

(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。

【 0 0 1 2 】

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。

【 0 0 1 3 】

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

【 0 0 1 4 】

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。

【 0 0 1 5 】

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

【 0 0 1 6 】

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】

【 0 0 1 7 】

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】

【 0 0 1 8 】

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 1 0 0 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 1 1 ( 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 1 1 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 2 1 ( 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 2 0 0 の定位置に設置し、超音波受信装置 2 1 に対する物体 A の相対位置を音源 1 1 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

【 0 0 1 9 】

音源ユニット 1 には、上述の音源 1 1 と、音源 1 1 を駆動するドライバ 1 2 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 1 3 と、トリガ信号発信器 1 3 を駆動するドライバ 1 4 と、固有の識別情報信号を発信する識別情報信号発信器 1 5 と、識別情報信号発信器 1 5 を駆動するドライバ 1 6 と、各ドライバ 1 2 , 1 4 , 1 6 を制御する制御部 1 7 とを備えている。ここにおいて、音源 1 1 からの超音波の送波開始タイミング、トリガ信号発信器 1 3 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 1 5 からの識別情報信号の送信タイミングは、制御部 1 7 により制御される。なお、制御部 1 7 は、マイクロコンピュータを主構成とし、上述の制御部 1 7 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 $50 \text{ nm}$ 、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  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100  
101  
102  
103  
104  
105  
106  
107  
108  
109  
110  
111  
112  
113  
114  
115  
116  
117  
118  
119  
120  
121  
122  
123  
124  
125  
126  
127  
128  
129  
130  
131  
132  
133  
134  
135  
136  
137  
138  
139  
140  
141  
142  
143  
144  
145  
146  
147  
148  
149  
150  
151  
152  
153  
154  
155  
156  
157  
158  
159  
160  
161  
162  
163  
164  
165  
166  
167  
168  
169  
170  
171  
172  
173  
174  
175  
176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189  
190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219  
220  
221  
222  
223  
224  
225  
226  
227  
228  
229  
230  
231  
232  
233  
234  
235  
236  
237  
238  
239  
240  
241  
242  
243  
244  
245  
246  
247  
248  
249  
250  
251  
252  
253  
254  
255  
256  
257  
258  
259  
260  
261  
262  
263  
264  
265  
266  
267  
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330  
331  
332  
333  
334  
335  
336  
337  
338  
339  
340  
341  
342  
343  
344  
345  
346  
347  
348  
349  
350  
351  
352  
353  
354  
355  
356  
357  
358  
359  
360  
361  
362  
363  
364  
365  
366  
367  
368  
369  
370  
371  
372  
373  
374  
375  
376  
377  
378  
379  
380  
381  
382  
383  
384  
385  
386  
387  
388  
389  
390  
391  
392  
393  
394  
395  
396  
397  
398  
399  
400  
401  
402  
403  
404  
405  
406  
407  
408  
409  
410  
411  
412  
413  
414  
415  
416  
417  
418  
419  
420  
421  
422  
423  
424  
425  
426  
427  
428  
429  
430  
431  
432  
433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443  
444  
445  
446  
447  
448  
449  
450  
451  
452  
453  
454  
455  
456  
457  
458  
459  
460  
461  
462  
463  
464  
465  
466  
467  
468  
469  
470  
471  
472  
473  
474  
475  
476  
477  
478  
479  
480  
481  
482  
483  
484  
485  
486  
487  
488  
489  
490  
491  
492  
493  
494  
495  
496  
497  
498  
499  
500  
501  
502  
503  
504  
505  
506  
507  
508  
509  
510  
511  
512  
513  
514  
515  
516  
517  
518  
519  
520  
521  
522  
523  
524  
525  
526  
527  
528  
529  
530  
531  
532  
533  
534  
535  
536  
537  
538  
539  
540  
541  
542  
