明　細　書

発明の名称 ： 被測定物特性測定装置

技術分野

[0001] 本発明は、圧電基板上に形成され弾性表面波を励振させる櫛形電極と、前記櫛形電極と前記弾性表面波の伝搬方向における前記圧電基板の端部との間に被測定物が負荷される反応場とが形成される弾性表面波素子を備えた被測定物特性測定装置に関する。

本願は、２０１１年１２月２２日に出願された特願２０１１－２８１６０３号及び２０１２年１０月１９日に出願された特願２０１２－２３２０６０号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 一般に、弾性表面波素子は、圧電基板と、前記圧電基板上に設けられた櫛歯状電極指からなる送信電極及び受信電極とを備えている。このように構成される弾性表面波素子では、送信電極に電気信号が供給されると、電極指間に電界が発生し、圧電効果により弾性表面波が励振され、その弾性表面波が圧電基板上を伝搬して受信電極を励振させ、電気信号に変換される。この弾性表面波のうち、圧電基板の表面に平行に偏波するすべり弾性表面波（ＳＨ－ＳＡＷ：Ｓｈｅａｒ　ｈｏｒｉｚｏｎｔａｌ　Ｓｕｒｆａｃｅ　Ａｃｏｕｓｔｉｃ　Ｗａｖｅ）を利用し、各種物質の検出や物性値等の測定を行うための弾性表面波センサが研究されている（特許文献１）。

[0003] 弾性表面波センサでは、圧電基板上に負荷された被測定物の領域が電気的に開放されている場合と短絡されている場合とで、受信電極で得られる信号の特性に差異があることを利用し、被測定物の物理的特性として誘電率、導電率を求めることができる。また、圧電基板上の送信電極と受信電極との間の伝搬路上に凹凸構造を形成し、その凹部に被測定物を負荷すると、負荷された被測定物は擬似的に膜を形成する。この膜が圧電基板とともに励振し、膜の質量に基づいて共振周波数が変化する質量負荷効果を利用して、被測定

物の密度を求めることができる（特許文献２）。

[0004] 一方、特許文献１、２の弾性表面波センサは、送信電極及び受信電極が圧電基板上に形成されているが、弾性表面波の反射を利用した１つの送受信電極からなる弾性表面波センサが知られている（特許文献３）。この弾性表面波センサでは、送受信電極で励振された弾性波は、被測定物が負荷された反応場を伝搬した後、圧電基板の端部で反射され、再び送受信電極に入力される。この信号に基づき、被測定物の物理的特性を測定することができる。この場合、弾性表面波素子を１つの送受信電極で構成することにより、弾性表面波素子を小型に構成することができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：日本国特許第３４８１２９８号公報

特許文献2：日本国特許第３２４８６８３号公報

特許文献3：日本国特開２００９－３００３０２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、弾性波には、圧電基板の表面に沿って伝搬する弾性表面波と、圧電基板の内部を伝搬するバルク波とが含まれている。特許文献３に開示された構成からなる弾性表面波センサの場合、送受信電極で励振された弾性表面波及びバルク波を含めた弾性波が、圧電基板の端部で反射され、共に送受信電極に入力される。従って、得られた信号には、弾性表面波に基づく信号と、バルク波に基づく信号とが混在しているため、被測定物の物理的特性を高精度に求めることができない場合がある。

[0007] 本発明は、前記の不具合を解消するためになされたものであって、弾性波による信号からバルク波による信号を分離し、弾性表面波による信号に基づき、被測定物の物理的特性を高精度に求めることのできる被測定物特性測定装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の一態様に係る被測定物特性測定装置は、圧電基板上の第１面に形成され、弾性波を励振させ、前記弾性波に基づく反射を受信する櫛形電極と、前記櫛形電極と前記弾性波の伝搬方向における前記圧電基板の前記第１面に直交する第２面との間に、前記第１面の法線方向に前記第１面と異なる位置に形成される第３面と、前記第１面の法線方向に垂直に形成される前記第１面の端部と前記第３面とを結ぶ第４面とを有する反射部と、前記櫛形電極と前記反射部との間に形成され被測定物が負荷される反応場と、前記反射部と前記第２面との間に形成されている伝搬部と、を備える弾性表面波素子を備え、前記櫛形電極から前記反応場を伝搬し、前記反射部の前記第４面により反射され、前記櫛形電極により受信された前記弾性波に含まれる前記圧電基板の表面を伝搬する弾性表面波を、前記圧電基板の前記第２面により反射され、前記櫛形電極により受信された前記弾性波に含まれる前記圧電基板の内部を伝搬するバルク波から分離して抽出し、抽出した前記弾性表面波に基づき、前記被測定物の特性を求める。

[0009] また、本発明の一態様に係る前記被測定物特性測定装置において、前記圧電基板の前記表面から前記圧電基板の内部に向かう方向における前記反射部が有する壁の高さｄは、次式の関係を満たす値であることが好ましい。

$$\lambda / 2 \leqq d \leqq H / 2$$

λ：前記弾性波の波長

Ｈ：前記圧電基板の厚さ

[0010] また、本発明の一態様に係る前記被測定物特性測定装置において、前記櫛形電極は、複数の電極指をＮ（Ｎは１以上の整数）対、備え、前記反射部の前記第４面から前記圧電基板の前記端部までの距離Ｌ２は、次式の関係を満たす値であることが好ましい。

$$L2 \geqq N \times \lambda / 2$$

λ：前記弾性波の波長

Ｎ：前記櫛形電極を構成する複数の電極指の対の数

[0011] また、本発明の一態様に係る前記被測定物特性測定装置において、前記反射部が有する前記第３面は、前記圧電基板の前記第１面に対して平行であることが好ましい。

また、本発明の一態様に係る前記被測定物特性測定装置において、前記反射部が有する前記第３面の少なくとも１部は、曲面であることが好ましい。

また、本発明の一態様に係る前記被測定物特性測定装置において、前記反射部が有する前記第３面の少なくとも１部は、前記圧電基板の前記第１面の法線方向に対して所定角度傾斜して形成されている斜面であることが好ましい。

[0012] また、本発明の一態様に係る前記被測定物特性測定装置において、前記反射部には、前記圧電基板の前記第１面から突出しない範囲で樹脂が充填されることが好ましい。

[0013] また、本発明の一態様に係る前記被測定物特性測定装置において、前記圧電基板には、前記弾性波の伝搬方向に対して垂直方向に複数の前記櫛形電極が形成されるとともに、前記各櫛形電極と前記反射部の前記第３面との間に、前記各櫛形電極に対応する複数の前記反応場が形成されることが好ましい。

発明の効果

[0014] 本発明の被測定物特性測定装置では、弾性表面波は、反応場を伝搬し、反射部の反射面により反射されて櫛形電極で受信されるのに対して、バルク波は、反応場からバルク波伝搬部に伝搬し、圧電基板の端部で反射された後、弾性表面波よりも所定時間だけ遅延して櫛形電極で受信される。そのため、この遅延時間を利用して弾性波に基づく信号からバルク波に基づく信号を分離し、弾性表面波による信号を抽出することができる。従って、弾性表面波による信号に基づき、被測定物の物理的特性を高精度に求めることができる。

[0015] また、反射部の延在方向に複数の櫛形電極を形成するとともに、各櫛形電極と反射部との間に、各櫛形電極に対応する複数の反応場を形成することに

より、複数の被測定物の物理的特性を同時に高精度に求めることができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1A]本発明の第１実施形態の弾性表面波素子を備えた被測定物特性測定装置の平面構成図である。

