

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6232642号
(P6232642)

(45) 発行日 平成29年11月22日 (2017.11.22)

(24) 登録日 平成29年11月2日 (2017.11.2)

(51) Int. Cl.		F I			
GO 1 D	21/00	(2006.01)	GO 1 D	21/00	G
HO 3 H	9/145	(2006.01)	HO 3 H	9/145	Z
GO 1 D	5/48	(2006.01)	GO 1 D	5/48	B

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-18194 (P2014-18194)	(73) 特許権者	304023318 国立大学法人静岡大学 静岡県静岡市駿河区大谷836
(22) 出願日	平成26年2月3日 (2014.2.3)	(74) 代理人	100136674 弁理士 居藤 洋之
(65) 公開番号	特開2015-145808 (P2015-145808A)	(72) 発明者	近藤 淳 静岡県浜松市中区城北3丁目5-1 国立 大学法人静岡大学創造科学技術大学院内
(43) 公開日	平成27年8月13日 (2015.8.13)	(72) 発明者	成島 彰洋 静岡県浜松市中区城北3丁目5-1 国立 大学法人静岡大学工学部内
審査請求日	平成29年1月12日 (2017.1.12)	審査官	深田 高義

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 物理量検出センサモジュールおよび物理量検出システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

圧電効果を示す圧電体で構成されるとともに表面弾性波を伝播可能な圧電基板と、
前記圧電基板上にて互いに対向配置された2つの第1櫛歯状電極を有して高周波電気信号と前記表面弾性波とを相互に変換する表面弾性波変換手段と、

前記圧電基板上に互いに対向配置された2つの第2櫛歯状電極を有して前記表面弾性波変換手段によって励振された前記表面弾性波を反射する表面弾性波反射手段と、

前記表面弾性波反射手段に接続されて検出対象から受ける物理量に応じてインピーダンスが変化するインピーダンス変化型センサと、

前記表面弾性波反射手段に対して直列接続されるとともに前記インピーダンス変化型センサに対して並列接続される並列コンデンサとを備えることを特徴とする物理量検出センサモジュール。

【請求項2】

請求項1に記載した物理量検出センサモジュールにおいて、

前記インピーダンス変化型センサは、

前記検出対象から受ける物理量に応じて静電容量が変化する可変コンデンサを含み、

前記並列コンデンサは、

前記表面弾性波反射手段に前記インピーダンス変化型センサのみを接続した場合における同表面弾性波反射手段から反射される前記表面弾性波の振幅値が最小となる静電容量に設定されていることを特徴とする物理量検出センサモジュール。

【請求項 3】

請求項 1 に記載した物理量検出センサモジュールにおいて、
前記インピーダンス変化型センサは、
前記検出対象から受ける物理量に応じて抵抗値が変化する可変抵抗を含み、
前記並列コンデンサは、
前記表面弾性波反射手段に前記インピーダンス変化型センサのみを接続した場合における同表面弾性波反射手段から反射される前記表面弾性波の振幅値が小さくなる静電容量に設定されていることを特徴とする物理量検出センサモジュール。

【請求項 4】

物理量の検出対象に設置される前記請求項 1 ないし前記請求項 3 のうちのいずれか 1 つ
に記載された物理量検出センサモジュールと、

10

前記表面弾性波変換手段に付与する前記高周波電気信号を生成する高周波電気信号生成手段と、

前記表面弾性波変換手段にて変換された前記高周波電気信号の振幅値を用いて前記物理量を特定する物理量特定手段とを備えることを特徴とする物理量検出システム。

【請求項 5】

請求項 4 に記載した物理量検出システムにおいて、

前記高周波電気信号生成手段、前記物理量特定手段、および前記高周波電気信号と電波とを相互に変換して無線送受信を行う送受信部をそれぞれ有したホスト装置と、

前記表面弾性波変換手段における第 1 櫛歯状電極に接続されて電波と前記高周波電気信号とを相互に変換する送受信アンテナとを備えることを特徴とする物理量検出システム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、表面弾性波 (SAW: Surface Acoustic Wave) を用いて種々の物理量を検出する物理量検出センサモジュールおよび物理量検出システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、光、音、超音波 (振動)、圧力、温度、湿度、ガス、電界または磁界などの各種物理量を表面弾性波 (SAW: Surface Acoustic Wave) を介して検出する物理量検出センサモジュールがある。例えば、下記特許文献 1 には、表面弾性波と高周波電気信号とを相互に変換する表面弾性波変換 IDT (Interdigital Transducer) と、受光量に応じてインピーダンスが変化する受光素子が接続された表面弾性波反射 IDT とを圧電基板上で対向配置するとともに、表面弾性波変換 IDT と表面弾性波反射 IDT との間で表面弾性波を往復伝播させた際における表面弾性波反射 IDT の反射率の変化による表面弾性波の変化に基づいて受光素子が受光した光量を検出する無給電ワイヤレス式フォトセンサ (物理量検出センサモジュール) が開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0003】

【特許文献 1】特開 2006 - 266846 号公報

【0004】

しかしながら、本発明者による実験によれば、上記特許文献 1 に記載したインピーダンス変化型センサの両端子を表面弾性波反射 IDT に接続した構成のセンサモジュールにおいては、インピーダンス変化型センサの共振現象によって反射係数 S_{11} (dB) が二次曲線的に変化するため振幅値が一意に定まるインピーダンスの幅が狭くセンサモジュールにおけるセンサとしての感知幅が狭いことを知見した。このため、従来のセンサモジュールにおいては、使用の用途が限定されるという問題があった。

【発明の概要】

50

【 0 0 0 5 】

本発明は上記問題に対処するためなされたもので、その目的は、物理量を検出するセンサとしての感知幅を広くすることによって用途を拡大することができる物理量検出センサモジュールおよび物理量検出システムを提供することにある。

