

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-67077

(P2022-67077A)

(43)公開日 令和4年5月2日(2022.5.2)

(51)国際特許分類		F I			テーマコード(参考)
H 0 3 H	9/25 (2006.01)	H 0 3 H	9/25	Z	5 J 0 9 7
H 0 3 H	9/145(2006.01)	H 0 3 H	9/145	Z	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全31頁)

(21)出願番号	特願2021-168587(P2021-168587)	(71)出願人	311015001 コミサリヤ・ア・レネルジ・アトミック・ エ・オ・エネルジ・アルテルナティブ フランス国、エフ・75015・パリ、 リュ・ルブラン・25、パティマン“ル・ ポナン・デ”
(22)出願日	令和3年10月14日(2021.10.14)	(74)代理人	110001173 特許業務法人川口国際特許事務所
(31)優先権主張番号	2010704	(72)発明者	アレクサンドル・ラインハルト フランス国、38054・グルノーブル ・セデックス・9、アブニュ・デ・マル ティル・17、セ・ウ・ア・グルノーブ ル
(32)優先日	令和2年10月19日(2020.10.19)	(72)発明者	ブリュノ・レ フランス国、38054・グルノーブル
(33)優先権主張国・地域又は機関	フランス(FR)		最終頁に続く
(特許庁注：以下のものは登録商標)			
1. BLUETOOTH			

(54)【発明の名称】 調整可能共振周波数を有する電気機械デバイス

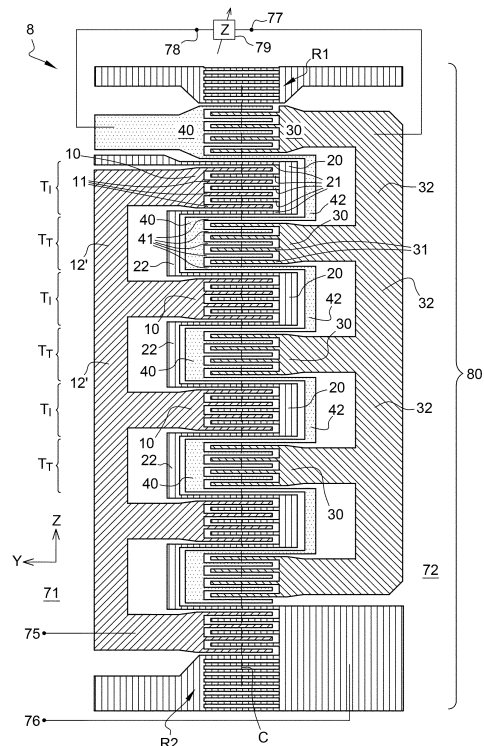
(57)【要約】 (修正有)

【課題】調整可能共振周波数を有する電気機械デバイスを提供する。

【解決手段】表面又は互いに平行な2つの表面によって画定された圧電支持体と、この支持体上の前記表面に対して平行に伝播する弾性波のための共振器(80)とを含む電気機械デバイス(8)であって、共振器は、共振器を画定し、前記波を反射する2つの反射器(R1、R2)と、電気信号から前記波を生成するためのいくつかのインターフェーシングトランスデューサ(TI)と、前記共振周波数を制御するためのいくつかのトランスデューサ(TT)とを含み、各トランスデューサが、互いにかみ合った第1の電極(10、30)と第2の電極(20、40)とを含み、トランスデューサは共振器内で前記波がたどる伝播パス(C)に沿って、インターフェーシングトランスデューサ(TI)とチューニングトランスデューサ(TT)とが交互に前記パスに沿って配置されている、電気機械デバイス。

【選択図】図8

Fig. 8



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

調整可能共振周波数を有する電気機械デバイス（5；8；9；12；14；16）であって、

表面（S）によって、または互いに平行な2つの表面（S1、S2）によって画定された圧電支持体（100；200）と、

この支持体上に作られた、前記表面（S；S1、S2）に対して平行に伝播する弾性波のための共振器（50；80；90；120；140）であって、少なくとも、

共振器を画定し、前記波を反射する2つの反射器（R1、R2）と、

2つの反射器の間の、電気信号から前記波を生成するように構成されたいくつかのインターフェーシングトランスデューサ（TI）と、

前記共振周波数を制御するためのいくつかのチューニングトランスデューサ（TT）とを含み、

前記トランスデューサ（TI、TT）のそれぞれが、各々が圧電支持体（100、200）の前記表面（S）上または前記表面（S1、S2）のうちの1つの上に作られた互いにかみ合った第1の電極（10、30）と第2の電極（20、40）とを含む、共振器（50；80；90；120；140）と、

前記共振周波数を制御するための電気デバイス（79）であって、第1の端子（77）と第2の端子（78）とを含み、これらの2つの端子の間に調整可能電気インピーダンス（Z）を有する、電気デバイス（79）と

を含み、

各チューニングトランスデューサ（TT）ごとに、トランスデューサの第1の電極（30）および第2の電極（40）がそれぞれ、前記電気制御デバイス（79）の第1の端子および第2の端子（77、78）に接続されていることと、

異なるインターフェーシングトランスデューサ（TI）の第1の電極（10）が互いに電氣的に接続され、インターフェーシングトランスデューサ（TI）の第2の電極（20）も互いに電氣的に接続されていることと、

インターフェーシングトランスデューサ（TI）とチューニングトランスデューサ（TT）とが、共振器内で前記波がたどる伝播パス（C）に沿って、インターフェーシングトランスデューサ（TI）とチューニングトランスデューサ（TT）とが交互に位置付けられ、各チューニングトランスデューサ（TT）が2つの連続するインターフェーシングトランスデューサ（TI）の間、または反射器（R1、R2）の一方と隣接インターフェーシングトランスデューサ（TI）との間に挿入されていることとを特徴とする、デバイス（5；8；9；12；14；16）。

【請求項 2】

インターフェーシングトランスデューサ（TI）の少なくともいくつかについて、

これらのインターフェーシングトランスデューサ（TI）の第1の電極（10）が、1つ以上の第1の電気トラック（12'）によって互いに接続され、

これらのインターフェーシングトランスデューサ（TI）の第2の電極（20）が、1つ以上の第2の電気トラック（22）によって互いに接続され、

前記チューニングトランスデューサ（TT）の少なくともいくつかについて、

これらのチューニングトランスデューサ（TT）の第1の電極（30）が、1つ以上の第3の電気トラック（32）によって互いに接続され、

これらのチューニングトランスデューサ（TT）の第2の電極（40）が、1つ以上の第4の電気トラック（42）によって互いに接続され、

前記電気トラック（12'、22、32、42）のそれぞれが圧電支持体（100；200）の表面（S）上または2つの表面（S1、S2）のうちの1つの上に作られる、請求項1に記載のデバイス（8；9；12；14；16）。

【請求項 3】

圧電支持体の同一表面（S；S1、S2）上に作られたトラックは互いに重なり合わない

10

20

30

40

50

、請求項 2 に記載のデバイス（ 8 ; 9 ; 1 2 ; 1 4 ; 1 6 ）。

【請求項 4】

前記互いにかみ合った電極（ 1 0、2 0、3 0、4 0 ）の各 1 つは、1 本以上のフィンガ（ 1 1、2 1、3 1、4 1 ）と、そこから前記フィンガが延び、電極の主本体を形成する長手方向導電ストリップとを含み、

インターフェーシングトランスデューサ（ T E ）について、

前記第 2 の電極（ 2 0 ）のそれぞれが、その第 2 の電極が関連付けられている第 1 の電極（ 1 0 ）よりも少なくとも 1 本多いフィンガ（ 2 1 ）を含み、この第 2 の電極（ 2 0 ）の 2 本の周辺フィンガ（ 2 1 ）が第 1 の電極（ 1 0 ）のフィンガ（ 1 1 ）の完全なセットを囲み、これら 2 本の周辺フィンガ（ 2 1 ）がそれぞれ、第 2 の電極（ 2 0 ）の主本体の反対側の、前記伝播パス（ C ）の第 1 の側（ 7 1 ）に位置する端部を有し、

前記第 2 のトラック（ 2 2 ）の各 1 つが、前記第 2 の電極（ 2 0 ）のうちの 1 つの周辺フィンガ（ 2 1 ）のうちの 1 つの端部を、次の第 2 の電極（ 2 0 ）の周辺フィンガ（ 2 1 ）のうちの 1 つの端部に接続し、前記第 2 の電極（ 2 0 ）の主本体とそれら第 2 の電極（ 2 0 ）の周辺フィンガ（ 2 1 ）とが、第 2 のトラック（ 2 2 ）とともに、チューニングトランスデューサ（ T T ）を迂回することによって伝播パス（ C ）に沿って前記パスの両側を蛇行する大域的トラックを形成する、請求項 2 または 3 に記載のデバイス（ 8 ; 9 ; 1 2 ）。

