

(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2005-291941

(P2005-291941A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO 1 S 15/42	GO 1 S 15/42	5 D 0 1 9
BO 6 B 1/02	BO 6 B 1/02	5 D 1 0 7
GO 1 S 7/521	HO 4 R 17/00	5 J 0 8 3
GO 1 S 7/524	GO 1 S 7/52	
HO 4 R 17/00	GO 1 S 7/52	
	審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 12 頁)	

(21) 出願番号 特願2004-107900 (P2004-107900)
 (22) 出願日 平成16年3月31日 (2004.3.31)

(71) 出願人 000005832
 松下電工株式会社
 大阪府門真市大字門真1048番地
 (74) 代理人 100084375
 弁理士 板谷 康夫
 (72) 発明者 北田 耕作
 大阪府門真市大字門真1048番地 松下
 電工株式会社内
 (72) 発明者 山中 浩
 大阪府門真市大字門真1048番地 松下
 電工株式会社内
 Fターム(参考) 5D019 AA09 BB17 BB18 BB19 FF03
 GG11 HH01
 5D107 AA01 AA14 BB08 CC01 CC10
 FF03

最終頁に続く

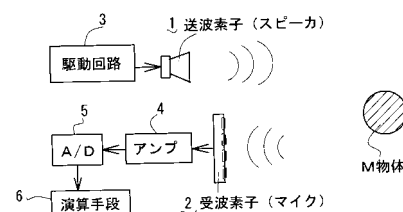
(54) 【発明の名称】 超音波センサ及び同センサ用の送波素子

(57) 【要約】

【課題】 超音波センサにおいて、所定の広帯域（ブロードバンド）な周波数成分を持つ超音波を効率良く送波できるようにして、可聴音を出すことなく、送波素子のアレイ化に対応可能で、物体の距離と方向を適切に検出可能とする。

【解決手段】 送波素子1と、これを駆動する駆動回路3と、送波素子1から送波された超音波の反射波を受信する受波素子2とを有した超音波センサにおいて、送波素子1は、基板上に設けられた熱絶縁層と、この熱絶縁層上に成膜された発熱体金属薄膜とから成る熱励起超音波送波素子で成り、駆動回路3は、送波素子1が所定の広帯域の周波数をもった超音波を送波出力するように発熱体金属薄膜に印加する駆動電圧を制御する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

送波素子と、この送波素子を駆動する駆動回路と、前記送波素子から送波された超音波の物体による反射波を受信する受波素子とを有した超音波センサにおいて、

前記送波素子は、基板と、この基板の上に設けられた熱絶縁層と、この熱絶縁層上に成膜された発熱体金属薄膜とから成る熱励起超音波送波素子で成り、

前記駆動回路は、前記送波素子が所定の広帯域の周波数をもった超音波を送波出力するように、前記発熱体金属薄膜に印加する駆動電圧を制御することを特徴とする超音波センサ。

【請求項 2】

受波素子は、所定の共振周波数値（Q 値）を有するメムブレン構成を有することを特徴とする請求項 1 記載の超音波センサ。

【請求項 3】

受波素子は、複数の素子がアレイ化されていることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の超音波センサ。

【請求項 4】

上記駆動回路は、送波素子から出力されるブロードバンドな超音波がチャープ波形となるように送波素子を駆動することを特徴とする請求項 1 記載の超音波センサ。

【請求項 5】

上記駆動回路は、送波素子から出力されるブロードバンドな超音波が、立ち上がりが鋭く、立下りが順次減衰する波形を持つように送波素子を駆動することを特徴とする請求項 1 記載の超音波センサ。

【請求項 6】

受波素子が、メムブレン部に圧電素子が設けられたダイアフラム構造を持つ、又はダイアフラム上に真空ギャップを持つことを特徴とする請求項 1 又は請求項 4 又は請求項 5 に記載の超音波センサ。