【 0 0 0 6 】

上記目的を達成するため、本発明の特徴は、圧電効果を示す圧電体で構成されるとともに表面弾性波を伝播可能な圧電基板と、圧電基板上にて互いに対向配置された2つの第1櫛歯状電極を有して高周波電気信号と表面弾性波とを相互に変換する表面弾性波変換手段と、圧電基板上に互いに対向配置された2つの第2櫛歯状電極を有して表面弾性波変換手段によって励振された表面弾性波を反射する表面弾性波反射手段と、表面弾性波反射手段に接続されて検出対象から受ける物理量に応じてインピーダンスが変化するインピーダンス変化型センサと、表面弾性波反射手段に対して直列接続されるとともにインピーダンス変化型センサに対して並列接続される並列コンデンサとを備えることにある。

10

【 0 0 0 7 】

このように構成した本発明の特徴によれば、物理量検出センサモジュールは、表面弾性波変換手段に対向配置された表面弾性波反射手段に対してインピーダンス変化型センサと並列コンデンサとが互いに並行に接続されている。これにより、本発明者らの実験によれば、物理量検出センサモジュールにおける反射係数 S_{11} (dB)の二次曲線的变化が並列コンデンサの静電容量に応じて変化することを知見した。具体的には、本発明者らは、物理量検出センサモジュールにおいてインピーダンス型センサとして静電容量が変化するセンサを用いた場合、反射係数 S_{11} (dB)に対するインピーダンス(静電容量)の変化の範囲を拡大できることを確認した。また、本発明者らは、物理量検出センサモジュールにおいてインピーダンス型センサとして抵抗値が変化するセンサを用いた場合、インピーダンス(抵抗)に対する反射波の振幅値のダイナミックレンジが拡大できることを確認した。これらの結果、物理量検出センサモジュールは、従来のセンサモジュールに比べてセンサとしての感知幅やダイナミックレンジを広くすることができ、センサとしての用途を拡大することができる。

20

【 0 0 0 8 】

ここで、本発明に係るインピーダンス変化型センサは、物理現象によってインピーダンスが変化する素子を広く採用することができ、例えば、物理量に応じて電荷を蓄える容量(静電容量)が変化する可変キャパシタ、物理量に応じてインダクタンスが変化する可変インダクタ、および物理量に応じて抵抗が変化する可変抵抗のうちの少なくとも1つを含むものである。

30

【 0 0 0 9 】

この場合、物理現象としては、例えば、光電効果(光電子放出効果、光伝導効果、光起電力効果など)、熱現象(ゼーベック効果、焦電効果など)、圧電現象、音(または振動)現象、磁気現象(ホール効果、磁気抵抗効果など)、電子放出効果(熱電子放出効果、電界放出効果など)、超伝導現象(ジョセフソン効果など)、化学現象(吸着現象、イオン移動など)がある。

【 0 0 1 0 】

また、光電効果を利用したインピーダンス変化型のセンサや素子としては、例えば、光導電セル、フォトダイオード、フォトトランジスタ、P S D、太陽電池およびU V トロン(「炎センサ」ともいう)などがある。なお、この場合、「U V トロン」とは、金属の光電効果とガス倍増効果を利用した紫外線センサであり、特に炎から出る微弱な紫外線も検出することができるものである。すなわち、インピーダンス変化型センサとしてU V トロンを用いることにより、無給電ワイヤレス炎検出器や火災報知器を構成することができる。

40

【 0 0 1 1 】

また、熱現象を利用したインピーダンス変化型のセンサや素子としては、例えば、熱対、サーモパイル、サーミスタ、量子型赤外線センサ、焦電温度センサおよび焦電形赤外

50

線センサなどがある。また、圧電現象を利用したインピーダンス変化型のセンサや素子としては、例えば、圧電素子（ピエゾ素子）、加圧導電シート（ゴム）、トーションバー、ストレンゲージ（ロードセル）、ダイアフラムおよびマイクロフォン（圧電式）などがある。また、音現象または振動現象を利用したインピーダンス変化型のセンサや素子としては、例えば、マイクロフォン（電磁式）、振動センサおよび衝撃センサなどがある。また、磁気現象を利用したインピーダンス変化型のセンサや素子としては、例えば、ホール素子、MR素子および半導体磁気抵抗素子変位センサなどがある。また、電子放出効果を利用したインピーダンス変化型センサとしては、例えば、電離真空計などがある。また、超伝導現象を利用したインピーダンス変化型のセンサや素子としては、例えば、SQUID（超伝導量子干渉素子）などがある。また、化学現象を利用したインピーダンス変化型のセンサや素子としては、例えば、セラミック湿度センサ、半導体ガスセンサおよび固体電解質形酸素センサなどがある。そして、これらのインピーダンス変化型のセンサや素子は、単独でまたはこれらを適宜組み合わせる用いることができる。これらにより、本発明に係る物理量検出システムは、幅広い種類の物理量を効率的に検出することができる

10

【0012】

また、本発明の他の特徴は、前記物理量検出センサモジュールにおいて、インピーダンス変化型センサは、検出対象から受ける物理量に応じて静電容量が変化する可変コンデンサを含み、並列コンデンサは、表面弾性波反射手段にインピーダンス変化型センサのみを接続した場合における同表面弾性波反射手段から反射される表面弾性波の振幅値が最小となる静電容量に設定されていることにある。

20

【0013】

このように構成した本発明の他の特徴によれば、物理量検出センサモジュールは、並列コンデンサが表面弾性波反射手段から反射される表面弾性の振幅値が最小となる静電容量に設定されているため、最も効果的に反射係数 S_{11} (dB) に対するインピーダンス（静電容量）の範囲を拡大して感知幅を拡大することができ、センサとしての用途を拡大することができる。また、物理量検出センサモジュールは、並列コンデンサの静電容量を表面弾性波反射手段から反射される表面弾性波に基づく反射係数 S_{11} (dB) を用いて容易に特定することができる。

