

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4297026号
(P4297026)

(45) 発行日 平成21年7月15日(2009.7.15)

(24) 登録日 平成21年4月24日(2009.4.24)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 V 1/00 (2006.01) GO 1 V 1/00 A
GO 1 S 15/42 (2006.01) GO 1 S 15/42

請求項の数 13 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2004-311513 (P2004-311513)
 (22) 出願日 平成16年10月26日(2004.10.26)
 (65) 公開番号 特開2006-125891 (P2006-125891A)
 (43) 公開日 平成18年5月18日(2006.5.18)
 審査請求日 平成19年8月8日(2007.8.8)

(73) 特許権者 000005832
 パナソニック電気株式会社
 大阪府門真市大字門真1048番地
 (74) 代理人 100087767
 弁理士 西川 恵清
 (74) 代理人 100085604
 弁理士 森 厚夫
 (72) 発明者 北田 耕作
 大阪府門真市大字門真1048番地 松下
 電気株式会社内
 (72) 発明者 山中 浩
 大阪府門真市大字門真1048番地 松下
 電気株式会社内

審査官 ▲高▼見 重雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物体検知方法、物体検知装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象とする検知領域に送波器から粗密波を間欠的に送波するとともに、それぞれ粗密波を電気信号である受波信号に変換する複数個の受波素子を有した受波器により、検知領域内に存在する物体で反射された送波器からの粗密波を受波し、粗密波が送波されてから受波されるまでに要した時間に対応する前記物体までの距離と各受波素子のそれぞれの受波信号の時間差に対応する前記物体の方位とを識別して検知領域内の物体を検知する方法であって、送波器から送波された粗密波の音圧である送波音圧と受波器により受波された粗密波の音圧である受波音圧とを用いて前記物体の反射係数を求め、物体の有無を受波信号の強度により判別するための受波信号の強度に対するしきい値を、前記物体で反射された粗密波に対応する受波信号の強度より小さくするように、前記反射係数が小さい物体ほど小さく設定することを特徴とする物体検知方法。

【請求項2】

粗密波が送波されてから受波されるまでの期間において、粗密波が発散したことによる損失である発散損失と、粗密波の音響エネルギーが媒質中に吸収されたことによる損失である吸収損失とを用い、前記反射係数は、前記送波音圧と発散損失と吸収損失との積で前記受波音圧を除することにより算出することを特徴とする請求項1記載の物体検知方法。

【請求項3】

前記受波素子は、複数の方向にそれぞれ複数個ずつ配列されていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の物体検知方法。

【請求項 4】

前記受波器が粗密波を受波する感度が低い方位ほど前記しきい値を小さくすることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の物体検知方法。

【請求項 5】

前記送波器から送波される粗密波の強度が小さい方位ほど前記しきい値を小さくすることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載の物体検知方法。

【請求項 6】

粗密波が送波されてから受波されるまでの期間において、粗密波が発散したことによる損失である発散損失と、粗密波の音響エネルギーが媒質中に吸収されたことによる損失である吸収損失と、方位に応じた前記送波器から送波される粗密波の強度である送波強度と、方位に応じた前記受波器が粗密波を受波する感度である受波感度とを用い、前記反射係数は、前記送波音圧と発散損失と吸収損失と送波強度と受波感度との積で前記受波音圧を除することにより算出することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載の物体検知方法。

10

【請求項 7】

前記検知領域を所定幅で前記送波器および前記受波器からそれぞれ等距離の複数の区間に分割し、区間毎に前記しきい値を設定することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載の物体検知方法。

【請求項 8】

前記検知領域を所定幅で前記送波器および前記受波器からそれぞれ等距離の複数の区間に分割し、区間毎に前記反射係数を求め、各区間において反射率が最大である位置を前記物体の存在位置とし、当該存在位置における受波信号の強度より規定された割合だけ小さくなるように前記しきい値を設定することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか 1 項に記載の物体検知方法。

20

【請求項 9】

前記検知領域内の各方位にそれぞれ対応付けた複数の画素を有し距離を画素値とする画像を画像出力部に出力し、受波信号の強度が前記しきい値を越える領域を画像出力部に時系列に表示することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか 1 項に記載の物体検知方法。

【請求項 10】

前記送波器は、送波する粗密波の周波数に共振周波数を持たないことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 9 のいずれか 1 項に記載の物体検知方法。

30

【請求項 11】

前記受波器は、前記送波器から送波された粗密波の周波数に共振周波数を持たないことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 10 のいずれか 1 項に記載の物体検知方法。

【請求項 12】

対象とする検知領域に粗密波を間欠的に送波する送波器と、それぞれ粗密波を電気信号である受波信号に変換する複数個の受波素子を有し、検知領域内に存在する物体で反射された送波器からの粗密波を受波する受波器と、粗密波が送波されてから受波されるまでに要した時間に対応する前記物体までの距離と各受波素子のそれぞれの受波信号の時間差に対応する前記物体の方位とを識別して検知領域内の物体を検知する検知部とを備え、検知部は、送波器から送波された粗密波の音圧である送波音圧と受波器により受波された粗密波の音圧である受波音圧とを用いて前記物体の反射係数を求め、物体の有無を受波信号の強度により判別するための受波信号の強度に対するしきい値を、前記物体で反射された粗密波に対応する受波信号の強度より小さくするように、前記反射係数が小さい物体ほど小さく設定していることを特徴とする物体検知装置。

40

【請求項 13】

前記検知領域内の各方位にそれぞれ対応付けた複数の画素を有し距離を画素値とする画像を出力する画像出力部を備えることを特徴とする請求項 12 記載の物体検知装置。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、対象とする検知領域に粗密波を送波し当該粗密波を用いて検知領域における物体の検知を行う物体検知方法および当該物体検知方法を用いて物体の検知を行う物体検知装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、物体を検知する技術として、対象とする検知領域に粗密波を間欠的に送波する送波器と粗密波を受波する受波器とを互いに隣接して設け、送波器から送波した粗密波が検知領域内に存在する物体で反射されて受波器に戻ってくると、検知領域内に物体が存在すると判断するものが知られている。

10

【0003】

この技術により物体を検知する物体検知装置には、図22に示すように、それぞれ粗密波を電気信号である受波信号に変換する受波素子9を複数個配列することによって受波器6を構成したものがあある。図22に示す物体検知装置では、平面上に配列された複数個の圧電素子のうち、送波用切替回路29で選択された図中破線枠内の圧電素子を送波器4とし、受波用切替回路30で選択された圧電素子をそれぞれ受波素子9としている。送波器4は、送波用切替回路29に接続された駆動回路5により駆動される。各受波素子9のそれぞれの受波信号は、増幅器10において増幅されてからADコンバータ11においてデジタル信号化され、演算器13に入力される（たとえば特許文献1参照）。

20

【0004】

ここにおいて、受波信号の強度により物体の有無を判別するために、受波信号の強度に対して一定のしきい値が設定されており、受波信号の強度がしきい値より大きければ物体が存在すると判断され、受波信号の強度がしきい値より小さければ物体が存在しないと判断される。

【0005】

演算器13においては、粗密波が送波されてから受波されるまでに要した時間を物体までの距離に対応させ、かつ各受波素子9におけるそれぞれの受波信号の時間差を物体の方位（つまり受波器6が粗密波を受波した方位）に対応させることによって、検知領域内において物体が占有する領域（つまり、物体の大きさや形状）を識別することが可能である。たとえば、物体が比較的大きい場合には受波信号の強度が検知領域内の比較的広い範囲にわたってしきい値より大きくなり、物体が比較的小さい場合には受波信号の強度が検知領域内の比較的狭い範囲にわたってしきい値より大きくなる。

30

【特許文献1】特開2000-28589号公報（第6頁、図1）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、受波信号の強度のピーク値は、物体における粗密波の反射係数によって異なり、反射係数が小さい物体ほど小さくなる。一方、上述した物体検知装置では、受波信号の強度に対するしきい値は物体の反射係数に依らず一定に設定されているので、同じ大きさかつ同じ形状の物体であっても、反射係数の違いによって、検知領域内において一定のしきい値に対して受波信号の強度が大きくなる範囲が異なり、異なる大きさの物体として検知されたり異なる形状の物体として検知されたりすることがある。

40

【0007】

本発明は上記事由に鑑みて為されたものであって、受波信号の強度により物体の有無を判別するための受波信号の強度に対するしきい値を物体の反射係数に応じて変化させることにより、反射係数の異なる物体であっても、物体の大きさや形状を正確に識別することができる物体検知方法および当該物体検知方法を用いて物体を検知する物体検知装置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】