[図1B]図１Ａに示す弾性表面波素子のＩＢ－ＩＢ線断面図である。

[図2]本発明の第１実施形態の弾性表面波素子の櫛形電極によるすべり弾性表面波信号及びバルク波信号の受信時間と信号レベルとの関係説明図である。

[図3]本発明の第１実施形態の弾性表面波素子に形成される溝部の変形例の部分拡大断面図である。

[図4]本発明の第２実施形態の弾性表面波素子を備えた被測定物特性測定装置の平面構成図である。

[図5]本発明の第３実施形態の弾性表面波素子を備えた被測定物特性測定装置の平面構成図である。

[図6]本発明の第１実施形態におけるすべり弾性表面波信号及びバルク波信号の伝搬を説明する図である。

[図7]弾性表面波素子を備えた被測定物特性測定装置のＩＢ－ＩＢ線断面図である。

[図8]本発明の第１実施形態における溝部の深さが０．０６［ｍｍ］の場合の実測値の一例を示す図である。

[図9]本発明の第１実施形態における溝部の深さが０．０１［ｍｍ］の場合の実測値の一例を示す図である。

[図10]本発明の第４実施形態における溝部の形状を説明する図である。

[図11]本発明の第４実施形態に係る溝部の形状を説明する図である。

[図12]図１１に示した溝部を備える場合の実測値の一例を示す図である。

[図13]本発明の第４実施形態に係る溝部の変形例である。

[図14]本発明の第４実施形態に係る溝部の変形例である。

[図15]本発明の第５実施形態の弾性表面波素子を備えた被測定物特性測定装置の平面構成図である。

[図16A]図１５に示す弾性表面波素子のＩＢ－ＩＢ線断面図である。

[図16B]図１６Ａの符号Ａで示された部分を示す拡大断面図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

[0018] ＜第１実施形態の構成＞

図１Ａは、第１実施形態の弾性表面波を備えた被測定物特性測定装置の平面構成図、図１Ｂは、図１Ａに示す弾性表面波素子のＩＢ－ＩＢ線断面図である。

[0019] 被測定物特性測定装置１０は、例えば液体状の被測定物の物理的特性を測定する。被測定物特性測定装置１０は、弾性表面波素子１２と、発振器１４、分配器１６、スイッチ１７及び弾性波検出器１８から構成される測定部２０と、パソコン等で構成される処理部２２とを備える。

[0020] 弾性表面波素子１２は、圧電基板２４と、圧電基板２４上に形成され弾性波を励振させる櫛形電極２６と、櫛形電極２６と弾性波の伝搬方向（矢印Ｘ方向）における圧電基板２４の端部２８との間に形成される溝部（反射部）３０と、櫛形電極２６と溝部３０との間に形成され被測定物が負荷される反応場３２と、溝部３０と端部２８との間に形成されるバルク波が伝搬するバルク波伝搬部３４（伝搬部）とを備える。

[0021] 弾性波（ｅｌａｓｔｉｃ　ｗａｖｅ）は、弾性表面波（ＳＡＷ：Ｓｕｒｆａｃｅ　Ａｃｏｕｓｔｉｃ　Ｗａｖｅ）、バルク波等の各種の波を含む。なお、弾性表面波は、圧電基板の表面に沿って伝搬する波であり、バルク波は、圧電基板の内部を伝搬する波である。また、被測定物が液体の場合、弾性表面波は、すべり弾性表面波（ＳＨ－ＳＡＷ：Ｓｈｅａｒ　ｈｏｒｉｚｏｎｔａｌ　Ｓｕｒｆａｃｅ　Ａｃｏｕｓｔｉｃ　Ｗａｖｅ）である。第１実施形態では、弾性表面波の例としてすべり弾性表面波を用いて説明する。第１実施形態では、すべり弾性表面波は、圧電基板２４の表層部分（第１面）を伝搬し、すべり弾性表面波の一部が溝部（反射部）３０の反射面（第４面）３６で反射され、すべり弾性表面波の残りが図１Ｂにおける溝部３０の底面

（第３面）と圧電基板２４の下面との間を通過する。また、バルク波は、圧電基板２４の全体に伝搬し、バルク波の一部が溝部３０の反射面３６で反射され、バルク波の残りが図１Ｂにおける溝部３０の底面と圧電基板２４の下面との間を通過し、バルク波伝搬部３４を伝搬した後、圧電基板２４の端部（第２面）２８で反射される。ここで、図１Ａ及び図１Ｂに示すように、溝部３０が有する底面は、圧電基板２４の表層部分に対して平行である。

[0022] 圧電基板２４は、弾性表面波を伝搬させることができる機能を有していれば、圧電基板２４の構造は特に限定されないが、３６°回転Ｙ板Ｘ伝搬ＬｉＴａO_3（タンタル酸リチウム単結晶）であることが好ましい。

[0023] 櫛形電極２６は、極性の異なる複数対の電極指２７ａ、２７ｂを弾性表面波の波長λの間隔で伝搬方向にＮ対が配列して構成される（例えば、図１Ａでは４対）。櫛形電極２６は、発振器１４で生成された高周波発振信号（例えば、中心周波数が２５０ＭＨｚ）に基づいて弾性表面波を励振させ、反応場３２に伝搬させる。櫛形電極２６は、反応場３２を伝搬して溝部３０の反射面３６により反射され、反応場３２を介して戻ってきたすべり弾性表面波を受信する。また、櫛形電極２６は、反応場３２からバルク波伝搬部３４に伝搬して圧電基板２４の端部２８により反射され、バルク波伝搬部３４及び反応場３２を介して戻ってきたバルク波を受信する。櫛形電極２６は、被測定物が付着することで測定精度が低下することを回避するため、樹脂又はガラス等の封止部材３８により密閉される。

[0024] 溝部３０は、弾性表面波の伝搬方向と直交する方向（矢印Ｙ方向）に配置されている。溝部３０は、弾性表面波の伝搬方向と直交する方向に圧電基板２４の一方の端（第一基板端）から他端（第二基板端）に延在するように形成されている。溝部３０は、弾性表面波が伝搬する圧電基板２４の表面に略垂直な反射面３６を有している。このように、溝部３０の断面形状は、圧電基板２４の表層部分から圧電基板２４の内部に向けて突出するような凸状の多角形である。換言すると、溝部３０の反射面３６と、底面と、バルク波伝搬部３４の表面と同一平面であって溝部３０を閉じるように延長された仮想

線とによって囲まれた形状が凸状の多角形である（以下、凸多角形と称する）である。本実施形態では、溝部３０の断面形状が四角形である。反射面３６は、すべり弾性表面波を櫛形電極２６に向けて反射する。溝部３０の圧電基板２４の表面から圧電基板２４の内部に向かう方向における深さｄ（図１Ｂ参照、反射部が有する壁の高さｄ）は、被測定物特性測定装置１０の設計者により次式の関係を満たす値が選択される。

$\lambda / 2 \leqq d \leqq H / 2$

λ：弾性表面波の波長

Ｈ：圧電基板２４の厚さ

[0025] 反応場３２には、圧電基板２４上に蒸着された金属膜４０が形成される。金属膜４０は、電気的に短絡された短絡伝搬路を構成する。金属膜４０の材料は、特に限られないが、反応場３２に滴下される被測定物に対して化学的に安定している金を用いることが好ましい。

[0026] バルク波伝搬部３４は、バルク波が伝搬される領域であり、溝部３０の反射面３６から圧電基板２４の端部２８までの距離Ｌ２は、被測定物特性測定装置１０の設計者により次式の関係を満たす値が選択される。

$L2 \geqq N \times \lambda / 2$

λ：弾性表面波の波長

Ｎ：電極指２７ａ、２７ｂの対の数

[0027] 測定部２０を構成する発振器１４は、高周波発振信号を生成する。分配器１６は、高周波発振信号を櫛形電極２６に供給するとともに、弾性波検出器１８に供給する。弾性波検出器１８は、分配器１６で分配された高周波発振信号と、櫛形電極２６により受信された弾性表面波に基づく信号との振幅比、位相差及び伝搬遅延差を検出し、検出した振幅比、位相差及び伝搬遅延差に基づく信号を処理部２２に出力する。処理部２２は、弾性波検出器１８から供給される信号に基づき、被測定物の物理的特性を求める。また、処理部２２は、所定のタイミングで、スイッチ１７の端子１と端子３との接続、または端子２と端子３との接続を切り替える。なお、物理的特性とは、例えば