【請求項 5】

各インターフェーシングトランスデューサ（ T E ）ごとに、トランスデューサの第 2 の電極（ 2 0 ）の主本体が、この第 2 の電極（ 2 0 ）の周辺フィンガ（ 2 1 ）のうちの 1 つによってだけでなく、伝播パス（ C ）に対して横方向に延び、伝播パス（ C ）を横断し、当該インターフェーシングトランスデューサ（ T E ）とそれに隣接するチューニングトランスデューサ（ T T ）との間に位置する 1 つ以上の追加フィンガ（ 2 6 ）によっても、前記第 2 のトラック（ 2 2 ）のうちの 1 つに、接続されている、請求項 4 に記載のデバイス（ 9 ）。

【請求項 6】

前記第 2 のトラック（ 2 2 ）のそれぞれが、チューニングトランスデューサ（ T T ）のうちの 1 つの第 2 の電極（ 4 0 ）とともに、伝播パス（ C ）の第 1 の側（ 7 1 ）に位置する同じ長手方向導電ストリップを形成し、

前記第 4 のトラック（ 4 2 ）のそれぞれが、インターフェーシングトランスデューサ（ T E ）のうちの 1 つの第 2 の電極（ 2 0 ）とともに、伝播パス（ C ）の第 2 の側（ 7 1 ）に位置する同じ長手方向導電ストリップを形成し、

インターフェーシングトランスデューサ（ T E ）の第 2 の電極（ 2 0 ）は、少なくともそれら第 2 の電極の周辺フィンガ（ 2 1、4 1 ）を介して、チューニングトランスデューサ（ T T ）の第 2 の電極（ 4 0 ）と電氣的に接触し、第 2 の電極（ 2 0、4 0 ）の主本体とそれら第 2 の電極の周辺フィンガ（ 2 1、4 1 ）とがともに、チューニングトランスデューサ（ T T ）とインターフェーシングトランスデューサ（ T E ）の第 1 の電極（ 1 0、3 0 ）を迂回することによって伝播パス（ C ）に沿って前記パスの両側を蛇行する同じ主トラック（ 6 0 ）を形成する、請求項 4 または 5 に記載のデバイス（ 9 ; 1 2 ）。

【請求項 7】

第 1 および第 2 の電気トラック（ 1 2、2 2 ）は、弾性波の伝播パス（ C ）の第 1 の側（ 7 1 ）に位置し、一方、

第 3 および第 4 の電気トラック（ 3 2、4 2 ）は、弾性波の伝播パス（ C ）の反対側の、第 2 の側（ 7 2 ）に位置する、請求項 4 から 6 のいずれか一項に記載のデバイス（ 8 ; 9 ; 1 2 ）。

【請求項 8】

前記第 1 の電極（ 1 0 ）のそれぞれの主本体は伝播パス（ C ）の第 1 の側（ 7 1 ）に位置し、前記第 2 の電極（ 2 0 ）のそれぞれの主本体は導波路（ C ）の第 2 の側（ 7 2 ）に位置し、

10

20

30

40

50

前記第 1 のトラック (1 2) のそれぞれは、第 1 の電極 (1 0) のうちの 1 つの主本体を次の第 1 の電極 (1 0) の主本体に接続する、請求項 4 から 7 のいずれか一項に記載のデバイス (8 ; 9 ; 1 2) 。

【請求項 9】

前記支持体 (2 0 0) は、互いに平行な前記 2 つの表面 (S 1、S 2) によって画定された薄板を形成する、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のデバイス (1 2 ; 1 4 ; 1 6) 。

【請求項 1 0】

インターフェーシングトランスデューサ (T I) とチューニングトランスデューサ (T T) とは、前記支持体 (1 0 0、2 0 0) の同一表面 (S ; S 1) 上に作られている、請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載のデバイス (5 ; 8 ; 9 ; 1 2) 。

10

【請求項 1 1】

インターフェーシングトランスデューサ (T I) は板 (2 0 0) の表面のうちの 1 つの表面 (S 1) 上に作られ、一方、チューニングトランスデューサ (T T) は板 (2 0 0) の他方の表面 (S 2) 上に作られる、請求項 9 に記載のデバイス (1 6) 。

【請求項 1 2】

インターフェーシングトランスデューサ (T I) の第 2 の電極は、チューニングトランスデューサ (T T) の第 2 の電極 (4 0) と電氣的に接触し、インターフェーシングトランスデューサの第 1 の電極、または、チューニングトランスデューサの第 1 の電極、または、インターフェーシングトランスデューサ (T I) とチューニングトランスデューサ (T T) の第 2 の電極 (2 0、4 0)、が前記板 (2 0 0) の表面のうちの 1 つの表面 (S 2) 上に作られ、インターフェーシングトランスデューサ (T I) およびチューニングトランスデューサ (T T) の他方の電極 (1 0、3 0) は前記板 (2 0 0) の他方の表面 (S 1) 上に作られる、請求項 9 に記載のデバイス (1 4) 。

20

【請求項 1 3】

第 1 および第 2 の電極 (1 0、2 0、3 0、4 0) はそれぞれ、前記伝播パス (C) に対して横方向に延びる 1 本以上のフィンガ (1 1、2 1、3 1、4 1) を含み、第 1 および第 2 の電極の少なくともいくつかについて、電極のフィンガの総数は 1 0 以下である、請求項 1 から 1 2 のいずれか一項に記載のデバイス (5 ; 8 ; 9 ; 1 2 ; 1 4 ; 1 6) 。

30

【請求項 1 4】

第 1 および第 2 の電極 (1 0、2 0、3 0、4 0) はそれぞれ、前記伝播パス (C) に対して横方向に延びる 1 本以上のフィンガ (1 1、2 1、3 1、4 1) を含み、第 1 および第 2 の電極の少なくともいくつかについて、電極のフィンガの総数は 1 本と 3 本の間に含まれる、請求項 1 から 1 2 のいずれか一項に記載のデバイス (1 2 ; 1 4 ; 1 6) 。

【請求項 1 5】

チューニングトランスデューサ (T T) とインターフェーシングトランスデューサ (T I) の異なる電極 (1 0、2 0、3 0、4 0) をまとめてグループ化するアセンブリが、総数 4 0 本以上の電極フィンガ (1 1、2 1、3 1、4 1) を含む、請求項 1 から 1 4 のいずれか一項に記載のデバイス (5 ; 8 ; 9 ; 1 2 ; 1 4 ; 1 6) 。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本技術分野は、電気共振器機能を実行する目的で弾性波の伝播を利用する電気機械デバイスの技術分野であり、これらの共振器は、フィルタ、周波数基準などのより複雑な機能を実装するのに適する。これらのデバイスは、典型的には数百 k H z から数 G H z までの範囲にわたることが可能な共振周波数を有する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

50

この分野では、弾性表面波（「SAW」、Surface Acoustic Waveの略）共振器に基づくデバイスが知られている。このようなデバイスは一般に、比較的厚い固体圧電基板を含む。問題とする弾性波はレーリー波型、表面横波（「STW」）型、または表面スキミングバルク波（「SSBW」）型であり、基板の表面をその表面に平行に伝播する。

【0003】

この場合、弾性表面波共振器を形成するために、これらの表面波を反射し、互いに対向して位置する2つの反射器が基板の表面上に作られる。これらの反射器は、基板の表面上に金属電極を堆積させることによって得られ、これらの電極はそれぞれが、一種のブラッグミラーを形成するために周期的に配置されたいくつかの金属ストリップを含む。

10

【0004】

この共振器と電氣的に相互作用することができるようにするために、互いに入り組んだ形態の2つの電極を含むトランスデューサが一般に基板の表面に、2つの反射器の間に作製される。これら2つの電極は、それぞれ2つの接続端子に接続される。それで、これら2つの端子間で共振器内の弾性波共振と関連付けられる電気共振が得られる。この電気共振は、例えばフィルタまたは発振器を実装するための基礎として使用することができる。

【0005】

弾性波の伝播のための支持体が、厚い基板ではなく薄い圧電板である弾性波共振器が知られている。したがってそのような板は、ラム波などのいわゆる「板」波の伝播の支持体として使用することができる。また、これらの弾性波は、板の表面に平行に伝播する。したがって板波共振器は、例えば、上述の反射器のような2つの反射器を得るように、この板の表面のうちの1つの上に金属電極を堆積させることによって作ることができる。

20

【0006】

表面弾性波共振器または板波共振器は、典型的には、多くの電波通信用途（携帯電話通信、WiFi、Bluetoothなど）に好適な数十メガヘルツと数ギガヘルツの間に含まれる共振周波数を有する。さらに、これらの共振器は一般に、高いQ値を有し、小サイズ電子チップに集積することができる。

【0007】

いくつかの種類用途、特に無線通信の分野では、このような共振器の共振周波数を随意に調整することができることが関心を引いている。

30

【0008】

実際、無線通信のめざましい発展により、電波スペクトルの飽和および妨害作用が増大する傾向にあり、そのために一層、しかじかの種類のプロトコルに割り振られる周波数帯が一般に固定している。使用される通信周波数を変更することができる、よりアジャイルな無線通信管理は、この問題を部分的に解消することを可能にするであろう。また、最新世代の携帯電話端末は、現在、約40の異なる周波数帯で動作することができ、すべての事例に提供するためには、これは極めて複雑なデータ処理回路を必要とする。その動作周波数を電子的に制御可能なコンポーネントを有することは、これらのアーキテクチャを確実に簡素化することができるであろう。