【請求項 7】

送波素子は、複数の素子がアレイ化され、各素子が異なる周波数の正弦波の超音波を出力することを特徴とする請求項 1 記載の超音波センサ。

【請求項 8】

送波素子から出力される超音波のチャープ波形が、異なる振幅を持つようにしたことを特徴とする請求項 4 記載の超音波センサ。

【請求項 9】

上記駆動回路は、送波素子から出力されるブロードバンドな超音波がガウス波形となるように送波素子を駆動することを特徴とする請求項 1 記載の超音波センサ。

【請求項 10】

送波素子は、複数のガウス波形の超音波を出力することを特徴とする請求項 9 記載の超音波センサ。

【請求項 11】

上記駆動回路は、1 次側のスイッチのオン／オフにより充電されるコンデンサと、このコンデンサに充電された電荷を 2 次側のスイッチのオン／オフにより放電し、その放電電流が供給されるコイル、抵抗及び負荷を備え、負荷として送波素子が接続され、送波素子駆動によりガウス波形を出力することを特徴とする請求項 1 又は請求項 9 に記載の超音波センサ。

【請求項 12】

上記駆動回路は、1 次側のスイッチのオン／オフにより充電される複数のコンデンサと、これら各コンデンサに充電された電荷を 2 次側のスイッチのオン／オフにより放電し、その放電電流が供給されるコイル、抵抗及び負荷を備え、負荷として送波素子が接続され、送波素子駆動により複数の連続したガウス波形を出力することを特徴とする請求項 1 又は請求項 10 に記載の超音波センサ。

10

20

30

40

50

【請求項 13】

アレイ化された送波素子は、低い周波数波を出力する素子ほど面積を大きくしたことを特徴とする請求項 7 記載の超音波センサ。

【請求項 14】

複数の送波素子を円環状に配置し、外側ほど低周波を出力する素子にしたことを特徴とする請求項 13 記載の超音波センサ。

【請求項 15】

送波素子は固定治具に固定され、この固定治具は素子が出力する超音波周波数付近に共振点を持つことを特徴とする請求項 1 記載の超音波センサ。

【請求項 16】

超音波センサ用の送波素子であって、
前記素子は、基板と、この基板の上に設けられた熱絶縁層と、この熱絶縁層上に成膜された発熱体金属薄膜とから成る熱励起超音波送波素子で成り、
前記素子が所定の広帯域の周波数をもった超音波を送波出力するように、前記発熱体金属薄膜に駆動電圧が印加されるようにしたことを特徴とする超音波センサ用の送波素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波送波素子と受波素子を用いて距離計測を行う超音波センサに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、超音波を送波する発信器と超音波を受波する受波器を用いて、伝播時間測定により対象物までの距離を求め、かつ三角測量により位置計測を行うセンサ装置が知られている(例えば、特許文献 1 参照)。ここに、超音波発信器としては、電気火花により超音波を生成する火花音源が広く知られている。

【0003】

また、送波素子及び受波素子として、圧電素子を用いることも広く知られている。また、送波素子として広帯域周波数に対応して超音波パルスを発生する圧力波発生装置が知られている(例えば、特許文献 2 参照)。この送波素子は、電氣的に駆動される発熱体薄膜から成り、その駆動により空気などの媒体を加熱して広い周波数範囲で超音波等の圧力波

【特許文献 1】特開平 6 - 137850 号公報

【特許文献 2】特開平 11 - 300274 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記特許文献 1 に示されるような電気火花により超音波を発生するセンサは、無指向性であり不要な周波数成分が多く、可聴音(雑音)が出るといった問題がある。圧電素子を用いるセンサは、単一の周波数しか出力できない、大きな音圧を出せないといった問題がある。また、特許文献 2 に示されるような圧力波発生装置は、広帯域に亘って超音波を出力するが、周波数帯域幅をもって音波を送波するものではないので、特定の周波数成分をもった複数の素子のアレイ化には不向きであった。

【0005】

本発明は、上記のような問題を解消するものであり、所定の広帯域(ブロードバンド)な周波数成分を持つ超音波を効率良く送波できるようにして、可聴音を出すことなく、送波素子のアレイ化に対応可能で、物体の距離と方向を適切に検出可能な超音波センサ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】

