

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年5月12日(12.05.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/072072 A1

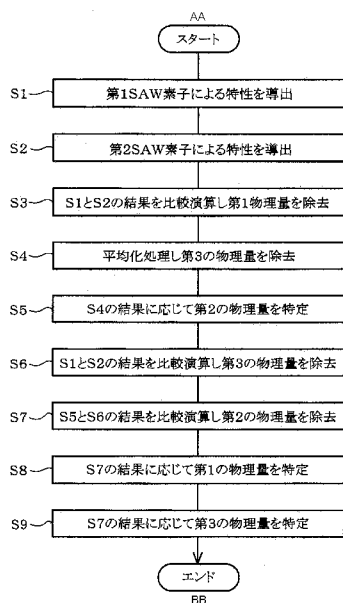
- (51) 国際特許分類:
G01L 3/10 (2006.01) G01L 1/00 (2006.01)
G01B 17/04 (2006.01) G01N 29/02 (2006.01)
G01K 7/32 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/005443
- (22) 国際出願日: 2015年10月29日(29.10.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-224213 2014年11月4日(04.11.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 中村 拓也(NAKAMURA, Takuya); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP).

- (74) 代理人: 金 順姫(KIN, Junhi); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦2丁目13番19号 瀧定ビル6階 Aichi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: SENSING SYSTEM

(54) 発明の名称: センシングシステム



- S1 Derive properties by means of first SAW element
S2 Derive properties by means of second SAW element
S3 Perform comparison operation on results of S1 and S2 and eliminate first physical quantity
S4 Perform averaging processing and eliminate third physical quantity
S5 Specify second physical quantity in accordance with results of S4
S6 Perform comparison operation on results of S1 and S2 and eliminate third physical quantity
S7 Perform comparison operation on results of S5 and S6 and eliminate second physical quantity
S8 Specify first physical quantity in accordance with results of S7
S9 Specify third physical quantity in accordance with results of S7
AA Start
BB End

(57) Abstract: A sensing system that is provided with a surface acoustic wave sensor (3, 103, 203, 303, 403) that comprises a first surface acoustic wave element (15, 115, 215, 315, 415) and a second surface acoustic wave element (16, 116, 216, 316, 416), with a sensing device (4, 104) that is connected to the surface acoustic wave sensor and that detects the electrical characteristics of the first and second surface acoustic wave elements, and with a control device (14, 46) that, on the basis of sensor signals, calculates physical quantities that act on an object (2) that is attached to the surface acoustic wave sensor. In the present invention, the sensitivity ratio of a first physical quantity and the sensitivity ratio of a second physical quantity are configured so as to differ from each other, and a third physical quantity can be eliminated from the physical quantities by averaging. The control device eliminates the first physical quantity from the physical quantities in accordance with the results of a comparison operation on sensor signals from the first and second surface acoustic wave elements, uses averaging processing to regard the third physical quantity as a prescribed value and eliminates the third physical quantity from the physical quantities, and thereby calculates the second physical quantity.

(57) 要約: センシングシステムは、第1弾性表面波素子(15、115、215、315、415)及び第2弾性表面波素子(16、116、216、316、416)からなる弾性表面波センサ(3、103、203、303、403)と、弾性表面波センサに接続され第1及び第2弾性表面波素子の電気的特性を検出するセンシング装置(4、104)と、センサ信号に基づいて弾性表面波センサの取付対象物(2)に作用した物理量を算出する制御装置(14、46)と、を備える。第1の物理量の感度の比と、第2の物理量の感度の比と、が互いに異なるように構成され、第3の物理量は平均化により前記物理量から除去が可能な物理量である。前記制御装置は、第1及び第2弾性表面波素子のセンサ信号との比較演算結果に応じて第1の物理量を前記物理量から除去し、平均化処理により第3の物理量を所定値と見做して前記物理量から除去することで第2の物理量を算出する。

WO 2016/072072 A1

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： センシングシステム

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2014年11月4日に提出された日本特許出願番号2014-224213号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、弾性表面波（SAW：Surface Acoustic Wave）センサを用いたセンシングシステムに関する。

背景技術

[0003] 圧電体基板上にSAWを発生させるための楕形電極を形成したSAW素子が知られている。SAW素子は、温度や力の測定対象の物理量の変化を受けると、それに応じて楕形電極の間隔やSAWの伝搬速度等が変化し、電気的特性が変化する。この電気的特性の変化を検出することに基づいて物理量を測定するシステムが、SAWセンシングシステムである。

[0004] 例えば、圧電体上に楕形電極とその両側に配置した反射器から成るSAW共振器を用いたSAWセンシングシステムは、SAW共振器の共振周波数の変化量に基づいて測定対象の物理量を算出する。この方式は、基準発振信号を周波数変調した変調信号をセンサ素子に印加することで、SAW共振器がエネルギーを最も吸収する周波数の変化を検出することで実現できる。また、SAW共振器を用いた発振回路を構成し、その発振周波数の変化量を読み取る方式も存在する。

[0005] また、圧電体上に入力用の楕形電極と出力用の楕形電極とを備えているトランスバーサル型SAW遅延素子を用いたSAWセンサは、トランスバーサル型SAW遅延素子の入出力信号の強度の差や遅延時間、位相の変化量に基づいて測定対象の物理量を算出する。このSAWセンシングシステムは、入出力兼用の楕形電極と、離れた位置に配置した反射器から成る反射型SAW遅延素子を用いた場合にも同様の検出が可能である。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特表平5－506504号公報

発明の概要

[0007] 発明者は、例えば、SAW共振器、または、トランスバーサル型SAW遅延素子、反射型SAW遅延素子を用いたSAWセンサを車両エンジンのクランク軸に装着し、その共振周波数の変化量または遅延信号や反射信号の位相角の変化量を検出することでトルクを検出するセンシングシステムを検討している。

[0008] このセンシングシステムを使用すれば、トルクによるSAW素子の変形量を共振周波数の変化量または遅延信号や反射信号の位相角の変化量等の電気的特性に変換できるため、当該電気的特性の変化量に基づいてトルクを算出可能になるものと考えられる。しかしながら、クランク軸には、トルクに起因する変形だけでなく、軸に垂直な方向の力に起因する撓みが存在する。そのため、一つのSAW素子の電気的特性には、トルクに起因する信号成分に、軸の撓みに起因する信号成分が重畳されてしまう。さらには、温度に起因するSAW素子の変形やSAWの音速変化も、温度に起因する信号成分として重畳されてしまう。この影響が無視できないほど大きい場合、信号成分を分離する手段として、軸の撓みを検出するSAW素子と、温度を検出するSAW素子を別途設けて、撓みに起因する信号成分と温度に起因する信号成分を減算する補正処理を行う必要がある。

[0009] しかし、SAWセンサの設置環境などに応じて、SAW素子の大きさや数に制約が存在する場合がある。この制約を考慮すると、多数の素子を搭載できない場合がある。また、トランスバーサル型SAW遅延素子もしくは反射型SAW遅延素子を用いたSAWセンサでは、多数のSAW素子を使用した場合、センサ信号の区別がしにくくなる場合がある。一例として、楕形電極と反射器の本数がそれぞれ40本となる、サイズ2×4 [mm] 以下の条件下のニオブ酸リチウム製のSAW遅延素子を考える。図1は、伝搬線路長の

調整により遅延時間を変化させた場合の特性TS1、TS2、TS3を示している。多数（例えば3つ）のSAW素子の反射信号が重ならない条件を探索することは難しく、設計容易性に劣る。また、SAW共振器を用いたSAWセンサにおいても、SAW共振器の周波数によってセンサ信号の区別を行う兼ね合いから走査する必要がある周波数範囲が広がり、センサシステムとしての応答性の劣化に直結する可能性が高い。

[0010] 本開示は、補正対象の物理量の数に応じた数の弾性表面波素子の追加を必要とすることなく、少ない数の弾性表面波素子からなる弾性表面波センサを用いて物理量を算出できるようにしたセンシングシステムを提供することを目的とする。

[0011] 本開示の一態様に係るセンシングシステムは、第1弾性表面波素子及び第2弾性表面波素子からなる弾性表面波センサと、前記弾性表面波センサと通信可能に接続され前記弾性表面波センサの第1及び第2弾性表面波素子の電気的特性を検出するセンシング装置と、前記センシング装置により検出されたセンサ信号に基づいて前記弾性表面波センサの取付対象物又は前記弾性表面波センサに作用した物理量を算出する制御装置と、を備える。前記物理量は、第一の物理量と、第二の物理量と、第三の物理量とを含む。また、前記第1弾性表面波素子と前記第2弾性表面波素子との間の前記第1の物理量の感度の比と、前記第1弾性表面波素子と前記第2弾性表面波素子との間の前記第2の物理量の感度の比と、が互いに異なるように構成され、前記第3の物理量は平均化により前記物理量から除去が可能な物理量である。さらに、前記制御装置は、前記第1弾性表面波素子のセンサ信号と前記第2弾性表面波素子のセンサ信号との比較演算結果に応じて前記第1の物理量を前記物理量から除去し、平均化処理することで前記第3の物理量を所定値と見做して前記物理量から除去することで第2の物理量を算出する。

[0012] このような構成によれば、測定対象に二つの弾性表面波素子を備える弾性表面波センサを接合したとき、それぞれの弾性表面波素子の特性に含まれる複数の物理量の情報を平均化処理により、複数の物理量のうち一つの物理量

を算出することは可能である。つまり、本開示のセンシングシステムは、補正対象の物理量の数に応じた数の弾性表面波素子の追加を必要とすることなく、少ない数の弾性表面波素子からなる弾性表面波センサを用いて物理量を算出できる。

図面の簡単な説明

- [0013] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、
- [図1]図1は、SAW素子の反射信号の信号強度－時間特性であり、
- [図2]図2は、第1実施形態の反射型のSAW遅延素子のセンシングシステムの電氣的構成例を概略的に示すブロック図であり、
- [図3A]図3Aは、SAWセンサを概略的に示す構造図であり、
- [図3B]図3Bは、SAWセンサを図3AのA－A線に沿って模式的に示す縦断面構造図であり、
- [図4]図4は、センシングシステムの処理動作例を概略的に示すフローチャートであり、
- [図5]図5は、第2実施形態におけるセンシングシステムの処理動作例を概略的に示すフローチャートであり、
- [図6]図6は、第3実施形態におけるセンシングシステムの処理動作例を概略的に示すフローチャートであり、
- [図7]図7は、第4実施形態におけるセンシングシステムの構成を概略的に示す斜視図であり、
- [図8]図8は、第5実施形態におけるセンシングシステムの構成を概略的に示す斜視図であり、
- [図9]図9は、第6実施形態において共振器タイプのセンシングシステムの構成を概略的に示すブロック図であり、
- [図10]図10は、第7実施形態におけるSAWセンサの設置形態を模式的に示す断面図であり、
- [図11]図11は、第8実施形態におけるSAWセンサの設置形態を模式的に

示す断面図であり、

[図12]図12は、第9実施形態におけるSAWセンサの設置形態を模式的に示す断面図であり、

[図13]図13は、第10実施形態におけるSAWセンサの設置形態を示す模式図であり、

[図14]図14は、第11実施形態におけるSAWセンサの設置形態を示す模式図であり、

[図15A]図15Aは、第12実施形態におけるSAWセンサの設置形態を示す模式図であり、

[図15B]図15Bは、第12実施形態における第1SAW素子を信号の伝搬方向に沿って模式的に示す断面図であり、

[図15C]図15Cは、第12実施形態における第2SAW素子を信号の伝搬方向に沿って模式的に示す断面図であり、及び、

[図16]図16は、第13実施形態におけるセンシングシステムの処理動作例を概略的に示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、センシングシステムの幾つかの実施形態について図面を参照しながら説明する。以下に説明する各実施形態において、同一又は類似の動作を行う構成については、同一又は類似の符号を付して必要に応じて説明を省略する。