543  
544  
545  
546  
547  
548  
549  
550  
551  
552  
553  
554  
555  
556  
557  
558  
559  
560  
561  
562  
563  
564  
565  
566  
567  
568  
569  
570  
571  
572  
573  
574  
575  
576  
577  
578  
579  
580  
581  
582  
583  
584  
585  
586  
587  
588  
589  
590  
591  
592  
593  
594  
595  
596  
597  
598  
599  
600  
601  
602  
603  
604  
605  
606  
607  
608  
609  
610  
611  
612  
613  
614  
615  
616  
617  
618  
619  
620  
621  
622  
623  
624  
625  
626  
627  
628  
629  
630  
631  
632  
633  
634  
635  
636  
637  
638  
639  
640  
641  
642  
643  
644  
645  
646  
647  
648  
649  
650  
651  
652  
653  
654  
655  
656  
657  
658  
659  
660  
661  
662  
663  
664  
665  
666  
667  
668  
669  
670  
671  
672  
673  
674  
675  
676  
677  
678  
679  
680  
681  
682  
683  
684  
685  
686  
687  
688  
689  
690  
691  
692  
693  
694  
695  
696  
697  
698  
699  
700  
701  
702  
703  
704  
705  
706  
707  
708  
709  
710  
711  
712  
713  
714  
715  
716  
717  
718  
719  
720  
721  
722  
723  
724  
725  
726  
727  
728  
729  
730  
731  
732  
733  
734  
735  
736  
737  
738  
739  
740  
741  
742  
743  
744  
745  
746  
747  
748  
749  
750  
751  
752  
753  
754  
755  
756  
757  
758  
759  
760  
761  
762  
763  
764  
765  
766  
767  
768  
769  
770  
771  
772  
773  
774  
775  
776  
777  
778  
779  
780  
781  
782  
783  
784  
785  
786  
787  
788  
789  
790  
791  
792  
793  
794  
795  
796  
797  
798  
799  
800  
801  
802  
803  
804  
805  
806  
807  
808  
809  
810  
811  
812  
813  
814  
815  
816  
817  
818  
819  
820  
821  
822  
823  
824  
825  
826  
827  
828  
829  
830  
831  
832  
833  
834  
835  
836  
837  
838  
839  
840  
841  
842  
843  
844  
845  
846  
847  
848  
849  
850  
851  
852  
853  
854  
855  
856  
857  
858  
859  
860  
861  
862  
863  
864  
865  
866  
867  
868  
869  
870  
871  
872  
873  
874  
875  
876  
877  
878  
879  
880  
881  
882  
883  
884  
885  
886  
887  
888  
889  
890  
891  
892  
893  
894  
895  
896  
897  
898  
899  
900  
901  
902  
903  
904  
905  
906  
907  
908  
909  
910  
911  
912  
913  
914  
915  
916  
917  
918  
919  
920  
921  
922  
923  
924  
925  
926  
927  
928  
929  
930  
931  
932  
933  
934  
935  
936  
937  
938  
939  
940  
941  
942  
943  
944  
945  
946  
947  
948  
949  
950  
951  
952  
953  
954  
955  
956  
957  
958  
959  
960  
961  
962  
963  
964  
965  
966  
967  
968  
969  
970  
971  
972  
973  
974  
975  
976  
977  
978  
979  
980  
981  
982  
983  
984  
985  
986  
987  
988  
989  
990  
991  
992  
993  
994  
995  
996  
997  
998  
999  
1000  
1001  
1002  
1003  
1004  
1005  
1006  
1007  
1008  
1009  
1010  
1011  
1012  
1013  
1014  
1015  
1016  
1017  
1018  
1019  
1020  
1021  
1022  
1023  
1024  
1025  
1026  
1027  
1028  
1029  
1030  
1031  
1032  
1033  
1034  
1035  
1036  
1037  
1038  
1039  
1040  
1041  
1042  
1043  
1044  
1045  
1046  
1047  
1048  
1049  
1050  
1051  
1052  
1053  
1054  
1055  
1056  
1057  
1058  
1059  
1060  
1061  
1062  
1063  
1064  
1065  
1066  
1067  
1068  
1069  
1070  
1071  
1072  
1073  
1074  
1075  
1076  
1077  
1078  
1079  
1080  
1081  
1082  
1083  
1084  
1085  
1086  
1087  
1088  
1089  
1090  
1091  
1092  
1093  
1094  
1095  
1096  
1097  
1098  
1099  
1100  
1101  
1102  
1103  
1104  
1105  
1106  
1107  
1108  
1109  
1110  
1111  
1112  
1113  
1114  
1115  
1116  
1117  
1118  
1119  
1120  
1121  
1122  
1123  
1124  
1125  
1126  
1127  
1128  
1129  
1130  
1131  
1132  
1133  