50

【 0 0 0 8 】

請求項 1 の発明では、対象とする検知領域に送波器から粗密波を間欠的に送波するとともに、それぞれ粗密波を電気信号である受波信号に変換する複数個の受波素子を有した受波器により、検知領域内に存在する物体で反射された送波器からの粗密波を受波し、粗密波が送波されてから受波されるまでに要した時間に対応する前記物体までの距離と各受波素子のそれぞれの受波信号の時間差に対応する前記物体の方位とを識別して検知領域内の物体を検知する方法であって、送波器から送波された粗密波の音圧である送波音圧と受波器により受波された粗密波の音圧である受波音圧とを用いて前記物体の反射係数を求め、物体の有無を受波信号の強度により判別するための受波信号の強度に対するしきい値を、前記物体で反射された粗密波に対応する受波信号の強度より小さくするように、前記反射係数が小さい物体ほど小さく設定することを特徴とする。

10

【 0 0 0 9 】

この方法によれば、受波信号の強度に対するしきい値を一定にするのではなく、反射係数が小さい物体ほどしきい値を小さくするので、同じ大きさかつ同じ形状の物体であれば、反射係数が異なっても、検知領域内においてしきい値に対して受波信号の強度が大きくなる範囲を反射係数の違いに依らず同程度とすることができ、同じ大きさかつ同じ形状の物体として検知することができる。要するに、反射係数の異なる物体であっても、物体の大きさや形状を正確に識別することができる。

【 0 0 1 0 】

請求項 2 の発明では、請求項 1 の発明において、粗密波が送波されてから受波されるまでの期間において、粗密波が発散したことによる損失である発散損失と、粗密波の音響エネルギーが媒質中に吸収されたことによる損失である吸収損失とを用い、前記反射係数は、前記送波音圧と発散損失と吸収損失との積で前記受波音圧を除することにより算出することを特徴とする。

20

【 0 0 1 1 】

物体までの距離が変わると発散損失および吸収損失によって送波音圧と受波音圧との関係が異なることがあるが、請求項 2 の方法によれば、発散損失および吸収損失を考慮して物体の反射係数を求めるので、物体までの距離に依らずに反射係数を正確に求めることができる。

【 0 0 1 2 】

請求項 3 の発明では、請求項 1 または請求項 2 の発明において、前記受波素子は、複数の方向にそれぞれ複数個ずつ配列されていることを特徴とする。

30

【 0 0 1 3 】

この方法によれば、各受波素子のそれぞれの時間差に対応する物体の方位を、複数の方向において識別することができる。

【 0 0 1 4 】

請求項 4 の発明は、請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかの発明において、前記受波器が粗密波を受波する感度が低い方位ほど前記しきい値を小さくすることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

受波器の指向性により方位によって感度が異なることがあるが、請求項 4 の方法によれば、受波器の指向性を考慮して感度の低い方位ほどしきい値を小さくしているので、物体の方位に依らずに物体の大きさや形状を正確に識別することができる。

40

【 0 0 1 6 】

請求項 5 の発明は、請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかの発明において、前記送波器から送波される粗密波の強度が小さい方位ほど前記しきい値を小さくすることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

送波器の指向性により方位によって粗密波の強度が異なることがあるが、請求項 5 の方法によれば、送波器の指向性を考慮して粗密波の強度が小さい方位ほどしきい値を小さくしているので、物体の方位に依らずに物体の大きさや形状を正確に識別することができる

50

【0018】

請求項6の発明では、請求項1ないし請求項5のいずれかの発明において、粗密波が送波されてから受波されるまでの期間において、粗密波が発散したことによる損失である発散損失と、粗密波の音響エネルギーが媒質中に吸収されたことによる損失である吸収損失と、方位に応じた前記送波器から送波される粗密波の強度である送波強度と、方位に応じた前記受波器が粗密波を受波する感度である受波感度とを用い、前記反射係数は、前記送波音圧と発散損失と吸収損失と送波強度と受波感度との積で前記受波音圧を除することにより算出することを特徴とする。

【0019】

物体までの距離が変わると発散損失および吸収損失によって送波音圧と受波音圧との関係が異なることがあるが、請求項6の方法によれば、発散損失および吸収損失を考慮して物体の反射係数を求めるので、物体までの距離に依らずに反射係数を正確に求めることができる。また、送波強度および受波感度も考慮しているので、物体の方位に依らずに反射係数を正確に求めることができる。

【0020】

請求項7の発明は、請求項1ないし請求項6のいずれかの発明において、前記検知領域を所定幅で前記送波器および前記受波器からそれぞれ等距離の複数の区間に分割し、区間毎に前記しきい値を設定することを特徴とする。

【0021】

この方法によれば、区間毎にしきい値を設定しているので、物体までの距離および物体の方位から区間が決定すると、この区間に応じたしきい値を設定することができ、物体の大きさや形状を正確に識別することができる。

【0022】

請求項8の発明は、請求項1ないし請求項7のいずれかの発明において、前記検知領域を所定幅で前記送波器および前記受波器からそれぞれ等距離の複数の区間に分割し、区間毎に前記反射係数を求め、各区間において反射率が最大である位置を前記物体の存在位置とし、当該存在位置における受波信号の強度より規定された割合だけ小さくなるように前記しきい値を設定することを特徴とする。

【0023】

この方法によれば、区間毎に反射係数を求めているので、検知領域内に反射係数の異なる複数の物体が存在しても、各物体のそれぞれの反射係数を求めることができる。さらに、各区間において物体で反射された粗密波に対応する受波信号の強度より規定された割合だけ小さいしきい値をそれぞれ設定するので、各物体のそれぞれの大きさや形状を正確に識別することができる。

【0024】

請求項9の発明は、請求項1ないし請求項8のいずれかの発明において、前記検知領域内の各方位にそれぞれ対応付けた複数の画素を有し距離を画素値とする画像を画像出力部へ出力し、受波信号の強度が前記しきい値を越える領域を画像出力部に時系列に表示することを特徴とする。

【0025】

この方法によれば、検知領域内の物体を時系列に表示するので、物体の移動をみることができる。

【0026】

請求項10の発明は、請求項1ないし請求項9のいずれかの発明において、前記送波器が、送波する粗密波の周波数に共振周波数を持たないことを特徴とする。

【0027】

この方法によれば、送波器から送波される粗密波における残響成分が比較的小さく、各受波素子のそれぞれの受波信号が残響成分により時間軸方向に広がることが防止されるので、検知部において物体までの距離および物体の方位を精度良く識別することができる。

10

20

30

40

50

【0028】

請求項11の発明は、請求項1ないし請求項10のいずれかの発明において、前記受波器が、前記送波器から送波された粗密波の周波数に共振周波数を持たないことを特徴とする。

【0029】

この方法によれば、受波器から出力される受波信号における残響成分が比較的小さく、各受波素子のそれぞれの受波信号が残響成分により時間軸方向に広がることが防止されるので、検知部において物体までの距離および物2の方位を精度良く識別することができる。

【0030】

請求項12の発明では、対象とする検知領域に粗密波を間欠的に送波する送波器と、それぞれ粗密波を電気信号である受波信号に変換する複数個の受波素子を有し、検知領域内に存在する物体で反射された送波器からの粗密波を受波する受波器と、粗密波が送波されてから受波されるまでに要した時間に対応する前記物体までの距離と各受波素子のそれぞれの受波信号の時間差に対応する前記物体の方位とを識別して検知領域内の物体を検知する検知部とを備え、検知部は、送波器から送波された粗密波の音圧である送波音圧と受波器により受波された粗密波の音圧である受波音圧とを用いて前記物体の反射係数を求め、物体の有無を受波信号の強度により判別するための受波信号の強度に対するしきい値を、前記物体で反射された粗密波に対応する受波信号の強度より小さくするように、前記反射係数が小さい物体ほど小さく設定していることを特徴とする。

【0031】

この構成によれば、受波信号の強度に対するしきい値を一定にするのではなく、反射係数が小さい物体ほどしきい値を小さくするので、同じ大きさかつ同じ形状の物体であれば、反射係数が異なっても、検知領域内においてしきい値に対して受波信号の強度が大きくなる範囲を反射係数の違いに依らず同程度とすることができ、同じ大きさかつ同じ形状の物体として検知することができる。要するに、反射係数の異なる物体であっても、物体の大きさや形状を正確に識別することができる。

【0032】

請求項13の発明は、請求項12の発明において、前記検知領域内の各方位にそれぞれ対応付けた複数の画素を有し距離を画素値とする画像を出力する画像出力部を備えることを特徴とする。