【0014】

また、本発明の他の特徴は、前記物理量検出センサモジュールにおいて、インピーダンス変化型センサは、検出対象から受ける物理量に応じて抵抗値が変化する可変抵抗を含み、並列コンデンサは、表面弾性波反射手段にインピーダンス変化型センサのみを接続した場合における同表面弾性波反射手段から反射される表面弾性波の振幅値が小さくなる静電容量に設定されていることにある。

30

【0015】

このように構成した本発明の他の特徴によれば、物理量検出センサモジュールは、インピーダンス変化型センサとして抵抗値が変化する可変抵抗で構成される。これによれば、物理量検出センサモジュールは、インピーダンス（抵抗）に対する反射波の振幅値のダイナミックレンジが拡大するため、従来のセンサモジュールに比べてセンサとしての感知幅やダイナミックレンジを広くすることができ、センサとしての用途を拡大することができる。

40

【0016】

また、本発明は物理量検出センサモジュールの発明として実施できるばかりでなく、物理量検出センサモジュールを備えた物理量検出システムの発明としても実施できるものである。

【0017】

具体的には、物理量検出システムは、物理量の検出対象に設置される請求項1ないし請求項4のうちのいずれか1つに記載された物理量検出センサモジュールと、表面弾性波変換手段に付与する高周波電気信号を生成する高周波電気信号生成手段と、表面弾性波変換手段にて変換された高周波電気信号の振幅値を用いて物理量を特定する物理量特定手段と

50

を備えることにあるこのように構成した本発明に係る物理量検出システムによれば、上記物理量検出センサモジュールと同様の作用効果を期待することができる。

【0018】

また、この場合、物理量検出システムは、高周波電気信号生成手段、物理量特定手段、および高周波電気信号と電波とを相互に変換して無線送受信を行う送受信部をそれぞれ有したホスト装置と、表面弾性波変換手段における第1櫛歯状電極に接続されて電波と高周波電気信号とを相互に変換する送受信アンテナとを備えるとよい。

【0019】

このように構成した本発明に係る物理量検出システムによれば、物理量特定手段および高周波電気信号と電波とを相互に変換して無線送受信を行う送受信部をそれぞれ有したホスト装置、および表面弾性波変換手段における第1櫛歯状電極に接続されて電波と高周波電気信号とを相互に変換する送受信アンテナとを備えて構成されている。これにより、物理量検出システムは、物理量を検出するインピーダンス型センサと、このインピーダンス型センサによる検出結果に基づいて物理量を特定するホスト装置とを互いに物理的に離れた位置に配置してワイヤレス通信によって高周波電気信号の送受信を行うことができるため、ホスト装置から離れた位置での物理量を無給電で検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明に係る本発明に係る物理量検出センサモジュールを含む物理量検出システム100の構成の概略を示した模式図である。

【図2】図1に示すセンサモジュールに湿度センサのみを接続した場合と湿度センサに対して並列コンデンサを並列接続した場合における表面弾性波反射IDTから反射される表面弾性波の反射係数 S_{11} (dB)と湿度センサのインピーダンス(静電容量)との関係を示したグラフである。

【図3】図1に示すセンサモジュールに可変抵抗のみを接続した場合と可変抵抗に対して並列コンデンサを並列接続した場合における表面弾性波反射IDTから反射される表面弾性波の反射係数 S_{11} (dB)と可変抵抗のインピーダンス(抵抗値)との関係を示したグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明に係る物理量検出センサモジュールおよび物理量検出システムの一実施形態について図面を参照しながら説明する。図1は、本発明に係る物理量検出センサモジュール(以下、単に「センサモジュール」という)200を含む物理量検出システム100の構成の概略を示した模式図である。なお、本明細書において参照する図は、本発明の理解を容易にするために一部の構成要素を誇張して表わすなど模式的に表している。このため、各構成要素間の寸法や比率などは異なっていることがある。この物理量検出システム100は、センサモジュール200をホスト装置300から物理的に離れた場所に配置して物理量(本実施形態においては温度)を検出するとともに検出した物理量に対応する電気信号を無線通信を介してホスト装置300に出力する検出装置である。

【0022】

(物理量検出システム100の構成)

物理量検出システム100は、主として、センサモジュール200とホスト装置300とで構成されている。センサモジュール200は、図示しない金属製や樹脂製の筐体内に圧電基板201を備えている。

【0023】

圧電基板201は、圧電効果によって表面弾性波(破線矢印で示す)を発生させるとともに発生させた表面弾性波を伝搬する部品であり、表面弾性波の発生および伝搬が可能な素材で構成されている。より具体的には、圧電基板201は、圧電効果によって表面弾性波を発生させる圧電体(「圧電素子」ともいう)によって構成されている。この場合、圧電体としては、各種結晶体(例えば、ニオブ酸リチウム(LiNbO_3)、タンタル酸リ

10

20

30

40

50

チウム (LiTaO_3)、水晶、ランガサイト) や、圧電効果を示す高分子材料 (例えば、P V D F) などを用いることができる。本実施形態においては、圧電基板 2 0 1 は、結晶体で構成されている。なお、表面弾性波 (Surface Acoustic Wave : S A W) とは、弾性体の表面を伝播する縦波および/または横波からなる波である。

【 0 0 2 4 】

この圧電基板 2 0 1 は、図示左右方向に延びる平行四辺形状の板状体に形成されている。本実施形態においては、圧電基板 2 0 1 は、約 $7\text{ mm} \times 4\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ の大きさで形成されている。この圧電基板 2 0 1 の大きさや形状は、センサモジュール 2 0 0 の使用場所、使用条件、および励振する表面弾性波の周波数などに応じて適宜決定されるものである。また、圧電基板 2 0 1 の厚さは、励振する表面弾性波の波長の 1 波長以上の厚さであればよいが、好ましくは同波長の 3 倍以上の厚さで構成するとよい。

