

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4389552号
(P4389552)

(45) 発行日 平成21年12月24日(2009.12.24)

(24) 登録日 平成21年10月16日(2009.10.16)

(51) Int.Cl.		F I	
H03H	9/25	(2006.01)	H03H 9/25 A
G01H	11/08	(2006.01)	H03H 9/25 C
			G01H 11/08 D

請求項の数 9 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2003-380771 (P2003-380771)	(73) 特許権者	000003193
(22) 出願日	平成15年11月11日(2003.11.11)		凸版印刷株式会社
(65) 公開番号	特開2005-150784 (P2005-150784A)		東京都台東区台東1丁目5番1号
(43) 公開日	平成17年6月9日(2005.6.9)	(72) 発明者	赤尾 慎吾
審査請求日	平成18年10月24日(2006.10.24)		東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内
		(72) 発明者	中曾 教尊
			東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内
		審査官	崎間 伸洋

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 弾性波素子および弾性波素子を用いた環境差異検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

円環状の曲面の一部を含む表面を有し、圧電材料よりなる 3 次元基体と、
 前記 3 次元基体の結晶軸の Z 軸方向の基体表面に設置されたバルク波励起すだれ状電極と、を備え、
 前記バルク波励起すだれ状電極は、前記バルク波励起すだれ状電極が設置されたバルク波励起すだれ状電極設置基体表面と、前記バルク波励起すだれ状電極設置基体表面と対向する基体表面と、の間の基体内部をバルク波が多重反射する内部伝搬帯上に設置されていること
 を特徴とする弾性波素子。

【請求項 2】

前記 3 次元基体は、弾性表面波が伝搬可能な曲面が連続した少なくとも円環状の曲面の一部を含む表面である伝搬表面帯を有する 3 次元基体であり、
 更に、
 前記伝搬表面帯上の 3 次元基体表面に、弾性表面波励起すだれ状電極と、を備えたこと
 を特徴とする請求項 1 に記載の弾性波素子。

【請求項 3】

前記 3 次元基体は、結晶軸の Z 軸方向の基体表面に弾性表面波が伝搬可能な曲面が連続した少なくとも円環状の曲面の一部を含む表面である伝搬表面帯を有する 3 次元基体であり、

10

20

前記バルク波励起すだれ状電極は、前記伝搬表面帯と前記内部伝搬帯の交点となる３次元基体表面に設置されたこと
を特徴とする請求項１に記載の弾性波素子。

【請求項４】

前記３次元基体は、結晶軸のＺ軸方向の基体表面が平坦面であり、
前記バルク波励起すだれ状電極が設置されたバルク波励起すだれ状電極設置基体表面は、
前記平坦面にあること
を特徴とする請求項１または２のいずれかに記載の弾性波素子。

【請求項５】

前記３次元基体は、水晶、リチウムトリボレートおよびピスマスシリコンオキサイドか
らなる群のいずれか一つからなること
を特徴とする請求項１に記載の弾性波素子。

10

【請求項６】

前記３次元基体は、ニオブ酸リチウムおよびタンタル酸リチウムからなる群のいずれか
一つからなり、
前記内部伝搬帯は、Ｚ軸方向からＸＹ平面に対し７５°までの範囲にあること
を特徴とする請求項３に記載の弾性波素子。

【請求項７】

請求項２に記載の弾性波素子を用いた環境差異検出装置であって、
前記バルク波励起すだれ状電極および前記弾性表面波励起すだれ状電極に同一の入力信号
を入力し、
前記バルク波励起すだれ状電極からの出力信号と、前記弾性表面波励起すだれ状電極から
の出力信号と、を比較すること
を特徴とする環境差異検出装置。

20

【請求項８】

請求項２に記載の弾性波素子を用いた環境差異検出装置であって、
前記バルク波励起すだれ状電極により温度を検出し、
前記弾性表面波励起すだれ状電極により環境差異を検出すること
を特徴とする環境差異検出装置。