[0015] (第1実施形態)

図1～図4は、第1実施形態の説明図を示す。第1実施形態は反射型のSAW遅延素子を用いたセンシングシステムの構成例を例に挙げて説明する。

図2のセンシングシステム1は、例えばエンジン（図示せず）内のクランク軸（測定対象物相当）2及びその周辺に構成される。センシングシステム1は、例えばクランク軸2の軸側面にクランク軸2のトルクに応じて変形するように配置されたSAWセンサ3と、このSAWセンサ3に接続されたセンシング装置4と、を備える。

- [0016] 他方、センシング装置4は、正弦波信号を出力する信号源5と、送信用増幅器6と、送受信切換用のスイッチ7と、受信用増幅器8と、ミキサ9、10と、低域通過フィルタ11、12と、移相器13と、を備え、このセンシング装置4には制御装置14が接続されている。信号源5は、例えば200 [MHz] 程度（例えば $204\text{ MHz} \pm 4\text{ MHz}$ ）に設定された所定周波数の正弦波信号を出力する。
- [0017] 送信用増幅器6は、信号源5から正弦波信号を入力すると、この正弦波信号を増幅し、スイッチ7に出力する。スイッチ7は、制御装置14から与えられる制御信号に応じて送信側／受信側に切換えする。スイッチ7は、送信用増幅器6側に切換えられていると送信用増幅器6の増幅された正弦波信号をSAWセンサ3に出力する。
- [0018] SAWセンサ3は、第1SAW素子15と第2SAW素子16を並列接続して構成されている。第1及び第2SAW素子15、16は、図3A及び図3Bにその構造例を模式的に示すように、圧電体基板17と、この圧電体基板17にSAWを生じさせるための楕形電極18と、この楕形電極から離間して配置された反射器19と、を備える。圧電体基板17は、例えばニオブ酸リチウムで構成されている。図3Bに示すように、楕形電極18及び反射器19は、例えばアルミニウムにより構成され、基板17の一端及び他端にそれぞれ配置されている。
- [0019] 楕形電極18は、一例として、楕の歯数が数十本（例えば20本）の2つの電極が対にして構成され、これらの歯が所定ピッチ（例えば $9.6\text{ }\mu\text{m}$ ）で配置されている。第1及び第2SAW素子15及び16のそれぞれの楕形電極18は、2つの電極18a、18bを対にして構成され、対となった電極のうち1つの電極18bは接地されており、もう1つの電極18aがセンシング装置4に接続されている。
- [0020] 反射器19は、例えば楕形電極18と同一材料であるアルミニウムにより構成される。この反射器19は、SAWの進行方向と垂直な方向に延びた所定本（例えば40本）の電極19aが所定ピッチ（例えば、 $9.6\text{ }\mu\text{m}$ ピッ

チ)で配置されている。

[0021] 図2に示すように、センシング装置4は、信号源5、送信用増幅器6、スイッチ7を通じて、楕形電極18に所定周波数の信号を印加すると、図3Bに示す圧電体基板17にSAWを発生させることができる。このとき発生したSAWは、楕形電極18から反射器19に向けて進行する。そしてSAWは反射器19により反射され楕形電極18に戻る。本実施形態では、楕形電極18と反射器19との間の距離は概ね数mm（例えば3mm）程度に設定されている。

[0022] 前述したように、図2に示すスイッチ7は、制御装置14から与えられる制御信号に応じて送信側／受信側を切換えるが、本実施形態では、制御装置14は正弦波信号がSAWセンサ3を伝搬している最中にスイッチ7を受信用増幅器8側に切換える。SAWセンサ3を伝搬した反射信号は受信用増幅器8に伝達される。受信用増幅器8はこの伝達された信号を増幅し、増幅信号を第1及び第2のミキサ9、10に出力する。

[0023] 移相器13が、信号源5と第2ミキサ10との間に構成されている。移相器13は、信号源5から発生される正弦波信号を所定角度だけ移相して第2ミキサ10に出力する。本実施形態では、移相器13は、正弦波信号を例えば90度移相して第2ミキサ10に出力する。

[0024] 第1ミキサ9は、例えばパッシブミキサにより構成され、信号源5から直接正弦波信号を入力し、この入力信号と受信用増幅器8の増幅信号とを混合し低域通過フィルタ11を通じて制御装置14に出力する。また、第2ミキサ10は、例えばパッシブミキサにより構成され、信号源5から移相器13により90度移相された正弦波信号を入力し、この入力信号と受信用増幅器8の増幅信号とを混合し低域通過フィルタ12を通じて制御装置14に出力する。

[0025] 制御装置14は、例えばマイクロコンピュータを用いて構成できる。この制御装置14は、制御の主体となる制御部20と、A/D変換器21及び記憶部22を備えている。制御部20は、第1ミキサ9から低域通過フィルタ

11を通過した信号をA/D変換器21によりデジタル変換処理して記憶部22に記憶させると共に、第2ミキサ10から低域通過フィルタ12を通過した信号をA/D変換器21によりデジタル変換処理して記憶部22に記憶させる。制御装置14は、記憶部22に記憶されたA/D変換データに基づいて、SAWセンサ3からのセンサ信号に基づいて第1SAW素子15の反射信号の位相角 θ_a と第2SAW素子16の反射信号の位相角 θ_b を算出する。

[0026] SAWセンサ3は、クランク軸2のトルクに応じて第1及び第2SAW素子15及び16が変形するように設置されている。この結果、クランク軸2にかかるトルク T_o の変化量に比例して、第1SAW素子15の反射信号の位相角 θ_a 、第2SAW素子16の反射信号の位相角 θ_b が変化するため、位相角 θ_a または θ_b からトルク T_o の算出が可能となる。ただし、 θ_a 、 θ_b は、エンジンのクランク軸周りの環境温度、クランク軸の撓みなどの測定対象ではない物理量によっても変化する。

[0027] すなわち、例えば、トルク、温度、撓み、のそれぞれに応じて線形的に変化するものであれば、センサ信号より求められる、第1SAW素子15の信号の反射位相角 θ_a の変化量 $\Delta\theta_a$ 、第2SAW素子16の信号の反射位相角 θ_b の変化量 $\Delta\theta_b$ は、それぞれ

$$\Delta\theta_a = F_a \times T_o + G_a \times T_e + H_a \times T_w \quad \cdots (1a)$$

$$\Delta\theta_b = F_b \times T_o + G_b \times T_e + H_b \times T_w \quad \cdots (1b)$$

の関係を持つことがわかる。

[0028] F_a 、 F_b はトルクに対する感度（係数）、 G_a 、 G_b は温度に対する感度（係数）、 H_a 、 H_b は撓みに対する感度（係数）、 T_o はトルク（物理量）、 T_e は温度（物理量）、 T_w は撓み（物理量）、 $\Delta\theta_a$ 、 $\Delta\theta_b$ は、 $T_o=0$ 、 $T_e=0$ 、 $T_w=0$ の時の θ_a 、 θ_b からの θ_a 、 θ_b の変化量の値を示す。

[0029] センシングシステム1における各感度（係数） F_a 、 F_b 、 G_a 、 G_b 、 H_a 、 H_b は、SAW素子の設計や、SAWセンサ3の構成、設置環境に応

じて変化することから実験又はシミュレーションにより予め求めておく必要があり、制御装置 14 内の記憶部 22 にはこれらの感度（係数）が記憶されている。

[0030] この関係に基づいて、前述の (1 a a) (1 b a) 式からトルク T_o の要素を消去する。

$$[0031] \quad \Delta \theta_b - \Delta \theta_a \times (F_b / F_a) = \{G_b - G_a \times (F_b / F_a)\} \times T_e + \{H_b - H_a \times (F_b / F_a)\} \times T_w \quad \dots (2)$$

ここで、この (2) 式において、クランク軸 2 の軸 1 回転分またはこの時間よりも十分に長い時間（例えば 500 msec 以上）で平均化することで、クランク軸 2 の撓み T_w の物理量を消去することができる。クランク軸 2 の撓み T_w は、このクランク軸 2 の自重と軸の接続の中心ずれに起因するものであり、軸一回転分の撓み T_w の平均値は一定値として仮定できるためである。この場合、撓み T_w は予め実験またはシミュレーションなどにより所定値として求めることも可能であり、この場合、撓み T_w の物理量を消去できる。すると、下記の (3) 式のように変換できる。

$$[0032] \quad \text{ave} \{ \Delta \theta_b - \Delta \theta_a \times (F_b / F_a) \} = \{G_b - G_a \times (F_b / F_a)\} \times \text{ave} \{T_e\} + \text{constant} \quad \dots (3)$$

ここで、(3) 式の constant は (3) 式から減算することができるため、減算した後に温度 T_e を左式として展開する。

$$[0033] \quad \text{ave} \{T_e\} = \text{ave} [\{ \Delta \theta_b - \Delta \theta_a \times (F_b / F_a) \} / \{G_b - G_a \times (F_b / F_a)\}] \quad \dots (4)$$

次に、前述の (1 a a) (1 b a) 式から撓み T_w の物理量を消去する。
(後述説明の図 4 の S6 に対応)

$$\begin{aligned} & \{ \Delta \theta_b - \Delta \theta_a \times (H_b / H_a) \} = \\ & \{ F_b - F_a \times (H_b / H_a) \} \times T_o \\ & + \{ G_b - G_a \times (H_b / H_a) \} \times T_e \quad \dots (5) \end{aligned}$$

この (5) 式の温度 T_e に (4) 式で求めた $\text{ave} \{T_e\}$ を代入する。

(後述説明の図4のS7に対応)

$$\begin{aligned} & \{ \Delta \theta b - \Delta \theta a \times (Hb / Ha) \} = \\ & \{ Fb - Fa \times (Hb / Ha) \} \times To + \{ Gb - Ga \times (Hb / Ha) \} \\ & / \{ Gb - Ga \times (Fb / Fa) \} \times ave [\{ \Delta \theta b - \Delta \theta a \times (Fb / \\ & Fa) \}] \dots (6) \end{aligned}$$

ここで、感度(係数)の比 Fb / Fa と、感度(係数)の比 Hb / Ha と、が互いに異なるようになっている。なお、感度(係数)の比 Gb / Ga と、感度(係数)の比 Hb / Ha と、は互いに異なっても良いし、等しくても良い。そこで、この(6)式に基づいて、トルク To を算出する。(後述説明の図4のS8に対応)

$$\begin{aligned} To = & [\{ \Delta \theta b - \Delta \theta a \times (Hb / Ha) \} - \{ Gb - Ga \times (Hb / \\ & Ha) \} / \{ Gb - Ga \times (Fb / Fa) \} \times ave [\{ \Delta \theta b - \Delta \theta a \times \\ & (Fb / Fa) \}] / \{ Fb - Fa \times (Hb / Ha) \} \dots (7) \end{aligned}$$

これにより、位相角 θa 、 θb を算出することに応じてトルク To を算出できる。必要に応じ、(8)式に示すように撓み Tw の算出を行うこともできる。

$$\begin{aligned} [0034] \quad Tw = & [\Delta \theta b - \Delta \theta a \times (Fb / Fa) \\ & - ave \{ \Delta \theta b - \Delta \theta a \times (Fb / Fa) \}] \\ & / \{ Hb - Ha \times (Fb / Fa) \} \dots (8) \end{aligned}$$

この計算法を適用した場合、前述したように例えば軸1回転分またはこの時間より十分に長い時間(例えば500[msec]以上)で平均化すると、constantを除去する際に誤差を極力少なくすることができ、正確な算出結果を得られる。

[0035] なお、温度 Te の応答速度が遅くなるものの、温度 Te の変動速度が、トルク To 、撓み Tw の変動速度よりも十分に遅い条件であると仮定すれば正確な算出結果を得られる。