1134  
1135  
1136  
1137  
1138  
1139  
1140  
1141  
1142  
1143  
1144  
1145  
1146  
1147  
1148  
1149  
1150  
1151  
1152  
1153  
1154  
1155  
1156  
1157  
1158  
1159  
1160  
1161  
1162  
1163  
1164  
1165  
1166  
1167  
1168  
1169  
1170  
1171  
1172  
1173  
1174  
1175  
1176  
1177  
1178  
1179  
1180  
1181  
1182  
1183  
1184  
1185  
1186  
1187  
1188  
1189  
1190  
1191  
1192  
1193  
1194  
1195  
1196  
1197  
1198  
1199  
1200  
1201  
1202  
1203  
1204  
1205  
1206  
1207  
1208  
1209  
1210  
1211  
1212  
1213  
1214  
1215  
1216  
1217  
1218  
1219  
1220  
1221  
1222  
1223  
1224  
1225  
1226  
1227  
1228  
1229  
1230  
1231  
1232  
1233  
1234  
1235  
1236  
1237  
1238  
1239  
1240  
1241  
1242  
1243  
1244  
1245  
1246  
1247  
1248  
1249  
1250  
1251  
1252  
1253  
1254  
1255  
1256  
1257  
1258  
1259  
1260  
1261  
1262  
1263  
1264  
1265  
1266  
1267  
1268  
1269  
1270  
1271  
1272  
1273  
1274  
1275  
1276  
1277  
1278  
1279  
1280  
1281  
1282  
1283  
1284  
1285  
1286  
1287  
1288  
1289  
1290  
1291  
1292  
1293  
1294  
1295  
1296  
1297  
1298  
1299  
1300  
1301  
1302  
1303  
1304  
1305  
1306  
1307  
1308  
1309  
1310  
1311  
1312  
1313  
1314  
1315  
1316  
1317  
1318  
1319  
1320  
1321  
1322  
1323  
1324  
1325  
1326  
1327  
1328  
1329  
1330  
1331  
1332  
1333  
1334  
1335  
1336  
1337  
1338  
1339  
1340  
1341  
1342  
1343  
1344  
1345  
1346  
1347  
1348  
1349  
1350  
1351  
1352  
1353  
1354  
1355  
1356  
1357  
1358  
1359  
1360  
1361  
1362  
1363  
1364  
1365  
1366  
1367  
1368  
1369  
1370  
1371  
1372  
1373  
1374  
1375  
1376  
1377  
1378  
1379  
1380  
1381  
1382  
1383  
1384  
1385  
1386  
1387  
1388  
1389  
1390  
1391  
1392  
1393  
1394  
1395  
1396  
1397  
1398  
1399  
1400  
1401  
1402  
1403  
1404  
1405  
1406  
1407  
1408  
1409  
1410  
1411  
1412  
1413  
1414  
1415  
1416  
1417  
1418  
1419  
1420  
1421  
1422  
1423  
1424  
1425  
1426  
1427  
1428  
1429  
1430  
1431  
1432  
1433  
1434  
1435  
1436  
1437  
1438  
1439  
1440  
1441  
1442  
1443  
1444  
1445  
1446  
1447  
1448  
1449  
1450  
1451  
1452  
1453  
1454  
1455  
1456  
1457  
1458  
1459  
1460  
1461  
1462  
1463  
1464  
1465  
1466  
1467  
1468  
1469  
1470  
1471  
1472  
1473  
1474  
1475  
1476  
1477  
1478  
1479  
1480  
1481  
1482  
1483  
1484  
1485  
1486  
1487  
1488  
1489  
1490  
1491  
1492  
1493  
1494  
1495  
1496  
1497  
1498  
1499  
1500  
1501  
1502  
1503  
1504  
1505  
1506  
1507  
1508  
1509  
1510  
1511  
1512  
1513  
1514  
1515  
1516  
1517  
1518  
1519  
1520  
1521  
1522  
1523  
1524  
1525  
1526  
1527  
1528  
1529  
1530  
1531  
1532  
1533  
1534  
1535  
1536  
1537  
1538  
1539  
1540  
1541  
1542  
1543  
1544  
1545  
1546  
1547  
1548  
1549  
1550  
1551  
1552  
1553  
1554  
1555  
1556  
1557  
1558  
1559  
1560  
1561  
1562  
1563  
1564  
1565  
1566  
1567  
1568  
1569  
1570  
1571  
1572  
1573  
1574  
1575  
1576  
1577  
1578  
1579  
1580  
1581  
1582  
1583  
1584  
1585  
1586  
1587  
1588  
1589  
1590  
1591  
1592  
1593  
1594  
1595  
1596  
1597  
1598  
1599  
1600  
1601  
1602  
1603  
1604  
1605  
1606  
1607  
1608  
1609  
1610  
1611  
1612  
1613  
1614  
1615  
1616  
1617  
1618  
1619  
1620  
1621  
1622  
1623  
1624  
1625  
1626  
1627  
1628  
1629  
1630  
1631  
1632  
1633  
1634  
1635  
1636  
1637  
1638  
1639  
1640  
1641  
1642  
1643  
1644  
1645  
1646  
1647  
1648  
1649  
1650  
1651  
1652  
1653  
1654  
1655  
1656  
1657  
1658  
1659  
