

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4569564号
(P4569564)

(45) 発行日 平成22年10月27日(2010.10.27)

(24) 登録日 平成22年8月20日(2010.8.20)

(51) Int.Cl.		F I	
GO 1 S 3/808 (2006.01)		GO 1 S 3/808	
GO 1 S 11/16 (2006.01)		GO 1 S 11/00	D
GO 1 S 11/14 (2006.01)		GO 1 S 11/00	C
GO 1 S 5/28 (2006.01)		GO 1 S 5/28	

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-337379 (P2006-337379)	(73) 特許権者	000005832
(22) 出願日	平成18年12月14日(2006.12.14)		パナソニック電気株式会社
(62) 分割の表示	特願2005-145953 (P2005-145953) の分割		大阪府門真市大字門真1048番地
原出願日	平成17年5月18日(2005.5.18)	(74) 代理人	100087767
(65) 公開番号	特開2007-127663 (P2007-127663A)		弁理士 西川 恵清
(43) 公開日	平成19年5月24日(2007.5.24)	(74) 代理人	100085604
審査請求日	平成20年2月8日(2008.2.8)		弁理士 森 厚夫
(31) 優先権主張番号	特願2005-5639 (P2005-5639)	(72) 発明者	山中 浩
(32) 優先日	平成17年1月12日(2005.1.12)		大阪府門真市大字門真1048番地 松下 電気株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	渡部 祥文
			大阪府門真市大字門真1048番地 松下 電気株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 動線計測システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

建物内の床面上を移動する移動体の移動状況を追跡する動線計測を行う動線計測システムであって、前記移動体に搭載され超音波を発生可能であり共振特性のQ値が1程度である音源と、前記床面上方の施工面に設置され音源から送波された超音波を受波するとともに受波した超音波を電気信号である受波信号に変換し共振特性のQ値が3～4程度である複数個の受波素子が同一基板上に配列された超音波アレイセンサからなる超音波受信装置と、超音波受信装置である超音波アレイセンサの各受波素子で超音波を受波した時間の時間差と各受波素子の配置位置とに基づいて超音波受信装置に対して音源の存在する方位を求める位置演算部と、音源と超音波受信装置とのうち音源側に設けられ光もしくは電波のトリガ信号を発信するトリガ信号発信器と、超音波受信装置側に設けられトリガ信号を受信するトリガ信号受信器と、トリガ信号発信器からのトリガ信号の送波開始タイミングおよび音源からの超音波の送波開始タイミングを制御する制御部とを備え、位置演算部が、トリガ信号受信器によりトリガ信号を受信した時刻と受波素子により超音波を受波した時刻との関係から超音波受信装置と音源との距離を求める距離演算手段を備え、位置演算部で求めた音源の存在する方位および音源までの距離を、トリガ信号受信器によりトリガ信号を受信した時刻と対応付けて時系列的に記憶するメモリを備えることを特徴とする動線計測システム。

【請求項2】

建物内の床面上を移動する移動体の移動状況を追跡する動線計測を行う動線計測システ

ムであって、前記移動体に搭載され超音波を発生可能であり共振特性のQ値が1程度である音源と、前記床面上方の施工面に設置され音源から送波された超音波を受波するとともに受波した超音波を電気信号である受波信号に変換し共振特性のQ値が3～4程度である複数の受波素子が同一基板上に配列された超音波アレセンサからなる超音波受信装置と、超音波受信装置である超音波アレセンサの各受波素子で超音波を受波した時間の時間差と各受波素子の配置位置とに基づいて超音波受信装置に対して音源の存在する方位を求める位置演算部と、音源と超音波受信装置とのうち超音波受信装置側に設けられ光もしくは電波のトリガ信号を発信するトリガ信号発信器と、音源側に設けられトリガ信号を受信するトリガ信号受信器と、トリガ信号受信器にてトリガ信号を受信したときに音源から超音波を送波させる制御部とを備え、位置演算部は、トリガ信号発信器からトリガ信号が発信された時刻と受波素子により超音波を受波した時刻との関係から超音波受信装置と音源との距離を求める距離演算手段を備え、位置演算部で求めた音源の存在する方位および音源までの距離を、トリガ信号受信器によりトリガ信号を受信した時刻と対応付けて時系列的に記憶するメモリを備えることを特徴とする動線計測システム。

10

【請求項3】

前記音源が複数あり、前記各音源と前記超音波受信装置とのうち前記各音源側に設けられそれぞれ固有の識別情報信号を発信する複数の識別情報信号発信器と、前記超音波受信装置側に設けられ識別情報信号を受信する識別情報信号受信器とを備え、前記トリガ信号発信器として識別情報信号発信器を用いるとともに前記トリガ信号受信器として識別情報信号受信器を用いて前記トリガ信号を識別情報信号で兼用し、前記制御部は、前記音源側に設けられ識別情報信号発信器からの識別情報信号の送信開始タイミングおよび前記音源からの超音波の送波開始タイミングを制御し、前記位置演算部は、識別情報信号受信部にて受信した識別情報信号に基づいて前記各音源を個別に特定する音源特定手段を備え、前記距離演算手段は、識別情報信号受信部により識別情報信号を受信した時刻と前記受波素子により超音波を受波した時刻との関係から前記超音波受信装置と前記音源との距離を求めることを特徴とする請求項1記載の動線計測システム。

20

【請求項4】

前記音源が複数あり、前記各音源と前記超音波受信装置とのうち前記各音源側に設けられそれぞれ固有の識別情報信号を発信する識別情報信号発信器と、前記超音波受信装置側に設けられ識別情報信号を受信する識別情報信号受信器と、前記超音波受信装置側に設けられ識別情報信号受信部にて受信した識別情報信号に基づいて前記各音源を個別に特定する音源特定手段とを備えることを特徴とする請求項1または請求項2記載の動線計測システム。

30

【請求項5】

前記音源は、支持基板と、支持基板の一表面側に形成された発熱体層と、支持基板の前記一表面側で支持基板と発熱体層との間に介在する熱絶縁層とを備え、発熱体層への通電に伴う発熱体層の温度変化に伴って超音波を発生する超音波発生素子からな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項に記載の動線計測システム。

【請求項6】

前記受波素子は、超音波の音圧を静電容量の変化に変換する静電容量式のマイクロホンからな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項に記載の動線計測システム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を利用して移動体の位置情報を検出し建物内の床面上を移動する移動体の移動状況を追跡する動線計測を行う動線計測システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、複数の移動体それぞれに設けられた超音波発信機と、建物内の天井面の所定

50

領域ごとに設置された少なくとも3個の超音波受信機と、超音波発信機から発信された超音波が超音波受信機で受信されるまでの時間に基づいて移動体の位置情報を求める演算処理手段とを備えた位置検出システムが提案されている（例えば、特許文献1，2参照）。なお、上記特許文献1，2に開示された位置検出システムでは、各超音波受信機それぞれを2線式の信号線によりジャンクションボックスと接続し、演算処理手段を構成するコンピュータとジャンクションボックスとを別途の信号線を介して接続している。