40

【0009】

共振周波数を調整可能な上述のような弾性表面波共振器が、以下の論文：P. S. Cross et al., "Electronically variable surface-acoustic-wave velocity and tunable SAW resonators", Appl. Phys. Lett. 28.1 (1976) に説明されている。

【0010】

この共振器は、上述の2つの反射器と、これら2つの反射器の間の、共振器と電氣的にインターフェースするための入力トランスデューサと出力トランスデューサとを含む（このデバイスは、伝送時に電気信号のための入力ポートと出力ポートとともに動作する）。こ

50

の共振器は、さらにまた、2つの反射器の間に位置し、2つの互いに入り組んだ（すなわち：互いにかみ合った）を形成する2つの金属電極を含む周波数チューニングトランスデューサを含む。これらの2つの電極の間に可変キャパシタが接続される。この場合、このデバイスの共振周波数（ここでは最大伝送に対応する電気共振周波数）を、このキャパシタのキャパシタンスを変化させることによって調整することができる。

【0011】

これらの2つの電極の間に接続された電気キャパシタンスに応じてこのデバイスの共振周波数の変化は、圧電材料の表面を伝播する弾性表面波が電気成分を有することに注目することによって説明することができる。この材料の表面における電界に特定の状態を与えると、したがって、これらの弾性波の伝播に影響を及ぼし、この効果は一般に音響電気効果と呼ばれる。

10

【0012】

したがって、例えばこの材料の表面を全体的にメタライズすると、この表面が電氣的に自由な（すなわち電界について制約がない）ままにされているときよりも遅い伝播速度が得られる。それで、インピーダンスが調整可能な上述のキャパシタは、チューニングトランスデューサが占めるゾーンにおいて弾性波の有効速度を、短絡状態の速度と開回路状態の速度との間で調整することを可能にし、それが共振器の共振周波数を変更することを可能にする。

【先行技術文献】

【非特許文献】

20

【0013】

【非特許文献1】P. S. Cross et al., "Electronically variable surface-acoustic-wave velocity and tunable SAW resonators", Appl. Phys. Lett. 28. 1 (1976)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

しかし、この論文に説明されているデバイスでは、共振周波数を調整可能な範囲は依然として限定されている（この範囲は共振周波数の約0.1%の幅を有する）。

30

【0015】

より拡張された調整範囲を得るために、1つの可能性は、周波数チューニングトランスデューサの互いにかみ合った電極のフィンガの数（言い換えると歯の数）を、（歯間の周期を同じにしたまま）増加させることである。共振器では、これはチューニングトランスデューサが占めるゾーンの長さ、したがって伝播速度が変更される長さを増加させる。図2に示すデジタルシミュレーション（以下で詳述する）の結果が、周波数チューニングトランスデューサT_Tの互いにかみ合った電極のフィンガの数N₂が増加すると、同調性の範囲の幅が効果的に増加することを確認している。

【0016】

このフィンガの数N₂（および、また場合によっては共振器と電氣的にインターフェースするために使用されるインターフェーストランスデューサT_Iのフィンガの数N₁）が増加することは、すべてのトランスデューサについて50オームに極めて近いインピーダンスをさらに得ることを可能にする。

40

【0017】

しかし、発明人らは、フィンガの数N₂の増加は、望ましくない効果につながることを観察した。具体的には、N₂が増加すると、固定周波数寄生共振（図2で参照符号R_pで指し示されている）が次第に目立ってくる。この効果は、N₂が増加するときの、インターフェーストランスデューサT_IとチューニングトランスデューサT_Tとの間の界面における音波の反射率の増加によって説明することができる。この界面におけるこのより強力な反射は、そして、反射器R₁と界面T_I/T_Tの間の共振器の一部のみにある共振モ

50

ード（したがってインターフェーシングトランスデューサTE上に主としてあるモード）に有利に働く傾向がある。この寄生効果は特に不都合である場合がある。例えば、 $N_1 = 1$ および $N_2 = 3$ の場合に対応する曲線では、図2で、この寄生共振Rpは（少なくとも小さいキャパシタンス値の場合）「主」調整可能周波数共振と同程度に大きい振幅を有することがわかる。

【課題を解決するための手段】

【0018】

このようなコンテキストで、通常とは異なり、互いにかみ合った電極を備えたいくつものインターフェーシングトランスデューサと、やはり互いにかみ合った電極を備えたいくつもの周波数チューニングトランスデューサを含む弾性波共振器を含む電気機械デバイス 10 であって、これらの異なるトランスデューサが、インターフェーシングトランスデューサとチューニングトランスデューサとを弾性波の伝播パスに沿って互い違いにすることによってこのパスに沿って位置付けられている、電気機械デバイスが提案される。

【0019】

したがって、多数のフィンガを含む単一のインターフェーシングトランスデューサと、その後（外部の調整可能インピーダンスに接続された）やはり順次配置された多数のフィンガを含む単一の周波数チューニングトランスデューサとを使用するのではなく、各トランスデューサが限られた数のフィンガを含み、弾性波の伝播経路に沿って互いに交互になった多数のインターフェーシングトランスデューサと複数のチューニングトランスデューサとがここで使用される。 20

【0020】

これは、（共振周波数の広い調整範囲を得るために）共振器の全長にわたって伝播速度を制御する電極を分散させることを可能にし、これは、共振器の一部のみにあるはずの寄生共振モードの出現を限定した状態で、（例えば50オームに近いインピーダンスを得るために）相当な総数のフィンガを使用することも可能にする。

【0021】

言い換えると、共振器全体に分散された大域的共振モードが、こうして有利に働く。

【0022】

この特定の配置によって可能とされたこの改善を、例示の実施形態について図3に示す。この図は、図1および図2のデバイスと類似しているが、弾性波の伝播パスに沿って互いに交互になった3つのインターフェーシングトランスデューサと3つの周波数チューニングトランスデューサを含むデバイスについて得られた電気共振曲線を示している。この図でわかるように、交互になったトランスデューサを備えたこの構成は、調整可能周波数を有し、振幅が上述の寄生共振の振幅よりも明確に大きい主共振を得ることを可能にする。 30

【0023】

本技術は、より正確には調整可能共振周波数を有する電気機械デバイスであって：

- 表面によって、または互いに平行な2つの表面によって画定された圧電支持体と、
- この支持体上の、前記表面に対して平行に伝播する弾性波のための共振器であって、少なくとも： 40
- 共振器を画定し、前記波を反射する2つの反射器と、
- 2つの反射器の間の、電気信号から前記波を生成するように構成されたいくつものインターフェーシングトランスデューサと、
- 前記共振周波数を制御するためのいくつかのトランスデューサとを含み、
- 前記トランスデューサのそれぞれが、各々が圧電支持体の前記表面上または前記表面のうちの1つの上に延びる互いにかみ合った第1の電極と第2の電極とを含む、共振器と、
- 前記共振周波数を制御するための電気デバイスであって、第1の端子と第2の端子とを含み、これら2つの端子の間に調整可能電気インピーダンスを有する電気デバイスとを含み、 50

- チューニングトランスデューサごとに、トランスデューサの第1の電極と第2の電極とがそれぞれ前記電気制御デバイスの第1の端子と第2の端子に接続され、
- 異なるインターフェーシングトランスデューサの第1の電極が互いに電氣的に接続され、インターフェーシングトランスデューサの第2の電極も互いに電氣的に接続され、
- インターフェーシングトランスデューサとチューニングトランスデューサとは、共振器内で前記波がたどる伝播パスに沿って、インターフェーシングトランスデューサとチューニングトランスデューサとが交互に位置付けられ、各チューニングトランスデューサが2つの連続したインターフェーシングトランスデューサの間、または反射器のうちの1つと隣接インターフェーシングトランスデューサとの間に挿入されている、デバイスに関する。

10

【0024】

問題とする波は、支持体の表面を伝播する（例えばレーリ波型の）表面波とすることができ、それでこの支持体は比較的厚い。この場合、トランスデューサの異なる電極と、反射器とは、例えば支持体の開放表面（free surface）に対応する同一表面上に作製される。

【0025】

圧電支持体は、一方が上面で他方が下面であって互いに平行な（実際には、最も近い10度より良好に平行な）上記の2つの表面によって画定された薄い圧電板の形態とすることも可能である。この場合、弾性波の伝播によって生じる変形は、板の厚さ全体にわたって、またはその厚さの少なくとも大部分で分散される。例えばラム波型のこれらの弾性波は、それで、板波と呼ばれる。