1660  
1661  
1662  
1663  
1664  
1665  
1666  
1667  
1668  
1669  
1670  
1671  
1672  
1673  
1674  
1675  
1676  
1677  
1678  
1679  
1680  
1681  
1682  
1683  
1684  
1685  
1686  
1687  
1688  
1689  
1690  
1691  
1692  
1693  
1694  
1695  
1696  
1697  
1698  
1699  
1700  
1701  
1702  
1703  
1704  
1705  
1706  
1707  
1708  
1709  
1710  
1711  
1712  
1713  
1714  
1715  
1716  
1717  
1718  
1719  
1720  
1721  
1722  
1723  
1724  
1725  
1726  
1727  
1728  
1729  
1730  
1731  
1732  
1733  
1734  
1735  
1736  
1737  
1738  
1739  
1740  
1741  
1742  
1743  
1744  
1745  
1746  
1747  
1748  
1749  
1750  
1751  
1752  
1753  
1754  
1755  
1756  
1757  
1758  
1759  
1760  
1761  
1762  
1763  
1764  
1765  
1766  
1767  
1768  
1769  
1770  
1771  
1772  
1773  
1774  
1775  
1776  
1777  
1778  
1779  
1780  
1781  
1782  
1783  
1784  
1785  
1786  
1787  
1788  
1789  
1790  
1791  
1792  
1793  
1794  
1795  
1796  
1797  
1798  
1799  
1800  
1801  
1802  
1803  
1804  
1805  
1806  
1807  
1808  
1809  
1810  
1811  
1812  
1813  
1814  
1815  
1816  
1817  
1818  
1819  
1820  
1821  
1822  
1823  
1824  
1825  
1826  
1827  
1828  
1829  
1830  
1831  
1832  
1833  
1834  
1835  
1836  
1837  
1838  
1839  
1840  
1841  
1842  
1843  
1844  
1845  
1846  
1847  
1848  
1849  
1850  
1851  
1852  
1853  
1854  
1855  
1856  
1857  
1858  
1859  
1860  
1861  
1862  
1863  
1864  
1865  
1866  
1867  
1868  
1869  
1870  
1871  
1872  
1873  
1874  
1875  
1876  
1877  
1878  
1879  
1880  
1881  
1882  
1883  
1884  
1885  
1886  
1887  
1888  
1889  
1890  
1891  
1892  
1893  
1894  
1895  
1896  
1897  
1898  
1899  
1900  
1901  
1902  
1903  
1904  
1905  
1906  
1907  
1908  
1909  
1910  
1911  
1912  
1913  
1914  
1915  
1916  
1917  
1918  
1919  
1920  
1921  
1922  
1923  
1924  
1925  
1926  
1927  
1928  
1929  
1930  
1931  
1932  
1933  
1934  
1935  
1936  
1937  
1938  
1939  
1940  
1941  
1942  
1943  
1944  
1945  
1946  
1947  
1948  
1949  
1950  
1951  
1952  
1953  
1954  
1955  
1956  
1957  
1958  
1959  
1960  
1961  
1962  
1963  
1964  
1965  
1966  
1967  
1968  
1969  
1970  
1971  
1972  
1973  
1974  
1975  
1976  
1977  
1978  
1979  
1980  
1981  
1982  
1983  
1984  
1985  
1986  
1987  
1988  
1989  
1990  
1991  
1992  
1993  
1994  
1995  
1996  
1997  
1998  
1999  
2000  
2001  
2002  
2003  
2004  
2005  
2006  
2007  
2008  
2009  
2010  
2011  
2012  
2013  
2014  
2015  
2016  
2017  
2018  
2019  
2020  
2021  
2022  
2023  
2024  
2025  
2026  
2027  
2028  
2029  
2030  
2031  
2032  
2033  
2034  
2035  
2036  
2037  
2038  
2039  
2040  
2041  
2042  
2043  
2044  
2045  
2046  
2047  
2048  
2049  
2050  
2051  
2052  
2053  
2054  
2055  
2056  
2057  
2058  
2059  
2060  
2061  
2062  
2063  
2064  
2065  
2066  
2067  
2068  
2069  
2070  
2071  
2072  
2073  
2074  
2075  
2076  
2077  
2078  
2079  
2080  
2081  
2082  
2083  
2084  
2085  
2086  
2087  
2088  
2089  
2090  
2091  
2092  
2093  
2094  
2095  
2096  
2097  
2098  
2099  
2100  
2101  
2102  
2103  
2104  
2105  
2106  
2107  
2108  
2109  
2110  
2111  
2112  
2113  
2114  
2115  
2116  
2117  
2118  
2119  
2120  
2121  
2122  
2123  
2124  
2125  
2126  
2127  
2128  
2129  
2130  
2131  
2132  
2133  
2134  
2135  
2136  
2137  
2138  
2139  
2140  
2141  
2142  
2143  
2144  
2145  
2146  
2147  
2148  
2149  
2150  
2151  
2152  
2153  
2154  
2155  
2156  
2157  
2158  
2159  
2160  
2161  
2162  
2163  
2164  
2165  
2166  
2167  
2168  
2169  
2170  
2171  
2172  
2173  
2174  
2175  
2176  
2177  
2178  
2179  
2180  
2181  
2182  
2183  
2184  
218