【特許文献1】特開2003-279640号公報（段落〔0012〕～〔0024〕、図1～図4）

【特許文献2】特開平8-226810号公報（段落〔0025〕～〔0033〕、図1～図3）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

上記特許文献1，2に開示された位置検出システムは、建物の天井面の所定領域ごとに超音波受信機からなる超音波受信装置を1つずつ設置するようにしたシステムであって、演算処理手段において検出対象の物体（移動体）の位置情報を求めるためには、少なくとも3箇所に超音波受信装置を設置しなければならず、施工作业が面倒になってしまう。しかも、上述の位置検出システムでは、3つの超音波受信装置の検知エリアの重なる領域に存在する物体の位置情報しか得ることができないので、超音波受信装置の配置設計が難しく、施工作业が面倒になってしまう。

【0004】

本発明は上記事由に鑑みて為されたものであり、その目的は、施工が容易で且つ超音波受信装置の配置設計が容易な動線計測システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

請求項1の発明は、建物内の床面上を移動する移動体の移動状況を追跡する動線計測を行う動線計測システムであって、前記移動体に搭載され超音波を発生可能であり共振特性のQ値が1程度である音源と、前記床面上方の施工面に設置され音源から送波された超音波を受波するとともに受波した超音波を電気信号である受波信号に変換し共振特性のQ値が3～4程度である複数個の受波素子が同一基板上に配列された超音波アレイセンサからなる超音波受信装置と、超音波受信装置である超音波アレイセンサの各受波素子で超音波を受波した時間の時間差と各受波素子の配置位置とに基づいて超音波受信装置に対して音源の存在する方位を求める位置演算部と、音源と超音波受信装置とのうち音源側に設けられ光もしくは電波のトリガ信号を発信するトリガ信号発信器と、超音波受信装置側に設けられトリガ信号を受信するトリガ信号受信器と、トリガ信号発信器からのトリガ信号の送波開始タイミングおよび音源からの超音波の送波開始タイミングを制御する制御部とを備え、位置演算部が、トリガ信号受信器によりトリガ信号を受信した時刻と受波素子により超音波を受波した時刻との関係から超音波受信装置と音源との距離を求める距離演算手段を備え、位置演算部で求めた音源の存在する方位および音源までの距離を、トリガ信号受信器によりトリガ信号を受信した時刻と対応付けて時系列的に記憶するメモリを備えることを特徴とする。

【0006】

この発明によれば、1つの超音波受信装置を配置することにより当該超音波受信装置を中心とした検知エリア内に存在する移動体に搭載された音源の存在する方位を求めることができるので、施工が容易になるとともに超音波受信装置の配置設計が容易になる。また、超音波受信装置と音源との距離を求めることができるので、音源の存在する方位と音源までの距離とに基づいて超音波受信装置に対する音源の相対位置を求めることができる。また、音源と受波素子との共振特性のQ値が圧電素子に比べて十分に小さいので、残響成分に起因した不感帯を短くすることができ、とくに受波素子について不感帯を短くすることにより角度分解能が改善される。また、メモリに、位置演算部で求めた音源の存在する

10

20

30

40

50

方位および音源までの距離を、トリガ信号受信器によりトリガ信号を受信した時刻と対応付けて時系列的に記憶することができる。

【 0 0 0 7 】

請求項 2 の発明は、建物内の床面上を移動する移動体の移動状況を追跡する動線計測を行う動線計測システムであって、前記移動体に搭載され超音波を発生可能であり共振特性の Q 値が 1 程度である音源と、前記床面上方の施工面に設置され音源から送波された超音波を受波するとともに受波した超音波を電気信号である受波信号に変換し共振特性の Q 値が 3 ~ 4 程度である複数個の受波素子が同一基板上に配列された超音波アレイセンサからなる超音波受信装置と、超音波受信装置である超音波アレイセンサの各受波素子で超音波を受波した時間の時間差と各受波素子の配置位置とに基づいて超音波受信装置に対して音源の存在する方位を求める位置演算部と、音源と超音波受信装置とのうち超音波受信装置側に設けられ光もしくは電波のトリガ信号を発信するトリガ信号発信器と、音源側に設けられトリガ信号を受信するトリガ信号受信器と、トリガ信号受信器にてトリガ信号を受信したときに音源から超音波を送波させる制御部とを備え、位置演算部は、トリガ信号発信器からトリガ信号が発信された時刻と受波素子により超音波を受波した時刻との関係から超音波受信装置と音源との距離を求める距離演算手段を備え、位置演算部で求めた音源の存在する方位および音源までの距離を、トリガ信号受信器によりトリガ信号を受信した時刻と対応付けて時系列的に記憶するメモリを備えることを特徴とする。

10

【 0 0 0 8 】

この発明によれば、1つの超音波受信装置を配置することにより当該超音波受信装置を中心とした検知エリア内に存在する移動体に搭載された音源の存在する方位を求めることができるので、施工が容易になるとともに超音波受信装置の配置設計が容易になる。また、超音波受信装置と音源との距離を求めることができるので、音源の存在する方位と超音波受信装置と音源との距離とに基づいて超音波受信装置に対する音源の相対位置を求めることができる。また、音源と受波素子との共振特性の Q 値が圧電素子に比べて十分に小さいので、残響成分に起因した不感帯を短くすることができ、とくに受波素子について不感帯を短くすることにより角度分解能が改善される。また、メモリに、位置演算部で求めた音源の存在する方位および音源までの距離を、トリガ信号受信器によりトリガ信号を受信した時刻と対応付けて時系列的に記憶することができる。

20

【 0 0 0 9 】

請求項 3 の発明は、請求項 1 の発明において、前記音源が複数あり、前記各音源と前記超音波受信装置とのうち前記各音源側に設けられそれぞれ固有の識別情報信号を発信する複数の識別情報信号発信器と、前記超音波受信装置側に設けられ識別情報信号を受信する識別情報信号受信器とを備え、前記トリガ信号発信器として識別情報信号発信器を用いるとともに前記トリガ信号受信器として識別情報信号受信器を用いて前記トリガ信号を識別情報信号で兼用し、前記制御部は、前記音源側に設けられ識別情報信号発信器からの識別情報信号の送信開始タイミングおよび前記音源からの超音波の送波開始タイミングを制御し、前記位置演算部は、識別情報信号受信部にて受信した識別情報信号に基づいて前記各音源を個別に特定する音源特定手段を備え、前記距離演算手段は、識別情報信号受信部により識別情報信号を受信した時刻と前記受波素子により超音波を受波した時刻との関係から前記超音波受信装置と前記音源との距離を求めることを特徴とする。

30

40

【 0 0 1 0 】

この発明によれば、前記超音波受信装置から前記各音源それぞれまでの距離を求めることができるので、前記各音源それぞれの存在する方位と前記超音波受信装置から前記各音源それぞれまでの距離とに基づいて前記超音波受信装置に対する前記各音源それぞれの相対位置を求めることができる。