20

【0026】

圧電支持体が薄板の形態であるとき、トランスデューサのいくつかの電極が板の2つの表面のうちの1つの上に置かれ得、他の電極はこの板の他方の表面上に位置する。また、この種の支持体は一般に、表面波の伝播が意図された固体の（厚い）支持体よりも強い電気機械結合を得ることを可能にする。上記の薄板は、弾性波が誘導された状態を保つ、懸垂膜（suspended membrane）の形態、またはいくつかの層のスタック、圧電層の形態とすることができる。

【0027】

いずれの場合も（表面波の場合または板波の場合）、支持体は同じ圧電材料、例えば単結晶または実質的に単結晶の材料（石英、ニオブ酸リチウム、またはタンタル酸リチウム）から形成された単一体からなり得る。しかし、この支持体は層のスタックの形態であることもでき、これらの層のうちの1つ以上の層（ただし必ずしもその全部ではない）が圧電体である。

30

【0028】

伝播パスは、共振器内で弾性波がたどる平均線である。共振器が互いに対向して位置する厳密に2つの反射器を含むとき、この伝播パスは反射器のうちの1つから他方の反射器まで延びるセグメントである。

【0029】

実際には、共振器の共振周波数を調整するために、上記のように、調整可能電気インピーダンス、例えば調整可能キャパシタンスを有するキャパシタが、周波数チューニングトランスデューサの第1の電極と第2の電極の間に接続される。デバイスの共振周波数が高いため、使用されるキャパシタンス値は一般に小さく、ピコファラッド程度である。このコンテキストで、第1の電極相互の接続と、第2の電極相互の接続は、追加の寄生インピーダンス、特に寄生キャパシタンスを導入するのを防ぐために、特に細心である必要がある。具体的には、このコンテキストでは、電極に溶着されたワイヤによる電極間の接続（「ワイヤボンディング」型の接続）は一般に最適ではない。

40

【0030】

また、このような寄生インピーダンスの出現を制限するために：

- インターフェーシングトランスデューサのうちの少なくともいくつかについて、さら

50

にインターフェーシングトランスデューサの全部についてであっても：

- これらのインターフェーシングトランスデューサの第 1 の電極が 1 つ以上の第 1 の電気トラックによって互いに接続され、
- これらのインターフェーシングトランスデューサの第 2 の電極が 1 つ以上の第 2 の電気トラックによって互いに接続され、
- 前記チューニングトランスデューサのうちの少なくともいくつかについて、さらにインターフェーシングトランスデューサの全部についてであっても、
- これらのチューニングトランスデューサの第 1 の電極が 1 つ以上の第 3 の電極トラックによって互いに接続され、
- これらのチューニングトランスデューサの第 2 の電極が 1 つ以上の第 4 の電気トラックによって互いに接続され、
- 前記電気トラックのそれぞれが、圧電支持体の表面上、または 2 つの表面のうちの 1 つの上に作られることが提供され得る。

【 0 0 3 1 】

圧電支持体の同一表面上に作られるトラックは互いに重なり合わないことが、さらに提供され得る。

【 0 0 3 2 】

この場合、支持体の同一表面上にあるトラックは、互いに重ね合わされず、互いの上を通らないという意味で、重なり合わない。言い換えると、この表面上の突起において交差しがない（すなわち、この表面上の突起において交わらない）。トラック間の重なりを防ぐことを可能にする異なる特徴を以下に提示する。

【 0 0 3 3 】

上記に提示した特徴に加えて、上述の電気機械デバイスは、以下の特徴のうちの 1 つ以上の追加の特徴を、個別にまたは任意の技術的に可能な組み合わせで有することができる：

- 前記互いにかみ合った電極のそれぞれが 1 本以上のフィンガと、前記フィンガがそこから延び、電極の主本体を形成する長手方向の導電ストリップとを含み；
- インターフェーシングトランスデューサについて：
 - 前記第 2 の電極のそれぞれが、その第 2 の電極が関連付けられている前記第 1 の電極よりも少なくとも 1 本多いフィンガを含み、この第 2 の電極の 2 本の周辺フィンガが第 1 の電極のフィンガの完全なセットを囲み、これらの 2 本の周辺フィンガがそれぞれ第 2 の電極の主本体とは反対側の前記伝播パスの第 1 の側に位置する端部を有し、
 - 前記第 2 のトラックのそれぞれが、前記第 2 の電極のうちの 1 つの周辺フィンガのうちの 1 つの端部を次の第 2 の電極の周辺フィンガのうちの 1 つの端部に接続し、前記第 2 の電極の主本体とそれらの周辺フィンガとが、第 2 のトラックとともに、チューニングトランスデューサを迂回することによって前記パスの両側を伝播パスに沿って蛇行する大域トラックを形成する；
 - インターフェーシングトランスデューサごとに、トランスデューサの第 2 の電極の主本体が、この第 2 の電極の周辺フィンガのうちの 1 つによってだけでなく、伝播パスに対して横方向に延びて伝播パスを横断し、当該インターフェーシングトランスデューサとそれに隣接するチューニングトランスデューサとの間に位置する 1 つ以上の追加のフィンガによって、前記第 2 のトラックのうちの 1 つに接続される；
 - 前記第 2 のトラックのそれぞれが、チューニングトランスデューサのうちの 1 つの第 2 の電極とともに、伝播パスの第 1 の側に位置する同じ長手方向導電ストリップを形成する；
 - 前記第 4 のトラック（ 4 2 ）のそれぞれが、インターフェーシングトランスデューサ（ T I ）のうちの 1 つの第 2 の電極（ 2 0 ）とともに、伝播パスの第 2 の側に位置する同じ長手方向導電ストリップを形成する；
 - インターフェーシングトランスデューサの第 2 の電極が、少なくともそれらの周辺フィンガを介してチューニングトランスデューサの第 2 の電極と電氣的に接触し、第 2 の電極の主本体とそれらの周辺フィンガがともに、チューニングトランスデューサとインター

フェーシングトランスデューサの第 1 の電極を迂回することによって伝播パスに沿って前記パスの両側を蛇行する同じ主トラックを形成する；

- 第 1 および第 2 の電気トラックが弾性波の伝播パスの第 1 の側に位置し、一方、第 3 および第 4 の電気トラックが弾性波の伝播パスの反対側の第 2 の側に位置する；

- インターフェーシングトランスデューサについて；

- 前記第 1 の電極のそれぞれの主本体が伝播パスの第 1 の側に位置し、第 2 の電極のそれぞれの主本体が伝播パスの第 2 の側に位置し、

- 前記第 1 のトラックのそれぞれが第 1 の電極のうちの 1 つの主本体を次の第 1 の電極の主本体に接続する；

- 前記支持体が、互いに平行な前記 2 つの表面によって画定された薄板を形成し；例えば懸垂されたこの板が、板に対して垂直な方向に従って少なくとも部分的に自由に變形させられることが可能である；

- インターフェーシングトランスデューサとチューニングトランスデューサとが前記支持体の同一表面上に作られる；

- インターフェーシングトランスデューサは板の表面のうちの 1 つの上であり、一方、チューニングトランスデューサは板の他方の表面上にある；

- インターフェーシングトランスデューサの第 2 の電極がチューニングトランスデューサの第 2 の電極と電氣的に接触し；

- インターフェーシングトランスデューサの第 1 の電極、

- または、チューニングトランスデューサの第 1 の電極、

- または、インターフェーシングトランスデューサとチューニングトランスデューサトランスデューサの第 2 の電極が、

前記板の表面のうちの 1 つの上であり、インターフェーシングトランスデューサとチューニングトランスデューサの他方の電極が前記板の他方の表面上にある；

- 前記第 1 および第 2 の電極がそれぞれ、前記伝播パスに対して横方向に延びる 1 本以上のフィンガを含み、第 1 および第 2 の電極のうちの少なくともいくつかの電極について、さらに第 1 および第 2 の電極の全部についてであっても、電極のフィンガの総数が 10 本以下、さらに 5 本または 6 本以下である；

- 第 1 および第 2 の電極のうちの少なくともいくつかの電極について、さらに第 1 および第 2 の電極の全部についてであっても、電極のフィンガの総数が 1 本と 3 本の間であり、さらに 1 本と 2 本の間に含まれる；

- チューニングトランスデューサとインターフェーシングトランスデューサの異なる電極をまとめてグループ化するアセンブリが、総数 40 本以上、さらに 80 本以上、さらにまたは 150 本以上の電極フィンガを含み；

- インターフェーシングトランスデューサの数が 3 以上であり、さらに 4 以上または 5 以上である；

- チューニングトランスデューサの数が 3 以上、さらに 4 以上または 5 以上である。

【0034】

本技術およびその異なる応用は、以下の説明を読み、添付図面を検討すると、よりよくわかるであろう。

【0035】

図面は、情報のために提示し、いかなる点でも限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図 1】上から見た、周波数アジャイル表面波共振器を含む電気機械デバイスを図式的に示す図である。このデバイスは、比較のために示され、厳密に言えば本技術を実装しない。