【請求項９】

請求項１から６のいずれかに記載の弾性波素子を用いた環境差異検出装置であって、
複数の前記弾性波素子を用いたこと
を特徴とする環境差異検出装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、弾性表面波および基体内部を多重反射するバルク波より構成された弾性波と前記素子より構成される環境差異検出装置に関するものである。

40

【背景技術】

【０００２】

弾性表面波（SAW:Surface Acoustic Wave）が励起可能であり、励起された弾性表面波を伝搬可能な表面を有する基体と、前記基体の表面に前記弾性表面波を励起し前記表面に沿い前記弾性表面波を伝搬させるとともに前記伝搬する弾性表面波を受信可能なすだれ状電極を備えた弾性表面波素子は従来からよく知られている。

【０００３】

弾性表面波素子は遅延線、発振素子、共振素子、周波数選択素子、化学センサー、バイオセンサー、圧力センサー、或いは、リモートタグ等として使用されている。

【０００４】

50

特許文献 1 は、球形状の弾性表面波素子を開示している。この球形状の弾性表面波素子の基体は、弾性表面波が励起可能であり励起された弾性表面波を伝搬させることが可能な球形状の表面を有している。前記球状表面弾性波素子のすだれ状電極は基体の球状表面において円環状に連続している所定の幅を有した帯域配置されていて、前記表面に励起した弾性表面波を前記帯域が連続している方向に沿い伝搬させ繰り返し周回させるように構成されている。

【 0 0 0 5 】

球形状の弾性表面波素子では、基体表面の円環状に連続している弾性表面波伝搬帯域にすだれ状電極により励起された弾性表面波を弾性表面波伝搬帯域内で実質的に減衰することなく上記表面を繰り返し周回させることができる。

10

【特許文献 1】国際公報 WO01/45255号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

弾性表面波素子の基体は弾性表面波が励起可能であり、励起された弾性表面波を伝搬させることが可能な材料、具体的には水晶、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、リチウムトリボレート、ビスマスシリコンオキサイドがある。

【 0 0 0 7 】

また、弾性表面波素子とは上記材料表面を弾性表面波が繰り返し周回する。環境差異検出装置をして動作させる場合、材料表面反応膜等を作製して伝搬する弾性表面波の特徴、ここでの特徴は波をしての特徴であり、音速の伝搬速度、位相、励起される音速の中心周波数、位相を検出する。

20

【 0 0 0 8 】

しかしながら、前記に列挙した基体材料は、基体材料そのものの音速、励起される音速が温度変化を持つ。また、基体そのものも熱膨張をするため、広温度領域において使用可能な環境差異検出装置を提供するにあたり、基体材料の温度補正は必須である。

【 0 0 0 9 】

温度を測る方法として、一般的に熱電対、抵抗温度計、放射温度計等があるが、基体そのものの微小な温度を測定するには不向きである。

【 0 0 1 0 】

また、素子の駆動はインパルス、あるいは弾性表面波が基体を一周するより短い時間のバースト波で励起する。この際バースト波の周期精度を高めるには高価な信号発信器が必要となり、コストが高いものとなる。そこで入力信号を遅延させ、多重周回した弾性表面波と比較することにより安価なシステムを構築出来る。

30

【 0 0 1 1 】

この発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、弾性波素子、及び弾性波素子の検出能力の向上、動作安定性と、弾性波素子を用いた環境差異検出装置のシステムの軽量化を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

本発明の一実施形態は、円環状の曲面の一部を含む表面を有し、圧電材料よりなる 3 次元基体と、前記 3 次元基体の結晶軸の Z 軸方向の基体表面に設置されたバルク波励起すだれ状電極と、を備え、前記バルク波励起すだれ状電極は、前記バルク波励起すだれ状電極が設置されたバルク波励起すだれ状電極設置基体表面と、前記バルク波励起すだれ状電極設置基体表面と対向する基体表面と、の間の基体内部を多重反射する内部伝搬帯上に設置されていることを特徴とする弾性波素子である。