【 0 0 1 1 】

請求項 4 の発明は、請求項 1 または請求項 2 の発明において、前記音源が複数あり、前記各音源と前記超音波受信装置とのうち前記各音源側に設けられそれぞれ固有の識別情報信号を発信する識別情報信号発信器と、前記超音波受信装置側に設けられ識別情報信号を

50

受信する識別情報信号受信器と、前記超音波受信装置側に設けられ識別情報信号受信部にて受信した識別情報信号に基づいて前記各音源を個別に特定する音源特定手段とを備えることを特徴とする。

【0012】

この発明によれば、前記超音波受信装置に対する前記各音源それぞれの存在する方位を前記音源ごとに特定して求めることができる。

【0013】

請求項5の発明は、請求項1ないし請求項4の発明において、前記音源は、支持基板と、支持基板の一表面側に形成された発熱体層と、支持基板の前記一表面側で支持基板と発熱体層との間に介在する熱絶縁層とを備え、発熱体層への通電に伴う発熱体層の温度変化に伴って超音波を発生する超音波発生素子からなることを特徴とする。

10

【0014】

この発明によれば、前記音源として圧電式の超音波発生素子を用いる場合に比較して共振特性のQ値が小さいから、残響時間が短く発生期間の短い超音波を発生させることができ、前記音源から送波される超音波における残響成分に起因した不感帯を短くすることができる。

【0015】

請求項6の発明は、請求項1ないし請求項5の発明において、前記受波素子は、超音波の音圧を静電容量の変化に変換する静電容量式のマイクロホンからなることを特徴とする。

20

【0016】

この発明によれば、前記受波素子の共振特性のQ値が圧電素子の共振特性のQ値に比べて小さいから、従来のように受波素子として圧電式の受波素子を用いる場合に比べて、前記受波素子で超音波を受波したときに発生する受波信号における残響時間を短くできるので、前記受波素子から出力される受波信号における残響成分に起因した不感帯を短くすることができる。

【発明の効果】

【0017】

請求項1, 2の発明では、1つの超音波受信装置を配置することにより当該超音波受信装置を中心とした検知エリア内に存在する移動体に搭載された音源の存在する方位を求めることができるので、施工が容易になるとともに超音波受信装置の配置設計が容易になるという効果がある。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

本実施形態では、図1(a)に示すように、位置検出対象の物体Aが建物内で床面100上を移動する移動体(例えば、ショッピングカートなど)であり、間欠的に超音波を発生可能な音源11(図2参照)を備えた音源ユニット1を物体Aの上面に搭載する一方で、音源11から間欠的に送波された超音波を受波する超音波受信装置21(図2参照)を備えたセンサユニット2を施工面である天井面200の定位置に設置し、超音波受信装置21に対する物体Aの相対位置を音源11の相対位置として求め、物体Aの移動状況(物体Aの動き)を追跡する動線計測を行う動線計測システムを例示する。

40

【0019】

音源ユニット1には、上述の音源11と、音源11を駆動するドライバ12と、光もしくは電波からなるトリガ信号を発信するトリガ信号発信器13と、トリガ信号発信器13を駆動するドライバ14と、固有の識別情報信号を発信する識別情報信号発信器15と、識別情報信号発信器15を駆動するドライバ16と、各ドライバ12, 14, 16を制御する制御部17とを備えている。ここにおいて、音源11からの超音波の送波開始タイミング、トリガ信号発信器13からのトリガ信号の送信開始タイミング、識別情報信号発信器15からの識別情報信号の送信タイミングは、制御部17により制御される。なお、制御部17は、マイクロコンピュータを主構成とし、上述の制御部17の機能はマイクロコ

50

コンピュータに適宜のプログラムを搭載することにより実現される。

【0020】

一方、センサユニット2には、上述の超音波受信装置21と、トリガ信号発信器13から送信されたトリガ信号を受信したときにトリガ受信信号を出力するトリガ信号受信器23と、識別情報信号発信器15から送信された識別情報信号を受信する識別情報信号受信器25と、超音波受信装置21から出力される受波信号とトリガ信号受信器23から出力されるトリガ受信信号とに基づいて超音波受信装置21に対する音源11の相対位置（音源11の存在する方位および音源11までの距離）を求めて出力する位置演算部22と、トリガ信号受信器23からのトリガ受信信号を受けた時刻（以下、トリガ受信時刻と称す）を出力するタイマ26と、位置演算部22から出力される演算結果（音源11の存在する方位および音源11までの距離）をタイマ26から出力されたトリガ受信時刻と対応付けて時系列的に記憶するメモリ24とを備えている。メモリ24に格納されているトリガ受信時刻、トリガ受信時刻毎の音源11の存在する方位および音源11までの距離（要するに、各音源11それぞれの時系列的な相対位置の変化に関するデータ）は制御部27により出力部28のデータ転送形式のデータ列に変換され出力部28を通して外部のコンピュータなどの管理装置へ出力される。出力部28としては、例えば、TIA/EIA-232-EやUSBなどのようなシリアル転送方式のインタフェースや、SCSIなどのようなパラレル転送方式のインタフェースなどを採用することができる。なお、制御部27の機能はマイクロコンピュータに適宜のプログラムを搭載することにより実現される。

10

【0021】

音源ユニット1の音源11としては、圧電効果による機械的振動を利用した圧電式の超音波発生素子を用いてもよいが、このような圧電式の超音波発生素子（圧電素子）は共振特性のQ値（機械的品質係数 Q_m ）が一般的に100よりも高くして残響時間が長くなってしまふ。そこで、音源11から残響時間の短い超音波を間欠的に発生させる（つまり、発生期間の短い超音波を間欠的に発生させる）には、音源11として、図3に示すように、単結晶のp形のシリコン基板からなる支持基板31の一表面（図3における上面）側に多孔質シリコン層からなる熱絶縁層（断熱層）32が形成され、熱絶縁層32上に金属薄膜（例えば、タングステン薄膜）からなる発熱体層33が形成され、支持基板31の上記一表面側に発熱体層33と電気的に接続された一对のパッド34、34が形成された熱励起式の超音波発生素子を用いることが望ましい。なお、支持基板31の平面形状は長方形状であって、熱絶縁層32、発熱体層33それぞれの平面形状も長方形状に形成してある。

20

30

【0022】

熱励起式の超音波発生素子では、発熱体層33の両端のパッド34、34間に通電して発熱体層33に温度変化を生じさせると、発熱体層33に接触している空気に温度変化が生じる。発熱体層33に接触している空気は、発熱体層33の温度上昇時には膨張し発熱体層33の温度下降時には収縮するから、発熱体層33への通電を適宜に制御することによって空気中を伝搬する超音波を発生させることができる。