【図 2】この図では周波数制御電極のフィンガの数が構成ごとに変化する、図 1 のデバイスの電気共振曲線を図式的に示す図である。

【図 3】図 1 のデバイスと類似しているが、共振器の軸に沿って互いに交互になっている

10

20

30

40

50

いくつかのインターフェーシングトランスデューサと共振周波数を制御するためのいくつかのトランスデューサとを含むデバイスの、電気共振曲線を図式的に示す図である。

【図 4】斜視で見た、周波数アジャイル表面波共振器を含む電気機械デバイスを図式的に示す図である。

【図 5】上から見た、図 4 のデバイスを図式的に示す図である。

【図 6】図 4 のデバイスの電気共振曲線を図式的に示す図である。

【図 7】図 8 に示す表面波共振器を含む別の周波数アジャイル電気機械デバイスの電気共振曲線を図式的に示す図である。

【図 8】上から見た、周波数アジャイル表面波共振器を含む電気機械デバイスを図式的に示す図である。

10

【図 9】上から見た、周波数アジャイル表面波共振器を含むさらに別の電気機械デバイスを図式的に示す図である。

【図 10】図 9 のデバイスの電気共振曲線を図式的に示す図である。

【図 11】斜視で見た、周波数アジャイル板波共振器を含む電気機械デバイスを図式的に示す図である。

【図 12】上から見た、図 11 のデバイスを図式的に示す図である。

【図 13】図 11 のデバイスの電気共振曲線を図式的に示す図である。

【図 14】上から見た、周波数アジャイル板波共振器を含む別の電気機械デバイスを図式的に示す図である。

【図 15】断面および側面図として見た、図 14 のデバイスの一部を図式的に示す図である。

20

【図 16】断面および側面図として見た、周波数アジャイル板波共振器を含む別の電気機械デバイスの一部を図式的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0037】

図 1 に、単一のインターフェーシングトランスデューサ T_I と単一の共振周波数チューニングトランスデューサ T_T とを含む弾性波共振器 2 を含む、電気機械デバイス 1 を図式的に示す。この事例は、共振器内で弾性波がたどる伝播パス C に沿って互いにインターリーブされた、いくつかのインターフェーシングトランスデューサといくつかのチューニングトランスデューサとを有するそのような共振器を装備する利点をよりよく例示するために、比較を目的として提示するものである。

30

【0038】

このデバイス 1 は、ニオブ酸リチウム $LiNbO_3$ からなる固体圧電基板を、この基板の表面を伝播する弾性表面波の伝播の支持体として機能する断面 X として含む。共振器 2 は、基板の開放表面上に金属層（ここではアルミニウムの層）を堆積させ、次に、2 つの反射器 R 1 および R 2 と、トランスデューサ T_T および T_I の電極と、電極を外部要素、例えば調整可能キャパシタンスを有するキャパシタに（例えば接触ゾーンに溶着された導体ワイヤを用いて）接続することを可能にする接触ゾーンとを画定するように、この層のリソグラフィとエッチングとを実行することによって作ることができる。

【0039】

40

2 つの反射器 R 1 および R 2 はそれぞれ、問題とする弾性波のための反射性周期的配列を形成するように規則的にスペースがとられたいくつかの平行金属ストリップを含む（一種のブラッグミラー；周期、すなわちこの配列のピッチは典型的には $\lambda/2$ であり、ここではこの共振器の期待される共振、例えばチューニングトランスデューサが開回路であるときの波長である）。上から見ると、これらの反射器の各 1 つの反射器は、はしごの形状を有することができ、問題とするストリップの各 1 つがはしごの横木のうちの 1 つを形成する。これらの反射器は一般に、互いに電氣的に接続された（短絡された）2 つの電極から形成される。しかし、反射器は、電氣的にフローティング（開回路にある）のままとされた電極で形成されることも可能である：この場合、反射器は、互いに接続されていない金属線を有する同一周期のネットワークの形態をとる。

50

【 0 0 4 0 】

2つの反射器は、互いに対向して位置する。2つの反射器は、同一軸、ここでは基板の結晶軸Zに平行な軸上に配置されている。これらの反射器の各1つの金属ストリップは、各反射器が弾性波を他方の反射器の方向に反射する程度に、この軸に対して垂直である。したがって、共振器2内の弾性波の伝播の平均方向は、軸Zの方向である。共振器内で弾性波がたどる伝播パスCは、2つの反射器R1およびR2によって画定されたセグメントであり、したがって、ここでは軸Zに平行である。

【 0 0 4 1 】

インターフェーシングトランスデューサ T_I とチューニングトランスデューサ T_T は両方とも、伝播パスC上に、2つの反射器R1とR2の間に一方が他方に続いて位置する。これらのトランスデューサ T_I および T_T はそれぞれ、互いにかみ合った第1の電極と第2の電極とを含む。これらの電極の各1つは、互いに平行であって伝播パスCに対して垂直な1本以上のフィンガを含む。電極がいくつかのフィンガを含むとき、フィンガは形成するように配置される。この場合、各フィンガは自由端と反対側の端部とを有する金属ストリップの形態を有し、フィンガが反対側の端部を通して「バス」と呼ばれる（フィンガに対して垂直な）共通の長手方向ストリップに接続される。第1の電極のフィンガと第2の電極のフィンガとは互いにインターリーブしている。これらのフィンガは、第1の電極からの1つのフィンガ、次に第2の電極からのフィンガというように毎回交互にすることによって、伝播パスCに沿って配置される（したがって、場合によっては端部のフィンガを除き、第1の電極の各フィンガは、第2の電極の2本のフィンガの間に延びる）。

【 0 0 4 2 】

インターフェーシングトランスデューサ T_I のフィンガの総数は、その第1の電極のフィンガの数とその第2の電極のフィンガの数との和に等しく、 $N1$ として示す。チューニングトランスデューサ T_T のフィンガの総数は、 $N2$ として示す。

【 0 0 4 3 】

図2に、以下の3つの構成についてデジタルシミュレーションによって得られた、図1のデバイス1の電気共振曲線を示す：

- $N1 = 11$ および $N2 = 3$ （図2の曲線（a））、
- $N1 = 11$ および $N2 = 21$ （図2の曲線（b））、および
- $N1 = 11$ および $N2 = 31$ （図2の曲線（c））。

【 0 0 4 4 】

これらの構成について、図2に、デバイス1の、チューニングトランスデューサ T_T の2つの電極が調整可能キャパシタンスを有するキャパシタ C_t に接続された状態の、周波数 f （メガヘルツ単位）に応じたインターフェーシングトランスデューサ T_I の2つの電極の間のアドミタンス Y （アドミタンス Y はジーメンズ単位で表される）を示す（数量 Y はより正確には問題とするアドミタンスのモジュールに等しい）。

【 0 0 4 5 】

これらの3つの構成の各1つについて、キャパシタ C_t の3つの異なる値にそれぞれ対応する3つの曲線が示されている。したがって図2は、各構成（a）、（b）および（c）について：

- 極めて低いキャパシタンス値 C_t （この状況は、実質的にチューニングトランスデューサ T_T の開回路での2つの電極に等価である）に対応する第1の曲線A1であり、共振周波数が最大である曲線と、
- 中間のキャパシタンス値 C_t （約0.3ピコファラッド、この場合のキャパシタのインピーダンスは約1キロオームである）に対応する第2の曲線A2であり、共振周波数が中間の曲線と、
- 極めて高いキャパシタンス値 C_t （この状況は、実質的にチューニングトランスデューサ T_T の短絡した2つの電極に等価である）に対応する第3の曲線A3であり、共振周波数が最小の状況である、第3の曲線A3とを示す。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

この図でわかるように（また「発明の概要」部ですでに説明したように）、チューニングトランスデューサ T_T のフィンガの数 N_2 を増加させることはデバイス 1 をよりアジャイルにする：その共振周波数は、より広い範囲（ $N_2 = 3$ の場合は約 1 MHz で、 $N_2 = 31$ の場合は 2.5 MHz 強の範囲）にわたって調整可能である。しかし、固定周波数寄生共振 R_p の出現も顕著であり、 N_2 が大きくなるにつれてますます際立つ。例えば、 $N_2 = 31$ の場合、開回路状況（曲線 A_1 ）では、この寄生共振は、主調整可能周波数共振と同程度に大きい振幅を有し、したがって特に不都合である。すでに示したように、この寄生共振（約 334 MHz の周波数で発生する）は、共振器 2 の一部のみにある共振モードに関連し、これはインターフェーシングトランスデューサ T_I が占める部分の特定の音響共振にある程度対応する（これは、この寄生共振 R_p がチューニングトランスデューサ T_T の電極間に接続されたインピーダンスとは独立した固定周波数を有することを説明している）。

10

【 0 0 4 7 】

図 3 に、図 1 のデバイスと類似しているが、弾性波の伝播パスに沿って互いに交互になった 3 つのインターフェーシングトランスデューサと 3 つの周波数チューニングトランスデューサとを含むデバイスの電気共振曲線を示す。