40

【 0 0 1 3 】

本発明の一実施形態は、前記 3 次元基体は、弾性表面波が伝搬可能な曲面が連続した少なくとも円環状の曲面の一部を含む表面である伝搬表面帯を有する 3 次元基体であり、更

50

に、前記伝搬表面帯上の３次元基体表面に、弾性表面波励起すだれ状電極と、を備えたことを特徴とする請求項１に記載の弾性波素子である。

【００１４】

本発明の一実施形態は、前記３次元基体は、結晶軸のＺ軸方向の基体表面に弾性表面波が伝搬可能な曲面が連続した少なくとも円環状の曲面の一部を含む表面である伝搬表面帯を有する３次元基体であり、前記バルク波励起すだれ状電極は、前記伝搬表面帯と前記内部伝搬帯の交点となる３次元基体表面に設置されたことを特徴とする請求項１に記載の弾性波素子である。

10

【００１５】

本発明の一実施形態は、前記３次元基体は、結晶軸のＺ軸方向の基体表面が平坦面であり、前記バルク波励起すだれ状電極が設置されたバルク波励起すだれ状電極設置基体表面は、前記平坦面にあることを特徴とする請求項１または２のいずれかに記載の弾性波素子である。

【００１６】

本発明の一実施形態は、前記３次元基体は、水晶、リチウムトリボレートおよびビスマスシリコンオキサイドからなる群のいずれか一つからなることを特徴とする請求項１に記載の弾性波素子である。

20

【００１７】

本発明の一実施形態は、前記３次元基体は、ニオブ酸リチウムおよびタンタル酸リチウムからなる群のいずれか一つからなり、前記内部伝搬帯は、Ｚ軸方向からＸＹ平面に対し７５°までの範囲にあることを特徴とする請求項３に記載の弾性波素子である。

【００１８】

本発明の一実施形態は、請求項２に記載の弾性波素子を用いた環境差異検出装置であって、前記バルク波励起すだれ状電極および前記弾性表面波励起すだれ状電極に同一の入力信号を入力し、前記バルク波励起すだれ状電極からの出力信号と、前記弾性表面波励起すだれ状電極からの出力信号と、を比較することを特徴とする環境差異検出装置である。

30

【００１９】

本発明の一実施形態は、請求項２に記載の弾性波素子を用いた環境差異検出装置であって、前記バルク波励起すだれ状電極により温度を検出し、前記弾性表面波励起すだれ状電極により環境差異を検出することを特徴とする環境差異検出装置である。

【００２０】

本発明の一実施形態は、請求項１から６のいずれかに記載の弾性波素子を用いた環境差異検出装置であって、複数の前記弾性波素子を用いたことを特徴とする環境差異検出装置である。

40

【発明の効果】

【００２２】

本発明は、弾性波素子表面の環境差異を検出する周回経路以外に、弾性波素子基体内部を伝搬するバルク波にて表面に依存しない経路を使用し、弾性波素子基体の温度計という構成を有するので、装置として弾性波素子以外の温度計の設置が不要になると共に、さらに多重反射を利用しているのでより高精度な環境差異検出装置が提供出来る。

【００２３】

また、弾性波素子表面の環境差異を検出する周回経路以外に、弾性波素子基体内部を伝

50

搬するバルク波にて表面に依存しない経路を使用し、バルク波にて弾性波に与えた入力波形を遅延させることにより、表面波の速度変化を検出するに使用する参照信号をバルク波にて保存することが出来る。このことにより、高価な安定した信号発生装置が不要となり低価格で安定した環境差異検出装置を提供出来る。

【 0 0 2 4 】

更に、弾性波素子表面の環境差異を検出する周回経路以外に、弾性波素子基体内部を伝搬するバルク波にて表面に依存しない経路を使用し、バルク波を発生させるすだれ状電極のピッチを変えることで、複数の環境差異検出素子の識別が可能になる。マルチ環境差異検出装置として提供する際、アドレッシング等が不要となり、より安価で信頼性の高い装置が提供出来る。