【0033】

この構成によれば、検知領域内の物体の大きさや形状を、画像出力部によって外部に視認可能な形で知らせることができる。

【発明の効果】

【0034】

本発明は、受波信号の強度に対するしきい値を一定にするのではなく、反射係数が小さい物体ほどしきい値を小さくするので、同じ大きさかつ同じ形状の物体であれば、反射係数が異なっても、検知領域内においてしきい値に対して受波信号の強度が大きくなる範囲を反射係数の違いに依らず同程度とすることができ、同じ大きさかつ同じ形状の物体として検知することができる。要するに、反射係数の異なる物体であっても、物体の大きさや形状を正確に識別することができるという利点がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0035】

(実施形態1)

本実施形態では、対象とする検知領域内に存在する物体を検知する物体検知装置において、物体までの距離および物体の方位を識別する構成について説明する。

【0036】

本実施形態の物体検知装置は、図1に示すように、対象とする検知領域(空気中)に間欠的に粗密波を送波する送波手段1と、検知領域内に存在する物体2で反射された粗密波

10

20

30

40

50

を受波する受波手段 3 とを備える。送波手段 1 は、電気信号である送波信号を粗密波に変換する送波器 4 と、粗密波が間欠的に送波されるように送波器 4 を駆動する駆動回路 5 とを有し、受波手段 3 は、粗密波を受波するとともに当該粗密波を電気信号である受波信号に変換する受波器 6 と、受波器 6 から受波信号を受けて受波信号の強度により物体 2 の有無を判別する検知部 7 とを有する。送波器 4 と受波器 6 とは、互いに隣接して配置され、センサ部を構成している。

【 0 0 3 7 】

ここで、駆動回路 5 と検知部 7 とは接続されており、粗密波が送波されてから受波されるまでに要した時間を検知部 7 において求めることができる。この粗密波の送受波に要した時間が物体 2 までの距離に対応する。また、受波器 6 は、図 2 に示すように、素子配列用基板 8 上において縦方向（垂直方向）に 5 個、横方向（水平方向）に 5 個それぞれ等間隔に配列された合計 10 個の受波素子 9 を有し、それぞれの受波素子 9 において粗密波を受波信号に変換することにより、検知部 7 において各受波素子 9 のそれぞれの受波信号の時間差によって物体 2 の方位を識別できるようにしてある。たとえば、図 3 に示すように、受波器 6 の素子配列用基板 8 に直交する方向に対して角度 θ だけ傾いた方位からの粗密波を受ける場合に、隣接する受波素子 9（間隔を d とする）のそれぞれの受波信号の時間差 t は次式のように表される。ここで、音速を c としている。

【 0 0 3 8 】

$$t = (d \cdot \sin \theta) / c$$

検知部 7 は、図 4 に示すように、各受波素子 9 からの受波信号をそれぞれ増幅するアンプ 10 と、アンプ 10 で増幅された受波信号を A/D 変換する A/D コンバータ 11 と、A/D コンバータ 11 でデジタル信号化された受波信号を格納するフレームメモリ 12 と、フレームメモリ 12 に格納された受波信号を用いて物体 2 までの距離および物体 2 の方位を識別する演算器 13 とを有する。受波信号を増幅して A/D 変換し、フレームメモリ 12 に格納するという一連の処理は、各受波素子 9 についてそれぞれ行われるものである。ここでは、アンプ 10 の増幅率は 40 dB ~ 60 dB としており、S/N 比は 60 dB 程度である。A/D コンバータ 11 には 16 bit のものを用いており、サンプリング周波数は 1 MHz としてある。フレームメモリ 12 は、それぞれの受波素子 9 について、A/D コンバータ 11 のサンプリング周期（ここでは $1 \mu s$ ）毎に受波信号の振幅を格納できるように分割された記憶領域を持つ。

【 0 0 3 9 】

本実施形態の演算器 13 は、受波器 6 が粗密波を受波した方位（つまり物体 2 の方位）を識別するために、各受波素子 9 からの受波信号をそれぞれ遅延時間だけ遅延させる遅延手段 14（図 5 参照）と、遅延された受波信号を加算する加算手段 15（図 5 参照）とを有している。ここで、演算器 13 は、受波信号を遅延させた状態でフレームメモリ 12 から各受波素子 9 毎に読み出すことにより、遅延時間の組み合わせに対応する方位から受波した粗密波の受波信号を加算手段 15 の出力として取り出すことができるようにしている。

【 0 0 4 0 】

以下に、物体 2 までの距離および物体 2 の方位を識別する処理の概要を、図 5 に示すように、検知領域内に 2 つの物体 2, 2' が存在する場合を想定して説明する。ただし、ここでは、1 つの平面上での方位を識別するものとし、当該平面上に受波素子 9 が 5 個配列されている場合について説明する。また、図 6 (b) および図 6 (d) では長方形の横方向の長さを遅延時間の大きさとして遅延時間の組み合わせを表し、図 6 (c) および図 6 (e) においては横軸を時間軸として図 6 (a) の受波素子 9 毎の受波信号を表す。図 6 (f) および図 6 (g) には横軸を時間軸として加算後の受波信号を示す。

【 0 0 4 1 】

送波器 4 から送波された粗密波が各物体 2, 2' でそれぞれ反射されることにより、各受波素子 9 は、図 6 (a) のように各物体 2, 2' の方位に対応する時間差を持つ粗密波を受波する。各受波素子 9 からの受波信号を図 6 (b) に示す組み合わせの遅延時間だけ

10

20

30

40

50

遅延させることにより、図6(c)に示すように物体2で反射された粗密波に対応するすべての受波信号のタイミングを一致させることができる。一方、各受波素子9からの受波信号を図6(d)に示す組み合わせの遅延時間だけ遅延させることにより、図6(e)に示すように物体2'で反射された粗密波に対応するすべての受波信号のタイミングを一致させることができる。ここで、図6(b)の遅延時間の組み合わせが物体2の方位に対応し、図6(d)の遅延時間の組み合わせが物体2'の方位に対応するのである。

【0042】

また、図7(a)に示すように、物体2の方位において粗密波の送受波に要した時間 t_1 が物体2までの距離に換算されるとともに、図7(b)に示すように、物体2'の方位において粗密波の送受波に要した時間 t_2 が物体2'までの距離に換算される。このように、物体2までの距離および物体2の方位を識別することによって、検知領域内において物体2が占有する領域(つまり、物体2の大きさや形状)を識別することが可能である。

10

【0043】

ところで、演算器13は、加算後の受波信号(図6(f)および図6(g)を参照)の強度によって、遅延時間の組み合わせに対応する方位における物体2の有無を判別する判別手段(図示せず)を有し、判別手段において、加算後の受波信号の強度としきい値とを比較し、受波信号の強度がしきい値より大きいと当該方位に物体2が存在すると判断する。本実施形態では、判別手段において受波信号の強度に対するしきい値が一定の値に設定されるのではなく、物体2における粗密波の反射係数に応じてしきい値を変化させている

20

【0044】

具体的に説明すると、反射係数が小さい物体2ほど粗密波は反射され難く受波信号の強度のピーク値が小さくなるので、しきい値は、反射係数の大小に依らずに物体2で反射された粗密波に対応する受波信号の強度より小さくなるように、反射係数が小さい物体2ほど小さく設定される。この構成によれば、同じ大きさかつ同じ形状の物体2であれば、反射係数が異なっていたとしても、当該物体で反射された粗密波に対応する受波信号の強度がしきい値よりも大きくなる範囲(つまり、検知領域内において物体2が占有する領域)を同程度とすることができ、同じ大きさかつ同じ形状の物体2として検知することができる。

【0045】

たとえば、物体検知装置が1m以内(往復距離では2m以内)に存在する物体2を検知するとすれば、粗密波は空気中で最大1mの距離を往復することになり、この期間に、粗密波の発散による発散損失と、粗密波の音響エネルギーが空気中に吸収されることによる吸収損失と、粗密波が物体2で反射される際の反射損失(反射係数に依存する)とによって、粗密波が45dB程度減衰する。つまり、送波器4から送波された粗密波の音圧である送波音圧 V_s と受波器6により受波された粗密波の音圧である受波音圧 V_r との関係は、物体2までの往復距離 R に依存する空気中での発散損失 $\{1/(4R^2)\}$ および吸収損失 $\exp(-R)$ と、反射係数 K_r とを用いて次式のように表すことができる。ただし、吸収損失における R は吸収係数である。

30

【0046】

$$V_r = V_s \cdot 1 / (4 R^2) \cdot \exp(-R) \cdot K_r$$

本実施形態では、送波音圧と受波音圧と発散損失と吸収損失とを用いて、上式から物体2の反射係数を求めている。そして、求めた反射係数が小さい物体2ほどしきい値を小さく設定する。