【0023】

上述の圧電式の超音波発生素子では、共振特性のQ値が高いので、図5に示すような超音波波形のような残響時間が長くなってしまふが、上述の熱励起式の超音波発生素子では、一对のパッド34、34を介した発熱体層33への通電に伴う発熱体層33の温度変化に伴って超音波を発生するものであり、発熱体層33へ与える駆動電圧あるいは駆動電流の波形を例えば周波数が f_1 の正弦波波形とした場合、当該周波数 f_1 の略2倍の周波数の超音波を発生させることができ、例えば正弦波波形の半周期の孤立波を駆動電圧としてドライバ12から一对のパッド34、34間へ与えることによって、図4に示すような残響時間が短く且つ発生期間の短い略1周期の超音波を発生させることができる。要するに、圧電式の超音波発生素子は、固有の共振周波数をもつので周波数帯域が狭いが、熱励起式の超音波発生素子では、発生させる超音波の周波数を広範囲にわたって変化させることができ、駆動電圧もしくは駆動電流の波形を孤立波とすれば、図4に示すような略1周期の超音波を発生させることができる。

40

50

【0024】

上述の熱励起式の超音波発生素子は、支持基板31としてp形のシリコン基板を用いており、熱絶縁層32を多孔度が略70%の多孔質シリコン層により構成しているため、支持基板31として用いるシリコン基板の一部をフッ化水素水溶液とエタノールとの混合液からなる電解液中で陽極酸化処理することにより熱絶縁層32となる多孔質シリコン層を形成することができる。ここに、陽極酸化処理の条件（例えば、電流密度、通電時間など）を適宜設定することにより、熱絶縁層32となる多孔質シリコン層の多孔度や厚みそれぞれを所望の値とすることができる。多孔質シリコン層は、多孔度が高くなるにつれて熱伝導率および熱容量が小さくなり、例えば、熱伝導率が $1.48 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 、熱容量が $1.63 \times 10^6 \text{ J} / (\text{m}^3 \cdot \text{K})$ の単結晶のシリコン基板を陽極酸化して形成される多孔度が60%の多孔質シリコン層は、熱伝導率が $1 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 、熱容量が $0.7 \times 10^6 \text{ J} / (\text{m}^3 \cdot \text{K})$ であることが知られている。本実施形態では、上述のように熱絶縁層32を多孔度が略70%の多孔質シリコン層により構成してあり、熱絶縁層32の熱伝導率が $0.12 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 、熱容量が $0.5 \times 10^6 \text{ J} / (\text{m}^3 \cdot \text{K})$ となっている。なお、熱絶縁層32の熱伝導率および熱容量を支持基板31の熱伝導率および熱容量に比べて小さくし、熱絶縁層32の熱伝導率と熱容量との積を支持基板31の熱伝導率と熱容量との積に比べて十分に小さくすることにより、発熱体層33の温度変化を空気に効率よく伝達することができ発熱体層33と空気との間で効率的な熱交換が起こり、且つ、支持基板31が熱絶縁層32からの熱を効率よく受け取って熱絶縁層32の熱を逃がすことができ発熱体層33からの熱が熱絶縁層32に蓄積されるのを防止することができる。

10

20

【0025】

また、発熱体層33は、高融点金属の一種であるタングステンにより形成してあり、熱伝導率が $174 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ 、熱容量が $2.5 \times 10^6 \text{ J} / (\text{m}^3 \cdot \text{K})$ となっている。発熱体層33の材料はタングステンに限らず、例えば、タンタル、モリブデン、イリジウムなどを採用してもよい。

【0026】

なお、上述の熱励起式の超音波発生素子では、支持基板31の厚さを $525 \mu\text{m}$ 、熱絶縁層32の厚さを $10 \mu\text{m}$ 、発熱体層33の厚さを 50 nm 、各パッド34の厚さを $0.5 \mu\text{m}$ としてあるが、これらの厚さは一例であって特に限定するものではない。また、支持基板31の材料としてSiを採用しているが、支持基板31の材料はSiに限らず、例えば、Ge, SiC, GaP, GaAs, InPなどの陽極酸化処理による多孔質化が可能な他の半導体材料でもよい。

30

【0027】

トリガ信号発信器13は、トリガ信号として光を採用する場合には、例えば、発光ダイオードを用いればよく、トリガ信号として電波を採用する場合には、例えば、電波発信器を用いればよい。ここにおいて、光や電波は音波に対して十分に高速なので、音源ユニット1からセンサユニット2までの音波の到達時間のレンジでは、光や電波の到達時間はゼロとみなすことができる。

【0028】

識別情報信号発信器15としては、識別情報信号として光を採用する場合には、例えば、発光ダイオードを用いればよく、識別情報信号として電波を採用する場合には、例えば、電波発信器を用いればよく、識別情報信号として音波を採用する場合には、例えば、熱励起式の音波発生素子を用いればよい。

40

【0029】

センサユニット2の超音波受信装置21は、図1(b)に示すように、音源11から送波された超音波を受波するとともに受波した超音波を電気信号である受波信号に変換する複数個（図示例では、4個であるが、個数は特に限定するものではない）の受波素子21aが同一基板21b上で2次元的に配列された超音波アレイセンサにより構成されている。ここにおいて、受波素子21aの中心間距離（配列ピッチ）Lは音源11から発生させる超音波の波長程度（例えば、超音波の波長の $0.5 \sim 5$ 倍程度）に設定することが望ま

50

しく、超音波の波長の0.5倍よりも小さいと超音波が隣り合う受波素子21aそれぞれへ到達する時間の時間差が小さくなり、当該時間差の検出が困難となる。受波素子21aとしては、例えば、超音波を圧電効果により電気信号に変換する圧電式の受波素子(圧電素子)や、超音波を静電容量の変化に変換する静電容量式の受波素子などの超音波用の受波素子として広く知られているものを採用することが考えられるが、音源11と同様に残響を少なくするために、静電容量式の受波素子の構造を採用することが望ましい。

【0030】

本実施形態では、受波素子21aとして、図6に示すような静電容量式のマイクロホンを採用している。図6に示す構成の静電容量式のマイクロホンは、マイクロマシニング技術を利用して形成されており、シリコン基板に厚み方向に貫通する窓孔41aを設けることで形成された矩形枠状のフレーム41と、フレーム41の一表面側においてフレーム41の対向する2つの辺に跨る形で配置されるカンチレバー型の受圧部42とを備えている。ここにおいて、フレーム41の一表面側には熱酸化膜45と熱酸化膜45を覆うシリコン酸化膜46とシリコン酸化膜46を覆うシリコン窒化膜47とが形成されており、受圧部42の一端部がシリコン窒化膜47とを介してフレーム41に支持され、他端部が上記シリコン基板の厚み方向においてシリコン窒化膜47に対向している。また、シリコン窒化膜47における受圧部42の他端部との対向面に金属薄膜(例えば、クロム膜など)からなる固定電極43aが形成され、受圧部42の他端部におけるシリコン窒化膜47との対向面とは反対側に金属薄膜(例えば、クロム膜など)からなる可動電極43bが形成されている。なお、フレーム41の他表面にはシリコン窒化膜48が形成されている。また、受圧部42は、上記各シリコン窒化膜47、48とは別工程で形成されるシリコン窒化膜により構成されている。