10

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 5 】

[第 1 の実施の形態]

以下、この発明に従った弾性波素子の第 1 の実施の形態を添付の図面中の図 1 を参照しながら詳細に説明する。

【 0 0 2 6 】

尚、本明細書では、疑似弾性表面波や前記 3 次元基体の表面の直下にすだれ状電極により励起され伝搬されるたとえば回廊波も弾性表面波と称して記述している。さらに、たとえば弾性境界波の様に表面に異なる物質が接している 3 次元基体の前記表面に沿い伝搬する、通常は弾性表面波と称さないような弾性波であってもここでは弾性表面波と称して記述している。

20

【 0 0 2 7 】

図 1 には、第 1 の実施の形態の弾性波素子 1 0 の外観が示されている。この弾性波素子 1 0 は弾性波伝搬帯 1 2 c、および弾性波が反射可能な基質がある 3 次元基体 1 2 と弾性波伝搬帯 1 2 c に前記弾性波を励起し弾性波伝搬帯 1 2 c に弾性波を励起させるとも伝搬する弾性波を受信可能なすだれ状電極 1 5 を備えている。すだれ状電極の構造は図 2 に示すパターンが球面上に転写されたものである。

【 0 0 2 8 】

また、3 次元基体の表面において、弾性表面波が伝搬する部分に何等かの膜を形成したり、或いは前記表面にすだれ状電極を何等かの膜を介して形成しても、そのような膜が弾性表面波の伝搬を実質的に阻害しなければそのような膜の存在は許容する。

30

【 0 0 2 9 】

尚、弾性波伝搬帯 1 2 c は図面の簡略化のために球表面を伝搬するかのよう描かれているが、実際は 3 次元球 1 2 において内部を伝搬する。

【 0 0 3 0 】

本発明に係わる前述弾性波素子及び本発明に係わる前述の弾性波素子を使用した本発明に係わる環境差異検出装置においては、弾性表面波を伝搬させる表面を有し、かつバルク波を伝搬させる基体を有している 3 次元基体を、例えば、水晶、ニオブ酸リチウム、タンタル酸リチウム、リチウムトリボレート、ピスマスシリコンオキシドの各結晶より形成する。ニオブ酸リチウムに関してはバルク波を Z 軸方向から X Y 平面に対し 7 5 ° までの角度の範囲で励起する、さらに、Z 軸近傍だとバルク波をすだれ状電極にて容易に励起可能である。タンタルリチウムに関しては、バルク波 Z 軸方向から X Y 平面に対し 7 5 ° までの範囲で励起する、更に Z 軸から 5 ° から 3 5 ° の範囲においてはバルク波をすだれ状電極にて容易に励起可能である。

40

【 0 0 3 1 】

この実施の形態において 3 次元基体 1 2 は 3 方晶系のニオブ酸リチウム結晶により形成されている。図 1 に示すように前記すだれ状電極をニオブ酸リチウム球基体の Z 軸に形成し、すだれ状電極 1 5 に半値幅 2 ns のインパルス印加したところ、中心周波数 2 1 0 M H z で音速おおよそ 7 4 0 0 m / s の弾性波が励起、多重反射した。また、この際中心周波数が 1 0 0 M H z 以上、2 0 0 M h z 以下のバルク波も観察された。

50

【 0 0 3 2 】

この際使用した計測装置は図 1 中に示されている、インピーダンスマッチング回路 2 0 a、サーキュレーター 2 0 b、高周波電源を含む発信器 2 0 c、アンプ 2 0 d、そしてデジタルオシロスコープ 2 0 e等を備えている。尚、発信器 2 0 cに代わり高周波受信アンテナを使用することもできる。

[第 2 の実施の形態]