40

【0047】

また、本実施形態では、送波器4および受波器6に、送受波する粗密波の周波数に共振周波数を持たないものをそれぞれ採用することによって、送波器4から送波される粗密波における残響成分と受波器6から出力される受波信号における残響成分との両方を比較的小さくし、各受波素子9のそれぞれの受波信号が残響成分により時間軸方向に広がることを防止し、検知部7において物体2までの距離および物体2の方位を精度良く識別できる

50

ようにしている。

【0048】

具体的な構成として、送波器4においては、図8に示すような熱励起方式のものを採用している。この送波器4は、単結晶シリコン(c-Si)等からなる基板16と、基板16上に設けられたナノ結晶シリコン(nc-PS)等からなる熱絶縁層17と、送波器4の音源として熱絶縁層17上に成膜されたタングステン(W)等の金属薄膜18とを備えている。図8において、金属薄膜18の左右両端部には、アルミニウム(Al)等からなる一对の通電電極19が設けられる。通電電極19の左右方向の寸法は5mmにしてある。金属薄膜18はこの通電電極19を通して通電されたときに発熱するものであって、熱絶縁層17は金属薄膜18からの熱が基板16側に逃げることを防止している。

10

【0049】

ここにおいて、駆動回路5が通電電極19間に交流電圧を印加して送波信号としての駆動電流を流すと、金属薄膜18が温度変化を繰り返すことにより金属薄膜18に接触する媒質(空気)が膨張収縮して、駆動電流と同じ周波数の粗密波が生じるのである。このように、本実施形態の送波器4は、金属薄膜18の温度変化により粗密波を発生するものであって、自身が機械的に振動するものではなく共振周波数を持たないので、粗密波の発生時に共振による残響成分を発生することはない。また、本実施形態の送波器4は、音源となる部位が平面状であって、当該平面に直交する向きに粗密波を送波する。音源となる部位は、正形状に形成されている。

【0050】

駆動回路5は、この送波器4の金属薄膜18に図9に示すようなガウス波形状の駆動電流を流すことによって送波器4を駆動する。ガウス波形状の駆動電流の周波数成分はガウス分布であるから、このような駆動電流で送波器4を駆動することによって、特定の周波数帯域を有する粗密波を発生することができる。ここでは、粗密波の周波数帯域が50kHz~70kHzの超音波領域に設定している。さらに、駆動回路5が出力する駆動電流は単発のパルス電流であって、送波器4から単発の粗密波を送波させており、送波器4が送波する粗密波にサイドロープが発生することを防止している。駆動回路5は、図10に示すように、電源DCに対してスイッチSWを介して接続されたコンデンサC1を備え、コンデンサC1は、スイッチング素子Q1とインダクタL1と抵抗R1との直列回路を介して送波器4に接続された構成を有する。ここにおいて、スイッチSWがオンの期間にコンデンサC1が充電され、スイッチング素子Q1がオンされることにより送波器4に駆動電流が流れる。駆動電流の波形は、インダクタL1および抵抗R1の値によって変化する。駆動回路5における出力端間には、負荷である送波器4の短絡防止のために送波器4と並列に保護抵抗R2が設けられる。

20

30

【0051】

一方、受波器6の各受波素子9においては、共振周波数を持たない静電容量形のマイクロフォンをそれぞれ採用している。この受波素子9は、図11に示すように、単結晶シリコン等からなり一部に受波孔20が形成された基板21と、受波孔20の一方の開口を覆うように基板21に連続一体に形成され可動電極(図示せず)を設けた薄膜の受波体22と、ギャップ23を介して受波体22に対向する固定電極保持部24と、固定電極保持部24に設けられた固定電極25とを備え、基板21と受波体22とでダイアフラム構造を構成している。受波孔20は受波体22側ほど狭くなる形状に形成されている。この構成により、受波体22が粗密波を受けると受波体22が振動し、受波体22と固定電極25との距離が変化する。結果的に、可動電極と固定電極25との間の静電容量が変化する。そして、可動電極と固定電極25との間に電圧が印加されることにより、この静電容量の変化に依存して変化する電圧を受波信号として取り出すことができる。また、受波素子9の構造は、上述したダイアフラム構造に限らず、受波体22を受波孔20の一辺において基板21に連続させたカンチレバー構造としてもよい。

40

【0052】

10個の受波素子9が一平面上に配列された本実施形態の受波手段3においては、受波

50

素子 9 が配列された平面に直交する方向に対して、傾きが 0 度のときの強度を 0 dB とすると、傾きが 5 度のときに強度が - 3 dB となるような、比較的鋭い指向性を有する。また、受波器 4 が粗密波を受波しても共振しないことにより、受波素子 9 を粗密波の波長以下の比較的狭い間隔で配置することができるのである。

【 0 0 5 3 】

また、本実施形態では、検知部 7 の演算器 1 3 が、送波器 4 が粗密波を送波するタイミングに合わせて受波信号を有効とする期間（以下では「受波期間」と呼ぶ）を決定するタイミング制御部としての機能を有している。物体検知装置がたとえば 1 m 以内（往復距離では 2 m 以内）に存在する物体を検出するとすれば、粗密波が空気中で 1 m の距離を往復するのに要する時間は 6 m s 程度であることから、タイミング制御部は送波器 4 が粗密波を送波した直後から 6 m s の受波期間を設定する。このようにタイミング制御部としての機能を有することにより、送波器 4 から送波された粗密波を受波器 6 が受波する期間にのみ受波信号を有効とすることができるので、外来ノイズや多重反射などによる受波信号を受けて検知部 6 が誤動作することを防止できる。ただし、タイミング制御部としての機能を A/D コンバータ 1 1 に設けて A/D コンバータ 1 1 が受波期間にのみ受波信号をデジタル信号化するようにしてもよく、ここにおいて、上述したように受波期間が 6 m s であって、本実施形態のように受波素子 9 が 1 0 個の場合には、 $(6 \text{ m s}) \times (1 \text{ MHz}) \times (16 \text{ bit}) \times (10 \text{ 個}) = (120 \text{ kbyte})$ のフレームメモリ 1 2 が必要になる。

【 0 0 5 4 】

なお、たとえば物体 2 までの距離が比較的小さいなどの理由により発散損失および吸収損失を無視できる場合には、反射係数を送波音圧と受波音圧とから求めるようにしてもよい。また、本実施形態のように物体 2 の検知に粗密波を用いた場合には、所謂無色透明の物体 2 のように視認されない物体 2 であっても検知することができるという利点がある。

【 0 0 5 5 】

（実施形態 2）

本実施形態の物体検知装置は、対象とする検知領域内に存在する物体 2 を 3 次元画像として表示することができるものである。この物体検知装置は基本構成が実施形態 1 で説明したものと同様であって、実施形態 1 で説明したように物体検知装置が物体 2 までの距離および物体 2 の方位を識別できることを利用して、検知領域内において物体 2 が存在する 3 次元的位置を識別している。

【 0 0 5 6 】

本実施形態では、センサ部（送波器 4 および受波器 6）の正面側において、センサ部を頂点として、左方に 45 度の角度で傾いた平面と、右方に 45 度の角度で傾いた平面と、上方に 45 度の角度で傾いた平面と、下方に 45 度の角度で傾いた平面とで囲まれた領域であって、センサ部から 5 m 以内の範囲を検知領域とする。以下では、センサ部の正面方向に対して左方への傾きを負の角度、右方への傾きを正の角度として左右方向の角度を表し、センサ部の正面方向に対して下方への傾きを負の角度、上方への傾きを正の角度として上下方向の角度を表す。ここで、検知領域を複数の小領域に分割し、各小領域のそれぞれにおいて物体 2 の有無を検知することにより検知領域内の物体 2 を画像化する。

【 0 0 5 7 】

送波器 4 から送波される粗密波の伝播方向（以下では「奥行方向」と呼ぶ）においては、図 1 2 に示すように、検知領域を所定幅 a で複数の区間に分割する。ここにおいて、区間同士がセンサ部を中心とした球面によって区切られることにより、各区間はセンサ部からそれぞれ等距離の空間を形成している。すなわち、センサ部から等距離に存在する複数の物体 2 はすべて同じ区間に存在することになる。本実施形態ではセンサ部から所定距離だけ離れた位置からの区間を設定している。各区間の幅 a（奥行方向の寸法）は粗密波の波長に基づいて決定されるものであって、本実施形態では粗密波の波長の 10 倍としている。ここでは、粗密波の波長を 6.8 mm とし、各区間の幅 a を 68 mm とする。