【 0 0 4 8 】

これらのトランスデューサの各 1 つは、上述のように互いにかみ合った第 1 の電極と第 2 の電極とを含む。各インターフェーシングトランスデューサごとに、トランスデューサのフィンガの総数、 N_1 、はここでは 46 に等しい（これは、その第 1 の電極のフィンガの数と、その第 2 の電極のフィンガの数との和である）。また、各チューニングトランスデューサごとに、トランスデューサのフィンガの総数、 N_2 、はここでは 14 に等しい。

20

【 0 0 4 9 】

3 つのチューニングトランスデューサの第 1 の電極は、互いに電氣的に接続されている。3 つのチューニングトランスデューサの第 2 の電極も互いに電氣的に接続され、一方のこれらの第 1 の電極と他方のこれらの第 2 の電極との間に、調整可能電気キャパシタンスを有するキャパシタが接続されている。

【 0 0 5 0 】

3 つのインターフェーシングトランスデューサの第 1 の電極は互いに電氣的に接続され、これらのトランスデューサの第 2 の電極も互いに電氣的に接続されている。図 3 に、周波数 f （メガヘルツ単位）に応じた、このデバイスの、一方のこれらの第 1 の電極と他方のこれらの第 2 の電極との間のアドミタンス Y （ジーメンズ単位）を示す。上記の 3 つのキャパシタンス値（極めて低いキャパシタンスと、約 0.3 pF の中間キャパシタンスと、極めて高いキャパシタンス）に対応する（この場合もデジタルシミュレーションにより得られた）3 つの曲線 A_1 、 A_2 および A_3 が、図 3 に示されている。

30

【 0 0 5 1 】

図 3 でわかるように、（単一体からなる単一のより長いチューニングトランスデューサではなく）伝播パス全体にわたって分散され、インターフェーシングトランスデューサの間に挿入されたいくつかのチューニングトランスデューサを使用することが、その振幅が指し示されている、この図で観察される寄生共振の振幅より明確により大きい主調整可能周波数共振を得ることを可能にする。曲線 A_1 では、共振が得られる周波数が図 3 で参照符号 $f_{R,1}$ で指し示されている。さらに曲線 A_3 では、共振が得られる周波数が参照符号 $f_{R,3}$ で指し示されている。これらの曲線の各 1 つで、共振は反共振から特によく離隔されており、高い電気機械結合係数を示していることにも留意されたい。

40

【 0 0 5 2 】

すでに説明したように、インターフェーシングトランスデューサとチューニングトランスデューサとが交互にされたこのような構成は、（共振周波数の広い調整範囲を得るために）共振器全体にわたる伝播速度を制御する電極を分散させることを可能にして、共振器の一部のみにある寄生共振モードの出現を限定したまま、（例えば $50 \text{ } \Omega$ に近いインピ

50

ーダンスを得るために) トランスデューサの完全セットにかなり多めのフィンガの総数を使用することを可能にする。

【0053】

さらに、本技術は一般に、調整可能共振周波数を有し電気機械デバイス5 ; 8 ; 9 ; 12 ; 14 ; 16であって：

- 表面Sによって、または互いに平行な2つの表面S1およびS2によって画定された圧電の支持体100 ; 200と、
- この支持体100 ; 200上の、前記表面S ; S1、S2に対して平行に伝播する弾性波のための共振器50 ; 80 ; 90 ; 120 ; 140とを含み、共振器は：
 - 共振器を画定し、前記波を反射する2つの反射器R1およびR2と、
 - いくつかのインターフェーシングトランスデューサTIと、
 - 前記共振周波数を制御するためのいくつかのトランスデューサTTとを含み、インターフェーシングトランスデューサTIとチューニングトランスデューサTTとが、共振器内で前記波がたどる伝播パスCに沿ってインターフェーシングトランスデューサとチューニングトランスデューサとが交互になった状態でこの伝播パスに沿って配置された、電気機械デバイスに関する。

10

【0054】

インターフェーシングトランスデューサTIとチューニングトランスデューサTTは、連続して、インターフェーシングトランスデューサTI、次にチューニングトランスデューサTT、次にインターフェーシングトランスデューサTIを有して、伝播パスCに沿って互いに続いて配置される。したがって、伝播パスCの2端に位置する2つのトランスデューサ(TIまたはTT)以外は、各チューニングトランスデューサTTが(その最も近い近隣である)2つのインターフェーシングトランスデューサTIの間に位置し、同様に、各インターフェーシングトランスデューサTIが(その最も近い近隣である)2つのチューニングトランスデューサTTの間に位置する。伝播パスCの2端に位置する2つのトランスデューサTIまたはTTに関しては、それらはそれぞれ、一方の2つの反射器R1、R2のうちの一つと、他方の別の種類のトランスデューサTTまたはTIとの間に挿入される。

20

【0055】

図3の共振曲線に対応する実施形態に加えて、本明細書ではこのデバイスの6つの異なる実施形態5 ; 8 ; 9 ; 12 ; 14および16について説明する。これらのデバイスをそれぞれ、図5、図8、図9、図12、図14および図16に示す。

30

【0056】

図5、図8および図9に示す実施形態では、デバイスの支持体100は固体の厚い支持体であり、共振器50 ; 80 ; 90は、この支持体の開放表面S上に作られた表面波共振器である(図4参照)。ここで、表面は平面である。

【0057】

図12、図14および図16の他の3つの実施形態では、支持体、200、は上述の2つの表面S1およびS2によって画定された薄い圧電板(図11参照)であり、共振器は板波共振器である。2つの表面S1およびS2は、ここでは平面である。

40

【0058】

これらの異なる実施形態は、多くの共通点を有する。また、実施形態ごとに、同一または対応する要素は、可能な限り同じ参照符号で指し示され、必ずしもそのたびごとに説明しない。

【0059】

これらの実施形態の各1つについて順次、詳細に説明する前に、まず、これらの実施形態に共通する特徴を提示する。

【0060】

これらの実施形態のそれぞれにおいて、共振器は厳密に2つの反射器を含む。これらの2つの反射器R1およびR2は、類似した構造を有し、図1の共振器と同じでさえもある：

50

共振器はそれぞれ、対象の弾性波のために反射性の周期的配列を形成するように規則的にスペースがとられたいくつかの平行な金属ストリップを含む。これらの2つの反射器は、同一軸上に互いに対向して配置される。共振器内で、弾性波はこの軸に沿って伝播し、これらの反射器 R 1 および R 2 の一方で、次に他方というように交互に反射する。共振器内で弾性波がたどる伝播パス C は、2つの反射器 R 1 および R 2 によって画定されたセグメントである。

【 0 0 6 1 】

インターフェーシングトランスデューサ T_I については、支持体 2 0 0 が薄板の形態で作られるとき、インターフェーシングトランスデューサ T_I のそれぞれが、支持体 2 0 0 の表面 S (図 4) または支持体 2 0 0 の2つの表面 S 1 または S 2 の一方の上にそれぞれ作られた、互いにかみ合った第 1 の電極 1 0 と第 2 の電極 2 0 とを含む。

10

【 0 0 6 2 】

同様に、各チューニングトランスデューサ T_T は、それぞれが支持体 2 0 0 の表面 S (図 4) または支持体 2 0 0 の2つの表面 S 1 または S 2 の一方の上に作られた、第 1 の電極 3 0 と互いにかみ合った第 2 の電極 4 0 とを含む。

【 0 0 6 3 】

これらの電極 1 0、2 0、3 0、4 0 はそれぞれ、互いに平行であって伝播パス C に対して垂直な 1 本以上のフィンガ 1 1、2 1、3 1、4 1 を含む。電極がいくつかのフィンガを含むとき、フィンガは を形成するように配置される。各フィンガ 1 1、2 1、3 1、4 1 は、このようにして、自由端と、その反対側の端部とを有する、金属ストリップを形成し、反対側の端部を通してそのフィンガがこの の異なるフィンガに共通した (フィンガに対して垂直の)、 「 バス 」 と呼ばれる電極の主本体 (の主本体) を形成する長手方向ストリップに接続される。第 1 の電極 1 0、3 0 のフィンガと第 2 の電極 2 0、4 0 のフィンガは互いの間に挿入される : それらは第 1 の電極 1 0、3 0 からの 1 つのフィンガ 1 1、3 1、次に第 2 の電極 2 0、4 0 からのフィンガ 2 1、4 1 というように毎回交互にすることによって、伝播パス C に沿って配置される。

20

【 0 0 6 4 】

特定の場合 (例えば図 1 6 のデバイスの場合) には、同じトランスデューサの第 1 の電極と第 2 の電極が、それぞれ単一のフィンガを含み得ることに留意されたい。また、同じトランスデューサの第 1 の電極と第 2 の電極が、支持体 2 0 0 の2つの異なる表面上に作られてもよい (例えば図 1 5 参照) 。