[0036] 例えば、自動車のエンジンのクランク軸2を測定対象物とした場合に、1200[rpm]と仮定すれば、温度 Te の変動速度は、クランク軸2の構

造、太さ、熱源にも依存するものの、1秒当たり約2 [°C] 変動することが発明者らにより確認されている。このとき、クランク軸2の1回転は50 [msec] となるため、50 [msec] の時間経過に応じて変動する温度差は、 $2 [^{\circ}\text{C}/\text{sec}] \times 50 [\text{msec}] = 0.1 [^{\circ}\text{C}]$ となる。この場合、クランク軸2が1回転するとき温度は0.1 [°C] 分だけ徐々に変化するため、過去の1回転分の時間平均で換算すると0.05 [°C] の上昇となる。したがって、50 [msec] の温度の時間平均値 (0.05 [°C] の温度上昇) と、現実的な実際温度 (0.1 [°C] の温度上昇) との違いが、0.05 [°C] 程度に収まることになる。

[0037] したがって、このような場合、比較的大きな熱容量を備えた自動車エンジンのクランク軸2の温度の変動速度よりも十分速くクランク軸2は1回転するため、本算出法を適用するのに好適となる。また、平均化処理により応答速度が遅くなるのは、温度 T_e の成分のみであり、トルク T_o 、撓み T_w の成分の応答速度は、この処理に応じて遅くなることはなく、この関係性を満たす物理量を適用した場合、この算出法はさらに好適となるものである。

[0038] このような技術思想を考慮すれば、制御装置14が以下に示すように処理することで、各種の物理量 (例えば温度 T_e 、トルク T_o) を算出できるようになる。以下、図4を参照してこの説明を行う。

[0039] まず、制御装置14の制御部20は、第1SAW素子15による特性を導出する (図4のS1)。本実施形態では、制御部20はSAWセンサ3の第1SAW素子15からの反射信号の位相角 θ_a を算出する。トルク感度 (係数) F_a 、温度感度 (係数) G_a 、撓み感度 (係数) H_a は事前に判明している。このため、この算出処理は (1a a) 式の関係性を導出することに相当する。

[0040] 次に、制御部20は、第2SAW素子16による特性を導出する (図4のS2)。本実施形態では、制御部20がSAWセンサ3の第2SAW素子16からの反射信号の位相角 θ_b を算出する。トルク感度 (係数) F_b 、温度感度 (係数) G_b 、撓み感度 (係数) H_b は事前に判明している。このため

、この算出処理は（１ｂａ）式の関係性を導出することに相当する。

[0041] 次に、制御部２０は、これらの導出特性の結果を比較演算し、第１の物理量を除去する（図４のＳ３）。本実施形態では、制御部２０が、第１の物理量としてトルク T_o を適用し当該トルク T_o を除去する。本実施形態では（２）式の関係性を導出することに相当する。

[0042] 次に、制御部２０は、この処理結果を平均化処理し、第３の物理量を除去する（図４のＳ４）。本実施形態では、センシング装置４の制御部２０が、第３の物理量として撓み T_w を適用し当該撓み T_w について例えば軸１回転分の平均化処理を行うことで（３）式の関係性を導出することに相当する。

[0043] 次に、制御部２０は、この処理結果に応じて第２の物理量を特定する（図４のＳ５）。本実施形態では、制御部２０が、第２の物理量として温度 T_e を適用し当該温度 T_e について（４）式の関係性から温度 T_e を特定することに相当する。

[0044] 次に、制御部２０は、ステップＳ１とＳ２の結果を比較演算し、第３の物理量を除去する（図４のＳ６）。本実施形態では、この除去処理は、制御部２０が、撓み T_w に関するパラメータを消去し、トルク T_o と温度 T_e をパラメータとして備える（５）式を算出することに相当する。

[0045] 次に、制御部２０は、ステップＳ５とＳ６の結果を比較演算し第２の物理量のパラメータを除去する（図４のＳ７）。本実施形態では、この除去処理は、制御部２０が、（５）式の温度 T_e に（４）式を代入し温度 T_e を除去し（６）式のように算出することに相当する。

[0046] 次に、制御部２０は、ステップＳ７の結果に応じて第１の物理量を特定する（図４のＳ８）。本実施形態では、この除去処理は、制御部２０が、（６）式に基づいて、（７）式に示すようにトルク T_o を算出することに相当する。

[0047] 次に、制御部２０は、ステップＳ７の結果に応じて第３の物理量を特定する（図４のＳ９）。本実施形態では、この除去処理は、センシング装置４の制御部２０が、（８）式に基づいて撓み T_w を算出することに相当する。こ

のようにして、第1～第3の物理量を全て算出することができる。

[0048] 本実施形態によれば、第1及び第2のSAW素子15及び16の電気的特性から第1、第3の物理量の影響を除去し、第2の物理量となる温度 T_e を最初に算出し特定できるようになる。また、他の第1、第3の物理量としてのトルク T_o 、撓み T_w も全て算出し、全ての物理量を特定できるようになる。

[0049] (第2の実施形態)

図5は第2の実施形態の説明図を示す。第2の実施形態では、必要な物理量のみを算出し特定する形態を示す。図5に示すように、制御部20が第1の実施形態で説明したステップS1～S5の処理を行い他の処理(図4のS6～S9)を行わないようにすることで、第2の物理量(第1実施形態では温度 T_e)のみ特定し、他の第1、第3の物理量(第1実施形態ではそれぞれトルク T_o 、撓み T_w)の特定処理を省いても良い。

[0050] (第3の実施形態)

図6は第3の実施形態の説明図を示す。第3の実施形態では、必要な物理量のみを算出し特定する形態を示す。

[0051] 第3の実施形態の説明例を図6に示すように、制御部20が第1の実施形態で説明したステップS1～S8の処理を行い他の処理を行わないことで、第1の物理量(第1実施形態ではトルク T_o)の特定処理まで行い、第3の物理量(第1実施形態では撓み T_w)の特定処理を省いても良い。

[0052] (第4の実施形態)

図7は第4の実施形態の説明図を示す。第4の実施形態では、第3の物理量のパラメータを除去する際に、平均化回数を算出するための回数設定用センサとして軸回転角センサ30を用いる形態を示す。

[0053] センシングシステム31は、前述実施形態で説明したセンシングシステム1に加えて軸回転角センサ30がクランク軸2に設けられている。このセンシングシステム31は、この軸回転角センサ30のセンサ信号に基づいて、制御装置14内の制御部20によって軸の回転角を求めることが出来る。

[0054] このような場合、制御部 20 は、第 1 ～ 第 3 の実施形態に示した図 4、図 5、図 6 のステップ S 4 の平均化処理について、このリアルタイムに取得される軸回転角センサ 30 のセンサ信号に基づいて平均化処理することで第 3 の物理量（例えば撓み T_w ）のパラメータを除去するようにしても良い。

[0055] すると、時々刻々と変化するクランク軸 2 の回転角に応じて平均化処理することができ、リアルタイムで変化する第 3 の物理量のパラメータに合わせて補正処理することができ、第 2 の物理量（必要に応じて第 1 の物理量、第 3 の物理量）の応答速度をある程度改善することができる。この軸回転角センサ 30 は、新たに設けても良いし、既に別の用途で搭載されている物を流用しても良い。例えば、車両用のエンジンでは、既にクランク角センサとして搭載されている。

[0056] （第 5 の実施形態）

図 8 は第 5 の実施形態の説明図を示す。第 5 の実施形態では、センシング装置 4 と SAW センサ 3 とがアンテナ 32、34 を通じて通信する形態を示す。

[0057] 被装着体 33 にはクランク軸 2 が回転可能に支持されており、被装着体 33 にはアンテナ 34 が固定的に設置されている。他方、クランク軸 2 には SAW センサ 3 が設置されており、このクランク軸 2 にはアンテナ 32 が設置されている。アンテナ 32 と SAW センサ 3 の第 1 及び第 2 SAW 素子 15 及び 16 とは信号線により接続されている。アンテナ 32 及び 34 はそれぞれ例えばループアンテナにより構成され、当該ループの開口面が対向配置されている。

[0058] アンテナ 32 はクランク軸 2 に装着されているため、クランク軸 2 の回転に応じて同時に回転するが、たとえクランク軸 2 が回転したとしてもアンテナ 32 及び 34 のループ開口面は対向配置されたまま維持されるため、センシング装置 4 と SAW センサ 3 とはアンテナ 32 及び 34 を通じて信号を無線通信できる。

[0059] 電氣的に表現すれば、アンテナ 32 及び 34 は図 2 に示す SAW センサ 3

とスイッチ 7 との間に介在して構成されるものであり、アンテナ 3 2 及び 3 4 間の伝達特性は、例えばクランク軸 2 への実装状態（アンテナ 3 2 及び 3 4 のループ開口面の対向軸方向の傾斜度）、アンテナ 3 2 及び 3 4 と SAW センサ 3 又はスイッチ 7 とのインピーダンス整合状態、SAW 素子 1 5 及び 1 6 間のインピーダンス整合状態、などの要因に応じて変化する可能性がある。すなわち、これらのアンテナ 3 2 及び 3 4 間の伝達特性は、クランク軸 2 の回転に応じてアンテナ 3 2 及び 3 4 間の相対位置が変化することで変化する可能性がある。

[0060] この場合、前述実施形態に示した第 3 の物理量としての撓み T_w のパラメータに替えて、第 3 の物理量としてアンテナ 3 2 及び 3 4 間の伝達特性を考慮しても良い。このような仮定条件において、SAW センサのセンサ信号により求められる位相角 θ_a 、 θ_b の変化量 $\Delta \theta_a$ 、 $\Delta \theta_b$ は、それぞれ

$$\Delta \theta_a = F_a \times T_o + G_a \times T_e + I_a \times P_h \quad \cdots \quad (1c)$$

$$\Delta \theta_b = F_b \times T_o + G_b \times T_e + I_b \times P_h \quad \cdots \quad (1d) \text{ の関係を持つ。}$$

ここで、 I_a 、 I_b は、アンテナ 3 2 及び 3 4 を使用したことによる影響度（感度）を示すパラメータ（無次元）であり、 P_h はアンテナ 3 2 及び 3 4 の位相変化特性（[deg]）を示している。

[0061] このように、アンテナ 3 2 及び 3 4 間の相互特性を使用した等式に近似できるようになり、第 1 実施形態に示した（1 a a）式、（1 b a）式に類似する関係式を得ることができる。これにより、第 3 の物理量としてアンテナ 3 2 及び 3 4 の位相変化特性 P_h を適用できる。このアンテナ 3 2 及び 3 4 の位相変化特性 P_h は、前述したようにクランク軸 2 の回転に応じてアンテナ 3 2 及び 3 4 間の相対位置が変化することで変化するため周期的に変化する。

[0062] したがって、アンテナ 3 2 及び 3 4 の位相変化特性 P_h は、例えばクランク軸 2 の 1 回転分の平均化により処理可能なパラメータであり、撓み T_w のパラメータに替えて用いることで、（1 a a）～（7）式に示すように同様の数式展開を行うことができ、第 1 実施形態に示した方法を適用することで

、第1～第3の物理量を全て算出することができる。本実施形態においても第1、第3の物理量は必要に応じて算出すれば良い。

[0063] (第6の実施形態)

図9は第6の実施形態の説明図を示している。第6の実施形態では、SAW共振器を用いたSAWセンシングシステム41の形態を示す。SAW共振器を用いたSAWセンシングシステム41は、第1及び第2のSAW素子15、16に印加する印加信号の周波数を所定周波数範囲内において変調して掃引し、第1及び第2のSAW素子15、16がそれぞれ印加信号の入力エネルギーを吸収する共振周波数を検出し、この共振周波数に基づいて各種の物理量を算出する方式を用いている。