、被測定物の粘度、密度等である。処理部２２は、例えば、反応場３２に何も滴下されていない状態のとき、供給された信号の周波数変化、位相変化を求める。反応場３２にまず何も滴下しない場合、被測定物は空気である。次に、反応場３２に被測定物が滴下されている状態のとき、供給された信号の周波数変化、位相変化を求める。処理部２２は、この２つの測定データの算出することで、滴下された被測定物の粘度や密度等を算出する。

[0028] ＜第１実施形態による測定処理＞

第１実施形態に係る被測定物特性測定装置１０は、基本的には以上のように構成される。次に、被測定物特性測定装置１０を用いた被測定物の物理的特性の測定処理について、図１Ａ、図１Ｂ、及び図６を用いて説明する。図６は、第１実施形態におけるすべり弾性表面波信号及びバルク波信号の伝搬を説明する図である。図６は、図１Ｂと同様に、図１Ａに示す弾性表面波素子のＩＢ－ＩＢ線断面の一部を示している。図６において、曲線ｓ１１１は、すべり弾性表面波信号を表し、曲線ｓ１１２及びｓ１１３は、バルク波信号を表している。

[0029] 先ず、測定者は、被測定物を弾性表面波素子１２の反応場３２に滴下する。この場合、櫛形電極２６は、封止部材３８によって密閉されているため、櫛形電極２６に被測定物が付着することで測定精度が低下する事態を回避することができる。なお、被測定物としては、液体状の被測定物であれば、例えば、純液、混合液のいずれであってもよく、メタノール、エタノール等のアルコールの物理的特性を測定する場合に特に有効である。また、被測定物に抗原、抗体、バクテリア等が含まれる状態においても、物理的特性を測定できる。

[0030] 次に、発振器１４でバースト的に生成された高周波発振信号は、分配器１６で分配され、櫛形電極２６及び弾性波検出器１８に同一信号が供給される。櫛形電極２６では、供給された高周波発振信号に基づいて弾性波が励振される。弾性波は、被測定物の滴下された反応場３２に沿って矢印Ｘ方向に伝搬される。

[0031] この場合、反応場３２を伝搬する弾性波のうち、すべり弾性表面波ｓ１１１は、圧電基板２４の表層部分を伝搬し、一部が溝部３０の反射面３６（反射面３６Ａ（図６））によって反射された後、再度、反応場３２を伝搬し、櫛形電極２６で受信される。

[0032] また、反応場３２を伝搬する弾性波のうち、バルク波（ｓ１１２、ｓ１１３）は、圧電基板２４の全体に伝搬し、図６に示すように一部（ｓ１１３）が溝部３０の底面と圧電基板２４の下面との間を通過してバルク波伝搬部３４を伝搬し、圧電基板２４の端部２８に到達する。次いで、このバルク波ｓ１１３は、端部２８によって反射された後、再度、バルク波伝搬部３４及び反応場３２を伝搬し、櫛形電極２６で受信される。

[0033] ここで、すべり弾性表面波を高精度に検出するため、溝部３０の深さｄは以下のように被測定物特性測定装置１０の設計者が選択する。すべり弾性表面波は、圧電基板２４の表層部分に沿って伝搬する波である。このため、溝部３０の深さｄを、次式（１）の関係を満たす値

$$\lambda / 2 \leqq d \qquad (1)$$

λ：弾性波の波長

に選択することにより、弾性表面波素子１２は、５０％以上のすべり弾性表面波を溝部３０の反射面３６で反射させ、櫛形電極２６で受信することができる。

[0034] 一方、バルク波は、圧電基板２４の全体に伝搬する波である。このため、溝部３０の深さｄが圧電基板２４の厚さＨの半分以下となるように、次式（２）の関係を満たす値

$$d \leqq H / 2 \qquad (2)$$

に選択することにより、弾性表面波素子１２は、溝部３０の反射面３６によるバルク波の反射を５０％以下に抑え、残りのバルク波を溝部３０の底面と圧電基板２４の下面との間からバルク伝搬部３４に伝搬させることができる。

[0035] 従って、設計者は、溝部３０の反射面３６によって反射されるすべり弾性

表面波を高精度に検出するために、（１）、（２）式から、溝部の深さｄを、次式（３）の関係を満たす値

$$\lambda／２ \leqq d \leqq H／２ \qquad （３）$$

に選択する。

[0036] また、溝部３０の反射面３６によって反射されるすべり弾性表面波と、バルク波伝搬部３４を伝搬し、圧電基板２４の端部２８によって反射されたバルク波とを時間的に分離して検出するため、設計者は、バルク波伝搬部３４の距離Ｌ２を以下のように設定する。すなわち、櫛形電極２６を構成する極性の異なる複数対の電極指２７ａ、２７ｂの間隔は、弾性波の波長λであり、電極指２７ａ、２７ｂの対の数をＮとすると、櫛形電極２６の幅は、（Ｎ×λ）である（ただし、Ｎは１以上の整数）。すべり弾性表面波とバルク波とを確実に分離するために、設計者は、すべり弾性表面波が溝部３０の反射面３６で反射されて櫛形電極２６に戻るまでの時間ｔ１と、バルク波が圧電基板２４の端部２８で反射されて櫛形電極２６に戻るまでの時間ｔ２との時間差（ｔ２－ｔ１）を、次式（４）の関係を満たす値

$$ｔ２－ｔ１ \geqq Ｎ \times \lambda／ｖ \qquad （４）$$

ｖ：弾性波の伝搬速度

に選択する。この時間差（ｔ２－ｔ１）は、バルク波が距離Ｌ２の伝搬部３６を往復するのに要する時間であるから、次式（５）

$$ｔ２－ｔ１＝２ \times Ｌ２／ｖ \qquad （５）$$

である。

[0037] 従って、受信した弾性波からバルク波を時間的に分離し、すべり弾性表面波を高精度に検出するために、設計者は、（４）、（５）式から、伝搬部３６の距離Ｌ２を、次式（６）の関係を満たす値

$$Ｌ２ \geqq Ｎ \times \lambda／２ \qquad （６）$$

に選択する。

[0038] 櫛形電極２６により受信されたすべり弾性表面波及びバルク波は、すべり弾性表面波信号及びバルク波信号に変換された後、弾性波検出器１８に供給

される。図２は、第１実施形態の弾性表面波素子１２の櫛形電極２６によるすべり弾性表面波信号及びバルク波信号の受信時間と信号レベルとの関係説明図である。図２において、横軸は時間を表し、縦軸は信号レベルを表している。弾性波検出器１８は、分配器１６から供給された高周波発振信号と、受信した信号との振幅比、位相差及び伝搬遅延差を検出し、当該検出された振幅比、位相差及び伝搬遅延差に基づく信号を処理部２２に出力する。処理部２２は、弾性波検出器１８から供給されたこれらの信号のうち、すべり弾性表面波信号に対して所定時間遅延しているバルク波信号を分離し、すべり弾性表面波信号に係る信号に基づき、被測定物の物理的特性を求める。図２において、時間ｔ１を中心に分離されている信号ｓ１０１がすべり弾性表面波信号であり、このすべり弾性表面波信号より遅延した時間ｔ２を中心に分離されている信号ｓ１０２がバルク波信号である。

[0039] このように、第１実施形態の弾性表面波素子１２を備えた被測定物特性測定装置１０は、反応場３２を伝搬し、溝部（反射部）３０の反射面３６によって反射された後、櫛形電極２６に入力するすべり弾性表面波と、反応場３２から溝部３０の下部を通過してバルク波伝搬部３４を伝搬し、圧電基板２４の端部２８によって反射された後、櫛形電極２６に入力するバルク波との間に所定の時間差が生じるように構成されている。従って、処理部２２は、弾性波検出器１８より供給された信号から、すべり弾性表面波に基づく信号に対して所定時間遅延して供給されるバルク波に基づく信号を分離することができる。この結果、処理部２２は、すべり弾性表面波に係る信号に基づいて、反応場３２に滴下された被測定物の物理的特性を高精度に求めることができる。