【0031】

図6に示した構成の静電容量式のマイクロホンからなる受波素子21aでは、固定電極43aと可動電極43bとを電極とするコンデンサが形成されるから、受圧部42が超音波の圧力を受けることにより固定電極43aと可動電極43bとの間の距離が変化し、固定電極43aと可動電極43bとの間の静電容量が変化する。したがって、固定電極43aおよび可動電極43bに設けたパッド(図示せず)間に直流バイアス電圧を印加しておけば、パッドの間には超音波の音圧に応じて微小な電圧変化が生じるから、超音波の音圧を電気信号に変換することができる。

【0032】

なお、受波素子21aとして用いる静電容量式のマイクロホンの構造は図6の構造に特に限定するものではなく、例えば、シリコン基板などをマイクロマシニング技術などにより加工して形成され、超音波を受けるダイヤフラム部からなる可動電極と、ダイヤフラム部に対向する背板部からなる固定電極との間に、超音波を受けていない状態でのダイヤフラム部と背板部とのギャップ長を規定する絶縁膜からなるスペーサ部が介在し、背板部に複数の排気孔が貫設された構造を有するものでもよい。このような静電容量式のマイクロホンでは、ダイヤフラム部が超音波を受けて変形してダイヤフラム部と背板部との距離が変化することにより、可動電極と固定電極との間の静電容量が変化する。

【0033】

ところで、図3に示した熱励起式の音波発生素子からなる音源11は共振特性のQ値が1程度であり、図6に示した静電容量式のマイクロホンからなる受波素子21aの共振特性のQ値は3~4程度であり、圧電素子に比べてQ値が十分に小さく、従来のように送波素子および受波素子に圧電素子を用いている場合に比べて、音源11から送波される超音波における残響成分に起因した不感帯を短くすることができるとともに、受波素子21aで超音波を受波したときに発生する受波信号における残響時間を短くできて受波素子21aから出力される受波信号における残響成分に起因した不感帯を短くすることができるので、角度分解能を改善することができる。なお、静電容量式のマイクロホンでは、圧電素子のような共振特性の高いQ値を持たないから、受波周波数の範囲を広くとることが可能になる。また、音源11および受波素子21aそれぞれの共振特性のQ値はいずれも10

10

20

30

40

50

以下が望ましく、いずれも5以下がより望ましい。

【0034】

トリガ信号受信器23は、トリガ信号発信器13から送信するトリガ信号として光を採用する場合には、例えば、フォトダイオードを用いればよく、トリガ信号として電波を採用する場合には、例えば、電波受信アンテナを用いればよい。要するに、トリガ信号受信器23は、トリガ信号を受信してトリガ信号を電気信号(トリガ受信信号)に変換して出力できるものであればよい。

【0035】

識別情報信号受信器25は、識別情報信号発信器15から送信する識別情報信号として光を採用する場合には、例えば、フォトダイオードを用いればよく、識別情報信号として電波を採用する場合には、例えば、電波受信アンテナを用いればよく、識別情報信号として音波を採用する場合には、例えば、静電容量式の受波素子を用いればよい。要するに、識別情報信号受信器25は、識別情報信号を受信して識別情報信号を電気信号からなる識別情報に変換して出力できるものであればよい。

10

【0036】

位置演算部22は、超音波受信装置21である超音波アレイセンサの各受波素子21aで音波を受波した時間の時間差と各受波素子21aの配置位置とに基づいて超音波受信装置21に対して音源11の存在する方位を示す方位角(超音波の到来方向)を求める機能を有している。

【0037】

以下、位置演算部22について説明するが、説明を簡単にするために、超音波受信装置21の受波素子21aが図7に示すように同一平面上において1次元的に等間隔で配列されている例について説明する。受波素子21aが配列された面に対する超音波の波面の角度が θ_0 である場合を想定すると、超音波の到来方向(すなわち、超音波受信装置21に対して音源11の存在する方位角)は θ_0 になり、音速を c 、超音波の波面が隣り合う受波素子21aのうちの一方の受波素子21aに到達する時刻における超音波の波面と他方の受波素子21aの中心との間の距離(遅延距離)を d_0 、隣り合う受波素子21aの中心間距離を L とすれば、超音波の波面が隣り合う受波素子21a間に到達する時間差 t_0 (図8参照)は、 $t_0 = d_0 / c = L \cdot \sin \theta_0 / c$ になる。

20

【0038】

図8(a)~(c)は上述の熱励起式の超音波発生素子の発熱体層33へ正弦波波形の半周期の波形の駆動電圧を与えたときの図7の各受波素子21aそれぞれの受波信号を示しており、図8(a)が図7の一番上の受波素子21aの受波信号、図8(b)が図7の真ん中の受波素子21aの受波信号、図8(c)が図7の一番下の受波素子21aの受波信号を示している。ここにおいて、位置演算部22は、音源11の存在する方位を求める演算機能を有する信号処理部22cを備えている。信号処理部22cは、超音波受信装置21の各受波素子21aから出力された電気信号である受波信号をそれぞれ各受波素子21aの配列パターンに応じた遅延時間で遅延させた受波信号を組にして出力する遅延手段と、遅延手段により遅延された受波信号の組を加算する加算器と、加算器の出力波形のピーク値と適宜の閾値との大小関係を比較し閾値を超えるピーク値が得られたときに遅延手段で設定されている遅延時間に対応する方向を音源11の存在する方位(超音波の到来方向)と判断する判断手段とを備えているので、超音波受信装置21に対して音源11の存在する方位(超音波の到来方向)を検出することができる。ここで、位置演算部22は、上述の信号処理部22cの他に、超音波受信装置21の各受波素子21aから出力されるアナログの受波信号をデジタルの受波信号に変換して出力するA/D変換部22aと、トリガ信号受信器23からのトリガ受信信号が入力された時点から所定の受波期間だけA/D変換部22aの出力が格納されるデータ格納部22bとを備えており、上述の信号処理部22cは、データ格納部22bにトリガ受信信号が入力されたときに受波期間を設定し、受波期間にのみA/D変換部22aを作動させ、受波期間にデータ格納部22bに格納された受波信号のデータに基づいて音源11の存在する方位を求める。なお、信号処理

30

40

50

部 2 2 c はマイクロコンピュータなどにより構成される。また、データ格納部 2 2 b には、〔受波素子 2 1 a の個数〕×〔各受波素子 2 1 a からの受波信号のデータ数〕の数だけデータが格納されることになるので、例えば、受波素子 2 1 a の個数を 8 個、受波期間を 3 0 m s、A / D 変換部 2 2 a のサンプリング周期を 1 μ s とした場合には、1 データを 1 ワードとして 2 4 0 k ワードの容量が必要となるから、2 5 6 k ワードの S R A M などを使用すればよい。