30

【 0 0 6 5 】

電極 1 つ当たりのある程度多数のフィンガ数を選定することにつながる基準については、図面自体の説明の後で後述する。

【 0 0 6 6 】

電気機械デバイス 5 ; 8 ; 9 ; 1 2 ; 1 4 ; 1 6 は、各インターフェーシングトランスデューサ T_I がチューニングトランスデューサ T_T とは独立して給電されるかまたはデバイスの外部の要素から外部の要素に電氣的に接続され得るように構成される。チューニングトランスデューサ T_T については、それらは、電気機械デバイス 5 ; 8 ; 9 ; 1 2 ; 1 4 ; 1 6 に属する、調整可能電気インピーダンスを有する電気デバイス 7 9 に (インターフェーシングトランスデューサとは独立して) 接続される。

40

【 0 0 6 7 】

したがって、インターフェーシングトランスデューサ T_I ごとに、 (チューニングトランスデューサ T_T とは独立してこのトランスデューサ T_I に給電 / 接続可能とするために) トランスデューサの2つの電極のうち少なくとも一方がチューニングトランスデューサ T_T の異なる電極に対して電氣的に分離される。同様に、チューニングトランスデューサ T_T ごとに、トランスデューサの2つの電極のうち少なくとも一方がインターフェーシングトランスデューサトランスデューサ T_I の異なる電極に対して電氣的に分離されている。

【 0 0 6 8 】

50

ここで説明する実施形態では、異なるインターフェーシングトランスデューサ T_I の第 1 の電極 10 は互いに電氣的に接続されている（すなわち、中間の電気コンポーネントなしに導電体によって直接接続されている）。第 1 の電極 10 は、電気機械デバイスの第 1 の接続端子、75 に電氣的に接続されている（例えば図 8 参照）。異なるインターフェーシングトランスデューサ T_I の第 2 の電極 20 も、互いに電氣的に接続されている。これらの電極は、電気機械デバイスの第 2 の接続端子、76 に電氣的に接続されている。2 つの端子 75 および 76 は、電気機械デバイスを外部要素に接続することを可能にする。これらの端子は、完全な電子回路、例えば同調可能周波数を有する周波数アジャイルフィルタリング回路または信号生成回路における、例えば電気機械デバイス（調節可能電気共振器として使用される）を接続することを可能にする。実際には、2 つの接続端子 75 および 76 は、支持体 100；200 の表面 S 上、または表面 S1、S2 のうちの 1 つの上に作られた、2 つの幅広い電気トラックに、または 2 つの「パッド」接続ゾーンに、直接対応し得る。

10

【0069】

異なるチューニングトランスデューサ T_T の第 1 の電極 30 も互いに電氣的に接続されている。これらの電極は、調整可能インピーダンス Z を有するデバイス 79 の第 1 の端子 77 に接続される（例えば図 8 参照）。異なるチューニングトランスデューサ T_T の第 2 の電極 40 も互いに電氣的に接続されている。これらの電極は、デバイス 79 の第 2 の端子 78 に電氣的に接続されている。デバイス 79 は、その端子 77 と 78 の間に、調整可能（例えば電氣的に操縦可能（pilotable））電気インピーダンス Z を有する。電氣的な観点からは、デバイス 79 は具体的には調整可能電気キャパシタンスを有するキャパシタに等価であり得る（さらに、調整可能キャパシタンスを有するキャパシタであり得る）。

20

【0070】

共通の電気接地を備えた特定の実施形態（例えば図 9 および図 12 の実施形態）では、チューニングトランスデューサ T_T の第 2 の電極 40 はインターフェーシングトランスデューサ T_I の第 2 の電極 20 に電氣的に接続される（電極 40 と電極 20 が互いに短絡される）ことに留意されたい。しかし、チューニングトランスデューサ T_T の第 1 の電極 30 は、この場合、インターフェーシングトランスデューサ T_I の第 1 の電極 10 から電氣的に分離されたままである。

30

【0071】

表面波共振器

以下、共振器が表面波共振器である電気機械デバイス 5；8；9 の最初の 3 つの実施形態について、より詳細に説明する。

【0072】

すでに示したように、これらの 3 つの実施形態では、支持体 100 が固体の厚い支持体（厚さは例えば、動作周波数で使用される音波の波長の 6 倍以上、すなわち、電気機械デバイスで使用される電極の周期の 1.2 倍以上）である。ここでは、支持体 100 は断面 X として（すなわち開放表面 S が結晶軸 X に対して直角である）ニオブ酸リチウム $LiNbO_3$ からなる。また、共振器の軸、すなわち共振器における弾性波の伝播の軸は、結晶軸 X に平行である（言い換えると、伝播パス C は軸 Z に平行である）。

40

【0073】

反射器 R1、R2 と、異なるトランスデューサ T_T 、 T_I の電極 10、20、30、40 は導電材料、例えば金属材料からなる。ここでは、これらはアルミニウムからなる。これらの厚さ（表面 S に対して垂直な延長）は、典型的には 0.02 ミクロンと 1.5 ミクロンの間に含まれる；ここでは、例えば 0.7 ミクロンである。トランスデューサと反射器は、例えば 20% と 60% の間に含まれるメタライゼーション率で作られる。ここでは、例えばメタライゼーション率は 50% である。メタライゼーション率は：

- 互いにかみ合った電極フィンガ 11、21、31、41 のうちのいずれかのフィンガの幅（すなわち伝播パス C に平行なフィンガの延長）を、

50

- 2つの連続するフィンガの間のピッチ（空間周期）で割った値に等しい。

【0074】

ここでは、例えば各フィンガは2.5ミクロンの幅を有し、2つの連続するフィンガ間の空き空間も2.5ミクロンの幅を有する（メタライゼーション率50%）。したがって問題とするピッチは、5ミクロンに等しい。さらに、同じ電極の2つの連続するフィンガ間の空間周期は、10ミクロンである。

【0075】

図4および図5に示す第1の実施形態では、電気機械デバイス5の共振器50は、5つのインターフェーシングトランスデューサT_Iと5つの周波数チューニングトランスデューサT_Tを含む。インターフェーシングトランスデューサT_Iごとに、トランスデューサの第1の電極10は4本のフィンガ、11、を含み、一方、第2の電極20は5本のフィンガ21を含む。同様に、チューニングトランスデューサT_Tごとに、トランスデューサの第1の電極30は4本のフィンガ31を含み、一方、第2の電極40は5本のフィンガ、41を含む。したがって、全トランスデューサは、弾性波の伝播パスCに沿って規則的（周期的）に分散された90本のフィンガを含む。

【0076】

電極10、20、30および40の各1つは、電極の電氣的接続が意図された比較的幅広い電気トラック17、27、37、47（幅約30ミクロン、長さ約100ミクロン以上）によって、互いにかみ合ったフィンガの反対側に延ばされている。この実施形態では、電極間の電気接続は、「ブリッジング」によって、すなわち、互いに電氣的に接続される2つの電極を接続するために電気配線を溶着すること（「ワイヤボンディング」と呼ばれる接続）によって作られる。したがって、例えば第1の電極10は、これらの溶着配線によって互いに接続される（同じことは電極20、または電極30または40にも当てはまる）。

【0077】

図6に、電気機械デバイス5によって提示される、その第1の接続端子（第1の電極10に接続されている）とその第2の接続端子（第2の電極20に接続されている）との間のアドミタンスYを測定することによって得られた3つの共振曲線A1、A2およびA3を示す。曲線A3は、チューニングトランスデューサT_Tについて、第1の電極30を第2の電極40と短絡させる（これは、電氣的な観点からは、極めて高いキャパシタンスを有するキャパシタをこれらの電極の間に接続することに等価である）ことによって得られる。曲線A2は、第1の電極30と第2の電極40との間に0.3ピコファラッドのキャパシタを接続することによって得られる。さらに、曲線A1は、開回路、すなわち、第1の電極30と第2の電極40の間に電気コンポーネントを接続せずに（これは、電氣的な観点からは、これらの電極の間に接続された極めて低いキャパシタンスを有するキャパシタに等価である）得られる。

【0078】

図6でわかるように、電気機械デバイス5は、寄生共振のないきれいな電気共振を有する。その共振周波数は、周波数チューニングトランスデューサT_Tの端子に接続されたキャパシタのキャパシタンスを変化させることによって効果的に変更することができる。しかし、得られる周波数変化は低く、約100kHzである。さらに、共振と反共振との差は、デジタルシミュレーション（例えば図3）に照らして期待され得る差よりも小さい。

【0079】

この限定された同調性は、（「ブリッジング」による）配線接続に関連する望ましくない効果、具体的には、固定値の寄生キャパシタンスまたはインダクタンスの導入に起因する。

【0080】

また、他の実施形態では、電気機械デバイス8；9；12；14；16の電極間の電気接続は、例えば図8に示すように、支持体100の表面S上、または支持体200の表面S1、S2のうちの1つの上に作られた電気トラックによって作られる。実際には、これは

、「ブリッジング」を介しての接続を用いてよりも広い範囲の同調性を得ることを効果的に可能にする（例えば図 7 の実験曲線参照）。

【 0 0 8 1 】

次に、図 8 および図 9 を参照しながら以下で説明するように、支持体の同一表面上に作られる電気トラック間の重なり（この場合も寄生キャパシタンスおよび / またはインダクタンスの源になることとなる重なり）を防ぐために、特別な配置が実装される。