【 0 0 5 8 】

また、左右方向における角度分解能を 5 度に設定し、上下方向における角度分解能も 5

10

20

30

40

50

度に設定する。ここにおいて、角度分解能をそれぞれ5度に設定すること、および受波素子9における受波信号の時間差 t の分解能に相当するADコンバータ11のサンプリング周期が $1 \mu s$ であることより、上述した式 $t = (d \cdot \sin \theta) / c$ に基づいて、受波素子9が、粗密波の波長（つまり 6.8 mm ）よりも小さい 3.9 mm という間隔で配置される。ここでは音速 c は 340 m/s としている。これにより、各区間は左右方向に19分割かつ上下方向に19分割される。さらに、図13に示すように左右方向および上下方向のそれぞれに19画素ずつとした361画素の2次元マップを各区間に対応付ける。この2次元マップにおける1画素分を小領域 b （図12参照）として、各小領域 b のそれぞれにおいて物体2の有無を検知する。

【0059】

ところで、送波器4から送波される粗密波の強度（以下では「送波強度」と呼ぶ）は方位によって異なるものであって、粗密波が図14に示すようなパルス正弦波である場合に、粗密波の波長を λ 、送波器4の音源となる部位の一辺の長さを $2a$ とすると、送波強度 $D_s(\theta)$ は、受波器6の素子配列用基板8に直交する方向に対する傾き θ に応じて次の2式のいずれかで表される。

【0060】

が $0 < \theta < \sin^{-1}(\lambda / 4a)$ のときには、

$$D_s(\theta) = \left\{ \sin\left(\frac{\lambda}{2a} \cdot \sin \theta\right) \right\} / \left(\frac{\lambda}{2a} \cdot \sin \theta \right)$$

が $\sin^{-1}(\lambda / 4a) < \theta < \pi/2$ のときには、

$$D_s(\theta) = 1 / \left(\frac{\lambda}{2a} \cdot \sin \theta \right)$$

ここで、検知領域における送波強度の分布は図15に示すように、センサ部の正面方向から離れるほど送波強度が小さくなる。

【0061】

一方、受波器6が粗密波を受波する感度（以下では「受波感度」と呼ぶ）も方位によって異なるものであって、本実施形態のように、上下方向および左右方向にそれぞれ5個ずつの受波素子9が配列された受波器6では、センサ部の正面方向を中心として上下左右に延長された十字状に、受波感度 $D_r(\theta)$ の高い領域が生じる。検知領域内における受波感度の分布のシミュレーション結果を図16に示す。

【0062】

このように、送波強度および受波感度は検知領域内においてそれぞれ一律ではなく、受波器6の素子配列用基板8に直交する方向に対する傾き θ によって異なるので、受波器6の素子配列用基板8に直交する方向に対する傾き θ を考慮すると、送波音圧 V_s と受波音圧 V_r との関係は、発散損失 $\{1 / (4R^2)\}$ と、吸収損失 $\exp(-R)$ と、送波強度 $D_s(\theta)$ と、受波感度 $D_r(\theta)$ と、反射係数 K_r とを用いて、次式のように表される。

【0063】

$$V_r = V_s \cdot 1 / (4R^2) \cdot \exp(-R) \cdot D_s(\theta) \cdot D_r(\theta) \cdot K_r$$

そこで、本実施形態の判別手段では、送波音圧と受波音圧と発散損失と吸収損失と送波強度と受波感度とを用いて、上式から物体2の反射係数を求めるものとする。そして、求めた反射係数が小さい物体2ほどしきい値を小さく設定する。

【0064】

また、反射係数が同じ物体2を検知した場合でも、センサ部から遠い物体2ほど受波信号の強度のピーク値は小さくなるので、本実施形態ではセンサ部から離れた区間ほどしきい値を小さくするように、区間毎にしきい値を設定している。さらに、送波強度が小さい方位に存在する物体2ほど受波信号の強度は小さくなるので、本実施形態では送波強度が小さい方位ほどしきい値を小さくする。加えて、受波感度が低い方位に存在する物体2ほど受波信号の強度は小さくなるので、受波感度が低い方位ほどしきい値を小さくする。

【0065】

要するに、本実施形態では、各小領域のそれぞれにおいて物体2の有無を検知する際に、物体2の反射係数だけでなく小領域の3次元的位置にも基づいてしきい値を設定する

10

20

30

40

50

ものであって、異なる位置に存在する物体 2 であっても、その大きさや形状を正確に識別することができるのである。

【 0 0 6 6 】

以下では、本実施形態の動作の一例として、物体検知装置が、区間内の全領域において反射率を 100%とした場合の受波信号の強度（以下では「基準強度」と呼ぶ）の分布に対応するデータテーブルを区間毎に予め有しており、このデータテーブルを用いてしきい値を設定する場合の動作を示す。各区間における基準強度は、センサ部から各区間までの距離と、各区間における送波強度の分布および受波感度の分布とを考慮したものであって、センサ部の正面方向から離れるほど小さくなる。ここでは、ある区間の左右方向における受波信号の強度分布を示した図 17 を参照して説明する。図 17 においては、横軸に左右方向の角度、縦軸に受波信号の強度を示す。

10

【 0 0 6 7 】

まず、検知領域内の物体 2 で反射された粗密波に対応する受波信号の強度 A から、物体 2 において反射率が最大である位置（以下では「存在位置」と呼ぶ）を求める。基準強度 C は反射率を 100%とした場合の受波信号の強度であるから、受波信号の強度 A と基準強度 C との差が反射率を反映しており、この差が最小となる位置で反射率が最大となる。したがって、図 17 では、受波信号の強度 A と基準強度 C との差 Y が最小となる位置が存在位置 X である。

【 0 0 6 8 】

次に、この存在位置 X における物体 2 の反射係数に基づいて、当該区間におけるしきい値 B を設定する。本実施形態では、存在位置 X における反射係数に対応付けられた 1 以下の正の数を各方位の基準強度 C に乗じることにより各方位のしきい値 B を得るようにしている。これにより、しきい値 B は基準強度 C と同様にセンサ部の正面方向（0 度）から離れるほど小さくなる。反射係数に対応付けられた数は、しきい値 B が存在位置 X における受波信号の強度 A よりも規定された割合だけ小さくなるように決められるものであって、本実施形態では存在位置 X においてしきい値 B が受波信号の強度 A の 90%となるように決められている。

20

【 0 0 6 9 】

物体 2 の有無は、受波信号の強度 A がしきい値 B より大きいか否かによって判別され、図 17 では、受波信号の強度 A がしきい値 B を越える領域 Z にわたって物体 2 が存在すると判別される。ここで、物体 2 が占有する領域 Z の広さが物体 2 の大きさに対応しているのである。

30

【 0 0 7 0 】

また、物体 2 で反射された粗密波以外のノイズを受波器 6 が受波することにより、存在しない物体 2 を誤って検知してしまうことがないように、無効とする受波信号の強度を決定する最低しきい値 D が設定される。この最低しきい値 D より強度が小さい受波信号においては無効とするのである。この最低しきい値 D においても、しきい値 B と同様にセンサ部の正面方向（0 度）から離れるほど小さくなる。

【 0 0 7 1 】

ここでは、説明のために左右方向においてのみ受波信号の強度分布を示したが、実際には、左右方向および上下方向に広がる 2 次元マップ上において、物体 2 で反射された粗密波に対応する受波信号の強度が分布する。2 次元マップ上においては、物体 2 が占有する領域の形状が、センサ部側からみた物体 2 の形状に対応する。

40

【 0 0 7 2 】

ところで、本実施形態の物体検知装置は、検知領域内の各小領域にそれぞれ対応付けた複数の画素を有する画像を出力する画像出力部（図示せず）を備えている。画像出力部は、受波信号の強度がしきい値を越える小領域のみを表示するものである。センサ部からの距離が 1 m の区間において、左右方向の角度が 0 度の位置に立つ人物 26 と、センサ部からの距離が 1.3 m の区間において、左右方向の角度が 40 度、上下方向の角度が -20 度の位置に存在するボール 27 とを検知した場合に生成された画像を図 18 に示す。図 1

50

8 (a) が検知領域をセンサ部側からみた正面図として画像化したものであって、図 1 8 (b) は検知領域を斜めにみた斜視図として画像化したものである。このときの人物 2 6 の反射係数は約 1 1 % であって、この反射係数に基づいてしきい値が設定された。一方、ボール 2 7 の反射係数は約 5 % であって、人物 2 6 とは異なるしきい値が設定された。このように、反射係数が異なる物体であっても大きさや形状が比較的正確に検知できる。