[0040] また、弾性表面波素子１２は、すべり弾性表面波を溝部３０の反射面３６で反射させて往復させる一方、バルク波を圧電基板２４の端部２８で反射させて往復させ、単一の櫛形電極２６ですべり弾性表面波及びバルク波を検出する構成としている。従って、被測定物の物理的特性を高精度に求めることのできる小型で安価な弾性表面波素子１２を備えた被測定物特性測定装置１

０を得ることができる。

[0041] 図３は、第１実施形態の弾性表面波素子１２に形成される溝部３０の変形例の部分拡大断面図である。図３は、図１Ｂと同様に、図１Ａに示す弾性表面波素子のＩＢ－ＩＢ線断面の一部を示している。溝部３０には、圧電基板２４の表面から突出しない範囲で、樹脂４２、例えば、エポキシ樹脂が充填される。なお、図３において、溝部３０の深さは（３）式を満たす深さである。

[0042] このように構成することにより、溝部３０の反射面３６によるすべり弾性表面波に対する音響（特性）インピーダンスの変化を抑制することができる。すなわち、溝部３０に樹脂４２を充填しない場合、溝部３０に空気層があるときと、溝部３０に液体状の被測定物が滴下されたときとでは、反射面３６の音響（特性）インピーダンスが大きく異なる。従って、溝部３０に被測定物が滴下されてしまうと、櫛形電極２６により検出される信号レベルも大きく変化し、測定誤差が大きくなることが懸念される。これに対して、溝部３０の一部に樹脂４２を充填した場合、被測定物の一部が溝部３０に滴下されるような事態が生じても、反射面３６の音響（特性）インピーダンスの変化が小さい。このため、被測定物の滴下状態によって櫛形電極２６により検出される信号レベルが異なってしまう事態を回避することができる。この結果、被測定物の物理的特性を安定した状態で高精度に求めることができる。

[0043] なお、圧電基板２４の表面から樹脂４２が突出しないように樹脂４２を溝部３０に充填することにより、溝部３０内の樹脂４２上に被測定物が滴下された場合であっても、溝部３０の反射面３６により反射されるすべり弾性表面波に対する影響が少ない。このため、被測定物の物理的特性を高精度に求めることができる。

[0044] ＜第２実施形態の構成＞

図４は、第２実施形態の弾性表面波素子４４を備えた被測定物特性測定装置４６の平面構成図である。なお、弾性表面波素子４４を構成する材料は、第１実施形態の弾性表面波素子１２と同様である。

[0045] 被測定物特性測定装置４６は、弾性表面波素子４４と、発振器４８、分配器５０、弾性波検出器５２、スイッチ５３ａ及びスイッチ５３ｂから構成される測定部５４と、処理部５６とを備える。なお、スイッチ５３ａ及びスイッチ５３ｂの端子１と端子３との接続、または端子２と端子３との接続の切替は、処理部５６が行う。

[0046] 弾性表面波素子４４は、圧電基板５８上（第１面）に形成される２つの櫛形電極６０ａ、６０ｂと、櫛形電極６０ａ、６０ｂと圧電基板５８の端部（第２面）６２との間に形成される溝部（反射部）６４と、各櫛形電極６０ａ、６０ｂと溝部６４との間に、各櫛形電極６０ａ、６０ｂに対応して形成される反応場６６ａ、６６ｂと、溝部６４と端部６２との間に形成されるバルク波伝搬部６８とを備える。

[0047] ２つの櫛形電極６０ａ、６０ｂは、溝部６４の長手方向（矢印Ｙ方向）に併設して形成され、櫛形電極２６（図１Ａ、図１Ｂ参照）と同様に樹脂又はガラス等の封止部材７０ａ、７０ｂにより密閉される。なお、櫛形電極６０ａ及び６０ｂは、各々、図１Ａ、図１Ｂの櫛形電極２６に相当し、各々が極性の異なる複数対の電極指２７ａ及び２７ｂに相当する複数対の電極指を有している。

[0048] 溝部６４は、２つの櫛形電極６０ａ、６０ｂと弾性表面波の伝搬方向（矢印Ｘ方向）における圧電基板５８の端部６２との間に形成され、反射面３６に対応する反射面（第４面）７２が形成される。また、溝部６４の断面は、例えば図１Ｂと同様であり、溝部の深さは符号ｄで示されている。溝部３０の深さは（３）式を満たす深さである。

[0049] 反応場６６ａ、６６ｂは、各櫛形電極６０ａ、６０ｂと溝部６４との間に、各櫛形電極６０ａ、６０ｂに対応して形成される。各反応場６６ａ、６６ｂには、圧電基板５８上に蒸着された金属膜７４ａ、７４ｂが形成される。

溝部６４と端部６２との間には、バルク波伝搬部３４（図１Ａ、図１Ｂ参照）と同様のバルク波伝搬部６８が形成される。

[0050] 測定部５４を構成する発振器４８は、高周波発振信号を生成する。分配器

５０は、高周波発振信号を各櫛形電極６０ａ、６０ｂに供給するとともに、弾性波検出器５２に供給する。弾性波検出器５２は、分配器５０で分配された高周波発振信号と、各櫛形電極６０ａ、６０ｂで受信した弾性表面波に基づく信号との振幅比、位相差及び伝搬遅延差を検出し、検出した振幅比、位相差及び伝搬遅延差に基づく信号を処理部５６に出力する。処理部５６は、弾性波検出器５２から供給された信号に基づき、各反応場６６ａ、６６ｂに滴下された被測定物の物理的特性を求める。

このように、第２実施形態の被測定物特性測定装置４６は、第１組（櫛形電極６０ａ、反応場６６ａ）と、第２組（櫛形電極６０ｂ、反応場６６ｂ）とが、伝搬方向がＸ方向に平行になるように、並列して配置されている。

[0051] ＜第２実施形態による測定処理＞

このように構成される第２実施形態に係る測定装置４６では、第１実施形態に係る測定装置１０と同様にして、各反応場６６ａ、６６ｂに滴下された被測定物の物理的特性を測定することができる。

[0052] すなわち、発振器４８で生成された高周波発振信号は、分配器５０で分配され、弾性表面波素子４４の各櫛形電極６０ａ、６０ｂ及び測定部５４の弾性波検出器５２に供給される。

[0053] 櫛形電極６０ａでは、供給された高周波発振信号に基づいて弾性波が励振され、すべり弾性表面波が被測定物の滴下された反応場６６ａに沿って矢印Ｘ方向に伝搬した後、反射面７２に到達する。次いで、すべり弾性表面波は、反射面７２によって反射され、再度、反応場６６ａを伝搬し、櫛形電極６０ａで受信される。櫛形電極６０ｂにより励振されたすべり弾性表面波は、上述した実施形態と同様である。

[0054] また、櫛形電極６０ａにより励振されたバルク波は、反応場６６ａからバルク波伝搬部６８を伝搬し、端部６２に到達する。次いで、バルク波は、端部６２によって反射され、再度、バルク波伝搬部６８及び反応場６６ａを伝搬し、櫛形電極６０ａで受信される。櫛形電極６０ｂにより励振されたバルク波は、上述した実施形態と同様である。

[0055] 各櫛形電極６０ａ、６０ｂにより受信されたすべり弾性表面波及びバルク波は、すべり弾性表面波信号及びバルク波信号に変換された後、弾性波検出器５２に供給される。弾性波検出器５２は、分配器５０から供給された高周波発振信号と、受信した信号との振幅比、位相差及び伝搬遅延差を検出し、当該検出された振幅比、位相差に基づく信号を処理部５６に出力する。処理部５６は、弾性波検出器５２から供給された信号のうち、すべり弾性表面波に係る信号に対して所定時間遅延しているバルク波に係る信号を分離し、得られたすべり弾性表面波に係る信号に基づき、反応場６６ａ、６６ｂに滴下された各被測定物の物理的特性を求める。

