ω・ｍ）以上のものとして、ステンレスを示したが、ステンレスの場合は、ほとんどのものがこの値を満足する。例えば、ＳＵＳ４１０はこの値を満足する（６２×１０$^{-8}$（Ω・ｍ））。また、ＳＵＳ３０３も満足する。ステンレス以外には、マンガン、ニクロム、チタンがこの値を満足する。２０℃での体積抵抗率が２０×１０$^{-8}$（Ω・ｍ）未満であると、検出用コイル１０－１に近づけてもＱ値の低下は僅かであり、上述した現象を利用するには困難を伴う。好ましいのは４５×１０$^{-8}$（Ω・ｍ）以上であり、さらに好ましいのはＳＵＳ３０３（２０℃での値が７２×１０$^{-8}$（Ω・ｍ））の値以上である。

【産業上の利用可能性】

【００４１】

本発明は、コイルのＱ値の変化によって検出対象物の有無または／および距離を検出する全ての近接センサに利用できる。

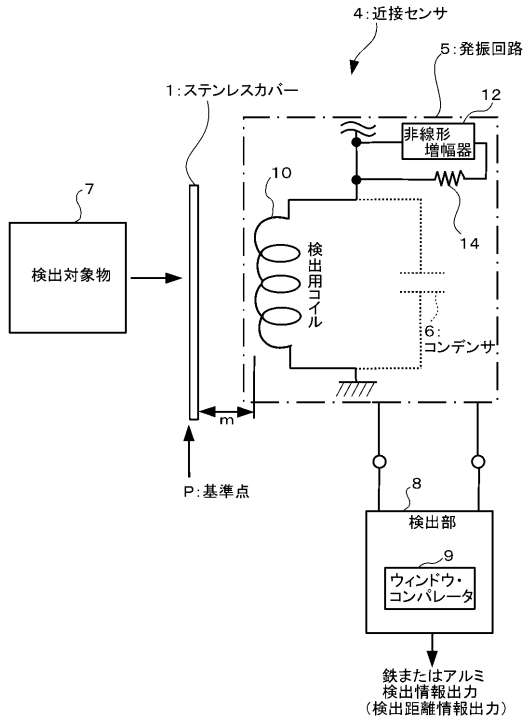
【符号の説明】

【００４２】

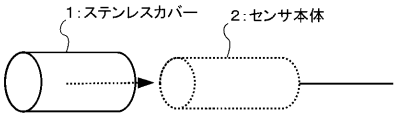
１…ステンレスカバー（部材）、２…センサ本体、３…取付ナット、４…近接センサ、５

…発振回路、６…コンデンサ、７…検出対象物、８…検出部、９…ウィンドウ・コンパレータ（共振周波数の変化を検出する手段）、１０…コイル、１０－１…発振回路用コイル、１０－２…銅抵抗補償用コイル、１１…バッファ、１２…非線形増幅器、１３…反転増幅器、１４…抵抗器、１５…コンデンサ