10

【 0 0 2 5 】

圧電基板 2 0 1 における長手方向両端部には、反射防止部 2 0 2 a , 2 0 2 b がそれぞれ設けられている。反射防止部 2 0 2 a , 2 0 2 b は、後述する表面弾性波変換 I D T 2 1 0 によって励振された表面弾性波および表面弾性波反射 I D T 2 2 0 によって反射された表面弾性波の表面弾性波変換 I D T 2 1 0 および表面弾性波反射 I D T 2 2 0 への反射を防止するための部分であり、表面弾性波の伝搬方向に対して傾斜して形成されている。本実施形態においては、反射防止部 2 0 2 a , 2 0 2 b は、平行四辺形に形成された圧電基板 2 0 1 における長手方向両端部の互いに平行に延びる 2 つの斜辺によって構成されている。

20

【 0 0 2 6 】

そして、この圧電基板 2 0 1 は、高分子材料 (例えば、B C B、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂など) やセラミック材料で構成された図示しない絶縁性基板上に固定されている。なお、圧電基板 2 0 1 は、前記圧電体と、表面弾性波を伝搬可能な基体とを組み合わせることもできる。例えば、圧電基板 2 0 1 は、P Z T などの圧電セラミックスや酸化亜鉛 (ZnO)、窒化アルミニウム (AlN) などからなる圧電薄膜をガラス、シリコンまたは樹脂などからなる基板表面の全面または部分的に積層して構成することもできる。

【 0 0 2 7 】

一方、圧電基板 2 0 1 の上面には、長手方向両側に互に対向した状態で表面弾性波変換 I D T 2 1 0 および表面弾性波反射 I D T 2 2 0 がそれぞれ設けられている。これらのうち、表面弾性波変換 I D T 2 1 0 は、後述するアンテナ 2 3 0 から入力する高周波電気信号に対応する表面弾性波を圧電基板 2 0 1 に励振するとともに、表面弾性波反射 I D T 2 2 0 によって反射された表面弾性波を受けて同受信した表面弾性波に対応する高周波電気信号を生成してアンテナ 2 3 0 に出力する電極である。すなわち、表面弾性波変換 I D T 2 1 0 は、アンテナ 2 3 0 と圧電基板 2 0 1 との間で高周波電気信号と表面弾性波とを相互に変換する電極であり、本発明に係る表面弾性波変換手段に相当する。

30

【 0 0 2 8 】

また、表面弾性波反射 I D T 2 2 0 は、前記表面弾性波変換 I D T 2 1 0 によって励振された表面弾性波を同表面弾性波変換 I D T 2 1 0 に向けて反射するための電極であり、本発明に係る表面弾性波反射手段に相当する。これらの表面弾性波変換 I D T 2 1 0 および表面弾性波反射 I D T 2 2 0 は、それぞれ 2 つの櫛歯状電極、具体的には、2 つの第 1 櫛歯状電極 2 1 1 a , 2 1 1 b および 2 つの櫛歯状電極 2 2 1 a , 2 2 1 b がそれぞれ互に対向配置された I D T (Interdigital Transducer) によって構成されている。

40

【 0 0 2 9 】

各 2 つの第 1 櫛歯状電極 2 1 1 a , 2 1 1 b および第 2 櫛歯状電極 2 2 1 a , 2 2 1 b は、圧電基板 2 0 1 に対して電圧を加えまたは受けることができる電極であり、正極 (+) 側および負極 () 側の一对の櫛歯状の電極によって構成されている。具体的には、直線状に延びる基部から直交する方向に互いに平行に延びる複数の電極指によって構成された 2 つの櫛歯状の電極が、互いの電極指間に入り込んだ状態で形成されている。

50

【0030】

これらの第1櫛歯状電極211a, 211bおよび第2櫛歯状電極221a, 221bのうち、表面弾性波変換IDT210を構成する第1櫛歯状電極211a, 211bは、正極側の電極指と負極側の電極指との間隔P1が、励振する表面弾性波の波長の1/2の整数倍の長さに設定されている。本実施形態においては、第1櫛歯状電極211a, 211bにおける各正極側の電極指と各負極側の電極指との間隔Pは、2つの第1櫛歯状電極211a, 211bによって励振する表面弾性波の波長の1/2の長さに設定している。また、一对の櫛歯状電極211a, 211bを構成する同極の各電極指間の間隔P2も、励振する表面弾性波の波長の整数倍の長さに設定されている。

【0031】

一方、表面弾性波反射IDT220を構成する第2櫛歯状電極221a, 221bは、必ずしも、各正極側の電極指と各負極側の電極指との間隔P1や材質などの構成を第1櫛歯状電極211a, 211bと同一にする必要はないが、本実施形態においては、第2櫛歯状電極221a, 221bは、第1櫛歯状電極211a, 211bと同一に構成されている。

【0032】

また、第2櫛歯状電極221a, 221b(表面弾性波反射IDT220)は、第1櫛歯状電極211a, 211b(表面弾性波変換IDT210)に対して第1櫛歯状電極211a, 211bが励振する表面弾性波の図示右側の伝搬方向上に配置される。この場合、第2櫛歯状電極221a, 221bと第1櫛歯状電極211a, 211bとの距離は、センサモジュール200の仕様(使用条件、励振する表面弾性波の周波数など)に応じて適宜決定されるものであり、特に限定されるものではない。この場合、例えば、第1櫛歯状電極211a, 211bと第2櫛歯状電極221a, 221bとは、第1櫛歯状電極211a, 211bによって励振される表面弾性波の振幅とは無関係に配置してもよいし、同表面弾性波の振幅が2つの第2櫛歯状電極221a, 221bの電極指間に一致するように表面弾性波の波長の整数倍の間隔を介して配置することもできる。

【0033】

これらの各2つずつの第1櫛歯状電極211a, 211bおよび第2櫛歯状電極221a, 221bは、Al, Au, Cu, Cr, Ti, Ptなどの金属単体、これらの組み合わせ、またはこれらの合金によって構成されており、圧電基板201の長手方向に沿って表面弾性波を励振させる向き、具体的には、櫛歯状の電極指が圧電基板201の長手方向に直交する向きで設けられている。これらの各2つずつの第1櫛歯状電極211a, 211bおよび第2櫛歯状電極221a, 221bは、スパッタ法、フォトリソグラフィなどにより圧電基板201の表面にそれぞれ形成される。