【 0 0 7 3 】

また、上述した例では、検知領域を一定の幅 (6 8 m m) で複数の区間に分割していたが、検知領域を前記区間に分割した状態での物体 2 の検知に加えて、検知領域をセンサ部の正面方向において前記区間に対して 3 4 m m だけずらして 6 8 m m 幅で分割した状態でも物体 2 の検知を行うようにしてもよく、これにより、前者の分割状態において 2 つの区間に跨って粗密波が反射された場合にも、後者の分割状態において精度よく検知できるという効果を奏する。

10

【 0 0 7 4 】

なお、受波器 6 は素子配置用基板 8 上における複数の方向にそれぞれ複数個ずつの受波素子 9 が配列されていればよく、素子配置用基板 8 上における受波素子 9 の配置は上述したものに限らない。受波素子 9 の個数も 1 0 個に限定するものではなく、たとえば図 1 9 に示すように、素子配置用基板 8 の中央に配置された 1 個の受波素子 9 の周囲を囲む円弧上に等間隔で 6 個の受波素子 9 を配列してもよい。図 1 9 に示す配列を採用した受波器 6 を用いた場合には、検知領域内における受波感度の分布のシミュレーション結果である図 2 0 に示すように、センサ部の正面方向を中心として円形状に広がった領域の受波感度が高くなる。その他の構成および機能は実施形態 1 と同様である。

20

【 0 0 7 5 】

(実施形態 3)

本実施形態では、実施形態 2 の物体検知装置において、送波器 4 から一定の時間間隔で粗密波を送波し、この時間間隔に合わせて画像出力部に表示される画像を更新するようにした例を示す。ここでは、物体 2 までの距離を画素値に対応付けて表示する。

【 0 0 7 6 】

この構成では、検知領域に存在する物体 2 を時系列に表示することができる。検知領域を移動する人物 2 8 を検知した例を図 2 1 に示す。

【 0 0 7 7 】

初めに表示された図 2 1 (a) においてセンサ部の近傍に存在していた人物 2 8 は、次に表示された図 2 1 (b) では図 2 1 (a) の状態よりもセンサ部から離れた位置に存在し、この次に表示された図 2 1 (c) ではセンサ部からさらに離れた位置に存在している。すなわち、この人物 2 8 がセンサ部から遠ざかるように移動したことがわかる。

30

【 0 0 7 8 】

また、画像出力部は、検知領域において受波信号の強度がしきい値を越えた領域のみを表示するので、背景を省略した状態で検知領域内に存在する物体 2 のみを表示することもできる。物体の表示方法については、周知の画像処理の技術を用いて、物体 2 の形状を識別可能な形で表示したり、物体 2 を追跡して表示するようにしてもよい。さらに、同じ反射係数の物体 2 の位置を時系列的にプロットすることにより、物体 2 が移動した向きを自動で判別するようにしてもよい。その他の構成および機能は実施形態 2 と同様である。

40

【 0 0 7 9 】

なお、上述した各実施形態で示した数値は一例であって、これに限定されるものではない。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 0 】

【 図 1 】 本発明の実施形態 1 の構成を示すブロック図である。

【 図 2 】 同上の受波器を示す概略図である。

【 図 3 】 同上の受波器が粗密波を受波する方位を説明するための説明図である。

【 図 4 】 同上の受波手段の構成を示すブロック図である。

50

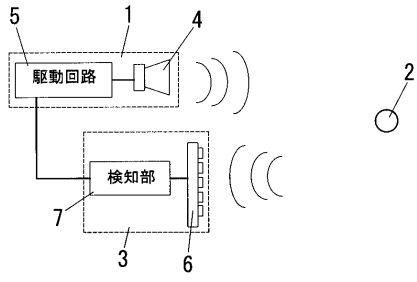
- 【図5】同上の受波手段の動作を示す動作説明図である。
- 【図6】同上の受波手段の動作を説明するための説明図である。
- 【図7】(a)は物体2に対応する受波信号を示し、(b)は物体2'に対応する受波信号を示す説明図である。
- 【図8】同上の送波器の構成を示し(a)は正面図、(b)は断面図である。
- 【図9】同上の駆動電流の波形を示すグラフである。
- 【図10】同上の駆動回路を示す回路図である。
- 【図11】同上の受波素子の構成を示す断面図である。
- 【図12】本発明の実施形態2の検知領域を示す説明図である。
- 【図13】同上の各区間に想定される2次元マップを示す説明図である。 10
- 【図14】同上の粗密波を示すグラフである。
- 【図15】同上の送波強度の分布を示すグラフである。
- 【図16】同上の受波感度の分布を示すグラフである。
- 【図17】同上の受波信号の強度分布を示す説明図である。
- 【図18】同上の画像出力部に表示される画像を示す説明図である。
- 【図19】同上の受波素子の他の配置を示す説明図である。
- 【図20】同上の受波感度の分布を示すグラフである。
- 【図21】本発明の実施形態3の動作を示す動作説明図である。
- 【図22】従来例の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】 20