[0064] 本実施形態では、SAW共振器を用いたSAWセンシングシステム41をトルクセンサのセンサヘッドとして適用する場合について説明する。このセンシングシステム41のSAWセンサ3はクランク軸2に装着されており、クランク軸2が歪むとこの軸2に接合されたSAWセンサ3もまたこの軸の歪みに応じて歪む。すると、SAWセンサ3の共振周波数が変化する。

[0065] 本実施形態のセンシングシステム41は、この共振周波数を検出することでクランク軸2の歪み量の影響を検出する形態を考慮している。このとき、トルク T_o はクランク軸2の歪み量に比例し、クランク軸2の歪み量はSAWセンサ3の歪み量に比例し、SAWセンサ3の歪み量は、SAWセンサ3の共振周波数の変化量に比例する。したがって、SAWセンサ3の共振周波数の変化量を取得することでトルク T_o を算出できる。

[0066] 図9に示すセンシングシステム41のセンシング装置104は、基準信号発生部42と、周波数変調部43と、方向性結合器44と、信号処理部45と、を接続して構成され、この信号処理部45の後段に制御装置46を接続して構成される。

[0067] 基準信号発生部42は、ある所定の搬送波周波数（例えば200 [MHz]）の基準信号を送信する。周波数変調部43は、基準信号をFM変調し、周波数範囲（例えば195 [MHz]～205 [MHz]）で周波数を掃引

しながら、方向性結合器 4 4 を通じて S A W センサ 3 に信号を励起信号として入力する。S A W センサ 3 は、この励起信号の周波数が共振周波数に一致していない場合は、このエネルギーを吸収せずに回路側に反射する。反射された励起信号は方向性結合器 4 4 を通じて信号処理部 4 5 に出力される。信号処理部 4 5 は、この出力信号の信号強度を検出する。S A W センサ 3 はクランク軸 2 に接合されているため、当該クランク軸 2 に与えられるトルク量に応じて歪み量が増加し、この歪み量に応じて共振周波数が増加する。励起信号の周波数と共振周波数がほぼ一致すると、励起信号を吸収するため、信号処理部 4 5 に出力される信号は弱くなる。信号処理部 4 5 では、この信号強度を検出し、その情報を制御装置 4 6 へ出力する。

[0068] 制御装置 4 6 は、前述実施形態と同様に、制御部 2 0、A / D 変換器 2 1、及び、記憶部 2 2 を備え、A / D 変換器 2 1 が信号処理部 4 5 の出力信号を A / D 変換し、記憶部 2 2 はこの A / D 変換後のデータを記憶する。

[0069] 第 1 及び第 2 S A W 素子 1 5 及び 1 6 は、その内部構造が互いに異なる構造とされており、互いに異なる共振周波数を有している。したがって、制御部 2 0 は、この得られた共振周波数の違いを利用し第 1 及び第 2 S A W 素子 1 5 及び 1 6 の違いを区別できる。

[0070] 本実施形態のような共振器タイプのセンシングシステム 4 1 を用いた場合であっても前述、後述実施形態などの技術を適用できる。

[0071] (第 7 の実施形態)

図 1 0 は第 7 の実施形態の説明図を示すものである。第 7 の実施形態では、所定の 1 種以上の物理量に対する感度（係数）を、各 S A W 素子 1 5、1 6 が接合する角度に応じて調整しているところを特徴としている。

[0072] 図 1 0 に示すように、第 1 S A W 素子 1 5 は、その S A W の伝搬方向がクランク軸 2 の中心軸に対して角度 $\phi 1$ に設置されている。また、第 2 S A W 素子 1 6 は、その S A W の伝搬方向、反射方向がクランク軸 2 の中心軸に対して $\phi 1$ とは異なる角度 $\phi 2$ に設置されている。

[0073] 第 1 及び第 2 S A W 素子 1 5 及び 1 6 が、このように互いに異なる角度で

設置されていると、クランク軸 2 が中心軸を中心として回転したときに、第 1 及び第 2 SAW 素子 1 5 及び 1 6 にかかる力が互いに異なるものとなり、これらの各第 1 及び第 2 SAW 素子 1 5 及び 1 6 の例えば撓み T_w による物理量に依存したセンサ信号により求められる位相角 θ_a 、 θ_b の感度が変化する。このように設定することで、ある所定の 1 種以上の物理量（例えば撓み T_w ）に応じた感度を変更することができ、所定の物理量（例えば撓み T_w ）の感度（係数）を調整可能になる。

[0074] （第 8 の実施形態）

図 1 1 は第 8 の実施形態の説明図を示すものである。この第 8 の実施形態では、所定の 1 種以上の物理量に対する感度（係数）を、各 SAW 素子 1 1 5、1 1 6 の厚さに応じて調整しているところを特徴としている。例えば、第 1 SAW 素子 1 1 5 の圧電体基板 1 1 7 a の厚さ D_1 と第 2 SAW 素子 1 1 6 の圧電体基板 1 1 7 b の厚さ D_2 とを変化させることで、物理量に依存する感度を変更しているところを特徴としている。

[0075] 図 1 1 は、第 1 及び第 2 SAW 素子 1 1 5 及び 1 1 6 と測定対象物となるクランク軸 2 との接合関係を示している。クランク軸 2 の外周面には接合材 1 1 7、1 1 8 が付着されており、これらの接合材 1 1 7、1 1 8 を介して、クランク軸 2 の外周面に第 1 及び第 2 SAW 素子 1 1 5 及び 1 1 6 が貼付されている。これらの第 1 及び第 2 SAW 素子 1 1 5 及び 1 1 6 は、それぞれの圧電体基板 1 1 7 a、1 1 7 b の厚さ D_1 、 D_2 が互いに異なる厚さに設定されている。

[0076] クランク軸 2 が回転し、この回転力が圧電体基板 1 1 7 a、1 1 7 b に一様にかかったとしても、圧電体基板 1 1 7 a 及び 1 1 7 b の厚さ D_1 及び D_2 の違いに応じて第 1 及び第 2 SAW 素子 1 1 5 及び 1 1 6 に影響する物理量に依存して、位相角 θ_a 、 θ_b が変化する。このように設定することで、所定の 1 種以上の物理量に対して変化する感度を変更調整可能になる。

[0077] （第 9 の実施形態）

図 1 2 は第 9 の実施形態の説明図を示すものである。第 9 の実施形態では

、特定の１種以上の物理量に対する感度（係数）を、各ＳＡＷ素子１５及び１６と測定対象物となるクランク軸２とを接合する接合材５０ａ及び５０ｂの厚さに応じて調整しているところを特徴としている。例えば、第１ＳＡＷ素子１５の接合材５０ａの厚さＤ３と第２ＳＡＷ素子１６の接合材５０ｂの厚さＤ４とを変化させることで、所定の１種以上の物理量に依存する感度を変更しているところを特徴としている。

[0078] 図１２は、第１及び第２ＳＡＷ素子１５及び１６とクランク軸２との接合関係を示している。クランク軸２の外周面には接合材５０ａ及び５０ｂが形成されており、これらの接合材５０ａ及び５０ｂを介して、クランク軸２の外周面に第１及び第２ＳＡＷ素子１５及び１６が貼付されている。これらの第１及び第２ＳＡＷ素子１５及び１６は、当該圧電体基板１７の厚さとして互いに同一のものをを用いているものの、接合材５０ａ及び５０ｂの厚さＤ３、Ｄ４が互いに異なる厚さに設定されている。

[0079] クランク軸２が回転し、この回転力が圧電体基板１７に一樣にかかったとしても、圧電体基板１７を接合する接合材５０ａ及び５０ｂの厚さＤ３、Ｄ４の違いに応じて、第１及び第２ＳＡＷ素子１５及び１６に影響する物理量に依存して、位相角 θ_a 、 θ_b が変化する。このように設定することで、所定の１種以上の物理量に対して変化する感度（係数）を変更できるようになる。

[0080] （第１０の実施形態）

図１３は第１０の実施形態の説明図を示すものである。第１０の実施形態では、特定の１種以上の物理量に対する感度（係数）を、各ＳＡＷ素子２１５及び２１６の伝搬線路長に応じて調整しているところを特徴としている。図１３は、第１及び第２ＳＡＷ素子２１５及び２１６の伝搬線路長Ｌ１及びＬ２の関係を示している。

[0081] 本実施形態では、第１ＳＡＷ素子２１５における楕形電極１８と反射器１９との間の伝搬線路長Ｌ１と、第２ＳＡＷ素子２１６における楕形電極１８と反射器１９との間の伝搬線路長Ｌ２とを変化させることで感度を変更して

いる。第1 SAW素子215の伝搬線路長 L_1 と、第2 SAW素子216の伝搬線路長 L_2 ($<L_1$ または $>L_1$) との関係に応じて、求められる位相角 θ_a 、 θ_b が変化する。このように設定することで、所定の1種以上の物理量に対して変化する感度（係数）を変更できる。

[0082] （第11の実施形態）

図14は第11の実施形態の説明図を示すものである。第11の実施形態では、特定の1種以上の物理量に対する感度（係数）を、各SAW素子315及び316の動作周波数、共振周波数に応じて調整しているところを特徴としている。

[0083] 図14は、第1及び第2 SAW素子315及び316の楕形電極318及び反射器319の構成を概略的に示している。第1及び第2 SAW素子315及び316の楕形電極318はそれぞれ電極318a及び318bにより構成されている。第1及び第2 SAW素子315及び316の反射器319はそれぞれ電極319aにより構成されている。第1 SAW素子315について、楕形電極318の電極318a、318bのSAW伝搬方向の幅とその間隔の和をピッチ W_1 とし、反射器319の電極319aのSAW伝搬方向の幅とその間隔の和をピッチ W_1 とする。また、第2 SAW素子316について、楕形電極318の電極318a、318bのSAW伝搬方向の幅とその間隔の和をピッチ W_2 とし、反射器319の電極319aのSAW伝搬方向の幅とその間隔の和をピッチ W_2 とする。第1及び第2 SAW素子315及び316の各楕形電極318のピッチ W_1 、 W_2 が互いに異なるように構成され、第1及び第2 SAW素子315及び316の各反射器319を構成する電極のピッチ W_1 、 W_2 が互いに異なるように構成されている。これらのピッチ W_1 、 W_2 の違いに応じて、求められる位相角 θ_a 、 θ_b が変化する。このように設定することで、所定の1種以上の物理量に対して変化する感度（係数）を変更できる。

[0084] （第12の実施形態）

図15は第12の実施形態の説明図を示すものである。第12の実施形態

では、特定の１種以上の物理量に対する感度（係数）を、各ＳＡＷ素子４１５及び４１６の特性調整用被覆膜の膜厚に応じて調整しているところを特徴としている。

[0085] 図１５Ａは、第１及び第２ＳＡＷ素子４１５及び４１６の配置形態を概略的に示しており、図１５Ｂは第１ＳＡＷ素子４１５の模式断面図を示し、図１５Ｃは第２ＳＡＷ素子４１６の模式断面図を示す。

[0086] 図１５Ａに示すように、第１及び第２ＳＡＷ素子４１５及び４１６の楕形電極１８と反射器１９との間の配置関係は、第１の実施形態の第１及び第２ＳＡＷ素子１５および１６の楕形電極１８と反射器１９との間の配置関係から変更しないものの、図１５Ｂ及び図１５Ｃに示すように、圧電体基板１７上の楕形電極１８および反射器１９を被覆する例えばＳｉＯ₂などの特性調整用被覆膜５２ａおよび５２ｂの膜厚ＴＨ１及びＴＨ２が第１及び第２ＳＡＷ素子４１５及び４１６間で互いに異なるように構成されている。

[0087] これらの被覆膜５２ａおよび５２ｂの膜厚ＴＨ１及びＴＨ２の違いに応じて、温度Ｔ_eの変化に応じて熱膨張及びＳＡＷ速度の変化の違いを生じることになる。この被覆膜５２ａ、５２ｂは何れかのＳＡＷ素子４１５または４１６の何れかに形成してもよいし、両ＳＡＷ素子４１５及び４１６に形成してもよい。これにより位相角 θ_a 、 θ_b が変化する。このように設定することで、所定の１種以上の物理量に対して変化する感度（係数）を変更できる。