【 0 0 3 9 】

ところで、本実施形態では、音源 1 1 として上述の熱励起式の超音波発生素子を用いているので、図 9 に示すように、超音波受信装置 2 1 の各受波素子 2 1 a へ 2 つの方位から超音波が到来する場合に方位角が θ_1 の方位から到来する超音波の方が方位角 θ_2 の方位から到来する超音波に比べて先に到達するとすれば、図 1 0 (a) ~ (c) に示すように各受波素子 2 1 a それぞれから出力される 2 つの受波信号が重なりにくく、各音源 1 1 それぞれからの存在する方位角（超音波の到来方向） θ_1, θ_2 を求めることができる。ここで、図 1 0 は、(a) が図 9 の一番上の受波素子 2 1 a の 2 つの受波信号、(b) が図 9 の真ん中の受波素子 2 1 a の 2 つの受波信号、(c) が図 9 の一番下の受波素子 2 1 a の 2 つの受波信号を示しており、(a) ~ (c) それぞれにおける左側の受波信号が θ_1 の方位から到来した超音波に対応し、右側の受波信号が θ_2 の方位から到来した超音波に対応している。なお、 θ_1 の方位からの超音波の波面が隣り合う受波素子 2 1 a のうちの一方の受波素子 2 1 a に到達する時刻における超音波の波面と他方の受波素子 2 1 a の中心との間の距離（遅延距離）を d_1 （図 9 参照）とすれば、超音波の波面が隣り合う受波素子 2 1 a 間に到達する時間差 t_1 （図 1 0 参照）は、 $t_1 = d_1 / c = L \cdot \sin \theta_1 / c$ になり、 θ_2 の方位からの超音波の波面が隣り合う受波素子 2 1 a のうちの一方の受波素子 2 1 a に到達する時刻における超音波の波面と他方の受波素子 2 1 a の中心との間の距離（遅延距離）を d_2 （図 9 参照）とすれば、超音波の波面が隣り合う受波素子 2 1 a 間に到達する時間差 t_2 （図 1 0 参照）は、 $t_2 = d_2 / c = L \cdot \sin \theta_2 / c$ になる。

【 0 0 4 0 】

また、位置演算部 2 2 の信号処理部 2 2 c は、トリガ信号受信器 2 3 によりトリガ信号を受信した時刻と受波素子 2 1 a により超音波を受波した時刻との関係から超音波受信装置 2 1 と音源 1 1 との距離を求める距離演算手段を備えている。ここにおいて、上述のようにトリガ信号として光もしくは電波のように音波に比べて十分に高速な信号を採用していることにより、音源ユニット 1 からセンサユニット 2 までのトリガ信号の到達時間は音源ユニット 1 からセンサユニット 2 までの到達時間に比べて十分に短く（無視できる程度に短く）、トリガ信号の到達時間をゼロとみなすことができるので、距離演算手段では、図 1 1 (a) ~ (c) に示すようにデータ格納部 2 2 b を介してトリガ受信信号 S T を受信した時刻と当該トリガ信号 S T の受信後に最初に受波素子 2 1 a からの受波信号 S P を受信した時刻との時間差 T と、音速とによって超音波受信装置 2 1 と音源 1 1 との間の距離を求めるようにしてある。なお、信号処理部 2 2 c の距離演算手段は、当該信号処理部 2 2 c を構成するマイクロコンピュータに適宜のプログラムを搭載することにより実現される。

【 0 0 4 1 】

しかして、本実施形態の動線計測システムでは、1 つのセンサユニット 2 を施工面である天井面 2 0 0 に設置することで 1 つの超音波受信装置 2 1 を配置することにより当該超音波受信装置 2 1 を中心とした検知エリア内に存在する物体 A に搭載された音源 1 1 の存在する方位を求めることができるので、施工が容易になるとともに超音波受信装置 2 1 の配置設計が容易になる。

【 0 0 4 2 】

ところで、本実施形態の動線計測システムを適用する建物の床面 1 0 0 が平坦であって床面 1 0 0 から天井面 2 0 0 までの高さが一定であり、かつ、物体 A の大きさが一定（つまり、床面 1 0 0 から物体 A の上面までの高さが一定）であれば、天井面 2 0 0 に平行な

10

20

30

40

50

面であって超音波受信装置 2 1 を含む平面と、天井面 2 0 0 に平行な面であって音源 1 1 を含む平面との間の距離は床面 1 0 0 上の物体 A の位置によらず一定距離となるので、当該一定距離をあらかじめ既知の距離情報（高さ情報）として距離演算手段に記憶しておくことにより、距離演算手段では、当該距離情報と音源 1 1 の存在する方位とから超音波受信装置 2 1 と音源 1 1 との間の距離を求めることができる。これに対して、信号処理部 2 2 c の距離演算手段が上述のようにトリガ信号受信器 2 3 によりトリガ信号を受信した時刻と受波素子 2 1 a により超音波を受波した時刻との関係から超音波受信装置 2 1 と音源 1 1 との距離を求めることにより、図 1 2 に示すように建物の床面 1 0 0 に段差 1 0 0 b が存在するような場合でも、センサユニット 2 の超音波受信装置 2 1 と音源ユニット 1 の音源 1 1 との間の距離を精度良く求めることができ、超音波受信装置 2 1 に対する音源 1 1 の相対位置を精度良く求めることができる。

10

【 0 0 4 3 】

また、上述の制御部 2 7 は、識別情報信号受信部 2 5 から出力されメモリ 2 4 に記憶された識別情報に基づいて各音源 1 1 を個別に特定する音源特定手段を備えており、超音波受信装置 2 1 により超音波を検出可能な検知エリア内に複数の音源 1 1 が存在する場合であっても、超音波受信装置 2 1 に対する各音源 1 1 それぞれの相対位置を求めることができる。ここにおいて、例えば、物体 A が 4 つ存在する場合には、各物体 A それぞれに搭載する音源ユニット 1 それぞれの識別情報信号発信器 1 5 から送信する識別情報信号を図 1 3 (a) ~ (d) に示すように異なるパルス列からなる識別情報信号としておくことにより、メモリ 2 4 には識別情報と位置演算部 2 2 の信号処理部 2 2 c の演算結果とが対応付けて格納される。したがって、制御部 2 7 では、位置演算部 2 2 により得られた音源 1 1 の存在する方位（超音波の到来方向）および超音波受信装置 2 1 と音源 1 1 との間の距離がどの音源ユニット 1 からのものか識別することができる。なお、識別情報信号として光もしくは電波を採用し、超音波受信装置 2 1 により超音波を検出可能な検知エリア内に 1 つの音源ユニット 1 が存在する場合を想定すると、センサユニット 2 の識別情報信号受信器 2 5 から出力される識別情報と、各受波素子 2 1 a それぞれから出力される受波信号との関係は図 1 4 (a) ~ (c) に示すようになるので、識別情報信号発信器 1 5 を上述のトリガ信号発信器 1 3 に兼用する（識別情報信号をトリガ信号として兼用する）こともでき、この場合には上述の音源特定手段を位置演算部 2 2 に設けてもよい。ここで、図 1 4 (a) は図 7 の一番上の受波素子 2 1 a の受波信号、図 1 4 (b) は図 7 の真ん中の受波素子 2 1 a の受波信号、図 1 4 (c) は図 7 の一番下の受波素子 2 1 a の受波信号を示している。