[0056] このように構成される第２実施形態に係る被測定物特性測定装置４６では、第１実施形態に係る被測定物特性測定装置１０と同様にして、弾性表面波に係る信号からバルク波に係る信号を分離し、すべり弾性表面波に係る信号に基づき、各反応場６６ａ、６６ｂに滴下された各被測定物の物理的特性を求めることができる。すなわち、被測定物特性測定装置４６では、同一又は異なる複数の被測定物の物理的特性を同時に高精度に求めることができる。

[0057] また、第２実施形態の弾性表面波素子４４を含む被測定物特性測定装置４６では、各反応場６６ａ、６６ｂに滴下された各被測定物の物理的特性を同時に求めることができる。さらに、一方の反応場６６ａにのみ被測定物を滴下させ、各櫛形電極６０ａ、６０ｂが検出したすべり弾性表面波信号を処理することにより、弾性表面波素子４４の環境条件の変化、例えば、温度変化の影響を補償して被測定物の物理的特性を高精度に求めることもできる。

[0058] ＜第３実施形態＞

図５は、第３実施形態の弾性表面波素子７６を備えた被測定物特性測定装置７８の平面構成図である。なお、第２実施形態と同一の構成要素には同一の参照符号を付し、その詳細な説明を省略する。また、弾性表面波素子７６を構成する材料は、第１実施形態の弾性表面波素子１２と同様である。また、溝部６４の断面は、例えば図１Ｂと同様であり、溝部の深さは符号ｄで示されている。溝部３０の深さは（３）式を満たす深さである。

[0059] 弾性表面波素子７６は、図５に示すように、第２実施形態の弾性表面波素子４４（図４参照）における反応場６６ｂの金属膜７４ｂの一部が剥離され、圧電基板５８が露出した剥離部８０を有する。剥離部８０の構成を除いて、弾性表面波素子７６の構成は、弾性表面波素子４４と同一の構成である。圧電基板５８が露出する反応場６６ｂは、反応場６６ａとは異なる振幅・位相特性を有する電気的な開放状態である。

[0060] 反応場６６ａが電気的に短絡されている場合の出力信号は、力学的相互作用のみを受けている。また、反応場６６ｂが電気的に開放されている場合の出力信号は、物理的相互作用（電気的相互作用及び力学的相互作用）を受けている。従って、２つの反応場６６ｂと反応場６６ａに基づく出力信号から力学的相互作用を相殺し、電気的相互作用を抽出することにより、被測定物の比誘電率や導電率を求めることができる（例えば、羽藤逸文他２名、「ＳＡＷ発振器一体型ＳＡＷセンサシステムの開発」、信学技報、電子情報通信学会、２００３年２月　参照）。

このように構成される第３実施形態に係る被測定物特性測定装置７８では、各反応場６６ａ、６６ｂに同一の被測定物が滴下され、次いで、各櫛形電極６０ａ、６０ｂにより弾性波が励振される。処理部５６は、電気的に短絡されている反応場６６ａから得られたすべり弾性表面波に係る信号と、電気的に開放されている反応場６６ｂから得られたすべり弾性表面波に係る信号とに基づき、被測定物の誘電率や導電率等の物理的特性を高精度に求めることができる。

[0061] なお、第１～第３実施形態では、溝部（反射部）（３０、６４）が溝である例を説明したが、本発明はこの構造に限られない。図７は、弾性表面波素子１２’を備えた被測定物特性測定装置のＩＢ－ＩＢ線断面図である。なお、図７は、第１実施形態に係る図１Ａの断面図を示しているが、第２実施形態（図４）、第３実施形態（図５）にも、図７に示された構造を同様に適用できる。

図７に示すように、弾性表面波素子１２’は、圧電基板２４の表面（第１

面）の法線方向に表面と異なる位置に配置された第３面３６Ｃ’が形成されている。この第３面は、バルク波伝搬部３４の上面と連続している。そして、第４面である反射面３６Ａ’は、第１面の端部と第３面の端部とを結んで形成されている。すなわち、本発明に係る被測定物特性測定装置（１０、４６、及び７８）では、反射面３６（３６Ａ、３６’、及び７２）のみ有し、反射面３６（３６Ａ、３６’、及び７２）に平行に設けられている面３６Ｂ（図６参照）を有していなくてもよい。このように構成することで、第１～第３実施形態と同様に、すべり弾性表面波ｓ１１１が反射面３６Ａ’により反射し、バルク波ｓ１１３が端部２８により反射するので、すべり弾性表面波ｓ１１１とバルク波ｓ１１３とを分離することができる。従って、被測定物の物理的特性を高精度に求めることのできる小型で安価な弾性表面波素子１２’を備えた被測定物特性測定装置１０を得ることができる。

[0062] ＜第４実施形態＞

図８は、第１実施形態における溝部３０の深さｄが０．０６［ｍｍ］の場合の実測値の一例を示す図である。図９は、第１実施形態における溝部３０の深さｄが０．０１［ｍｍ］の場合の実測値の一例を示す図である。図８及び図９において、横軸は時間を表し、縦軸は信号レベルを表している。図８及び図９において、曲線ｓ４０１及びｓ４１１は、バルク波の時間対信号レベルの特性であり、曲線ｓ４０２及びｓ４１２は、すべり弾性表面波の時間対信号レベルの特性である。

図１Ｂまたは図６に示すように、第１実施形態において溝部３０の底面（第３面）は、圧電基板２４の下面と略平行に形成されている。

図８に示すように溝部３０の深さｄが０．０６［ｍｍ］の場合、時刻約２［μｓ］～約３［μｓ］の間、バルク波ｓ４０１とすべり弾性表面波ｓ４０２とのレベル差は、約６０［ｄＢ］である。次に、図９に示すように溝部３０の深さｄが０．０１［ｍｍ］の場合、時刻約２［μｓ］～約３［μｓ］の間、バルク波ｓ４１１とすべり弾性表面波ｓ４１２とのレベル差は、約７０［ｄＢ］である。

このように、溝部３０の深さｄが所定の深さより深い場合、バルク波の信号レベルが大きくなる。この要因は、図６で説明したように、溝部３０の反射面３６Ａにバルク波が反射して、櫛形電極２６に戻ってくる信号レベルが大きくなるためである。このため、反射面３６Ａが上述した関係式（３）を満たす場合、バルク波ｓ４０１とすべり弾性表面波ｓ４０２とのレベル差を大きくできる。

[0063] しかしながら、図９に示すように溝部３０の深さｄが０．０１［ｍｍ］であっても、時刻約３［μｓ］過ぎから、バルク波ｓ４０１の信号レベルが上昇している。ここで、時刻約３［μｓ］過ぎから、バルク波ｓ４０１の信号レベルが上昇する理由を説明する。

図１０は、溝部３０における端部による反射を説明する図である。図６と同じ箇所は、同じ符号を用いて説明を省略する。

図１０において、点４０１は溝部３０における反射面（第４面）３６Ａの端部を表している。また、曲線ｓ４２１はバルク波を表し、矢印ｓ４２２と矢印ｓ４２３は、端部４０１により、新たに発生したバルク波を表している。また符号３６Ｂは、反射面３６Ａと対向してバルク波伝搬部３４に接して設けられている面を表し、符号３６Ｃは、溝部３０の底面（第３面）を表している。

図１０に示すように、溝部３０の底面３６Ｃと圧電基板２４の下面との間を通過し端部（第２面）２８で反射するバルク波ｓ１１３以外に、溝部３０の反射面３６Ａで反射するバルク波ｓ１１２、ｓ４２１がある。反射面３６Ａの端部４０１で反射するバルク波ｓ４２１は、単に端部４０１で反射するだけではなく、矢印ｓ４２２及び矢印ｓ４２３のように、新たなバルク波を発生させる。このように新たに発生したバルク波ｓ４２２及びｓ４２３が、遅れて櫛形電極２６に到達するため、図９に示したように時刻約３［μｓ］過ぎから、バルク波ｓ４０１の信号レベルが上昇している。