[0088] （第１３の実施形態）

図１６は第１３の実施形態の説明図を示すものである。例えば、第１の実施形態で説明した演算処理において、感度（係数）の比 H_b/H_a と、感度（係数）の比 F_b/F_a とが等しい場合には、演算処理を行ったときに、第２及び第３の物理量（例えば G_a 、 G_b 、 H_a 、 H_b ）の影響の双方が同時に除去される（図１６のＳ６ａ）。すると、第１の物理量（例えばトルク T_o ）を即座に算出できる（図１６のＳ８ａ）。このようにして、制御部２０が、前述の演算式に応じて第１の物理量（例えばトルク T_o ）を検出処理す

るようにしても良い。

[0089] (他の実施形態)

前述した実施形態に限定されるものではなく、例えば、以下に示す変形又は拡張が可能である。

[0090] 第1～第8の実施形態において、第1 SAW素子15、115、215、315、415、および、第2 SAW素子16、116、216、316、416の構成を適用して示したが、これらの各実施形態の構成は適宜組み合わせ適用できる。

[0091] 前述した感度（係数）の比 F_b/F_a =定数、 H_b/H_a =定数、であることを満たすときには、各感度 F_a 、 F_b 、 H_a 、 H_b は温度 T_e の関数として置き換えることもできる。したがって、これらの温度 T_e に応じた演算式がプログラム化され記憶部22に記憶された状態において、制御部20が、この演算式に応じて感度 F_a 、 F_b 、 H_a 、 H_b を演算処理して予め定めるように算出しても良い。

[0092] 位相角 θ_a 、 θ_b の物理量に対する感度を高くするには、励起信号及び検出信号の動作周波数を高くすればよく、逆に感度を低くするには励起信号及び検出信号の動作周波数を低くすればよい。したがって、反射型SAW遅延素子を用いたセンシングシステム1を用いた場合、その励起信号、検出信号の動作周波数を変更して位相角 θ_a 、 θ_b の感度を調整してもよい。

[0093] クランク軸2をSAWセンサ3の取付対象物とし、クランク軸2に作用する物理量を算出する形態を示したが、これに限定されるものではなく、SAWセンサ3の取付対象物はクランク軸2に限られるものではない。また、SAWセンサ3自身に作用した物理量を算出する場合に適用しても良い。

[0094] ここで、この出願に記載されるフローチャート、あるいは、フローチャートの処理は、複数のセクション（あるいはステップと言及される）から構成され、各セクションは、たとえば、S1と表現される。さらに、各セクションは、複数のサブセクションに分割されることができ、一方、複数のセクションが合わさって一つのセクションにすることも可能である。さらに、こ

のように構成される各セクションは、デバイス、モジュール、ミーンズとして言及されることができる。

[0095] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

[請求項1]

第1弾性表面波素子（15、115、215、315、415）及び第2弾性表面波素子（16、116、216、316、416）からなる弾性表面波センサ（3、103、203、303、403）と、

前記弾性表面波センサと通信可能に接続され前記弾性表面波センサの前記第1弾性表面波素子及び前記第2弾性表面波素子の電気的特性を検出するセンシング装置（4、104）と、

前記センシング装置により検出されたセンサ信号に基づいて前記弾性表面波センサの取付対象物（2）又は前記弾性表面波センサに作用した物理量を算出する制御装置（14、46）と、を備え、

前記物理量は、第一の物理量と、第二の物理量と、第三の物理量とを含み、

前記第1弾性表面波素子と前記第2弾性表面波素子との間の前記第1の物理量の感度の比と、前記第1弾性表面波素子と前記第2弾性表面波素子との間の前記第2の物理量の感度の比と、が互いに異なるように構成され、前記第3の物理量は平均化处理により前記物理量から除去が可能な物理量であり、

前記制御装置は、前記第1弾性表面波素子のセンサ信号と前記第2弾性表面波素子のセンサ信号との比較演算結果に応じて前記第1の物理量を前記物理量から除去し、前記平均化处理することで前記第3の物理量を所定値と見做して前記物理量から除去することで前記第2の物理量を算出するセンシングシステム。

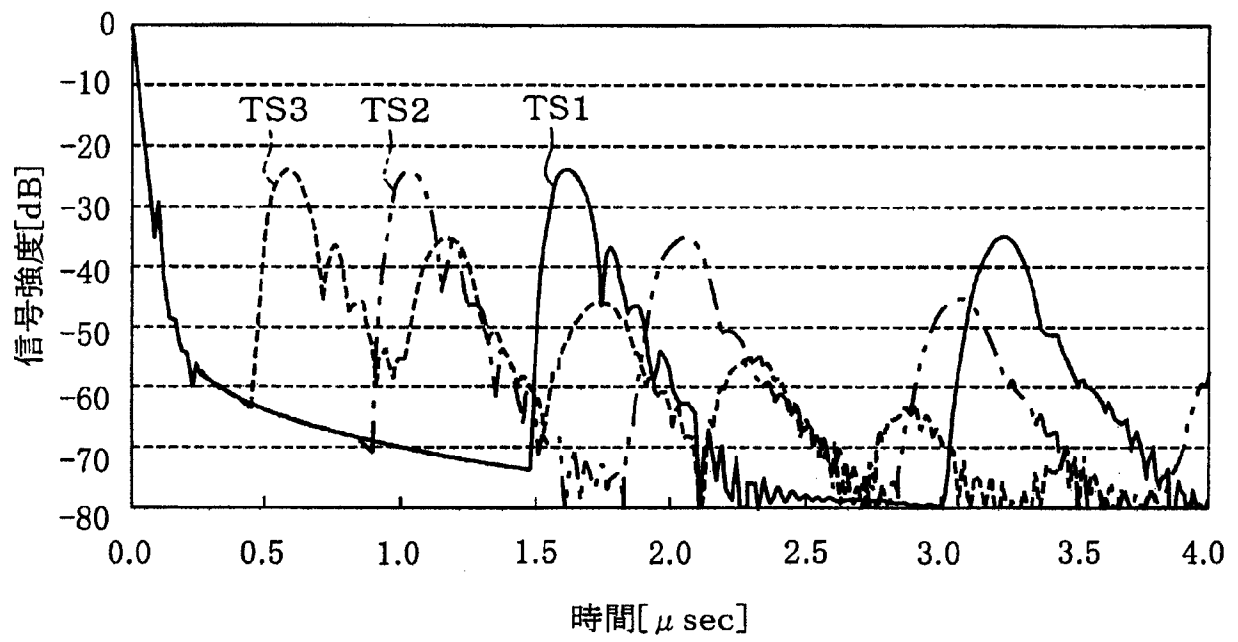
[請求項2]

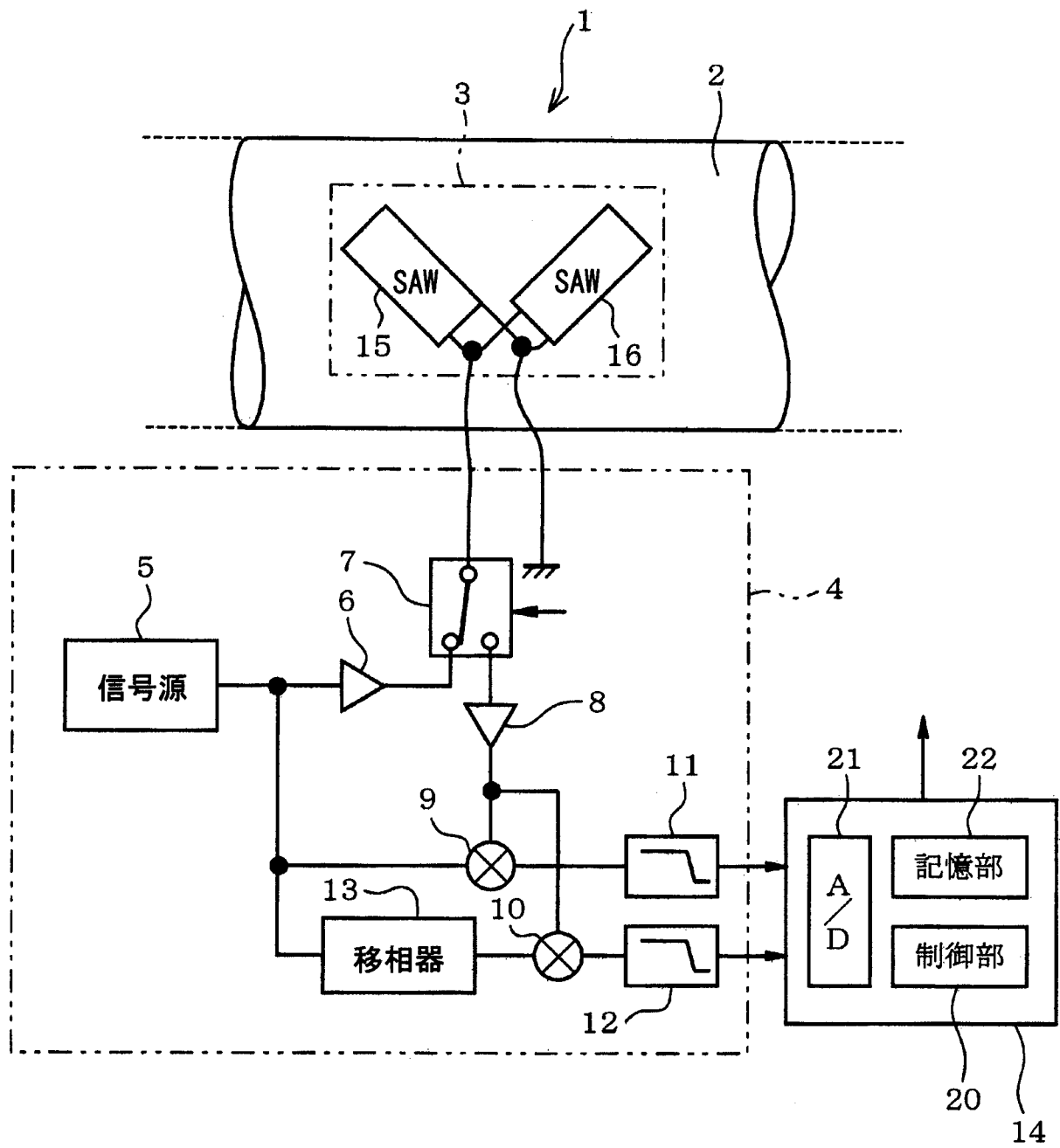
前記制御装置は、前記第1弾性表面波素子のセンサ信号と前記第2弾性表面波素子のセンサ信号との比較演算結果に応じて前記第3の物理量を前記物理量から除去し、算出された前記第2の物理量を前記物理量から除去することで第1の物理量を算出する請求項1記載のセンシングシステム。

- [請求項3] 前記制御装置は、算出された前記第1の物理量及び前記第2の物理量を用いて前記第3の物理量を前記物理量から算出する請求項2記載のセンシングシステム。
- [請求項4] 前記第1弾性表面波素子と前記第2弾性表面波素子との間の前記第2の物理量の感度の比と、前記第1弾性表面波素子と前記第2弾性表面波素子との間の前記第3の物理量の感度の比と、が等しく構成され、前記制御装置は、前記第1弾性表面波素子のセンサ信号と前記第2弾性表面波素子のセンサ信号との比較演算結果に応じて前記第3の物理量及び第2の物理量を前記物理量から除去することで第1の物理量を算出する請求項1記載のセンシングシステム。
- [請求項5] 前記平均化処理するための平均化回数を算出するための回数設定用センサ（30）をさらに備え、
前記制御装置は、前記回数設定用センサを用いて算出された平均化回数を用いて前記第3の物理量を平均化処理して所定値と見做して前記物理量から除去する請求項1～4の何れか一項に記載のセンシングシステム。
- [請求項6] 前記制御装置は、前記第1の物理量としてトルク（ T_o ）、前記第2の物理量として温度（ T_e ）、前記第3の物理量として撓み（ T_w ）を用いる請求項1～5の何れか一項に記載のセンシングシステム。
- [請求項7] 前記第1弾性表面波素子及び前記第2弾性表面波素子と前記センシング装置との間に送受信信号を伝搬させるアンテナ（32、34）をさらに備え、
前記センシング装置は、前記第1及び第2の弾性表面波素子に伝搬されたセンサ信号を、前記アンテナを通じて検出するものであり、
前記制御装置は、前記第1の物理量としてトルク（ T_o ）、前記第2の物理量として温度（ T_e ）、前記第3の物理量として前記アンテナの位相変化特性（ P_h ）を適用して前記物理量を算出する請求項1～5の何れか一項に記載のセンシングシステム。