20

30

【 0 0 4 4 】

なお、上記実施形態では、音源ユニット 1 にトリガ信号発信器 1 3 を設けるとともにセンサユニット 2 にトリガ信号受信器 2 3 を設けてあるが、トリガ信号発信器 1 3 をセンサユニット 2 側に設けるとともにトリガ信号受信器 2 3 を音源ユニット 1 側に設けて、制御部 1 7 がトリガ信号受信器 2 3 の出力に基づいて音源 1 1 から超音波が送波されるようにドライバ 1 2 を制御するようにし、位置演算部 2 2 における信号処理部 2 2 c の距離演算手段が、トリガ信号発信器 1 3 からトリガ信号が発信された時刻と受波素子 2 1 a により超音波を受波した時刻との関係から音源 1 1 までの距離を求めるようにしてもよい。ここ

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 5 】

【 図 1 】実施形態を示し、(a) は動線計測システムの概略構成図、(b) は超音波アレイセンサの概略斜視図である。

【 図 2 】同上のブロック図である。

【 図 3 】同上における熱励起式の超音波発生素子の概略断面図である。

【 図 4 】同上における熱励起式の超音波発生素子の動作説明図である。

50

【図5】同上における圧電式の超音波発生素子の動作説明図である。

【図6】同上における静電容量式のマイクロホンを示し、(a)は一部破断した概略斜視図、(b)は概略断面図である。

【図7】同上の動作説明図である。

【図8】同上の動作説明図である。

【図9】同上の動作説明図である。

【図10】同上の動作説明図である。

【図11】同上の動作説明図である。

【図12】同上の動作説明図である。

【図13】同上の動作説明図である。

【図14】同上の動作説明図である。

10

【符号の説明】

【0046】

A 物体

1 音源ユニット

2 センサユニット

1 1 音源

1 2 ドライバ

1 3 トリガ信号発信器

1 5 識別情報信号発信器

1 7 制御部

2 1 超音波受信装置(超音波アレイセンサ)