上記目的を達成するために本発明は、送波素子と、この送波素子を駆動する駆動回路と

10

20

30

40

50

、前記送波素子から送波された超音波の物体による反射波を受信する受波素子とを有した超音波センサにおいて、前記送波素子は、基板と、この基板の上に設けられた熱絶縁層と、この熱絶縁層上に成膜された発熱体金属薄膜とから成る熱励起超音波送波素子で成り、前記駆動回路は、前記送波素子が所定の広帯域の周波数をもった超音波を送波出力するように、前記発熱体金属薄膜に印加する駆動電圧を制御するものである。

【0007】

上記受波素子は、所定の共振周波数値（Q値）を有するメンブレン構成を有するものとすればよい。

上記受波素子は、複数の素子がアレイ化されているものとすればよい。

上記駆動回路は、送波素子から出力されるブロードバンドな超音波がチャープ波形となるように送波素子を駆動するものとすればよい。

上記駆動回路は、送波素子から出力されるブロードバンドな超音波が、立ち上がりが鋭く、立下りが順次減衰する波形を持つように送波素子を駆動するものとすればよい。

上記受波素子が、メンブレン部に圧電素子が設けられたダイアフラム構造を持つ、又はダイアフラム上に真空ギャップを持つものとすればよい。

上記送波素子は、複数の素子がアレイ化され、各素子が異なる周波数の正弦波の超音波を出力するものとすればよい。

上記送波素子から出力される超音波のチャープ波形が、異なる振幅を持つようにすればよい。

上記駆動回路は、送波素子から出力されるブロードバンドな超音波がガウス波形となるように送波素子を駆動するものとすればよい。

上記送波素子は、複数のガウス波形の超音波を出力するものとすればよい。

上記駆動回路は、1次側のスイッチのオン/オフにより充電されるコンデンサと、このコンデンサに充電された電荷を2次側のスイッチのオン/オフにより放電し、その放電電流が供給されるコイル、抵抗及び負荷を備え、負荷として送波素子が接続され、送波素子駆動によりガウス波形を出力するものとすればよい。

上記駆動回路は、1次側のスイッチのオン/オフにより充電される複数のコンデンサと、これら各コンデンサに充電された電荷を2次側のスイッチのオン/オフにより放電し、その放電電流が供給されるコイル、抵抗及び負荷を備え、負荷として送波素子が接続され、送波素子駆動により複数の連続したガウス波形を出力するものとすればよい。

アレイ化された送波素子は、低い周波数波を出力する素子ほど面積を大きくしたものとすればよい。

複数の送波素子を円環状に配置し、外側ほど低周波を出力する素子にしたものとすればよい。

送波素子は固定治具に固定され、この固定治具は素子が出力する超音波周波数付近に共振点を持つものとすればよい。

【発明の効果】

【0008】

請求項1の発明によれば、可聴音（雑音）を出さずに、特定の広帯域（ブロードバンド）の超音波を送波することができる。また、送波周波数の帯域に幅があることから、所定の帯域を持つ送波素子のアレイ化に対応し易いセンサとなる（単一周波数の素子では、製造上、複数の送波素子の周波数を一致させることは困難）。

【0009】

請求項2の発明によれば、特定の広帯域な超音波が送波されているので、受波素子の共振周波数にばらつきがあっても、反射波を感度よくセンシングできる。

請求項3の発明によれば、受波素子間で共振周波数がばらついていても、反射波を受波可能であり、受波信号を合成することで物体を認識できる。

請求項4の発明によれば、エコー（反射波）の到達時間を精度良く検出できるので、受波信号のS/N比が低くても、エコーを精度良く検出でき、外乱ノイズの影響を受け難くなる。