【0034】

表面弾性波変換IDT210を構成する2つの第1櫛歯状電極211a, 211bは、一方の第1櫛歯状電極211aがアンテナ230に接続されるとともに、他方の第1櫛歯状電極211bが接地されている。アンテナ230は、ホスト装置300から送信される電波(図1において破線屈曲線で示す)を高周波電気信号に変換して表面弾性波変換IDT210に出力するとともに、表面弾性波変換IDT210によって生成された高周波電気信号を電波に変換して送信出力する送受信器である。なお、このアンテナ230と表面弾性波変換IDT210における第1櫛歯状電極211aとの間には、互いのインピーダンスを整合させるための図示しないインピーダンスマッチング回路が設けられている。

【0035】

一方、表面弾性波変換IDT220を構成する2つの櫛歯状電極221a, 221bには、湿度センサ240と並列コンデンサ250とがそれぞれ接続されている。湿度センサ240は、外部から受ける湿度変化に対して静電容量が変化するとともにこの容量変化に対応する電気信号を出力する器具であり、本発明に係るインピーダンス変化型センサに相当する。この湿度センサ240は、一方の端子が表面弾性波反射IDT220を構成する第2櫛歯状電極221aに接続されるとともに他方の端子が表面弾性波反射IDT220

10

20

30

40

50

を構成する第2櫛歯状電極221bに接続されている。

【0036】

並列コンデンサ250は、このセンサモジュール200における湿度の感知幅を拡大させるためのコンデンサであり、湿度センサ240とともに表面弾性波反射IDT220を構成する第2櫛歯状電極221a, 221bにそれぞれ接続されている。すなわち、並列コンデンサ250は、表面弾性波反射IDT220に対して湿度センサ240と並列接続されている。この並列コンデンサ250は、表面弾性波反射IDT220に湿度センサ240のみを接続した場合における表面弾性波反射IDT220から反射される表面弾性波の振幅値が最小となる静電容量と同じ静電容量に設定されている。

【0037】

この並列コンデンサ250の静電容量の設定について具体的に説明する。並列コンデンサ250の静電容量を設定する設定者は、表面弾性波反射IDT220に湿度センサ240のみを接続した場合における表面弾性波反射IDT220から反射される表面弾性波の反射率S11(dB)を湿度センサ240のインピーダンス(静電容量)を変化させながら測定する。この場合、本発明者らの実験によれば、反射率S11(dB)は、例えば、図2に示すように、湿度センサ240などの静電容量が可変のインピーダンス変化型センサの共振現象によって湿度センサ240のインピーダンスに対して二次曲線的に変化する(図において四角形ドット)。

【0038】

そこで、本発明者らは、反射率S11(dB)が最小となる静電容量、すなわち、表面弾性波反射IDT220から反射される表面弾性波の振幅値が最小となる静電容量の並列コンデンサ250を静電容量が可変のインピーダンス変化型センサに対して並列接続して同様に反射率S11(dB)を測定した。その結果、本発明者らは、図2に示すように、表面弾性波反射IDT220から反射される表面弾性波の振幅値が一意に特定されるインピーダンスの範囲が拡大(約7pFから約30pFまでの範囲が約1pFから20pFまで拡大)することを知見した(図においてダイヤ形ドット)。

【0039】

したがって、設定者は、反射率S11(dB)が最小となる静電容量、すなわち、表面弾性波反射IDT220から反射される表面弾性波の振幅値が最小となる静電容量を並列コンデンサ250の静電容量とする。この場合、実際のセンサモジュール200においては反射率S11(dB)にバラツキが生じるため、反射率S11(dB)が最小となる前後(±30%)の範囲の静電容量が設定される。

【0040】

ホスト装置300は、物理的に離れた場所に設置されるセンサモジュール200に対して表面弾性波変換IDT210に高周波電気信号を供給するための駆動信号(電波)を送信するとともにセンサモジュール200から送信される応答信号(電波)を受信して表面弾性波変換IDT210によって生成された電気信号を解析する計算装置である。このホスト装置300は、主として、変調部310、送受信部320、検波部330、制御部340、入力装置350および表示装置360をそれぞれ備えて構成されている。

【0041】

変調部310は、制御部340から出力される高周波電気信号を変調して駆動信号を生成する電気回路である。また、送受信部320は、変調部310から出力される駆動信号をアンテナ321を介してセンサモジュール200に向けて送信するとともに、センサモジュール200からの応答信号をアンテナ321を介して受信して検波部330に出力する電気回路である。検波部330は、送受信部320を介して入力したセンサモジュール200からの応答信号を検波(復調)して制御部340に出力する電気回路である。

【0042】

制御部340は、CPU、ROM、RAMなどからなるマイクロコンピュータによって構成されており、ユーザによって予め記憶される物理量検出プログラムを実行することにより、センサモジュール200に対して送受信する高周波電気信号を用いて湿度センサ2

10

20

30

40

50

40によって検出された湿度を計算する。具体的には、制御部340は、高周波電気信号生成部341および物理量特定部342をそれぞれ備えている。これらのうち、高周波電気信号生成部341は、表面弾性波変換IDT210に供給する高周波電気信号を生成して変調部310に出力する。物理量特定部342は、検波部330によって検波された高周波電気信号の振幅値から湿度センサ240が検出した湿度を計算して特定する。

【0043】

また、この制御部340には、ユーザからの指示を入力するための入力装置350および制御部340の作動状態や特定した物理量を表示するための表示装置360がそれぞれ接続されている。なお、このホスト装置300は、内蔵する各種回路を駆動するための電源を備え、または外部電源に接続されるように構成されている。

10

【0044】

(物理量検出システム100の作動)

次に、上記のように構成した物理量検出システム100の作動について説明する。物理量検出システム100の使用者は、センサモジュール200をホスト装置300から物理的な離れた場所であって湿度測定の対象となる場所に設置する。この場合、センサモジュール200は、電源を持たないとともにホスト装置300からの駆動信号の送信がないため、作動停止状態にある。