このため、第４実施形態では、溝部の端部で新たに発生するバルク波を抑えることで、さらにバルク波とすべり弾性表面波との分離を良くする。

[0064] 図１１は、第４実施形態に係る溝部３０ａの形状を説明する図である。図１１において、弾性表面波が伝搬する方向をＸ方向、弾性表面波が伝搬する方向に対して垂直な方向をＹ方向、圧電基板２４の厚み方向をＺ方向とする。なお、図１１は、第１実施形態の図１Ａに示した被測定物特性測定装置１０に第４実施形態の溝部３０ａを適用した例の図であるが、第２及び第３実施形態の被測定物特性測定装置４６及び７８にも適用可能である。またＨは圧電基板２４のＺ方向の厚みである。

図１１に示すように、溝部（反射部）３０ａは、Ｚ方向に深さｄの側面（第４面）３６Ａａ及び側面３６Ｂａと、例えば直径ｗの半円の曲面（第３面）３６Ｃａとを有している（前記第３面の少なくとも１部が曲面である）。この側面３６Ａａの深さｄは、第１実施形態と同様に、λ／２以上かつＨ／２以下である。また、第１～第３実施形態と同様に、側面３６Ｂａは、側面３６Ａａと略平行して形成されていてもよい。

曲面３６ＣａのＺ方向の深さｄ’は、例えばｗ／２である。従って、溝部３０ａの深さの合計は、最大ｄ＋ｄ’である。

このように、弾性表面波素子１２ａにおける溝部３０ａの底面３６Ｃａは、第１～第３実施形態の底面３６Ｃ（図６参照）のように圧電基板２４の下面と略平行な形状ではなく、曲面を有している。このため、底面３６Ｃａは、Ｚ方向の位置毎にＸ方向の位置が異なる。Ｚ方向の位置毎にＸ方向の位置が異なるとは、具体的には、底面３６Ｃａの各座標をＸＺ平面で表した場合、位置１＝（ｘ１、ｚ１）、位置２＝（ｘ２、ｚ２）、・・・のように、位置毎に少なくともＸ方向かＺ方向の座標が異なることである。なお、溝部３０ａは、凸多角形により略半円に形成されるようにしてもよい。

なお、第４実施形態では、側面３６Ａａが、第１実施形態の反射面３６に相当する。

[0065] 図１２は、図１１に示した溝部３０ａを備える場合の実測値の一例を示す図である。図１２において、横軸は時間を表し、縦軸は信号レベルを表している。また、曲線ｓ４５１は、バルク波の時間対信号レベルの特性であり、

曲線ｓ４５２は、すべり弾性表面波の時間対信号レベルの特性である。図１２は、図１１において溝部３０ａの深さｄ＋ｄ’が０．０６［ｍｍ］である場合の実測値である。

図１２に示すように溝部３０ａを有する場合、時刻約２［μｓ］～約３［μｓ］の間、バルク波ｓ４５１とすべり弾性表面波ｓ４５２とのレベル差は、図９と同様に約７０［ｄＢ］である。図９では、時刻約３［μｓ］過ぎから、バルク波ｓ４０１の信号レベルが上昇していたが、第４実施形態では、図１２に示すように時刻約３［μｓ］過ぎてもバルク波ｓ４５１のレベルが上昇しない。このように、図１２に示した測定値は、同じ深さ０．０６［ｍｍ］である図８、及び側面３６Ａ及び３６Ｂを有して深さが０．０１［ｍｍ］の図９のどちらと比較しても、バルク波の信号レベルが低減されている。

[0066] ここで、第４実施形態の溝部３０ａを被測定物特性測定装置に適用した場合に、バルク波による信号レベルを減少できる理由を説明する。図１０で説明したように、バルク波が反射する面に端部があると、この端部により新たなバルク波が発生する。図１１のように、溝部３０ａの側面３６Ａａと連続する底面３６Ｃａを、曲面により形成した場合、側面３６Ａａと底面３６Ｃａとの接続部等に端部が形成されない。このため、図１１に示した溝部３０ａのように形成すれば、端部による新たなバルク波が発生しない。

図１１の場合、側面３６Ａａに加えて底面３６Ｃａでもバルク波が反射する。しかしながら、底面３６Ｃａが曲面のため、この面で反射し、櫛形電極２６（図１Ａ、図１Ｂ参照）が受信するバルク波のタイミングが、例えばＺ方向の深さの位置毎に異なる。すなわち、櫛形電極２６が受信するバルク波が分散する。この結果、第４実施形態によれば、図１２に示したように、時刻約３［μｓ］過ぎてもバルク波による信号レベルを減少できる。

[0067] 以上のように、第４実施形態による弾性表面波素子１２ａが有する溝部３０ａは、第１～第３実施形態で説明した溝部３０と同様にＸＹ平面に対して垂直な側面３６Ａａを有し、さらに底面として曲面３６Ｃａを有している。この構成により、第４実施形態の被測定物特性測定装置における弾性表面波

素子１２ａは、第１～第３実施形態と比べて、さらにすべり弾性表面波とバルク波との分離を向上できる。この結果、被測定物の物理的特性を高精度に求めることができる小型で安価な弾性表面波素子１２ａを備えた被測定物特性測定装置１０を得ることができる。

[0068] 次に、溝部の形状の変形例を説明する。

図１３及び図１４は、第４実施形態に係る溝部の変形例である。なお、図１３及び図１４は、ＸＺ平面における弾性表面波素子の断面図の一部である。また、圧電基板のＺ方向の厚みはＨである。

図１３に示すように、弾性表面波素子１２ｂの溝部（反射部）３０ｂは、Ｚ方向に深さｄの側面３６Ａｂ及び側面３６Ｂｂと、斜面３６Ｃｂ１（第３面）と、斜面３６Ｃｂ２（第３面）とを有している。斜面３６Ｃｂ１は、側面３６Ａｂに対して角θ１で傾斜しており、一端（端部４１１、第一端）で側面３６Ａｂと接している平面である。斜面３６Ｃｂ２は、側面３６Ｂｂに対して角θ１で傾斜しており、一端（第一端）で側面３６Ｂｂと接している平面である。斜面３６Ｃｂ１の他端（端部４１２、第二端）は、斜面３６Ｃｂ２の他端と接している。また、側面３６Ａｂの深さｄは、第１実施形態と同様に、λ／２以上かつＨ／２以下である。また、溝部３０ｂのＺ方向における深さは、最大ｄ＋ｄ’である。即ち、溝部３０ｂが有する斜面の少なくとも１部は、圧電基板の第１面の法線方向に対して所定角度傾斜して形成されている斜面である。このように、溝部３０ｂの断面形状は、圧電基板２４の表層部分から圧電基板２４の内部に向けて突出するような凸状の多角形である。換言すると、側面３６Ａｂと、側面３６Ｂｂと、斜面３６Ｃｂ１と、斜面３６Ｃｂ２と、バルク波伝搬部３４の表面と同一平面であって溝部３０ｂを閉じるように延長された仮想線とによって囲まれた形状が凸状の多角形である（以下、凸多角形と称する）である。本実施形態では、溝部３０ｂの断面形状が五角形である。

なお、図１３に示した例では、側面３６Ａｂと側面３６Ｂｂとの深さが同じ場合を説明したが、深さは異なっていてもよい。ただし、この場合であっ

ても、側面３６Ａｂの深さｄは、λ／２以上かつＨ／２以下であればよい。同様に、側面３６Ａｂと斜面３６Ｃｂ１とのなす角θ１と、側面３６Ｂｂと斜面３６Ｃｂ２とのなす角θ１とは、同じであっても異なっていてもよい。このように溝部３０ｂは、凸多角形に形成されている。

[0069] 図１４に示すように、弾性表面波素子１２ｃの溝部（反射部）３０ｃは、Ｚ方向に深さｄの側面３６Ａｃと、Ｚ方向に深さｄ＋ｄ’の側面３６Ｂｃと、斜面３６Ｃｃ１（第３面）と、底面３６Ｃｃ２とを有している。斜面３６Ｃｃ１は、側面３６Ａｃに対して角θ２で傾斜しており、一端（端部４２１、第一端）で側面３６Ａｃと接している平面である。底面３６Ｃｃ２の一端は、斜面３６Ｃｃ１の他端（端部４２２、第二端）で斜面３６Ｃｃ１と接しており、底面３６Ｃｃ２の他端は、側面３６Ｂｃの下端と接しており、底面３６Ｃｃ２は、圧電基板２４の下面と平行である。