図 3 には第 2 の実施の形態の弾性波素子 1 0 の外観が示されている。この弾性波素子 1 0 は弾性表面波が伝搬可能な曲面が連続した少なくとも円環状の曲面の一部によってなる伝搬帯 1 2 aを含む表面を有する 3 次元基体 1 2 と弾性波伝搬帯 1 2 c、および弾性波が反射可能であり、前記弾性表面波を励起し伝搬表面帯 1 2 aに沿い弾性表面波を励起するとともに伝搬表面帯 1 2 aに伝搬する前記弾性表面波を受信可能なすだれ状電極 1 4 と前記段弾性波を励起し弾性波伝搬帯 1 2 cに弾性波を励起するとともに弾性波伝搬帯 1 2 cに伝搬する前記弾性波を受信可能なすだれ状電極 1 5 を持つ。

10

【 0 0 3 3 】

この実施の形態において 3 次元基体 1 2 は 3 方晶系のニオブ酸リチウム結晶により形成されている。図 3 に示すように表面弾性波励起用の前記すだれ状電極 1 4 をニオブ酸リチウム結晶の Z 軸から X Y 平面方向に 9 0 ° の場所に、また弾性波励起用の前記すだれ状電極 1 5 をニオブ酸リチウム球基体の Z 軸に形成し、それぞれに半値幅 2 ns のインパルス印加したところ、音速 3 4 0 0 m/s の表面弾性波と音速 7 4 0 0 m/s のバルク波が観察された。

20

[第 3 の実施の形態]

図 4 には第 3 の実施の形態の弾性波素子 1 0 の外観が示されている。この弾性波素子 1 0 は弾性表面波が伝搬可能な曲面が連続した少なくとも円環状の曲面の一部によってなる伝搬帯 1 2 aを含む表面を有する 3 次元基体 1 2 と弾性波伝搬帯 1 2 c、および弾性波が反射可能な基質を持ち、前記弾性表面波を励起し伝搬表面帯 1 2 aに沿い弾性表面波を励起するとともに伝搬表面帯 1 2 aに伝搬する前記弾性表面波を受信可能でかつ、前記弾性波を励起し弾性波伝搬帯 1 2 cに弾性波を励起するとともに弾性波伝搬帯 1 2 cに伝搬する前記弾性波を受信可能なすだれ状電極 1 6 を持つ。

【 0 0 3 4 】

この実施の形態において 3 次元基体 1 2 は 3 方晶系のニオブ酸リチウム結晶により形成されている。図 4 に示すように表面弾性波励起用の前記すだれ状電極 1 6 をニオブ酸リチウム結晶の Z 軸から X Y 平面方向に 2 0 ° に形成し半値幅 2 ns のインパルス印加したところ、中心周波数 2 1 0 MHz で音速 7 4 0 0 m/s のバルク波と中心周波数 6 . 9 MHz で音速 3 4 0 0 m/s の表面弾性波が同時観測された。

30

[第 4 の実施の形態]

図 5 には第 4 の実施の形態の弾性波素子 1 0 の外観が示されている。この弾性波素子 1 0 は弾性表面波が伝搬可能な曲面が連続した少なくとも円環状の曲面の一部によってなる伝搬帯 1 2 aを含む表面を有する 3 次元基体 1 2 と弾性波伝搬帯 1 2 c、および弾性波が平行な 1 対の平坦部を持つ反射可能な基質を持ち、前記弾性表面波を励起し伝搬表面帯 1 2 aに沿い弾性表面波を励起するとともに伝搬表面帯 1 2 aに伝搬する前記弾性表面波を受信可能なすだれ状電極 1 4 と前記段弾性波を励起し弾性波伝搬帯 1 2 cに弾性波を励起するとともに弾性波伝搬帯 1 2 cに伝搬する前記弾性波を受信可能なすだれ状電極 1 5 を持つ。