2 1 a 受波素子

2 1 b 基板

2 2 位置演算部

2 3 トリガ信号受信器

2 5 識別情報信号受信器

2 4 メモリ

2 7 制御部

2 8 出力部

3 1 支持基板

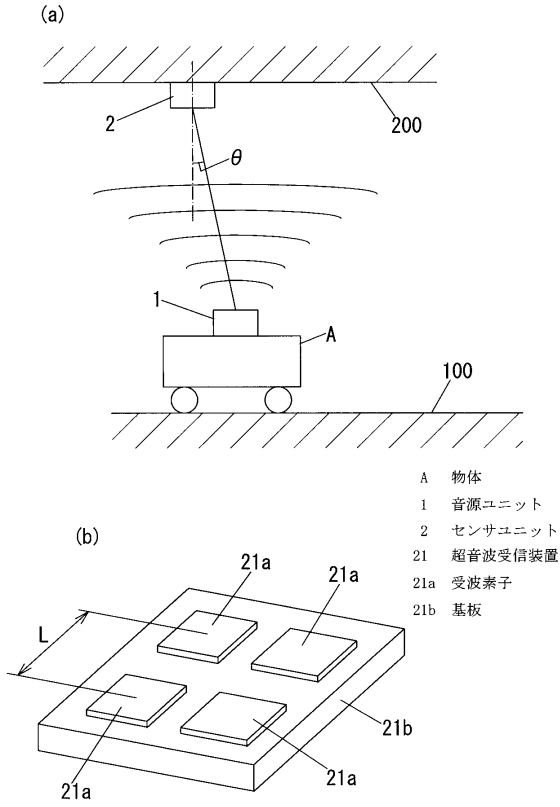
3 2 熱絶縁層

3 3 発熱体層

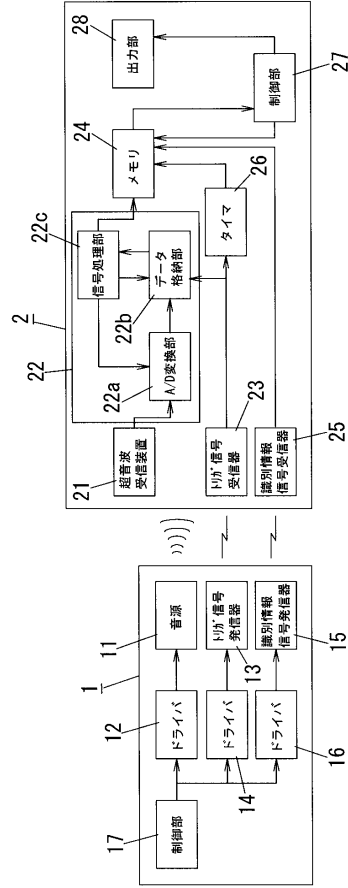
20

30

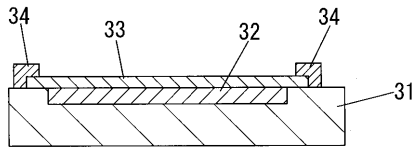
【図1】



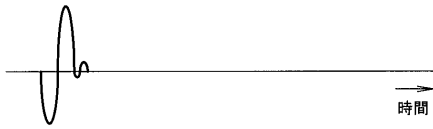
【図2】



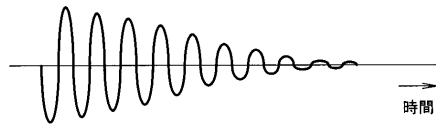
【図3】



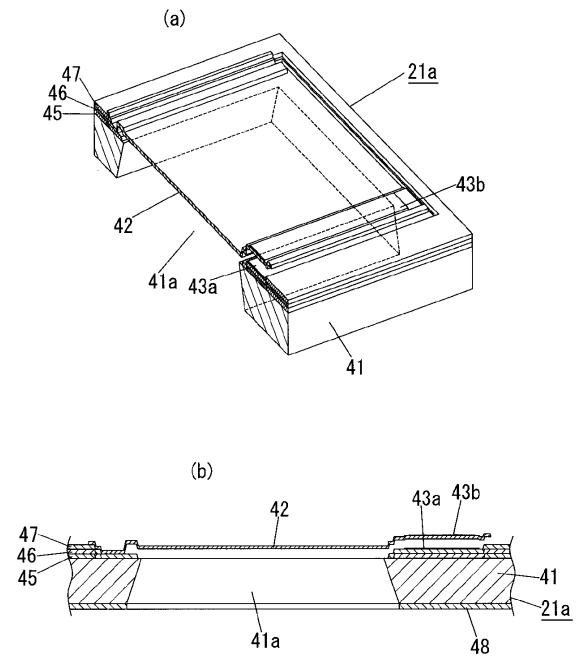
【図4】



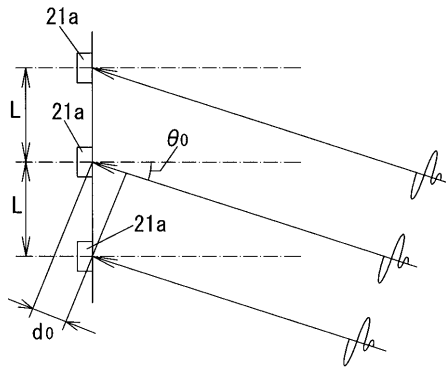
【図5】



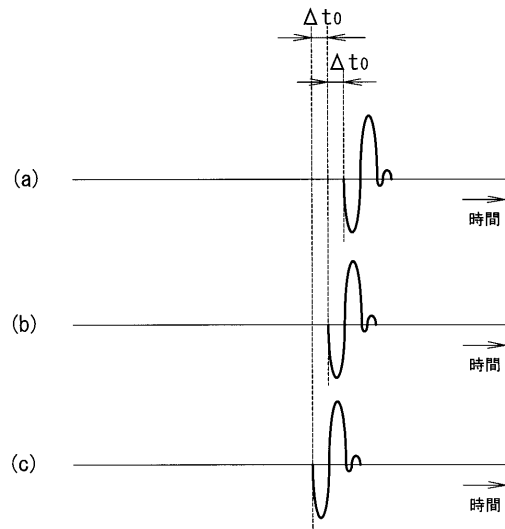
【図6】



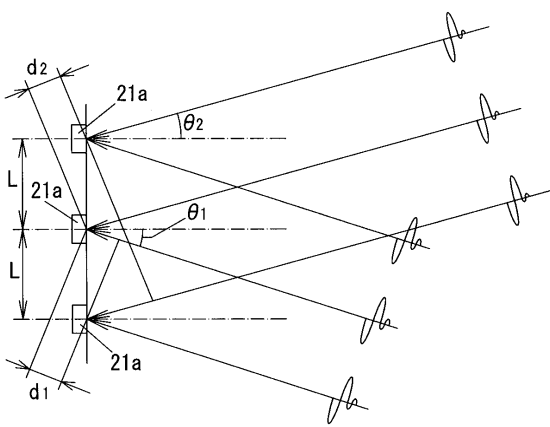
【図 7】



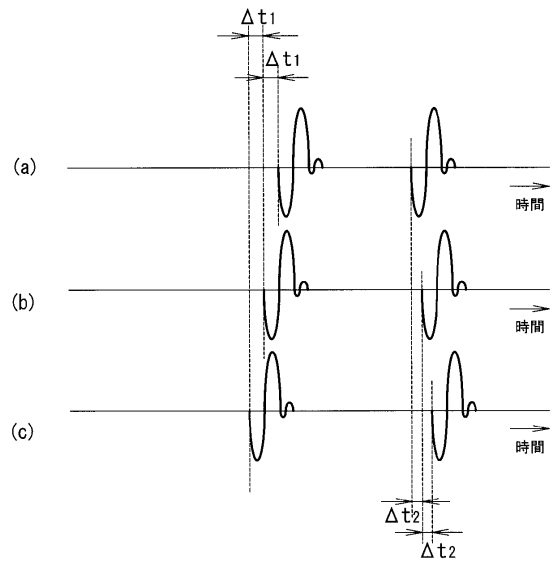
【図 8】



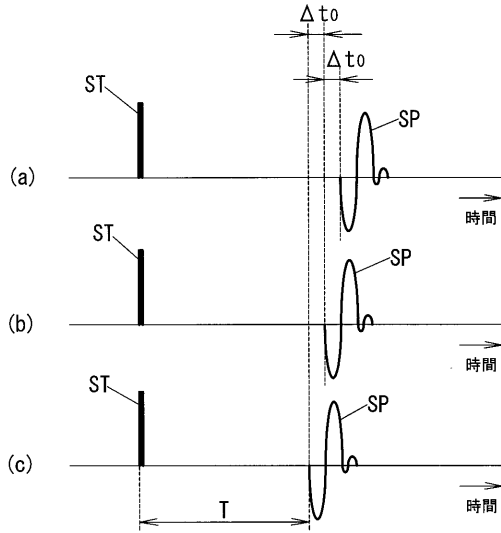
【図 9】



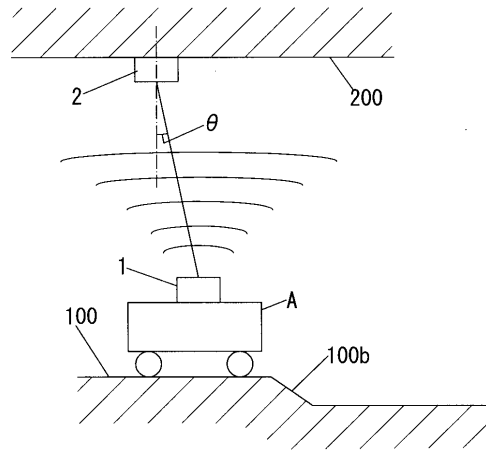
【図 10】



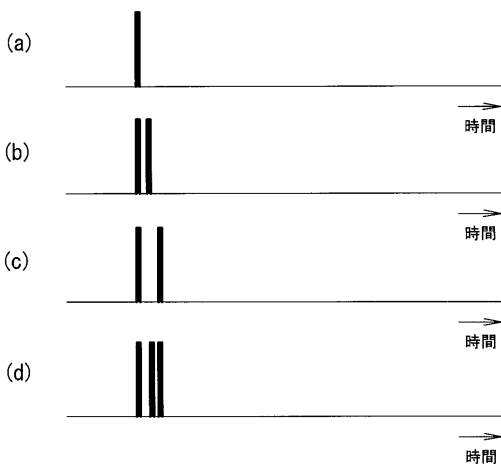
【 図 1 1 】



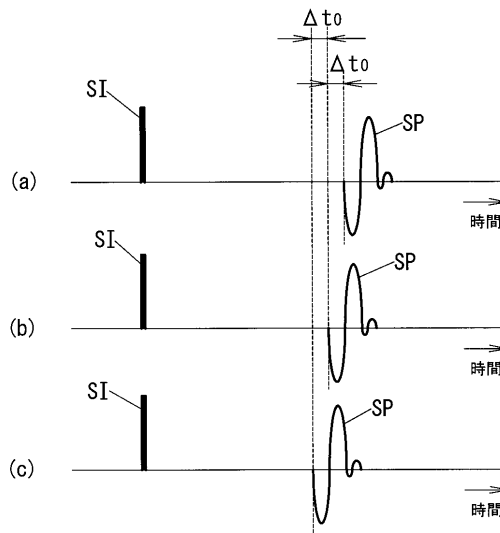
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

- (72)発明者 本多 由明
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 大塚 倫生
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 後藤 弘通
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 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 澤田 和男
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 河田 裕志
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

審査官 中村 説志

- (56)参考文献 特開昭59-168512(JP,A)
特開昭64-044874(JP,A)
特開平08-226810(JP,A)
特開2004-340881(JP,A)
特開平04-303216(JP,A)
特開2004-180262(JP,A)
特開平06-118169(JP,A)
特開平11-300274(JP,A)
特開2002-112381(JP,A)
特開昭61-023984(JP,A)
特開昭61-170686(JP,A)
実開平05-004075(JP,U)
特開2005-283473(JP,A)
特開平04-218788(JP,A)
特開2006-317161(JP,A)
特開平08-136653(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 3/80 - 3/86
G01S 5/18 - 5/30
G01S 7/52 - 7/64
G01S11/00 - 11/16
G01S15/00 - 15/96
G05D 1/00 - 1/12