請求項 5 の発明によれば、エコーの S / N 比が低くても信号を検出できる。

請求項 6 の発明によれば、受波素子は低い Q 値であって、共振のないタイプとすることができ、容易に設計可能である。

請求項 7 の発明によれば、送波素子の出力周波数を適宜に設定することで、任意の指向性を持たせることができる。

請求項 8 の発明によれば、送波信号の物体距離による減衰による受信感度低下を小さくできる。

請求項 9 の発明によれば、振幅の大きい送波出力に対応可能となる。

請求項 10 の発明によれば、センサ感度応答性を向上することができる。

請求項 11 の発明によれば、送波素子から容易にガウス波形を出力できる。

10

請求項 12 の発明によれば、容易に連続したガウス波形を出力できる。

請求項 13 の発明によれば、各素子からの送波を同じレイリー長とすることが可能で、指向性を均一にすることができる。

請求項 14 の発明によれば、送波素子の指向性を均一にすることができる。

請求項 15 の発明によれば、固定治具も音源となり、送波素子による送波の音圧が高まる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、本発明の一実施形態による超音波センサについて図面を参照して説明する。

図 1 は、超音波センサの構成を示す。超音波センサは、送波装置となる送波素子（スピーカ）1 と、この送波素子 1 を駆動する駆動回路 3 と、送波素子 1 から送波された超音波の物体 M による反射波を受信する受波素子（マイク）2 とを有する。受波素子 2 による検出信号は、アンプ 4、A / D 回路 5 を経て、演算手段 6 により信号処理され、物体 M の位置及び距離情報が出力される。送波素子 1 としては、例えば、特開平 11 - 300274 号公報に示されているような、発熱体金属薄膜を用いた熱励起方式を用いる。この送波素子 1 は、入力電圧波形により発生する熱の変化と同じ波形の圧力波を送波し、入力電圧の振幅に応じた音圧が出力される。駆動回路 3 は、送波素子 1 が所定の広帯域（ブロードバンド）の周波数をもった超音波を送波出力するように、発熱体金属薄膜に印加する駆動電圧を制御する。

20

【0011】

30

（送波素子の構造）

図 2 は、送波素子 1 の詳細構成を示す。送波素子 1 は、単結晶 Si 等で成る基板 12 と、この基板 12 の上に設けられたナノ結晶 Si 等で成る熱絶縁層 13 と、この熱絶縁層 13 上に成膜されたアルミニウム等の発熱体金属薄膜 14 とから成る熱励起超音波送波素子である。基板 12 は、シリコンウエハをベースとしており固定治具 11 に固定され、また、発熱体金属薄膜 14 には、通電電極端子 15、16 が設けられている。この送波素子 1 が送波する超音波の周波数を 60 kHz 付近とした場合、固定治具 11 の共振周波数を 60 kHz になるように設計する。例えば、共振周波数 $f = 2\pi \sqrt{k/m}$ ここに、m：治具の質量、k：治具の弾性係数（縦、横、高さの比）であり、固定治具 11 固有の共振周波数が 60 kHz になるように設計する。これにより、音圧が高くなる。

40

【0012】

（受波素子の構造）

図 3 は、受波素子 2 の詳細構成を示す。受波素子 2 は、シリコンウエハ（SOI 基板）をベースとしたダイアフラム構造とされ、メンブレン部には、PZT（圧電素子）の強誘電体薄膜を設け、PZT の上部と下部に Pt（白金）の電極 21、22 を設けている。メンブレン部は、圧力波（送波素子が送波した圧力波（超音波）が物体にあたって反射した波）を受けて、PZT の圧電効果により発生する微小な電圧を電極 21、22 を通して外部に出力する。

【0013】

この受波素子 2 の共振周波数は、PZT の厚みやダイアフラム開口部の寸法によって決

50

まるが、これらの寸法精度は、 μm オーダの精度が要求されるため、実際には、共振周波数が数%ずれるのが実情である。そこで、上述したように、送波素子1から周波数に幅をもった超音波を送波することにより、共振周波数のばらつきを吸収することができる。

【0014】

(受波素子のアレイ化)