【0045】

次いで、使用者は、ホスト装置300の電源をONにするとともにホスト装置300の作動を開始させる。これにより、制御部340は、高周波電気信号生成部341にて生成した高周波電気信号を変調部310および送受信部320を介してセンサモジュール200に対して送信する。すなわち、ホスト装置300は、センサモジュール200に表面弾性波変換IDT210に高周波電気信号を供給してセンサモジュール200からの応答信号を得るための駆動信号を送信する。この場合、ホスト装置300は、駆動信号をバースト出力することにより、センサモジュール200からの応答信号を検波し易くなる。

20

【0046】

ホスト装置300から送信された駆動信号は、センサモジュール200のアンテナ230によって受信される。アンテナ230は、受信した電波(駆動信号)に対応する高周波電気信号に変換して表面弾性波変換IDT210に出力する。表面弾性波変換IDT210は、アンテナ230から出力された高周波電気信号に対応する表面弾性波を圧電基板210上に励振する。これにより、圧電基板201上に励振された表面弾性波は、表面弾性波変換IDT210の中心として反射防止部202a側および表面弾性波反射IDT220側にそれぞれ伝搬する。これらのうち、反射防止部202a側に伝搬した表面弾性波は、反射防止部202aによって圧電基板201の図示下側の長辺に向って反射する。これにより、表面弾性波変換IDT210から反射防止部202a側に伝搬した表面弾性波が再び表面弾性波変換IDT210に戻ることを防止される。

30

【0047】

一方、表面弾性波反射IDT220側に向って伝搬した表面弾性波は、一部が表面弾性波反射IDT220によって表面弾性波変換IDT210側に反射されるとともに、他の一部が表面弾性波反射IDT220を通り抜ける。この場合、表面弾性波反射IDT220を通り抜けた表面弾性波は、反射防止部202bによって圧電基板201の図示上側の長辺に向って反射する。これにより、表面弾性波反射IDT220を通り抜けた表面弾性波が再び表面弾性波変換IDT210に戻ることを防止される。

40

【0048】

また、表面弾性波反射IDT220は、第2櫛歯状電極221a, 221bに接続された湿度センサ240および並列コンデンサ250のインピーダンスに応じた反射率によって表面弾性波を反射する。より具体的には、表面弾性波反射IDT220は、受けた表面弾性波に応じた高周波電気信号を生成して湿度センサ240および並列コンデンサ250にそれぞれ出力する。この場合、湿度センサ240は、湿度センサ240が設置された周囲湿度に応じたインピーダンスとなっている。また、並列コンデンサ250は、表面弾性

50

波反射 I D T 2 2 0 から反射される表面弾性波の振幅値が最小となる一定の静電容量に設定されている。

【 0 0 4 9 】

このため、湿度センサ 2 4 0 に接続された表面弾性波反射 I D T 2 2 0 のインピーダンスが湿度センサ 2 2 0 のインピーダンス（静電容量）の変化に応じて変化する。すなわち、表面弾性波反射 I D T 2 2 0 のインピーダンスは、湿度センサ 2 4 0 の周囲の湿度に応じて変化する。この場合、表面弾性波反射 I D T 2 2 0 は、湿度センサ 2 4 0 に対して並列コンデンサ 2 5 0 が並列接続されているため、湿度センサ 2 4 0 および並列コンデンサ 2 5 0 の合成インピーダンス（静電容量）に応じた振幅の表面弾性波を反射する。

【 0 0 5 0 】

表面弾性波反射 I D T 2 2 0 によって所定の反射率で反射された表面弾性波は、圧電基板 2 0 1 上を表面弾性波変換 I D T 2 1 0 に向かって伝搬する。表面弾性波変換 I D T 2 1 0 は、受信した表面弾性波に対応する高周波電気信号に変換するとともに同高周波電気信号をアンテナ 2 3 0 に出力する。アンテナ 2 3 0 は、表面弾性波変換 I D T 2 1 0 から出力された高周波電気信号を電波（応答信号）に変換して送信する。アンテナ 2 3 0 から送信された応答信号は、ホスト装置 3 0 0 におけるアンテナ 3 2 1 を介して送受信部 3 2 0 によって受信される。

【 0 0 5 1 】

なお、表面弾性波反射 I D T 2 2 0 は、表面弾性波を反射させる際、反射防止部 2 2 1 b 側にも表面弾性波を励振させる。この場合、反射防止部 2 2 1 b 側に伝搬した表面弾性波は、反射防止部 2 2 1 b によって圧電基板 2 0 1 の図示上側の長辺に向かって反射する。これにより、表面弾性波用反射 I D T 2 2 0 から反射防止部 2 2 1 b 側に伝搬した表面弾性波が再び表面弾性波反射 I D T 2 2 0 に戻ることが防止される。

【 0 0 5 2 】

送受信部 3 2 0 によって受信されたセンサモジュール 2 0 0 からの電波（応答信号）は、検波部 3 3 0 によって高周波電気信号に復調された後、制御部 3 4 0 の物理量特定部 3 4 2 に出力される。次いで、物理量特定部 3 4 2 は、検波部 3 3 0 から出力された高周波電気信号の振幅値に対して湿度を特定する予め記憶された湿度変換テーブルを用いて湿度センサ 2 4 0 が検出した湿度を計算して特定する。この場合、物理量特定部 3 4 2 は、前記図 2 に示すように、表面弾性波反射 I D T 2 2 0 から反射される表面弾性波の振幅値を一意に特定できるインピーダンスの範囲が拡大しているため、湿度の測定範囲、換言すれば感知幅を従来よりも広くすることができる。すなわち、物理量特定部 3 4 2 が本発明に係る物理量特定手段に相当する。