以下が望ましく、いずれも 5 以下がより望ましい。

【 0 0 3 4 】

トリガ信号受信器 2 3 は、トリガ信号発信器 1 3 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 2 3 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。

【 0 0 3 5 】

識別情報信号受信器 2 5 は、識別情報信号発信器 1 5 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 2 5 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

【 0 0 3 6 】

位置演算部 2 2 は、超音波受信装置 2 1 である超音波アレイセンサの各受波素子 2 1 a で音波を受波した時間の時間差と各受波素子 2 1 a の配置位置とに基づいて超音波受信装置 2 1 に対して音源 1 1 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。

【 0 0 3 7 】

以下、位置演算部 2 2 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 2 1 の受波素子 2 1 a 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 2 1 a が配列された面に対する超音波の波面の角度が  $\theta_0$  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 2 1 に対して音源 1 1 の存在する方位角）は  $\theta_0$  になり、音速を  $c$ 、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  $d_0$ 、隣り合う受波素子 2 1 a 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 2 1 a 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

【 0 0 3 8 】

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 3 3 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 2 1 a 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 2 1 a の受波信号、図 8 ( b ) が図 7 の真ん中の受波素子 2 1 a の受波信号、図 8 ( c ) が図 7 の一番下の受波素子 2 1 a の受波信号を示している。ここにおいて、位置演算部 2 2 は、音源 1 1 の存在する方位を求める演算機能を有する信号処理部 2 2 c を備えている。信号処理部 2 2 c は、超音波受信装置 2 1 の各受波素子 2 1 a 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 2 1 a 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 1 1 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 2 1 に対して音源 1 1 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 2 2 は、上述の信号処理部 2 2 c の他に、超音波受信装置 2 1 の各受波素子 2 1 a 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 2 2 a と、トリガ信号受信器 2 3 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 2 2 a の出力が格納されるデータ格納部 2 2 b とを備えており、上述の信号処理部 2 2 c は、データ格納部 2 2 b 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 2 2 a を作動させ、受波期間にデータ格納部 2 2 b に格納された受波信号のデータに基づいて音源 1 1 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  $\theta_1$  の方位から到来する超音波の方が方位角  $\theta_2$  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） $\theta_1, \theta_2$  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  $\theta_1$  の方位から到来した超音波に対応し、右側の受波信号が  $\theta_2$  の方位から到来した超音波に対応している。なお、 $\theta_1$  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、 $\theta_2$  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。ここにおいて、制御部 1 7 は、トリガ信号受信器 2 3 から出力されたトリガ受信信号が入力されたときに直ちにドライバ 1 2 を制御するようにしてもよいし、所定時間後にドライバ 1 2 を制御するようにしてもよい。