図4は、複数の受波素子2をアレイ化(縦横 3×3)したアレイセンサ2Aを示す。広帯域の周波数を持った超音波を送波することにより、アレイ化による素子間の共振周波数のばらつきを許容することができる。このように受波素子のアレイ化が実現できれば、演算手段6(図1)において信号処理することで、複数の物体の距離と方向を認識することができる。その具体的な手法としては、アレイセンサ各素子の出力信号に複数種類の時間遅延パターンを加算することで、センサへの入射波の角度に応じた出力を得るようにしたものがある(例えば特開2002-156451号公報参照)。

10

【0015】

(静電容量型の受波素子)

図5は、上記とは別の受波素子2を示す。この受波素子2は、シリコンダイアフラム23上に真空ギャップ25(静電容量)を持った静電容量型の受波素子である。真空ギャップ25は、メンブレン部に設けられた両面酸化シリコン24に凹所として形成されている。メンブレン部に圧力波(送波素子が送波した圧力波(超音波が物体にあたって反射した波))を受けて、真空ギャップ25が変わり、静電容量に微小な変化が発生する。この変化を電極21と不図示の他方の電極を通して外部に出力する。この受波素子2の特徴は、図6に示すように、共振点からずれたQ値の低いところでも、上述の受波素子よりも受信感度が高く、幅の広い帯域で共振する。

20

【0016】

(送波装置との組合わせ例)

上記図5に示したような、幅の広い帯域で共振する受波素子2は、図7に示すような、幅の広い周波数帯域をもったチャープパルス波形を送波する送波装置と組み合わせると好適である。チャープパルス波形を使用すると、送波とエコー波(送波素子から出力された超音波が物体に当たって反射した波)との相互相関をとったときに、相関値のピークが一意に求められ、エコー波の到達時間が精度良く検出でき、外乱ノイズの悪影響を受け難くなる。チャープパルス波形の代わりに、図8に示すような、時間 t_1 での立ち上がりが鋭く、その後の立下りは順次減衰する波形でも同様である。

30

【0017】

(送波素子のアレイ化)

図9は、複数の送波素子をアレイ化した送波素子アレイ1Aによる送波状況を示す。このような送波素子アレイ1Aの各素子から少しずつ周波数をずらせた超音波を発生させることで、ブロードな周波数帯域を持つ超音波を簡単に放射させることができる。例えば、各素子から、54kHz、58kHz、62kHz、66kHzをそれぞれ発生させると、素子から離れた空間では、図10に示すような、広い周波数帯域を持つ超音波が観測される。

40

【0018】

また、音波の指向性は、送波素子の大きさと送波周波数によって決まる。指向性を半値角で表すと次のようになる。

$$\text{半値角 } H(\text{rad}) = \lambda / (\pi \times a)$$

λ : 波長、 a : 送波素子の大きさ(半径、または一辺の長さの $1/2$)

【0019】

上記送波素子アレイ1A(図9)において、各送波素子の周波数のずらし量が大い場合、それぞれの周波数での指向性の違いが問題となってくる。そこで、波長 λ に応じて素子の大きさ a を変えることによって、指向性を全ての周波数で一致させることができる。それには、例えば、図11に示すように、低い周波数の送波素子の方を大きい面積(サイズ)にして順に並び配置した送波素子アレイ1Bとすることで可能である。これにより、

50

各素子からの出力波が同じレイリー長となり、指向性を均一にすることができる。また、図 12 に示すように、低い周波数の送波素子の方を円環状の外側に配置した送波素子アレイ 1 C とすることで、中心軸が揃えられ、より厳密に指向性を一致させることができる。この場合、低周波ほど素子サイズを大きくする必要性にも合致したものとなる。

【0020】

(送波波形)

次に、送波素子から出力される送波波形の例について説明する。送波波形は、上述したように、ブロードバンド送波であって、かつ、その時間波形が、図 13 に示すように、ガウス波形となるものを用いる。これにより、センサ感度応答性を向上することができる。駆動回路 3 (図 1) は、送波素子 1 からガウス波形の超音波が出力されるように送波素子 1 を駆動する。ガウス波形はフーリエ変換してもガウス波形という特徴があるので、送波の周波数成分分布もガウス波形となる。このような波形を送波すると、特定の周波数帯域を持った超音波を放射することができる。ここでは、50 kHz ~ 70 kHz の幅を持たせた。