40

【 0 0 3 5 】

この実施の形態において 3 次元基体 1 2 は 3 方晶系のニオブ酸リチウム結晶により形成されている。図 3 に示すように表面弾性波励起用の前記すだれ状電極 1 4 をニオブ酸リチウム結晶の Z 軸から X Y 平面方向に 9 0 ° の場所に、また弾性波励起用の前記すだれ状電極 1 5 をニオブ酸リチウム球基体の Z 軸に形成し、それぞれに半値幅 2 ns のインパルス印加したところ、中心周波数 2 1 0 MHz 及び前記とは異なる中心周波数 1 0 0 ~ 2 0 0 MHz で音速 7 4 0 0 m/s のバルク波と中心周波数 6 . 9 MHz で音速 3 4 0 0 m/s の表面弾性波が

50

同時観測された。

〔第3の変形例〕

この発明に従った弾性波素子の第3の変形例について説明する。

【0036】

この変形例では、3次元基体状の1種類のすだれ状電極にて、バルク波と表面弾性波両方を励起、伝搬、多重周回或いは多重反射、受信するもので、励起信号をバルク波で保存し、環境差異を計測する表面波信号と比較し測定の精度の向上を図るものである。この実施の形態において3次元基体12は3方晶系のニオブ酸リチウム結晶を用いた。図4に示す装置でバルク波と表面波を同時に励起し、表面波が50周回した場合において、弾性波とバルク波の波形比較を行った。これにより表面弾性波の環境による差をこれまで以上に正確に測定できるようになった。

10

〔第2、第3の変形例1〕

この発明に従った弾性波素子の第2、及び第3の変形例について説明する。

【0037】

この変形例では3次元基体に2種類の異なるすだれ状電極より一方は表面弾性波、もう一方はバルク波を励起、伝搬、多重周回或いは多重反射、受信するもので、前記表面弾性波より環境差異を前記バルク波より素子温度を計測し、前記バルク波で計測した素子温度にて前記表面弾性波の音速をより正確なものとし環境の変化をより正確に高精度に検出した。この実施の形態において3次元基体12は3方晶系のニオブ酸リチウム結晶を用いた。図3に示すようにニオブ酸リチウムのZ軸にバルク波用すだれ状電極を、またZ軸からX-Y平面に90°のところに表面弾性波用すだれ状電極を形成した。今回はあらかじめ温度変化の可能な環境下でニオブ酸リチウムZ軸に設置したすだれ状電極にて体積熱膨張を考慮したバルク波の音速の温度変化を測定した、測定された温度変化は46 ppm/°であった。この実験より、素子の温度を0.1°以内で補正がかけれることになり、表面弾性波の精度を5 ppm以内にすることが出来た。

20

〔第2、第3の実施例2〕

第5の実施の形態は複数の弾性波素子に関するものである。図3より、この複数の弾性波素子10は弾性表面波が伝搬可能な曲面が連続した少なくとも円環状の曲面の一部によってなる伝搬帯12aを含む表面を有する3次元基体12と弾性波伝搬帯12c、および弾性波が反射可能な基質を持ち、前記弾性表面波を励起し複数伝搬表面帯12aに沿って弾性表面波を励起するとともに伝搬表面帯12aに伝搬する前記弾性表面波を受信可能なすだれ状電極14と前記弾性波を励起し弾性波伝搬帯12cに弾性波を励起するとともに弾性波伝搬帯12cに伝搬する前記弾性波を受信可能なすだれ状電極15を持つ。このバルク波のすだれ状電極の電極幅をかえることにより、複数の素子に固有なバルク波の周波数を付加することが出来る。この実施の形態において3次元基体12は3方晶系のニオブ酸リチウム結晶により形成されている。弾性波励起用の前記すだれ状電極15をニオブ酸リチウム球基体のZ軸に形成し、電極幅を0.53 mmのもと0.64 mmのものとを準備した。2 nsのインパルス印可したところ210 MHzと170 MHzのバルク波を確認した。双方の弾性波素子に同一の反応膜をつけ、環境差異検出装置をして動作させ平均を取ることにより、素子の性能の向上を計った。また、それぞれに素子に個別の反応膜をつけて、多チャンネル環境差異を検出する差異の素子識別にも持ちることが出来る。