[請求項8] 前記第3の物理量は、前記センシング装置により検出されたセンサ信号に含まれた情報を平均化処理して、平均化処理した前記第3の物理量を計算し、平均化処理した前記第3の物理量を前記物理量から除去が可能な物理量である請求項1～7の何れか一項に記載のセンシングシステム。

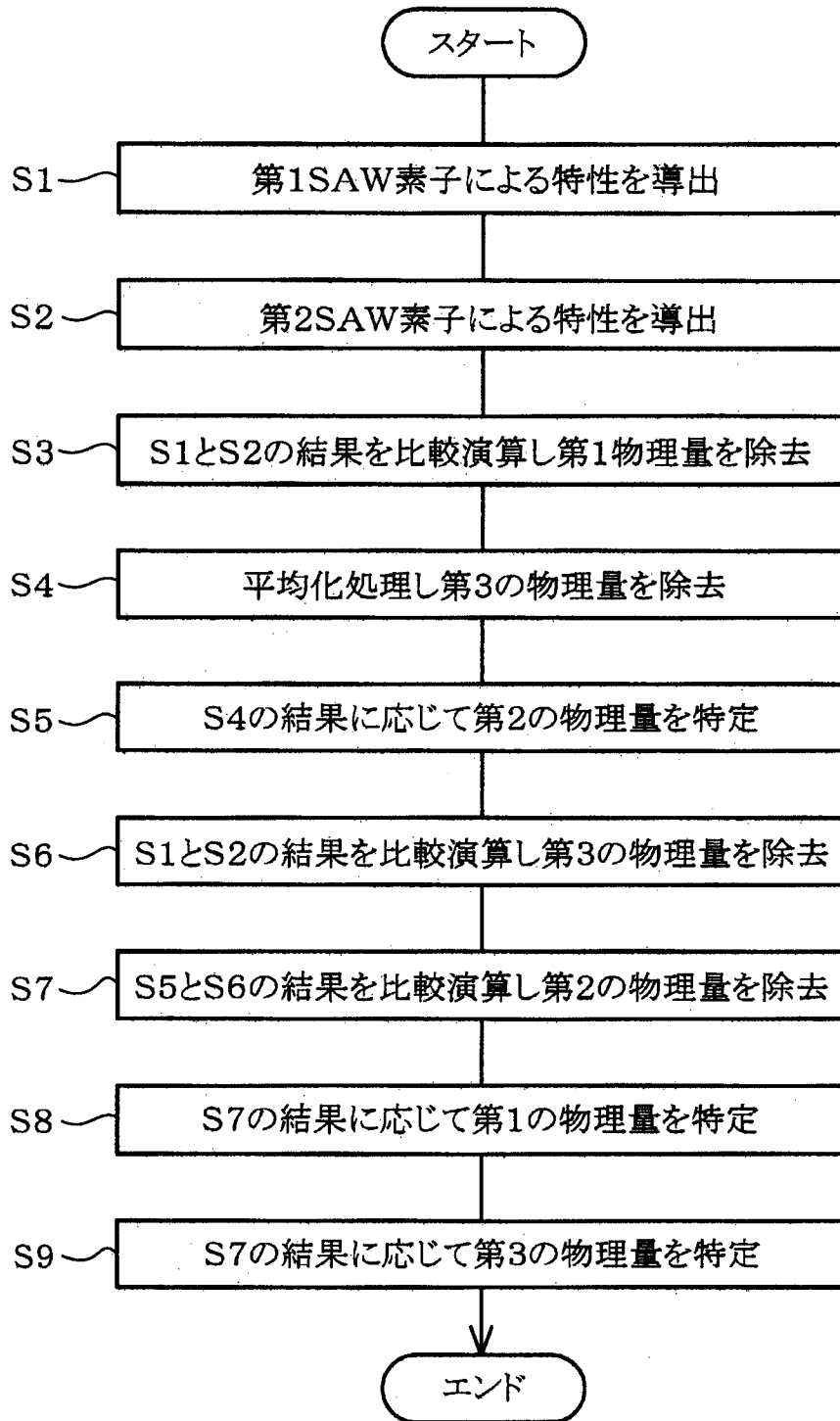
[図1]



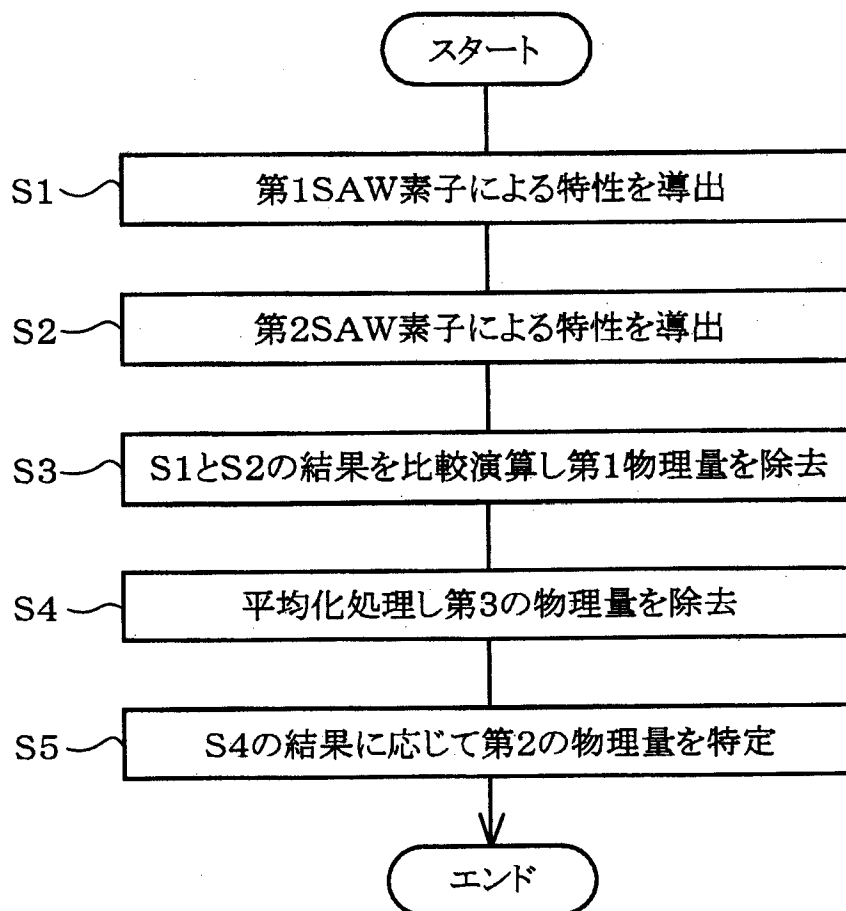


A cross-sectional view of a substrate 17. The substrate has a top surface with two groups of openings. The first group, labeled 18, consists of four openings. The second group, labeled 19, also consists of four openings. The openings are arranged in a regular pattern on the top surface of the substrate.

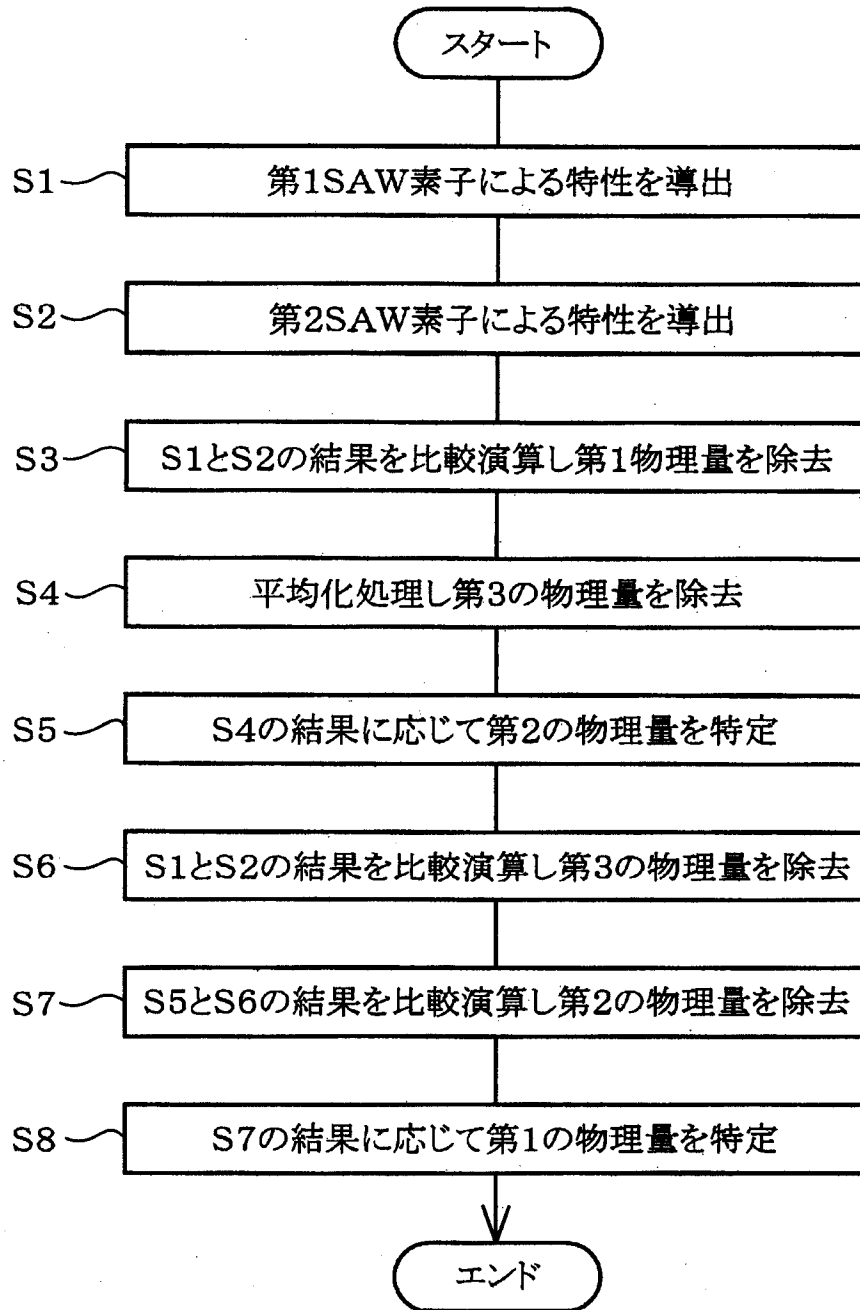
[図4]



[図5]



[図6]



[図7]