10

【0021】

(ガウス波形の出力回路)

図 14 は、ガウス波形の出力回路としての駆動回路 3 を示す。駆動回路 3 は、電源 E に接続された 1 次側のスイッチ S のオン/オフにより充電されるコンデンサ C と、このコンデンサ C に充電された電荷を 2 次側のスイッチであるトライアック T のオン/オフにより放電し、その放電電流が供給されるコイル L、抵抗 R1 及び負荷 100 を備え、負荷 100 として前述した熱励起式の送波素子が接続される。コイル L のインダクタンス、抵抗値を適宜に設定することより、送波素子に印加される電圧波形をガウス波形とすることができる。このような駆動回路 3 により、容易にガウス波形を出力することができる。なお、保護抵抗 R2 が、負荷の短絡防止のために負荷と並列に接続される。

20

【0022】

(ガウス波形の連続出力回路)

図 15 は、ガウス波形の連続出力回路としての駆動回路 3 を示す。駆動回路 3 は、電源 E に接続された 1 次側のスイッチ S のオン/オフにより充電される 3 つの並列接続のコンデンサ C と、これら各コンデンサ C に充電された電荷を 2 次側のスイッチであるトライアック T1, T2, T3 のオン/オフにより放電し、その放電電流が供給されるコイル L、抵抗 R1 及び負荷 100 を備え、負荷 100 として前述した熱励起式の送波素子が接続される。この駆動回路 3 でガウス波形を 3 つ連続して出力する。

30

【0023】

上記駆動回路 3 の動作手順は、次の通りである。(1) 1 次側スイッチ S を ON して、3 つの充電用コンデンサ C を充電し、(2) 充電後、1 次側スイッチ S を OFF し、(3) 2 次側のトライアック T1 を ON して、負荷 (受波素子) にガウス波形の電圧を印加し、(4) 2 次側のトライアック T2 を ON して、負荷 (受波素子) にガウス波形の電圧を印加し、(5) 2 次側のトライアック T3 を ON して、負荷 (受波素子) にガウス波形の電圧を印加する。ここに、トライアック T2 を ON させるタイミングを、トライアック T1 が ON した後、ガウス波形の時間幅分だけ遅らせることで、連続した波形となる。トライアック T3 についても同様である。このようなシーケンスにより、連続したガウス波形を容易に出力することができる。

40

【0024】

図 16 は、送波波形が各種方式の場合の出力波形とセンサ出力周波数特性を示す。同図において、上段は、前述した従来の電気火花方式等のインパルス、中段は、本発明の熱励起式のブロードバンド、下段は、従来の圧電方式等の正弦波の各場合を示す。各出力波形は、時間波形と周波数スペクトルを示し、センサ出力周波数特性は、高 Q (共振) と低 Q (共振) でのアレイとしての素子 A, B の波形を示す。音圧及び受信感度について、○は良い、△は中程度、×は悪いことを示している。同図から分かるように、本発明のブロードバンド送波では、音圧、受信感度ともに良好となる。

50

なお、本発明は、上記実施例構成に限られず、発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の変形が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の実施例に係る超音波センサの構成図。