30

40

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本発明の第1の実施の形態に従った弾性波素子の説明図。

【図2】弾性波の励起、受信を行う為のすだれ状電極の説明図。

【図3】本発明の第2の実施の形態に従った弾性波素子を概略的に示す斜視図。

【図4】本発明の第3の実施の形態に従った弾性波素子を概略的に示す斜視図。

【図5】本発明の第4の実施の形態に従った弾性波素子を概略的に示す斜視図。

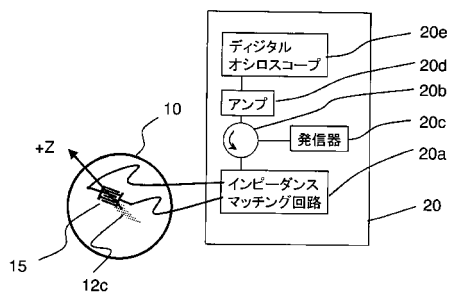
【符号の説明】

【0039】

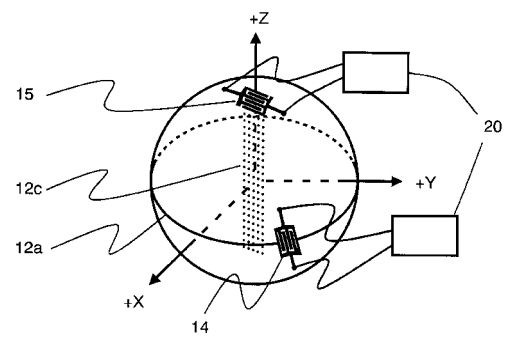
50

- 1 0 . . . 弾性波素子
- 1 2 . . . 3次元基体
- 1 2 a . . . 伝搬表面帯
- 1 2 c . . . 内部伝搬帯
- 1 5 . . . すだれ状電極

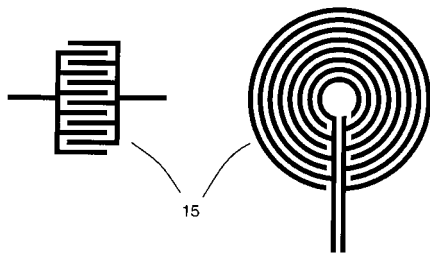
【図 1】



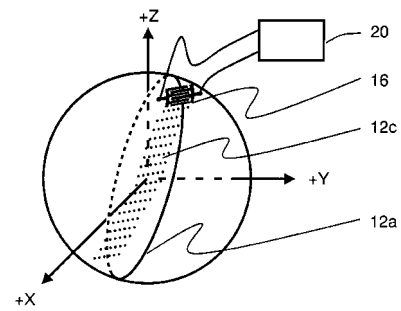
【図 3】



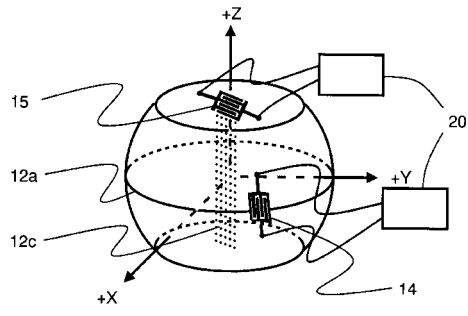
【図 2】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第01/045255(WO,A1)

特開2003-115743(JP,A)

特開2005-101974(JP,A)

石川暁、中曽教尊、他3名、球状弾性表面波素子におけるスプリアスバルク波の解析、電子情報通信学会技術報告、2002年 9月12日、Vol.102,No.307,p.33-p.38

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H03H3/007-H03H3/10、H03H9/00-9/76、G01H11/08