【 0 0 5 3 】

次に、制御部 3 4 0 は、前記特定した物理量である湿度を表示装置 3 6 0 に表示させる。これにより、使用者は、センサモジュール 2 0 0 を設置した場所における湿度を認識することができる。なお、制御部 3 4 0 は、特定した物理量を表示装置 3 6 0 に表示させる以外に、記憶装置内に記憶したり、他の機器に送信したりすることができることも言うまでもない。

【 0 0 5 4 】

そして、制御部 3 4 0 は、入力装置 1 3 5 を介して使用者によって湿度測定の停止の指示またはホスト装置 3 0 0 の電源を O F F されるまでの間、再度駆動信号をセンサモジュール 2 0 0 に送信して湿度の測定処理を繰り返し実行する。

【 0 0 5 5 】

上記作動説明からも理解できるように、上記実施形態によれば、物理量検出システム 1 0 0 は、表面弾性波変換 I D T 2 1 0 に対向配置された表面弾性波反射 I D T 2 2 0 に対してインピーダンス変化型センサと並列コンデンサとが互いに並行に接続されている。これにより、本発明者らの実験によれば、物理量検出センサモジュールにおける反射係数 S 1 1 (d B) の二次曲線の変化が並列コンデンサの静電容量に応じて変化するを知見した。具体的には、本発明者らは、センサモジュール 2 0 0 においてインピーダンス型セ

10

20

30

40

50

ンサとして静電容量が変化するセンサを用いた場合、反射係数 S_{11} (dB) に対するインピーダンス (静電容量) の変化の範囲を拡大できることを確認した。この結果、物理量検出システム 100 およびセンサモジュール 200 は、従来のセンサモジュールに比べてセンサとしての感知幅を広くすることができ、センサとしての用途を拡大することができる。

【0056】

さらに、本発明の実施にあたっては、上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を逸脱しない限りにおいて種々の変更が可能である。なお、下記変形例の説明においては、参照する各図における上記実施形態と同様の構成部分に同じ符号または対応する符号を付すとともに直接関わらない部分については一部の構成を適宜省略して示して、それらの説明も省略する。また、各図において、破線矢印は表面弾性波を示す。

【0057】

例えば、上記実施形態においては、センサモジュール 200 は、湿度センサ 240 を備えることにより湿度センサ 240 の周囲の湿度に応じて表面弾性波反射 IDT 220 における表面弾性波の反射率を変化させるように構成した。すなわち、湿度センサ 240 が、本発明に係るインピーダンス変化型センサに相当する。しかし、表面弾性波反射 IDT 220 における表面弾性波の反射率を変化させるためのインピーダンス変化型センサは、外部から受ける物理量の変化に応じてインピーダンスが変化するもの、すなわち、静電容量、インダクタンスまたは抵抗が変化する素子であれば、必ずしも湿度センサに限定されるものではない。すなわち、インピーダンス変化型センサは、光、音、超音波 (振動)、圧力、温度、湿度、ガス、電界または磁界などの物理量に応じたインピーダンスとなるインピーダンス変換素子を用いることができる。この場合、例えば、温度検出であればサーミスタのほかサーモスタットや熱伝対、圧力検出であればストレンゲージ (ロードセル) や圧電素子 (ピエゾ素子)、光検出であればフォトダイオードやフォトレジスタなどを用いることができる。なお、インピーダンス変化型センサは、前記した各種インピーダンス変換素子を単独で、またはこれらを適宜組み合わせる構成することができる。

【0058】

また、インピーダンス変化型センサとして検出対象から受ける物理量に応じて抵抗値が変化する可変抵抗を用いる場合には、並列コンデンサ 250 の静電容量を設定する設定者は、表面弾性波反射 IDT 220 に可変抵抗のみを接続した場合における表面弾性波反射 IDT 220 から反射される表面弾性波の反射率 S_{11} (dB) が小さくなる静電容量を抵抗値を変化させながら測定する。

【0059】

この場合、本発明者らの実験によれば、反射率 S_{11} (dB) は、例えば、図 3 に示すように、可変抵抗のインピーダンス (抵抗) に対して曲線的に変化する (図においてアスタリスク形ドット)。そこで、本発明者らは、反射率 S_{11} (dB) が減少する静電容量、すなわち、表面弾性波反射 IDT 220 から反射される表面弾性波の振幅値が減少する静電容量の並行コンデンサ 250 を抵抗値が可変のインピーダンス変化型センサに対して並列接続して同様に反射率 S_{11} (dB) を測定した。その結果、本発明者らは、図 3 に示すように、インピーダンス (抵抗) に対する反射波の振幅値のダイナミックレンジが拡大 (約 5.1 dB が約 12.3 dB に拡大) することを知見した (図において三角形および四角形ドット参照)。

【0060】

したがって、設定者は、反射率 S_{11} (dB) が減少する静電容量、すなわち、表面弾性波反射 IDT 220 から反射される表面弾性波の振幅値が減少する静電容量を並行コンデンサ 250 の静電容量とする。これによれば、センサモジュール 200 は、インピーダンス (抵抗) に対する反射波の振幅値のダイナミックレンジが拡大するため、従来のセンサモジュールに比べてセンサとしての感知幅やダイナミックレンジを広くすることができ、センサとしての用途を拡大することができる。

【0061】

10

20

30

40

50

また、上記実施形態においては、センサモジュール 200 は、圧電基板 201 の両端部に反射防止部 202 a , 202 b を備えて構成されている。しかし、センサモジュール 200 は、圧電基板 201 上における表面弾性波の反射を考慮する必要がない場合、例えば、表面弾性波変換 IDT 210 によって変換された高周波電気信号の中から必要な高周波電気信号を各種演算処理にて抽出可能な場合などには、反射防止部 202 a , 202 b を省略することもできる。

【0062】

また、上記実施形態においては、センサモジュール 200 は、一組の表面弾性波変換 IDT 210 と表面弾性波反射 IDT 220 とを設けた。しかし、センサモジュール 200 は、複数組の表面弾性波変換 IDT 210 と表面弾性波反射 IDT 220 とを設けること
10
もできる。この場合、各組における表面弾性波の伝搬経路長を互いに異なるものとした所謂タグを用いることにより各組のごとの応答信号を区別するようにするとよい。また、センサモジュール 200 は、1つの表面弾性波変換 IDT 210 に対して2つ以上の表面弾性波反射 IDT 220 を設けて構成することができるとともに、1つの表面弾性波反射 IDT 220 に対して2つ以上の表面弾性波変換 IDT 210 を設けて構成することもできる。