【図2】同センサにおける送波素子の詳細構成を示す断面図。

【図3】同センサにおける受波素子の詳細構成を示す断面図。

【図4】複数の受波素子をアレイ化したアレイセンサの斜視図。

【図5】上記とは別の受波素子の詳細構成を示す断面図。

【図6】受波素子の周波数に対する受信感度を示す図。

10

【図7】送波信号がチャープパルス波形であることを示す図。

【図8】立ち上がりが鋭く、立下りが減衰する送波信号波形を示す図。

【図9】送波素子アレイによる送波状況を示す図。

【図10】上記送波素子アレイによる送波の周波数帯域を示す図。

【図11】送波素子アレイの他の例を示す正面図。

【図12】送波素子アレイのさらに他の例を示す正面図。

【図13】ガウス波形の送波波形を示す図。

【図14】ガウス波形を出力する駆動回路図。

【図15】連続したガウス波形を出力する駆動回路図。

【図16】従来と本発明との出力波形とセンサ出力周波数特性を対比して示す図。

20

【符号の説明】

【0026】

1 送波素子

1A, 1B, 1C 送波素子アレイ

2 受波素子

2A アレイセンサ

3 駆動回路

12 基板

13 熱絶縁層

14 発熱体金属薄膜

23 シリコンダイアフラム

25 真空ギャップ

S 1次側のスイッチ

C コンデンサ

T, T1, T2, T3 トライアック(2次側のスイッチ)

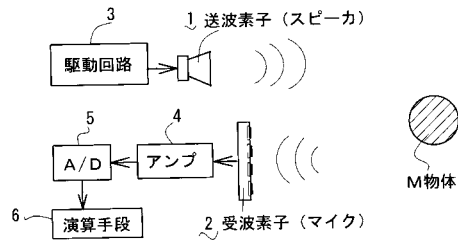
L コイル

R1 抵抗

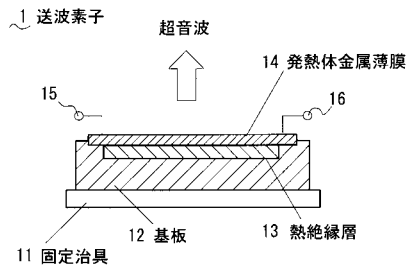
100 負荷(送波素子)