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】

【 0 0 4 6 】

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

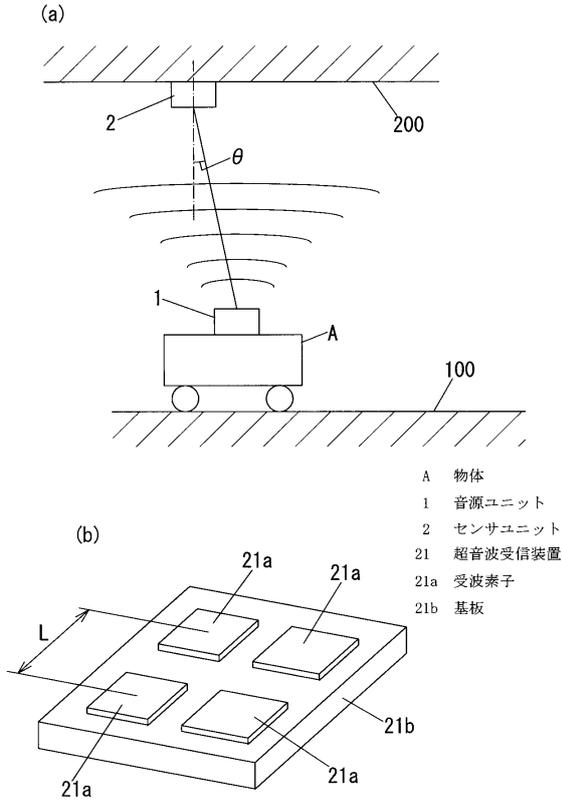
3 2 熱絶縁層

3 3 発熱体層

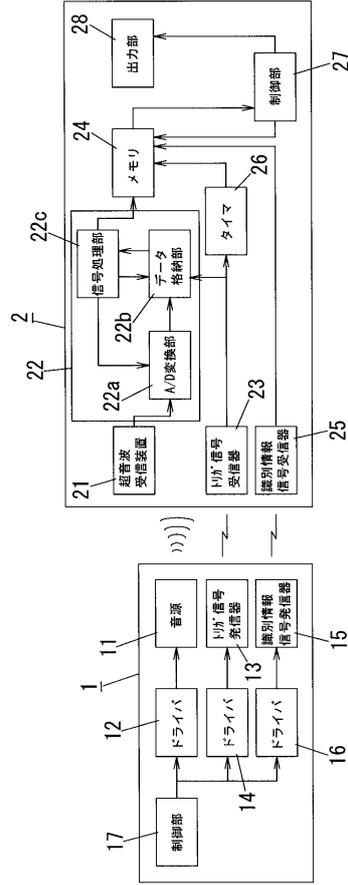
20

30

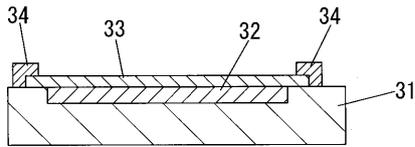
【図1】