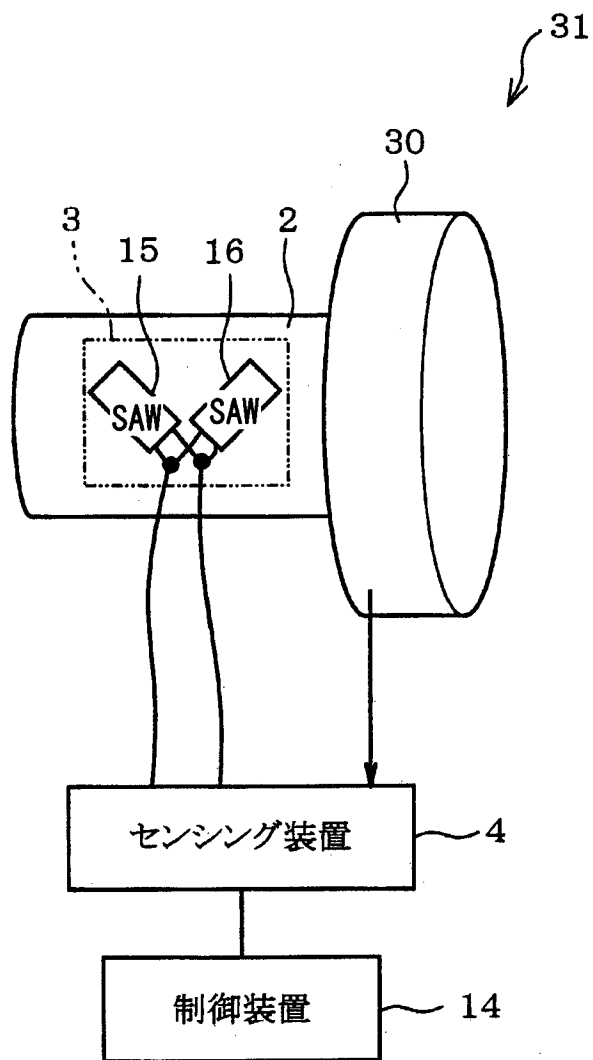
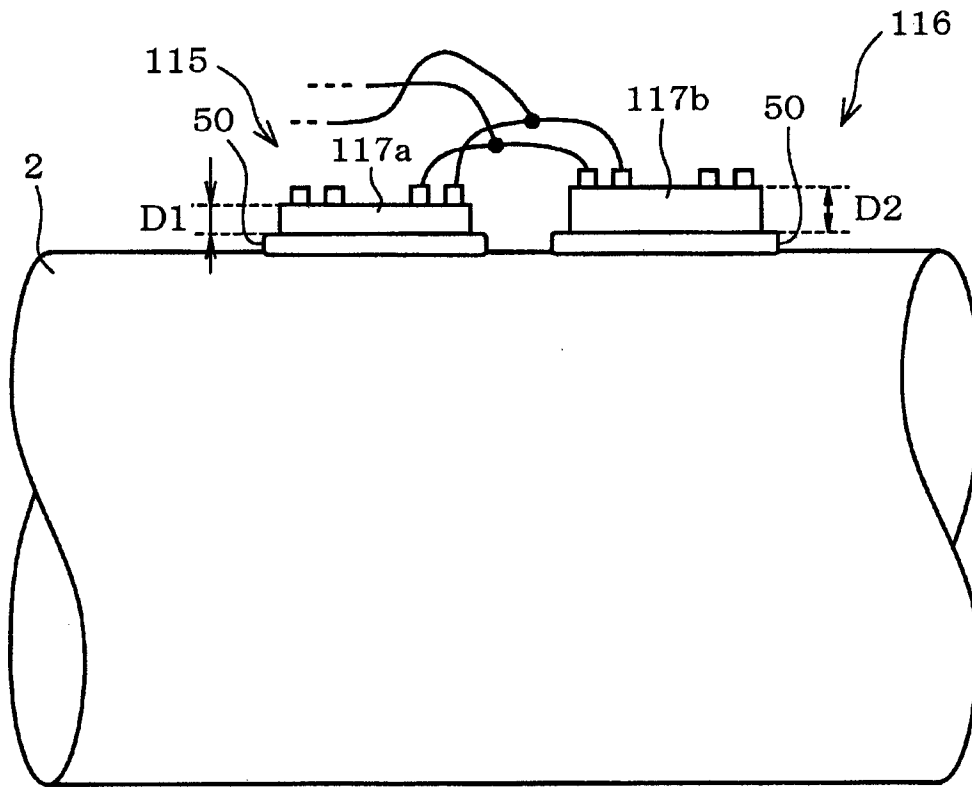
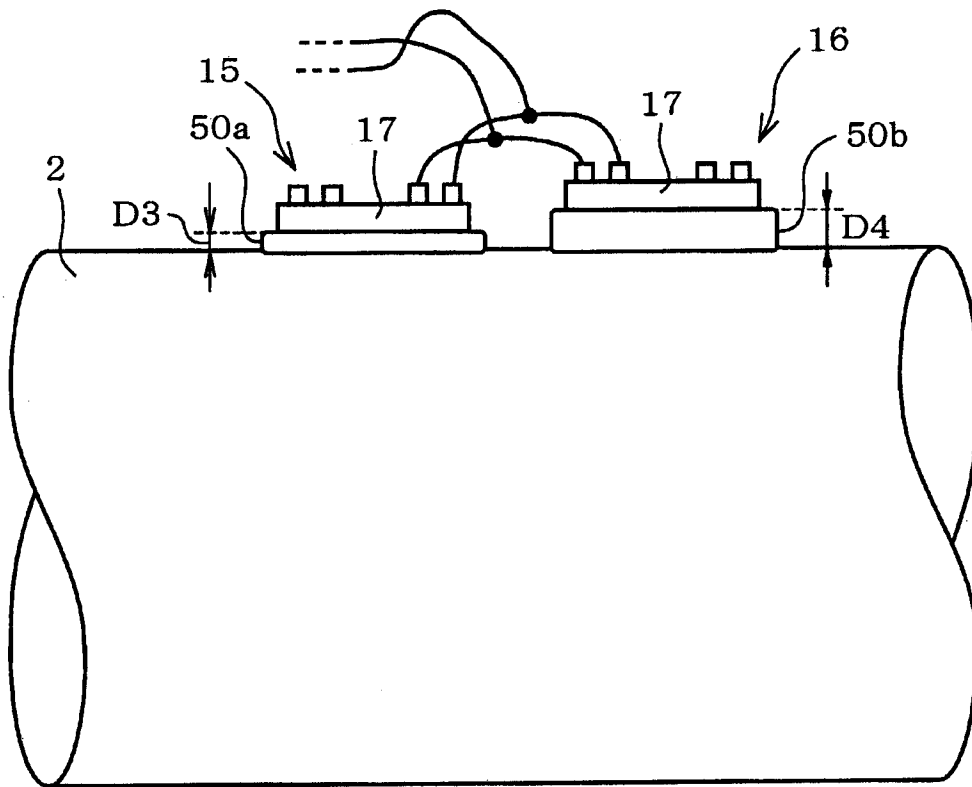


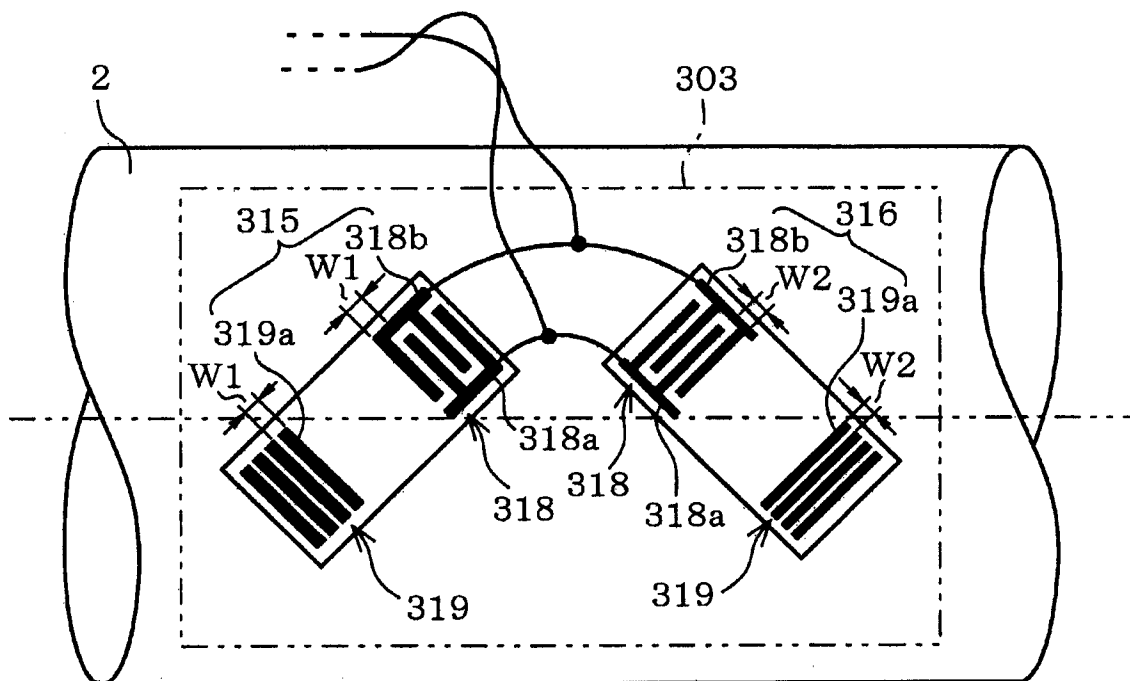
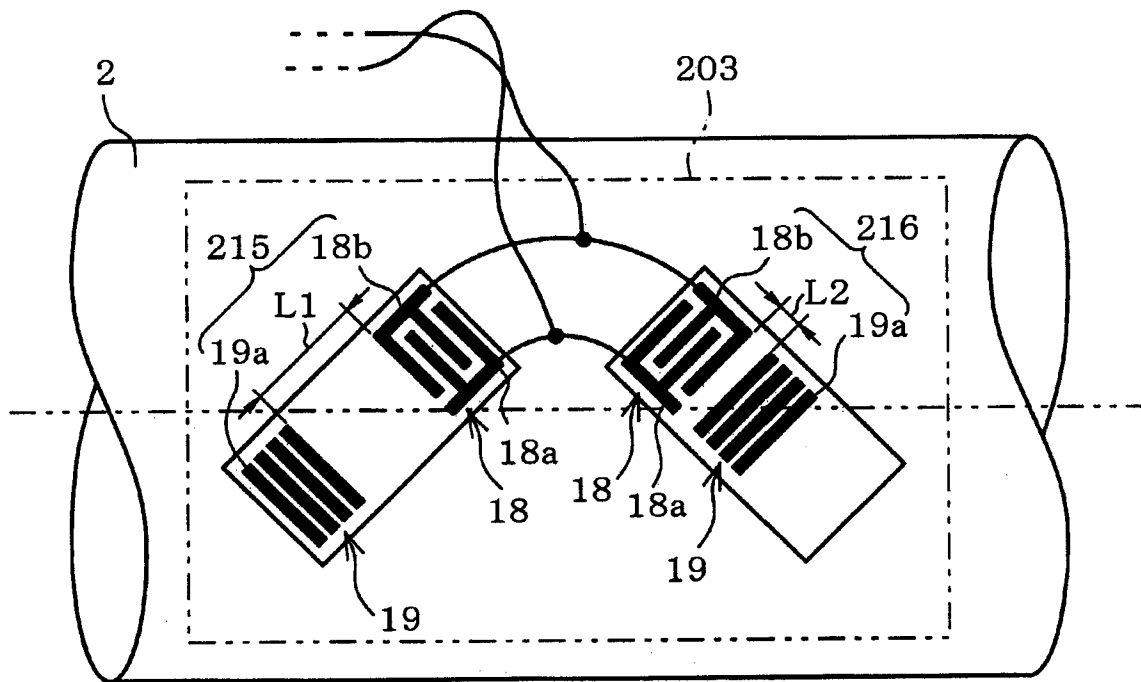
Figure 1 is a block diagram of a vibration wave measurement system. The system includes a measurement object 1, which has a measurement part 2. Inside the measurement part 2 is a measurement part 3. Within the measurement part 3, there are two SAW (Surface Acoustic Wave) elements, labeled 15 and 16. A signal processing unit 41 is connected to the SAW elements 15 and 16. The signal processing unit 41 is enclosed in a dashed box and contains four main components: a reference signal generator 42, a frequency converter 43, a directional coupler 44, and a signal processor 45. The reference signal generator 42 outputs a signal to the frequency converter 43, which then outputs to the directional coupler 44. The directional coupler 44 is connected to the SAW elements 15 and 16. The signal processor 45 is connected to the directional coupler 44 and outputs a signal to a control unit 20. The control unit 20 is also enclosed in a dashed box and contains three components: an A/D converter 21, a memory 46, and a controller 22. The A/D converter 21 receives the signal from the signal processor 45 and outputs to the memory 46. The memory 46 is connected to the controller 22, which provides control signals to the A/D converter 21 and the frequency converter 43.