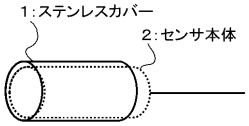
【図１】



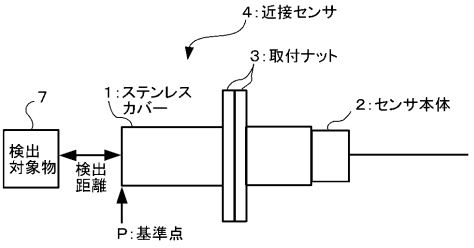
【図２】



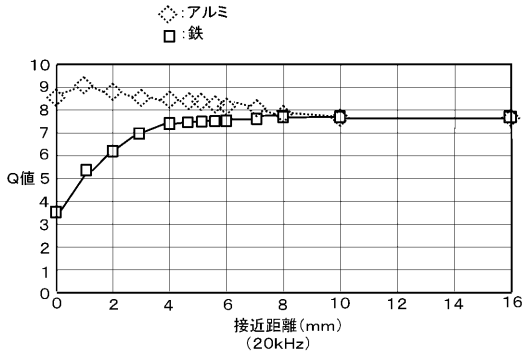
【図３】



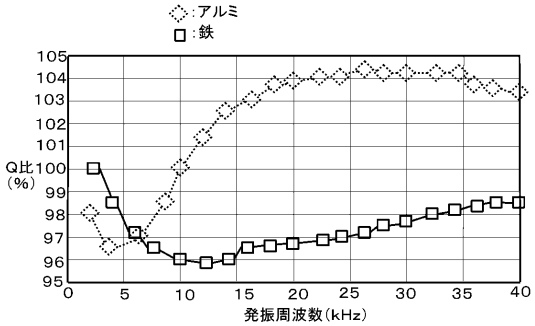
【図４】



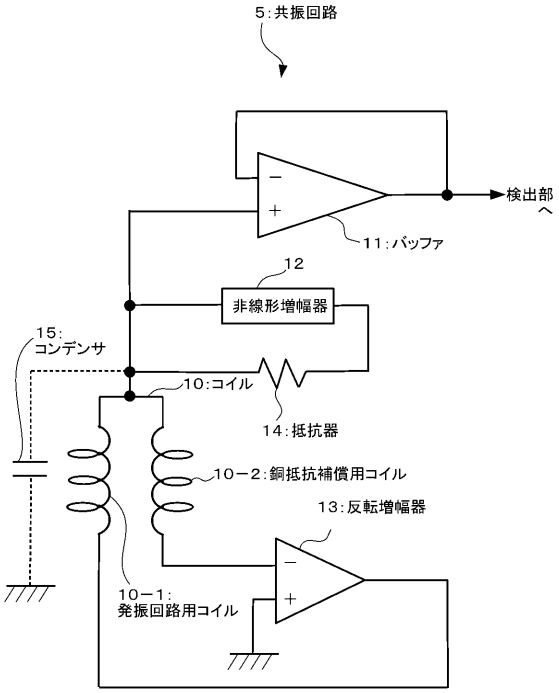
【図５】


:アルミ
:鉄
Q値
接近距離（mm）
（20kHz）

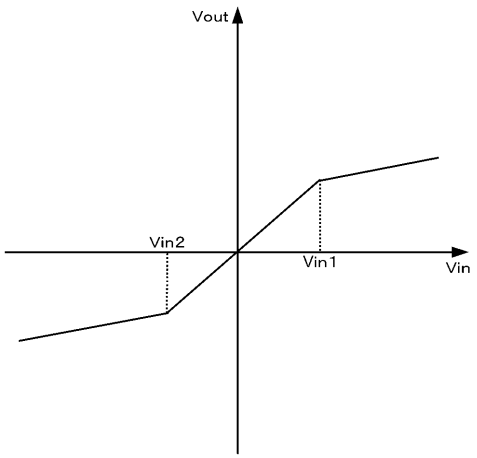
【図６】


:アルミ
:鉄
Q比（%）
発振周波数（kHz）

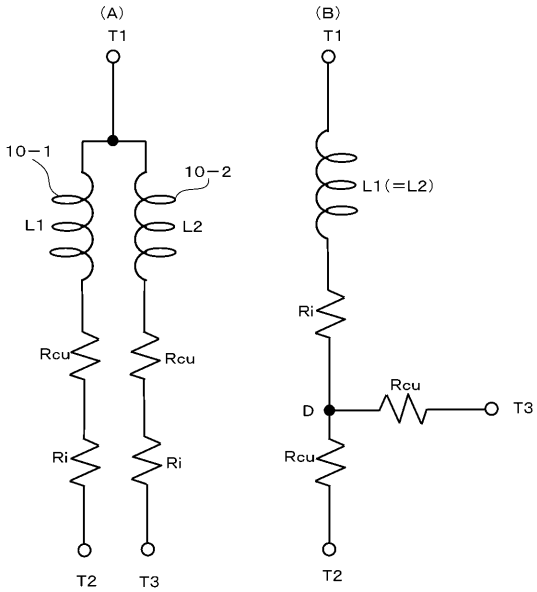
【図７】


5：共振回路
検出部へ
11：バッファ
12
非線形増幅器
15：コンデンサ
10：コイル
14：抵抗器
10－2：銅抵抗補償用コイル
13：反転増幅器
10－1：発振回路用コイル

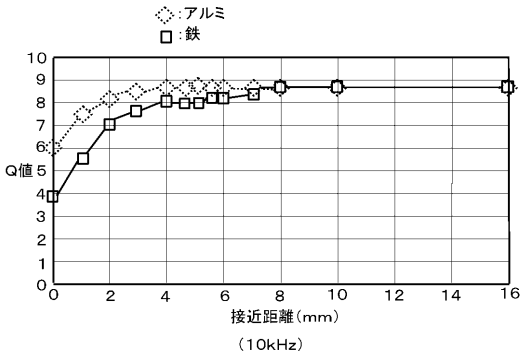
【図８】


Vout
Vin2
Vin1
Vin

【図９】


(A)
T1
10－1
10－2
L1
L2
Rcu
Rcu
Ri
Ri
T2
T3
(B)
T1
L1（=L2）
Ri
Rcu
D
T3
Rcu
T2

【図１０】



フロントページの続き

(72)発明者　本間　隆
東京都千代田区丸の内２丁目７番３号　株式会社山武内

審査官　中川　康文

(56)参考文献　特開昭６２－１８６６１４（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－１９２２１９（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－０２９４１５（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－１０９８１６（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－２４５６１０（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－０５８３３０（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－０７７９９３（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－０２１３０６（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－０７８４８２（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－３１３５５６（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－０１４１７６（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－３７４１５５（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－２９８４０３（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－３２５１２２（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－０７４５１９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０１Ｂ　　７／００－７／３４
Ｇ０１Ｄ　　５／００－５／２５２；５／３９－５／６２
Ｇ０１Ｒ　３３／００－３３／２６
Ｇ０１Ｖ　　１／００－９９／００
Ｈ０１Ｈ　３６／００－３６／０２
Ｈ０３Ｋ　　３／００－３／２２
Ｈ０３Ｋ　１７／７４－１７／９８