この側面３６Ａｃの深さｄは、第１実施形態と同様に、λ／２以上かつＨ／２以下である。また、溝部３０ｃのＺ方向における深さは、最大ｄ＋ｄ’である。 即ち、溝部３０ｃが有する斜面の少なくとも１部は、圧電基板の第１面の法線方向に対して所定角度傾斜して形成されている斜面である。このように、溝部３０ｃの断面形状は、圧電基板２４の表層部分から圧電基板２４の内部に向けて突出するような凸状の多角形である。換言すると、側面３６Ａｃと、側面３６Ｂｃと、斜面３６Ｃｃ１と、底面３６Ｃｃ２と、バルク波伝搬部３４の表面と同一平面であって溝部３０ｃを閉じるように延長された仮想線とによって囲まれた形状が凸状の多角形である（以下、凸多角形と称する）である。本実施形態では、溝部３０ｃの断面形状が五角形である。

なお、図１４に示した例では、溝部３０ｃが底面３６Ｃｃ２を有している例を説明したが、底面３６Ｃｃ２を有していなくてもよい。この場合、斜面３６Ｃｃ１の他端は、側面３６Ｂｃの下端と接していてもよい。このように溝部３０ｃは、凸多角形に形成されている。

[0070] 次に、図１３及び図１４のような形状の溝部におけるバルク波の伝搬につ

いて説明する。

図１３に示したように、溝部３０ｂは、端部４１１及び端部４１２を有している。このため、これらの端部により新たなバルク波が生じる。同様に、図１４に示したように、溝部３０ｃは、端部４２１及び端部４２２を有している。このため、これらの端部により新たなバルク波が生じる。

しかしながら、第４実施形態の溝部３０ｂは、第１～第３実施形態（例えば図６）と異なり、深さｄの側面３６Ａｂに連続する斜面３６Ｃｂ１を有している。同様に、第４実施形態の溝部３０ｃは、深さｄの側面３６Ａｃに連続する斜面３６Ｃｃ１を有している。

このため、バルク波は、上述した端部（４１１及び４１２、または４２１及び４２２）で反射するのみではなく、斜面３６Ｃｂ１または３６Ｃｃ１の各位置で反射する。斜面３６Ｃｂ１または３６Ｃｃ１は、図１１に示した底面３６Ｃａと同様に、斜面のＸＺ平面の各位置が異なる。

従って、本実施形態では、端部４１１、４１２、４２１、及び４２２で発生した新たなバルク波に加え、各位置で反射したバルク波を、各々、異なる時刻に櫛形電極２４が受信する。この結果、底面３６Ｃａが曲面の場合と同様に、櫛形電極２４が受信するバルク波が時間方向に分散する。従って、図１３または図１４の溝部３０ｂまたは３０ｃを備える弾性表面波素子１２ｂまたは１２ｃによれば、バルク波による信号レベルを減少できる。

[0071] 以上のように、第４実施形態では、第１～第３実施形態の溝部（３０または６４）が有する深さｄの側面（３６Ａａ、３６Ａｂ、または３６Ａｃ）に加えて、曲面の底面３６Ｃａまたは斜面（３６Ｃｂ１、または３６Ｃｃ１）を有している。この構成により、第１～第３実施形態と同様に、櫛形電極２４は、側面（３６Ａａ、３６Ａｂ、または３６Ａｃ）により反射したすべり弾性表面波に基づく信号を受信する。また、櫛形電極２４は、側面（３６Ａａ、３６Ａｂ、または３６Ａｃ）、底面３６Ｃａまたは斜面（３６Ｃｂ１、または３６Ｃｃ１）、及び端部２８により反射したバルク波に基づく信号を受信する。上記のうち、底面３６Ｃａまたは斜面（３６Ｃｂ１、または３６

Ｃｃ１）、及び端部２８により反射したバルク波は、分散されて受信される。これにより、図１３のように側面３６Ａｂと斜面３６Ｃｂ１との間に端部４１１等があっても、バルク波を分散できるので、新たに発生するバルク波の影響を低減できる。

従って、第４実施形態によれば、第１～第３実施形態より、さらにバルク波を低減できるので、バルク波とすべり弾性表面波と分離できる。この結果、第４実施形態では、このようにしてバルク波から分離されたすべり弾性表面波を用いることで、被測定物の物理的特性を高精度に求めることができる。

[0072] ＜第５実施形態＞

図１５は、第５実施形態の弾性表面波素子１２ａを備えた被測定物特性測定装置１０ａの平面構成図である。図１６Ａは、図１５に示す弾性表面波素子１２ａのＩＢ－ＩＢ線断面図である。図１６Ｂは、図１６Ａの符号Ａで示された部分を示す拡大断面図であり、反射部５００を含む部分の拡大図である。

被測定物特性測定装置１０ａは、被測定物の物理的特性を測定する。被測定物特性測定装置１０ａは、弾性表面波素子１２ａと、発振器１４ａ、分配器１６ａ、スイッチ１７ａ及び弾性波検出器１８ａから構成される測定部２０ａと、パソコン等で構成される処理部２２とを備える。測定部２０ａは、第１実施形態の測定部２０と同様の機能を有している。

[0073] 弾性表面波素子１２ａは、圧電基板２４と、圧電基板２４上に形成され弾性波を励振させる櫛形電極２６と、櫛形電極２６と弾性波の伝搬方向（矢印Ｘ方向）における圧電基板２４の端部２８との間に形成される反射部５００と、櫛形電極２６と反射部５０１～５０３との間に形成され被測定物が負荷される反応場３２と、反射部５０１～５０３と端部２８との間に形成されるバルク波が伝搬するバルク波伝搬部３４とを備える。反射部５００は、反射部５０１～５０３を備える。本実施形態の弾性表面波素子１２ａは、反射部５０１～５０３を備えている点で、第１実施形態と異なる。

また、図１５，図１６Ａ，及び図１６Ｂにおいて、弾性波の伝搬方向をＸ方向、弾性表面波の伝搬方向と直交する方向をＹ方向とする。

[0074] 反射部５０１～５０３は、Ｙ方向に圧電基板２４の一方の端（第一基板端）から他端（第二基板端）に延在するように形成されている。反射部５０１～５０３は、弾性波が伝搬する圧電基板２４の表面に略垂直な高さｈ（図１６Ａ及び図１６Ｂ参照）の壁を有している。反射部５０１～５０３の壁の高さｈは、弾性表面波の波長λに応じて決定されている。

反射部５０１は、Ｘ方向に、反応場３２から距離Ｌ１１離れて形成されている。また、反射部５０１のＸ方向の幅は、Ｌ１２である。反射部５０１は、Ｘ方向に面５１１（第３面）を有し、圧電基板２４の表面から高さｈの反射面５２１（第４面）を有している。

反射部５０２は、Ｘ方向に、反射部５０１から距離Ｌ１３離れて形成されている。また、反射部５０２のＸ方向の幅は、Ｌ１４である。反射部５０２は、Ｘ方向に面５１２（第３面）を有し、圧電基板２４の表面から高さｈの反射面５２２（第４面）を有している。

反射部５０３は、Ｘ方向に、反射部５０２から距離Ｌ１５離れて形成されている。また、反射部５０３のＸ方向の幅は、Ｌ１６である。反射部５０３は、Ｘ方向に面５１３（第３面）を有し、圧電基板２４の表面から高さｈの反射面５２３（第４面）を有している。

弾性表面波は、圧電基板２４の表層部分を伝搬し、反射部５０１～５０３の各面５２１～５２３によって反射された後、再度、反応場３２を伝搬し、櫛形電極２６で受信される。

[0075] なお、距離Ｌ１１、Ｌ１３及びＬ１５は、同じであっても異なっていてもよい。幅Ｌ１２、Ｌ１４及びＬ１６は、同じであっても異なっていてもよい。また、反射部５０１～５０３の反射面５２１～５２２の高さｈは、同じであっても異なっていてもよい。