[図11]

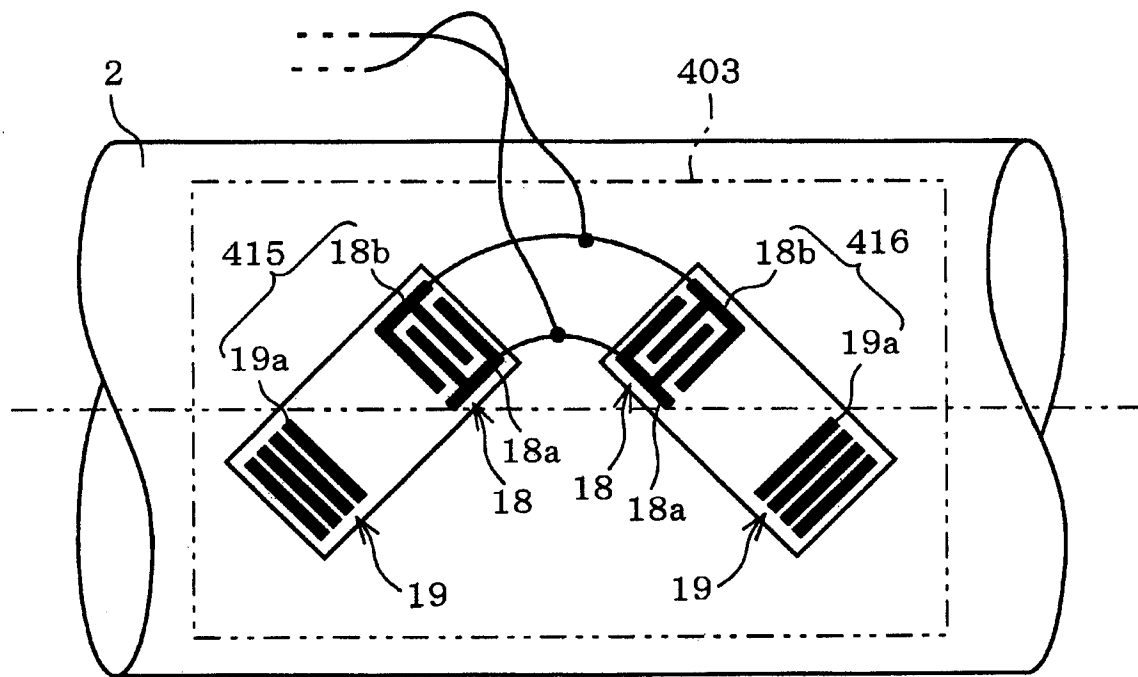


[図12]

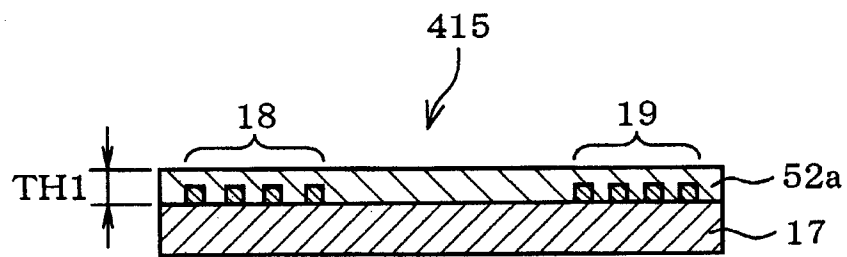




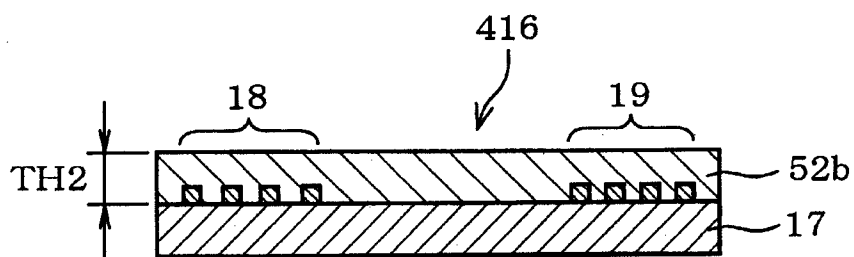
[図15A]



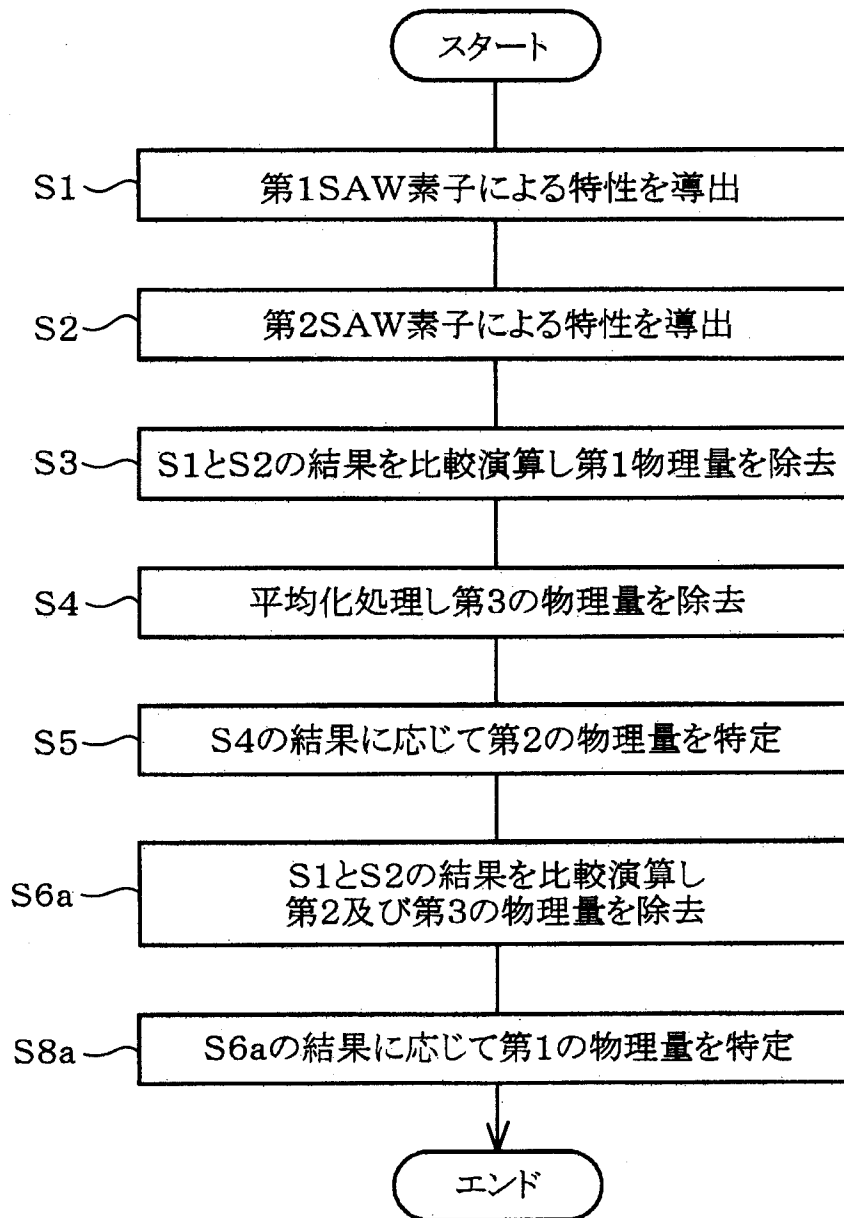
[図15B]



[図15C]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/005443

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L3/10(2006.01)i, G01B17/04(2006.01)i, G01K7/32(2006.01)i, G01L1/00(2006.01)i, G01N29/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01L3/10, G01B17/04, G01K7/32, G01L1/00, G01N29/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-506504 A (LONSDALE, Anthony), 22 September 1993 (22.09.1993), entire text; fig. 3, 5, 8	1-8
A	JP 2008-541121 A (Transense Technologies PLC), 20 November 2008 (20.11.2008), entire text; all drawings	1-8
A	JP 2012-042430 A (Denso Corp.), 01 March 2012 (01.03.2012), paragraphs [0001] to [0007], [0042] to [0061]; fig. 1 to 3	1-8
A	JP 2013-029367 A (Denso Corp.), 07 February 2013 (07.02.2013), paragraphs [0040] to [0061]; fig. 1	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 November 2015 (17.11.15)

Date of mailing of the international search report
01 December 2015 (01.12.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/005443

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-057287 A (Seiko Epson Corp.), 08 March 2007 (08.03.2007), paragraphs [0017] to [0030]; fig. 1 to 4	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2015/005443

JP 5-506504 A	1993.09.22	WO 91/013832 A2 entire text; fig. 3, 5, 8 US 5585571 A EP 518900 B1 DE 69127074 T2 BR 9106101 A DK 518900 T3 KR 10-0199230 B1
JP 2008-541121 A	2008.11.20	WO 2006/123085 A1 entire text; all drawings US 2009/0133504 A1 GB 2426336 A EP 1882169 B1 CN 101180524 A
JP 2012-042430 A	2012.03.01	(Family: none)
JP 2013-029367 A	2013.02.07	US 2013/0026882 A1 paragraphs [0044] to [0064]; fig. 1A to 1B
JP 2007-057287 A	2007.03.08	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01L3/10(2006.01)i, G01B17/04(2006.01)i, G01K7/32(2006.01)i, G01L1/00(2006.01)i, G01N29/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01L3/10, G01B17/04, G01K7/32, G01L1/00, G01N29/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 5-506504 A（ロンズデール，アンソニー） 1993.09.22，全文，図3，5，8	1-8
A	JP 2008-541121 A（トランセン ス テクノロジーズ ピーエルシー） 2008.11.20，全文，全図	1-8
A	JP 2012-042430 A（株式会社デンソー） 2012.03.01，段落 [0001] - [0007]，[0042] - [0061]， 図1-3	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 7 . 1 1 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 1 . 1 2 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

公文代 康祐

2 F

4 7 4 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 1 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-029367 A (株式会社デンソー) 2013.02.07, 段落 [0040] - [0061] , 図 1	1-8
A	JP 2007-057287 A (セイコーエプソン株式会社) 2007.03.08, 段落 [0017] - [0030] , 図 1-4	1-8

JP 5-506504 A	1993. 09. 22	WO 91/013832 A2, 全文, 図 3, 5, 8 US 5585571 A EP 518900 B1 DE 69127074 T2 BR 9106101 A DK 518900 T3 KR 10-0199230 B1
JP 2008-541121 A	2008. 11. 20	WO 2006/123085 A1, 全文, 全図 US 2009/0133504 A1 GB 2426336 A EP 1882169 B1 CN 101180524 A
JP 2012-042430 A	2012. 03. 01	ファミリーなし
JP 2013-029367 A	2013. 02. 07	US 2013/0026882 A1, 段落 [0044] - [0064] , 図 1A-1B
JP 2007-057287 A	2007. 03. 08	ファミリーなし