30

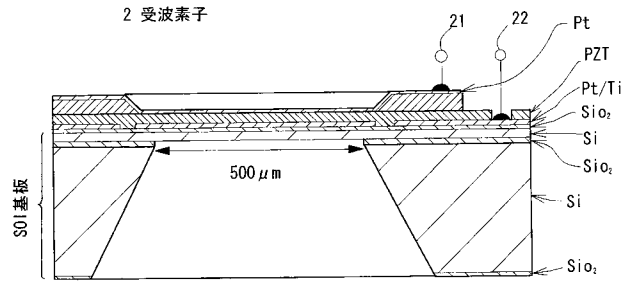
【図 1】



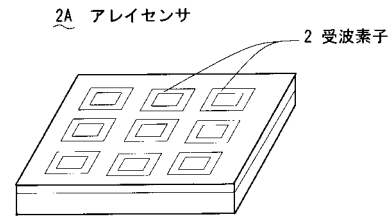
【図 2】



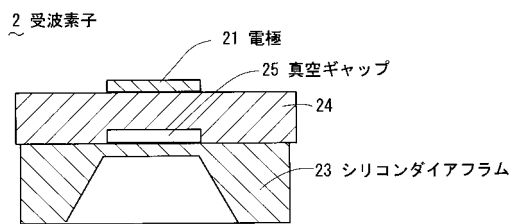
【図 3】



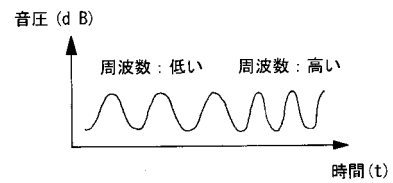
【図 4】



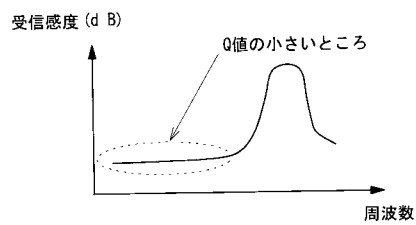
【図 5】



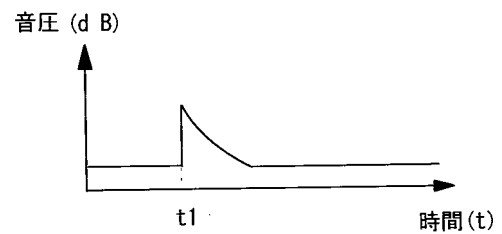
【図 7】



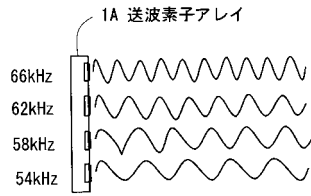
【図 6】



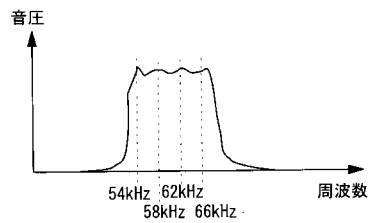
【図 8】



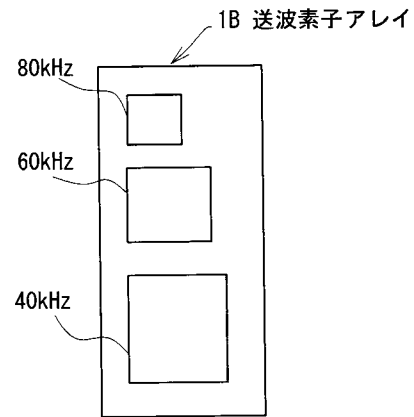
【図 9】



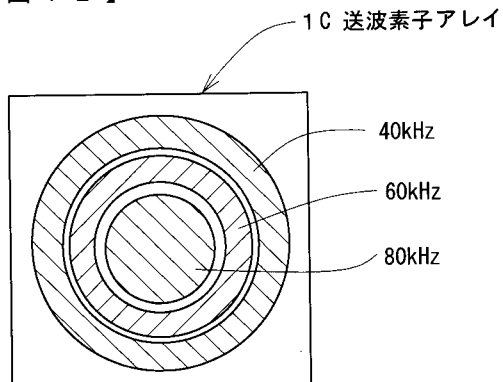
【図 10】



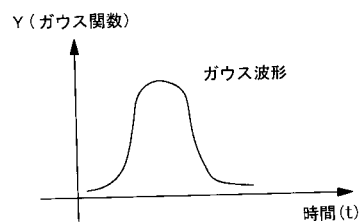
【図 11】



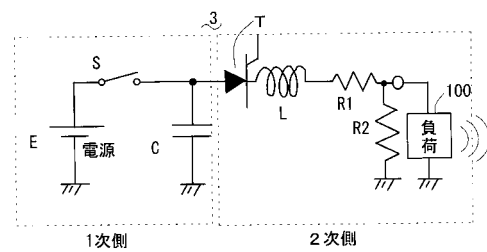
【図 12】



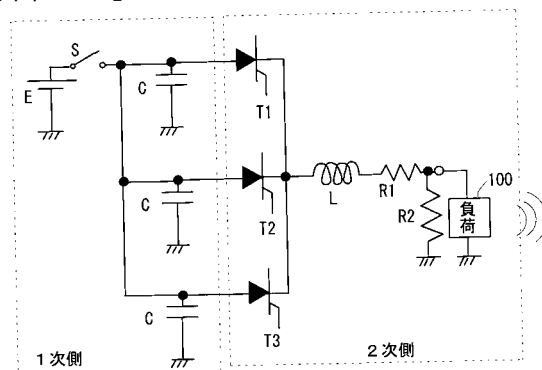
【図 13】



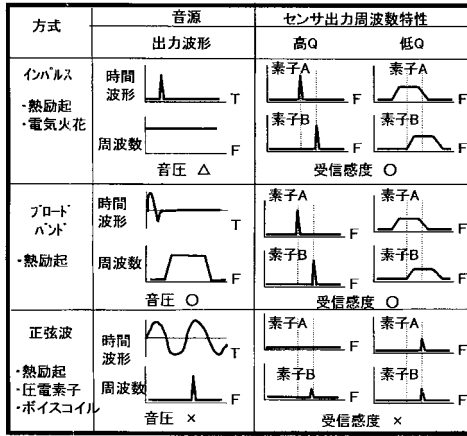
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5J083 AA02 AC18 AC40 AD04 AD17 BA03 BA09 BA20 BB10 CA02
CA12 CA32 CB01 CB30