【図2】



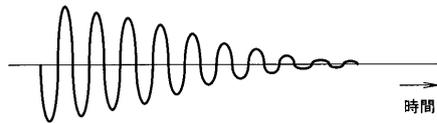
【図3】



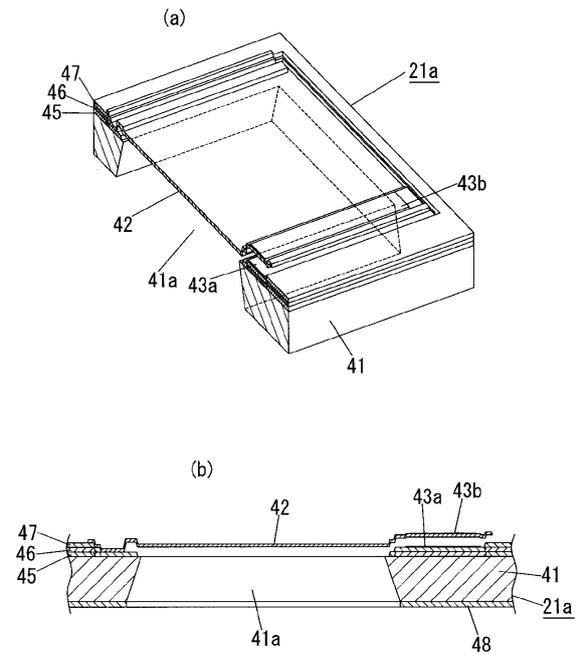
【図4】



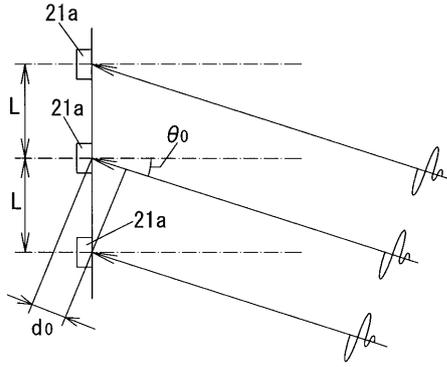
【図5】



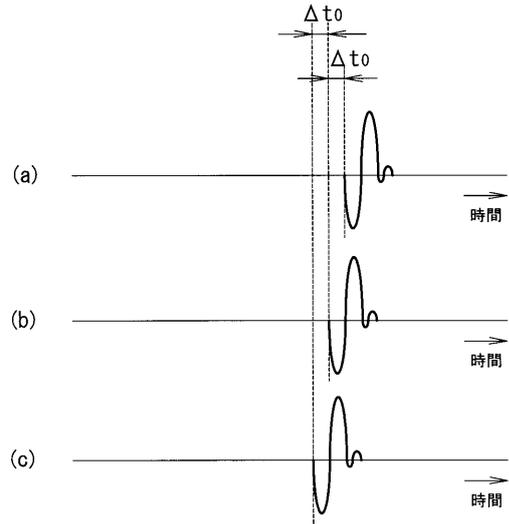
【図6】



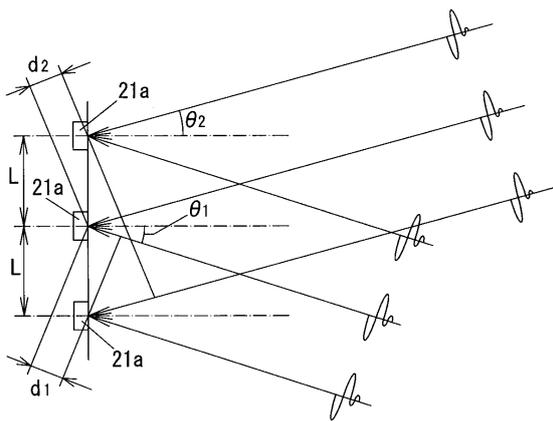
【図7】



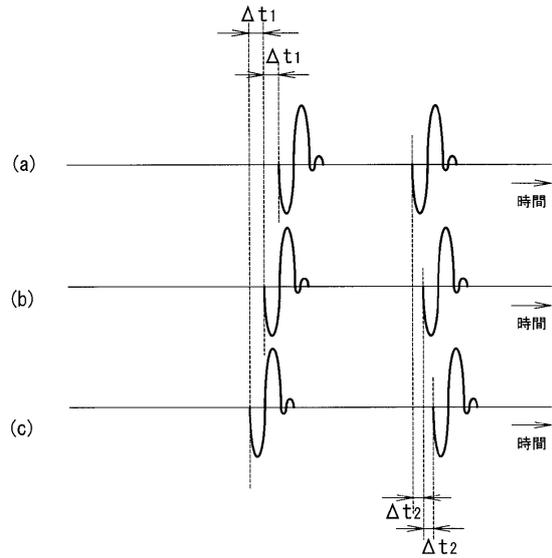