なお、図１５，図１６Ａ，及び図１６Ｂでは、弾性表面波素子１２ａが反射部を３つ備える例を示したが、反射部の数は、１つ以上であればよい。

[0076] 次に、被測定物特性測定装置１０ａによる処理の一例を説明する。

処理部２２は、スイッチ１７ａを端子１と端子３とが接続されるように切り替える。これにより、分配器１６ａは、スイッチ１７ａを介して、高周波発振信号を櫛形電極２６に供給する。

櫛形電極２６は、供給された高周波発振信号に基づいて弾性波が励振される。弾性波は、被測定物の滴下された反応場３２に沿って矢印Ｘ方向に伝搬される。

反応場３２を伝搬する弾性波のうち、弾性表面波であるすべり弾性表面波は、圧電基板２４の表層部分を伝搬し、反射部５０１～５０３の反射面５２１～５２３によって反射された後、再度、反応場３２を伝搬し、櫛形電極２６で受信される。また、バルク波は、圧電基板２４の内部のバルク波伝搬部３４及び反応場３２を伝搬し、圧電基板２４の端部２８に達する。次いで、このバルク波は、端部２８によって反射された後、再度、バルク波伝搬部３４及び反応場３２を伝搬し、櫛形電極２６で受信される。

処理部２２は、スイッチ１７ａを端子２と端子３とが接続されるように切り替える。

櫛形電極２６により受信された弾性表面波及びバルク波は、弾性表面波信号及びバルク波信号に変換された後、弾性波検出器１８ａに供給される。

[0077] なお、弾性波検出器１８ａは、例えば、反射部５０１～５０３のうち、３つのうちの中心に位置されている反射部５０２の反射による弾性表面波信号を用いて検出する。反射部が２つ以上の場合、弾性波検出器１８ａは、反射部５０１～５０３において中心に配置されている反射部の反射による弾性表面波信号を用いて検出するようにしてもよい。反射部の数が偶数の場合、例えば反射部が４つの場合（第１反射部～第４反射部）、弾性波検出器１８ａは、４つの反射部のうち中心に配置されている第２反射部または第３反射部による弾性表面波信号を用いて検出するようにしてもよい。

[0078] 以上のように、第５実施形態の被測定物特性測定装置１０ａにおいて、弾性表面波は、反応場３２を伝搬し、反射部５００の反射面（５２１～５２３

）により反射されて櫛形電極２６で受信されるのに対して、バルク波は、反応場からバルク波伝搬部３４に伝搬し、圧電基板２４の端部２８で反射された後、弾性表面波よりも所定時間だけ遅延して櫛形電極２６で受信される。そのため、この遅延時間を利用して弾性波に基づく信号からバルク波に基づく信号を分離し、弾性表面波による信号を抽出することができる。従って、弾性表面波による信号に基づき、被測定物の物理的特性を高精度に求めることができる。

[0079] なお、第５実施形態では、櫛形電極２６、反応場３２が１つの例を説明したが、第２及び第３実施形態のように複数であってもよい。この場合であっても、例えば、図４の溝部６４、図５の溝部６４の代わりに反射部５００を適用してもよい。

また、図１６Ａ及び図１６Ｂでは、反射部５０１～５０３の面５１１～５１３の形状は、圧電基板２４と略平面な形状の例を示したが、本発明はこの例に限られない。反射部５０１～５０３の面５１１～５１３の形状は、他の形状、例えば半円、斜面等であってもよい。

[0080] なお、本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲で変更することが可能である。

[0081] 例えば、第２実施形態の弾性表面波素子４４及び第３実施形態の弾性表面波素子７６に形成される溝部６４は、図３に示す場合と同様に、樹脂４２で覆うことにより、溝部６４に被測定物の一部が滴下された場合であっても、被測定物の物理的特性を高精度に求めることができる。

符号の説明

[0082] １０、１０ａ、４６、７８…被測定物特性測定装置

１２、１２ａ、４４、７６…弾性表面波素子

１４、４８…発振器

１６、５０…分配器

１８、５２…弾性波検出器

２０、５４…測定部

２２、５６…処理部

２４、５８…圧電基板

２６、６０ａ、６０ｂ…櫛形電極

２７ａ、２７ｂ…電極指

２８、６２…端部

３０、６４…溝部

３２、６６ａ、６６ｂ…反応場

３４、６８…バルク波伝搬部

３６、７２、５２１～５２３…反射面

３８、７０ａ、７０ｂ…封止部材

４０、７４ａ、７４ｂ…金属膜

４２…樹脂

８０…剥離部

５００～５０４…反射部

請求の範囲

[請求項1] 圧電基板上の第１面に形成され、弾性波を励振させ、前記弾性波に基づく反射を受信する櫛形電極と、

前記櫛形電極と前記弾性波の伝搬方向における前記圧電基板の前記第１面に直交する第２面との間に、前記第１面の法線方向に前記第１面と異なる位置に形成される第３面と、前記第１面の法線方向に垂直に形成される前記第１面の端部と前記第３面とを結ぶ第４面とを有する反射部と、

前記櫛形電極と前記反射部との間に形成され被測定物が負荷される反応場と、

前記反射部と前記第２面との間に形成されている伝搬部と、

を備える弾性表面波素子を備え、

前記櫛形電極から前記反応場を伝搬し、前記反射部の前記第４面により反射され、前記櫛形電極により受信された前記弾性波に含まれる前記圧電基板の表面を伝搬する弾性表面波を、前記圧電基板の前記第２面により反射され、前記櫛形電極により受信された前記弾性波に含まれる前記圧電基板の内部を伝搬するバルク波から分離して抽出し、抽出した前記弾性表面波に基づき、前記被測定物の特性を求める

ことを特徴とする被測定物特性測定装置。

[請求項2] 前記圧電基板の前記表面から前記圧電基板の内部に向かう方向における前記反射部が有する壁の高さｄは、次式の関係を満たす値である

$\lambda / 2 \leqq d \leqq H / 2$

λ：前記弾性波の波長

Ｈ：前記圧電基板の厚さ

ことを特徴とする請求項１に記載の被測定物特性測定装置。

[請求項3] 前記櫛形電極は、

複数の電極指をＮ（Ｎは１以上の整数）対、備え、

前記反射部の前記第４面から前記圧電基板の前記端部までの距離Ｌ

２は、次式の関係を満たす値である

Ｌ２≧Ｎ×λ／２

λ：前記弾性波の波長

Ｎ：前記櫛形電極を構成する複数の電極指の対の数

ことを特徴とする請求項１または請求項２に記載の被測定物特性測定装置。

[請求項4] 前記反射部が有する前記第３面は、前記圧電基板の前記第１面に対して平行である

ことを特徴とする請求項１から請求項３のいずれか一項に記載の被測定物特性測定装置。

[請求項5] 前記反射部が有する前記第３面の少なくとも１部は、曲面である

ことを特徴とする請求項１から請求項３のいずれか一項に記載の被測定物特性測定装置。

[請求項6] 前記反射部が有する前記第３面の少なくとも１部は、前記圧電基板の前記第１面の法線方向に対して所定角度傾斜して形成されている斜面である

ことを特徴とする請求項１から請求項３、請求項５のいずれか一項に記載の被測定物特性測定装置。

[請求項7] 前記反射部には、

前記圧電基板の前記第１面から突出しない範囲で樹脂が充填される

ことを特徴とする請求項１から請求項６のいずれか一項に記載の被測定物特性測定装置。

[請求項8] 前記圧電基板には、前記弾性波の伝搬方向に対して垂直方向に複数の前記櫛形電極が形成されるとともに、前記各櫛形電極と前記反射部の前記第３面との間に、前記各櫛形電極に対応する複数の前記反応場が形成される

ことを特徴とする請求項１から請求項７のいずれか一項に記載の被測定物特性測定装置。