【0063】

また、上記実施形態においては、物理量検出システム 100 は、1つのセンサモジュール 200 に対して駆動信号の無線送信および応答信号の無線受信を行なう構成とした。しかし、物理量検出システム 100 は、1つのワイヤレス式物理量検出システム 100 に対して複数のセンサモジュール 200 に対して駆動信号の無線送信および応答信号の無線受信を行なう構成とすることもできる。
20

【0064】

また、上記実施形態においては、ホスト装置 300 は、センサモジュール 200 に対して電波を送信する機能と受信する機能を共に兼ね備えて構成されている。すなわち、ホスト装置 300 は、センサモジュール 200 に対して駆動信号を無線送信するとともに同センサモジュール 200 からの応答信号を無線受信する。しかし、ホスト装置 300 は、駆動信号を無線送信する機能と応答信号を無線受信する機能とを別個の装置で構成されていてもよい。
30

【0065】

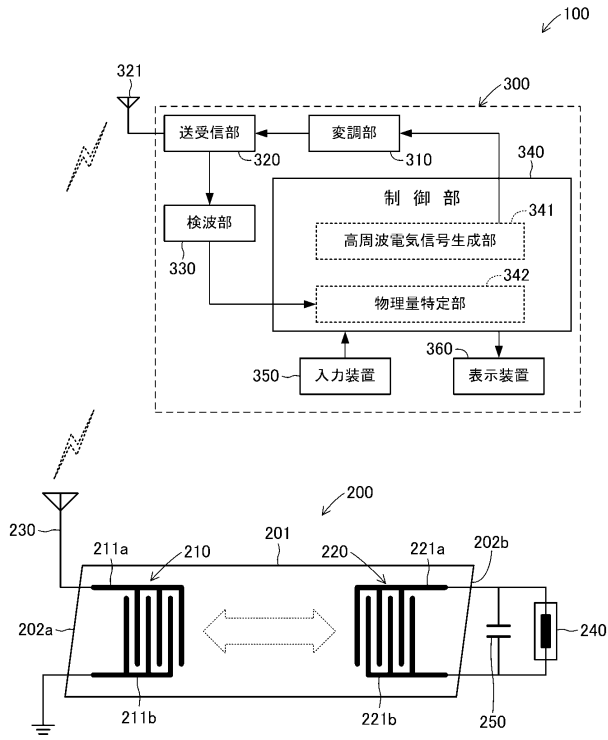
また、上記実施形態においては、物理量検出システム 100 は、センサモジュール 200 とホスト装置 300 との間の駆動信号および応答信号の送受信を無線通信で行うように構成した。しかし、物理量検出システム 100 は、センサモジュール 200 とホスト装置 300 とを有線で結ぶことにより、センサモジュール 200 とホスト装置 300 との間の駆動信号および応答信号の送受信を有線通信で行うように構成することもできる。また、物理量検出システム 100 は、センサモジュール 200 とホスト装置 300 とを一体的に構成することもできる。
40

【符号の説明】

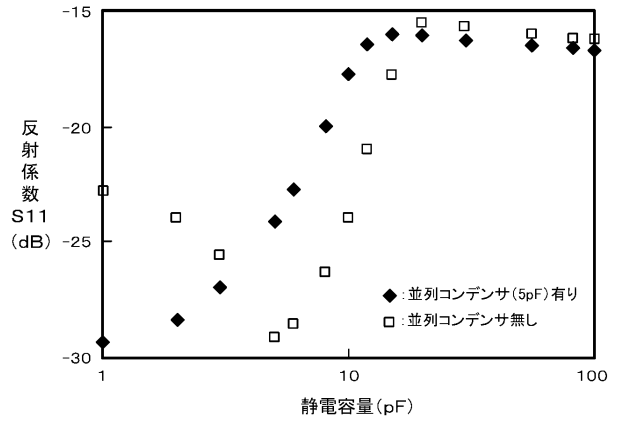
【0066】

100 ... 物理量検出システム、
200 ... 物理量検出センサモジュール (センサモジュール)、201 ... 圧電基板、202 a , 202 b ... 反射防止部、
210 ... 表面弾性波変換 IDT、211 a , 211 b ... 第1 櫛歯状電極、
220 ... 表面弾性波反射 IDT、221 a , 221 b ... 第2 櫛歯状電極、
230 ... アンテナ、
240 ... 湿度センサ、
250 ... 並列コンデンサ、
300 ... ホスト装置、310 ... 変調部、320 ... 送受信部、321 ... アンテナ、330 ... 検波部、340 ... 制御部、341 ... 高周波電気信号生成部、342 ... 物理量特定部、350 ... 入力装置、360 ... 表示装置。
50

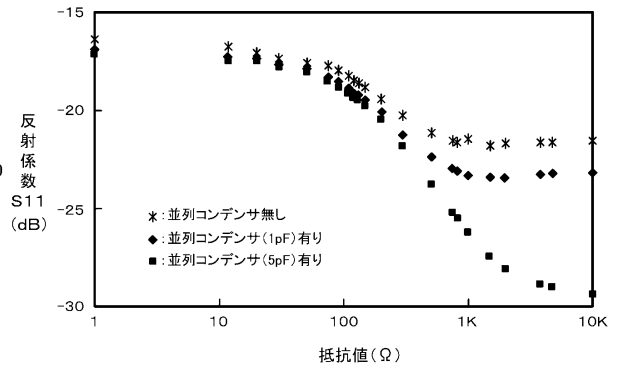
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-255706(JP,A)
特開2010-278863(JP,A)
特開2008-164592(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 21/00
G01D 5/48
H03H 9/145