【図8】



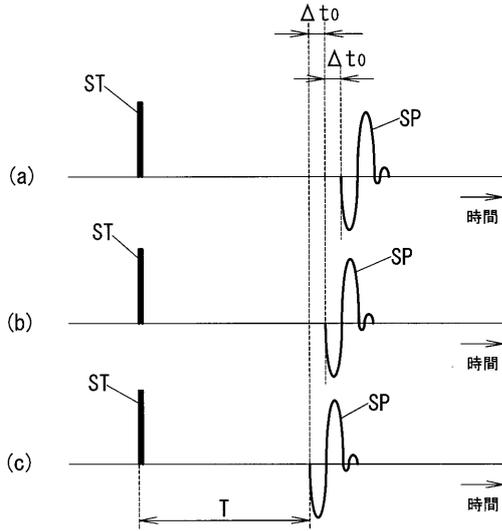
【図9】



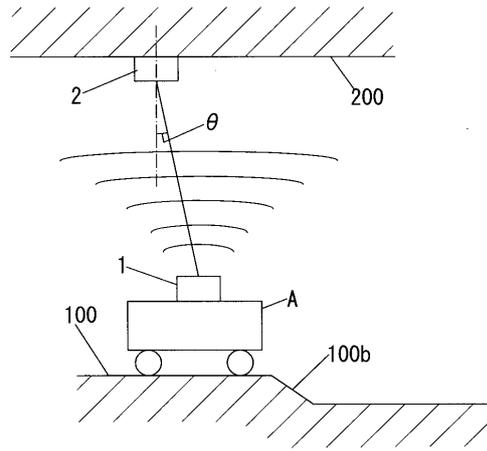
【図10】



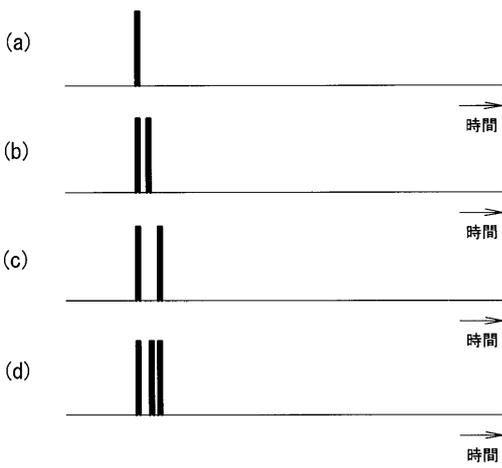
【 図 1 1 】



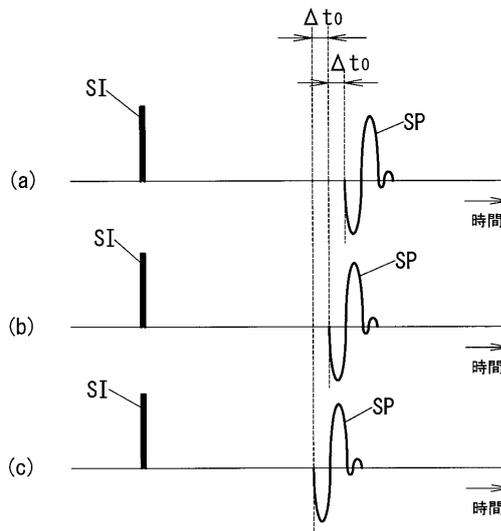
【 図 1 2 】



【 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