【0081】

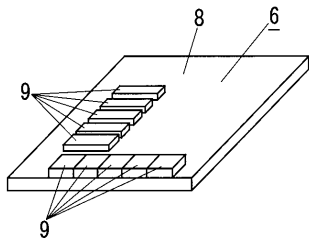
- 2 物体
- 4 送波器
- 6 受波器
- 7 検知部
- 9 受波素子

【図1】

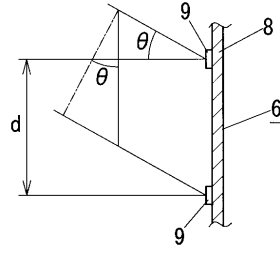


- 2 物体
- 4 送波器
- 6 受波器

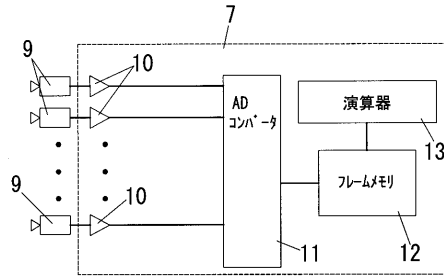
【図2】



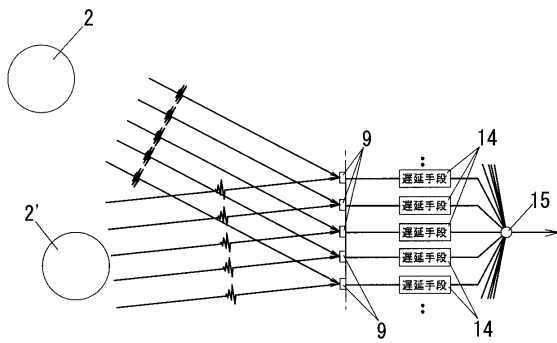
【図3】



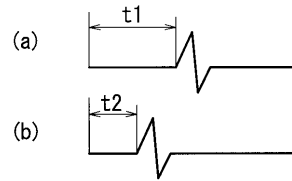
【図4】



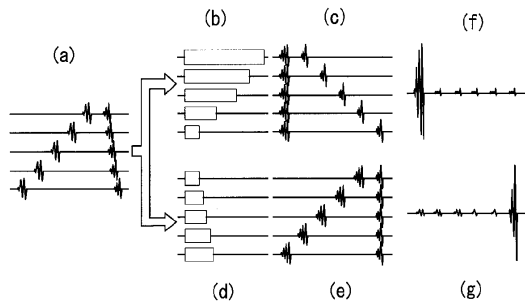
【図5】



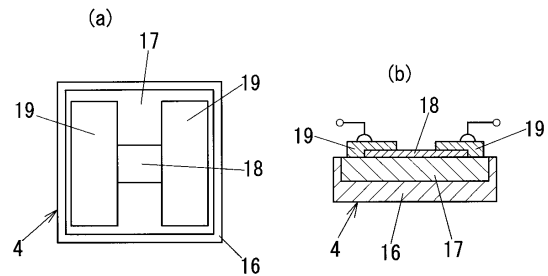
【図7】



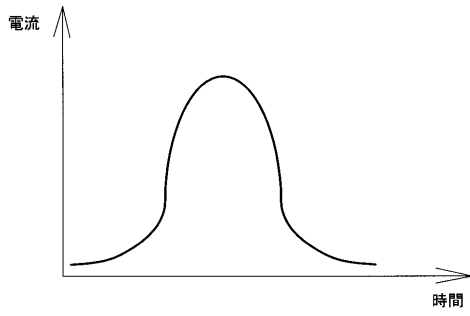
【図6】



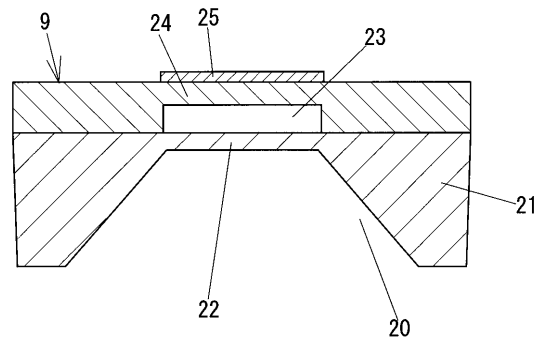
【図8】



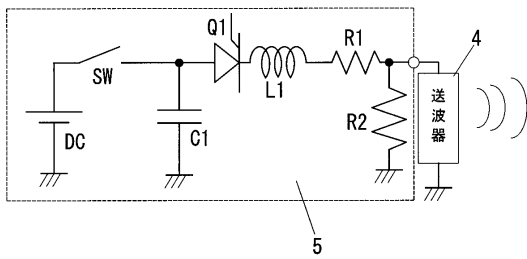
【 図 9 】



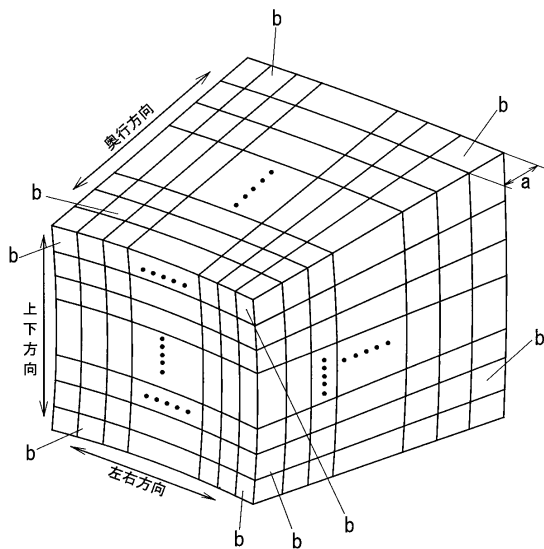
【 図 1 1 】



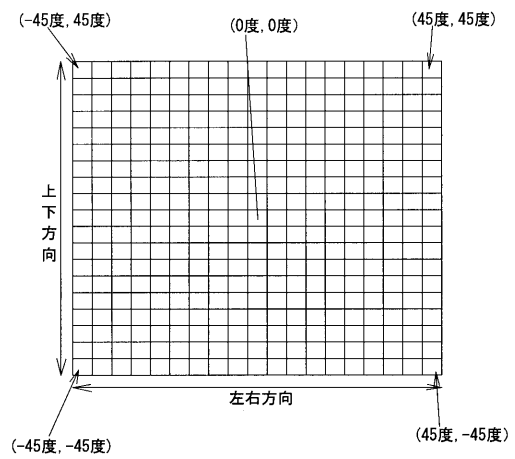
【 図 1 0 】



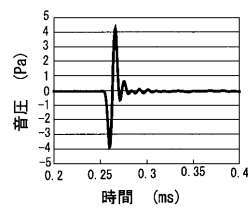
【 図 1 2 】



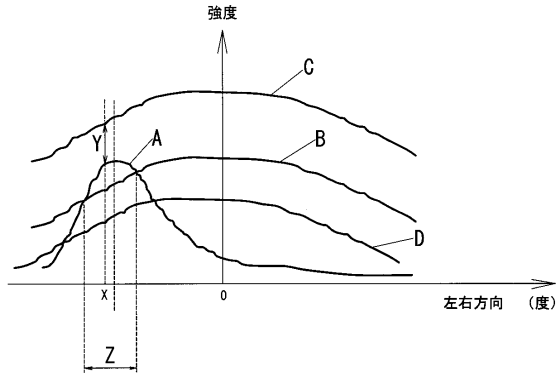
【 図 1 3 】



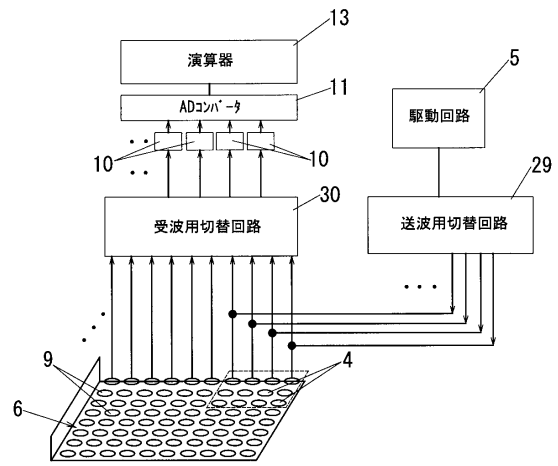
【 図 1 4 】



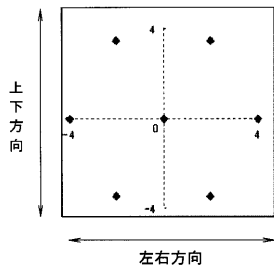
【図17】



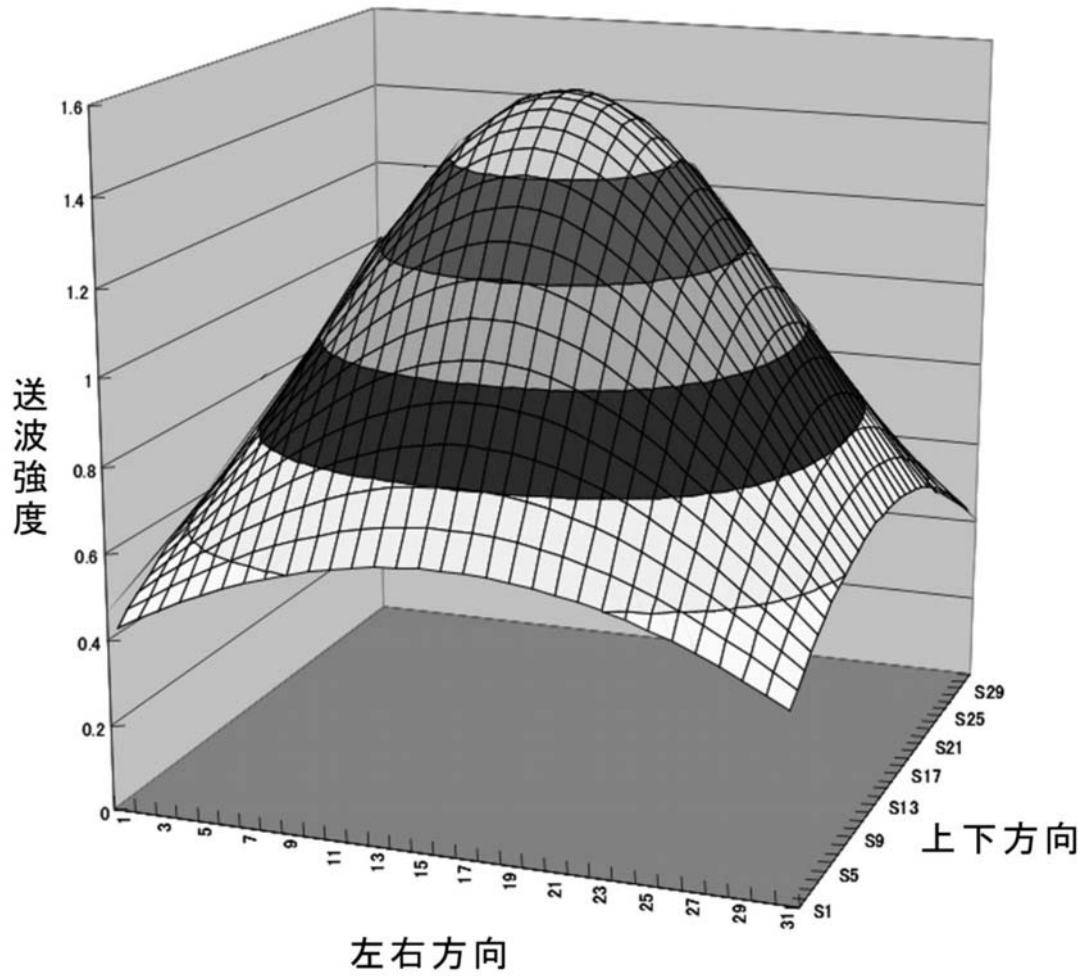
【図22】



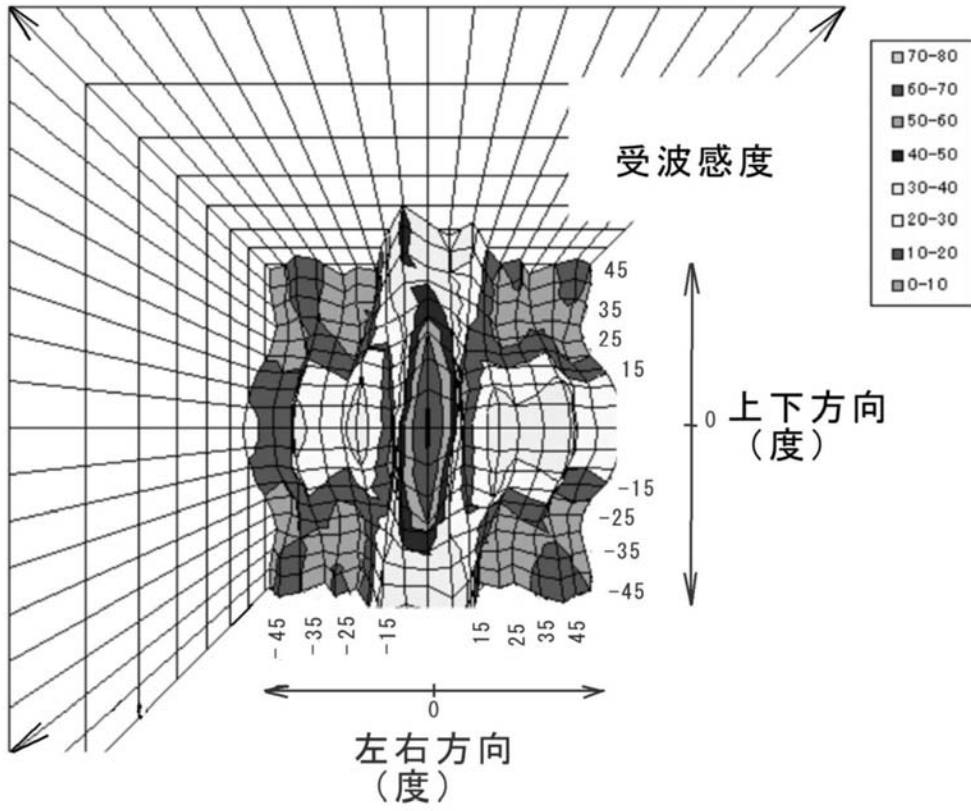
【図19】



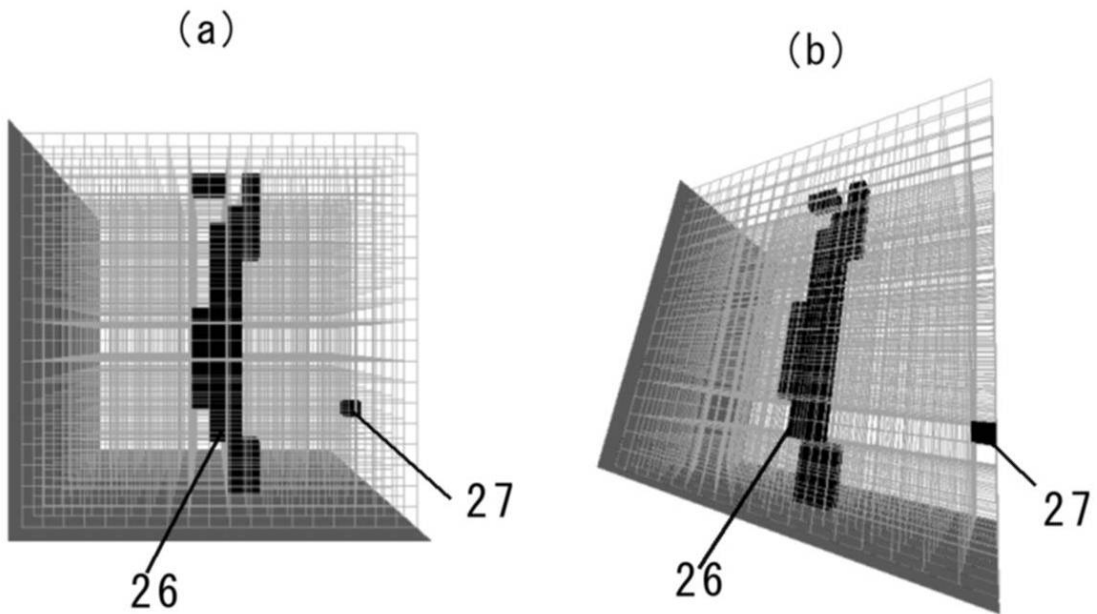
【図15】



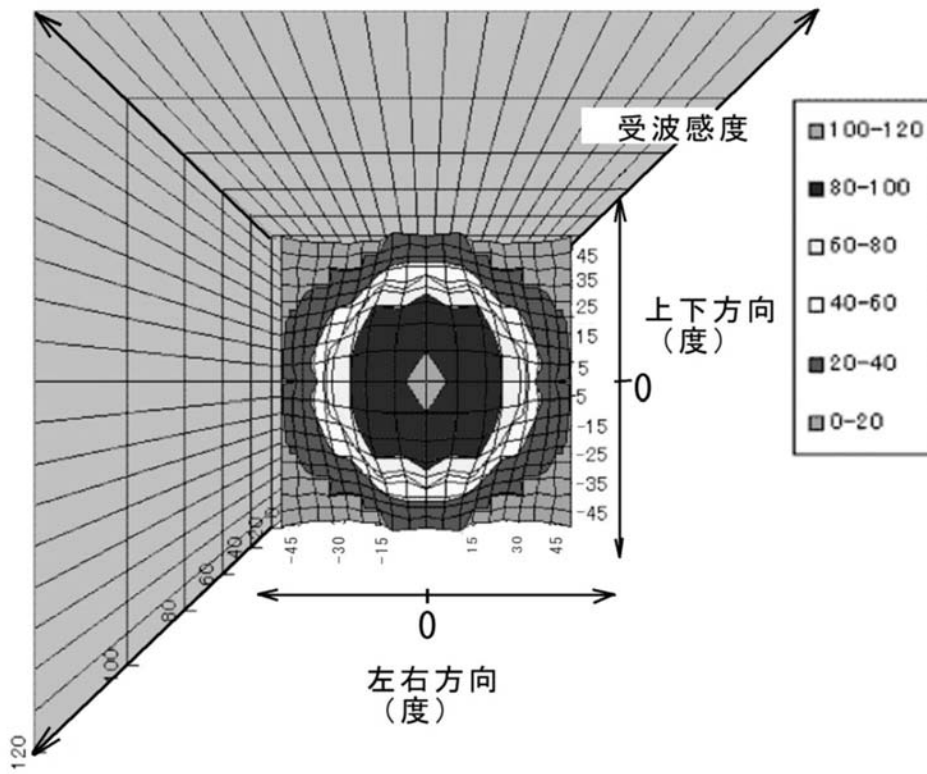
【図16】



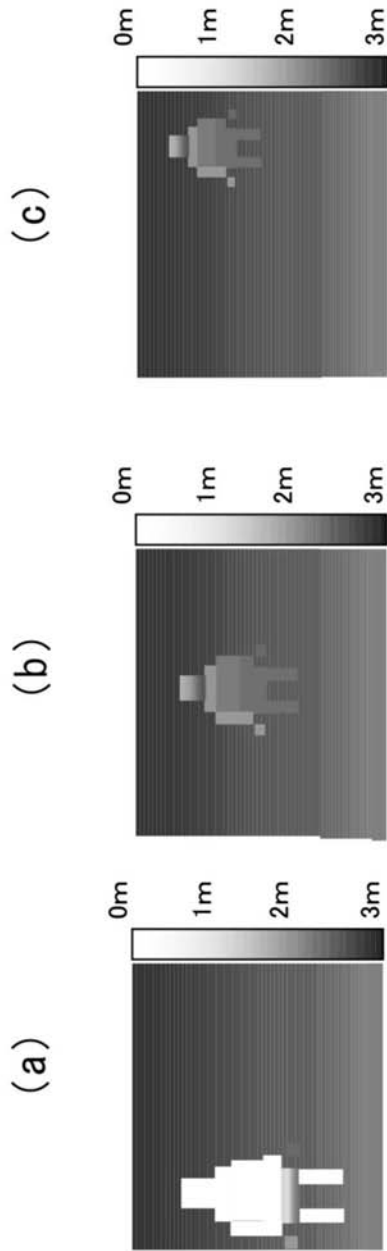
【図18】



【図20】



【 図 2 1 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平10-170686(JP,A)
特開2000-028589(JP,A)
特開平10-127630(JP,A)
特開平08-005738(JP,A)
特開平04-132986(JP,A)
実開昭62-069176(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01V 1/00
G01S 15/42