【 0 0 8 2 】

第 2 および第 3 の実施形態を、それぞれ図 8 および図 9 に示す。

【 0 0 8 3 】

これらの 2 つの実施形態では、電気トラック間の重なりを防ぐために：

- インターフェーシングトランスデューサ T_I の電極を接続する電気トラックが、伝播パス C の第 1 の側 7 1 に作られ、
- 一方、チューニングトランスデューサ T_T の電極を接続する電気トラックが、伝播パスの他方の側（この伝播パスの第 2 の側、7 2）に作られる。

【 0 0 8 4 】

（トラック間の交差または重なりを防ぐように）伝播パス C の一方の側または他方の側にこれらの接続を作るために、特別な配置が採用される：いくつかの電極が（例えば電極 1 0 の場合のように）それらの主本体によってではなく、革新的なやり方で、伝播パスの適切な側に位置するという利点を有するそれらの周辺フィンガ 2 1 の端部（例えば電極 2 0）によって、互いに接続される。

【 0 0 8 5 】

伝播パスの第 1 の側 7 1 とは、伝播パス C の一方の側、例えば伝播パス C の左側に位置する表面 S の部分（または、より一般的にはこの空間のゾーン）を指定する。伝播パスの第 2 の側とは、伝播パス C の他方の側、例えば伝播パス C の右側に位置する表面 S の部分（また、より一般的にはこの空間のゾーン）を指定する。すでに示したように、共振器内で弾性波がたどる平均伝播パスに対応する伝播パス C は、反射器 R 1 から反射器 R 2 まで延びるセグメントである。このセグメントは、互いにかみ合った電極の各フィンガのほぼ中央（それは共振器の軸と一致する）を通る。互いにかみ合った電極の各フィンガは、伝播パス C の一方の側から他方の側に延びる（すなわちパス C を横断する）。

【 0 0 8 6 】

インターフェーシングトランスデューサ T_I ごとに、トランスデューサの第 1 の電極 1 0 のフィンガ 1 1 は、伝播パス C の第 1 の側、7 1 で互いに接続される。言い換えると、の形状の電極 1 0 の本体（ある意味で電極の主本体）を形成するこれらの異なるフィンガ 1 1 が接続されている共通の長手方向導電ストリップ（フィンガに対して垂直なストリップ）が、伝播パス C の第 1 の側、7 1 に位置する。

【 0 0 8 7 】

第 1 の電極 1 0 は、完全に伝播パス C の第 1 の側 7 1 に位置する第 1 の電気トラック、1 2、によって互いに接続される。近隣の（すなわち、間に単一のチューニングトランスデューサ T_T が挿入されて伝播パスに沿って直接続く）第 1 の電極 1 0 のペアごとに、その 2 つの電極 1 0 のそれぞれの本体が、第 1 のトラック 1 2 ' のうちの 1 つによって互いに接続される。第 1 の電極 1 0 と第 1 のトラック 1 2 ' とのアセンブリは全体的な 形の形状を有し（ある意味で大規模な ）、そのそれぞれの歯が（それ自体がいくつかのフィンガ 1 1 から形成される）電極 1 0 のうちの 1 つに対応する。この の本体は、パス C の第 1 の側 7 1 に位置する。

【 0 0 8 8 】

インターフェーシングトランスデューサ T_I ごとに、トランスデューサの第 2 の電極 2 0 のフィンガ 2 1 がパス C の第 2 の側、7 2（第 1 のトラック 1 2 ' の反対側）で互いに接続される： の形態のこの電極の本体が伝播パス C の第 2 の側に位置する。この第 2 の電極 2 0 は、それに関連付けられている第 1 の電極 1 0 より（すなわち、この第 2 の電極 2 0 のフィンガ 2 1 が挿入されているフィンガ 1 1 の間の第 1 の電極 1 0 より）1 本多いフ

10

20

30

40

50

ィンガを含む。この電極 20 の 2 本の周辺フィンガ 21 は、第 1 の電極 10 のフィンガ 11 の完全なセットを囲み、その両側に位置する（ある意味で取り囲む）。当該第 2 の電極 20 の 2 本の周辺フィンガ 21 は、この電極の互いに最も遠く離れた 2 本のフィンガである（ただし、依然として、当該トランスデューサの第 1 の電極 10 のフィンガ 11 のうちの 1 つを最も近い近隣として有する）。これらの 2 本の周辺フィンガ 21 はそれぞれ、第 2 の電極 20 の本体にそれを介して接続される第 1 の端部と、伝播パス C の第 1 の側 71 に位置する反対側の第 2 の端部とを有する。

【0089】

近隣の（すなわち伝播パスに沿って互いに続いている）第 2 の電極 20 のペアごとに、問題とする 2 つの電極 20 は第 2 のトラック 22 によって互いに接続される。この第 2 のトラックは、完全に伝播パスの第 1 の側 71 に延びている。この第 2 のトラックは：

- これらの 2 つの電極 20 のうち一方の周辺フィンガ 21 の 1 つ（ここでは、当該ペアの他方の電極 20 に最も近いこの電極の周辺フィンガ）の第 2 の端部を、
- 当該ペアの他方の電極 20 の周辺フィンガ 21 の 1 つ（ここでは、当該ペアの他方の電極 20 に最も近いこの電極の周辺フィンガ）の第 2 の端部に接続する。

【0090】

したがって、（例えば第 1 の電極 10 の場合のように）2 つの電極 20 のうち一方の本体を当該ペアの他方の電極 20 の本体に接続するのではなく、これらの 2 つの電極 20 は、それぞれの周辺フィンガ 21 によって、より正確には、伝播パス C の第 1 の側 71 に位置するという利点を有するこれらの周辺フィンガ 21 の第 2 の端部によって接続される。したがって、第 2 の電極 20 の本体がパス C の第 2 の側に位置している場合でも、これらの電極はこのパスの第 2 の側 71 のみを通ることによって接続され得、したがって、チューニングトランスデューサ T_T の電極の接続のために伝播パスの第 2 の側 72 を空けておくことができる。

【0091】

トラック 22 とトラック 22 が接続する 2 本の周辺フィンガ 21 とを含むアセンブリは、一種の C 形状のトラックを形成し、2 つの電極 20 の間に位置するチューニングトランスデューサ T_T を迂回するために（伝播パスの第 2 の側から第 1 の側に通るためにパス C を横断し、次に、パス C に平行に（およびこの伝播パスの第 1 の側に）延ばされ、次に、問題とするチューニングトランスデューサ T_T を越えた後、他方の電極 20 の本体に接続されるように再びパス C を横断して第 2 の側 72 に戻る。

【0092】

第 2 のトラック 22 と、第 2 の電極 20 の本体と、これらの電極 20 の各 1 つの 2 本の周辺フィンガ 21 とを含む集合体は、パス C に沿って蛇行し、インターフェーシングトランスデューサ T_T の間に挿入されたチューニングトランスデューサ T_T を迂回するようにこのパスを数回横断し、再横断して蛇行路を形成する、主トラックを形成する（例えば図 8 参照）。

【0093】

チューニングトランスデューサ T_T の電極 30、40 を接続するトラック 32、42 が、トラック 12、22 と比較し得るやり方であるが伝播パスの第 2 の側 72 に作られる。

【0094】

したがって、チューニングトランスデューサ T_T ごとに、トランスデューサの第 1 の電極 30 のフィンガ 31 が伝播パス C の第 2 の側 72 で互いに接続される。したがって電極 30 の本体はこのパスの第 2 の側 72 に位置する。近隣の第 2 の電極 30 のペアごとに、問題とする 2 つの電極は完全にパス C の第 2 の側 72 に位置する第 3 のトラック 32 によって互いに接続される。第 1 の電極 30 と第 3 のトラック 32 とのアセンブリは、各歯が電極 30 のうちの 1 つに対応する大域的な の形状を有し（ある意味で大規模な ）、この の本体がパス C の第 2 の側 72 に位置する。

【0095】

また、チューニングトランスデューサ T_T ごとに、トランスデューサの第 2 の電極 40 の

10

20

30

40

50

フィンガ 4 1 が伝播パス C の第 1 の側 7 1 で互いに接続され、したがってこの電極の本体はパス C の第 1 の側に位置する。この第 2 の電極 4 0 は、関連付けられている第 1 の電極よりも 1 本多いフィンガを含む。この電極 4 0 の 2 本の周辺フィンガ 4 1 が第 1 の電極 3 0 のすべてのフィンガ 3 1 を囲んでいる。これらの 2 本の周辺フィンガ 4 1 はそれぞれ、それを介して電極 4 0 の本体に接続される第 1 の端部と、伝播パス C の第 2 の側 7 2 に位置する反対側の第 2 の端部とを有する。

【 0 0 9 6 】

近隣の（すなわち伝播パスに沿って互いに続く）第 2 の電極 4 0 のペアごとに、問題とする 2 つの電極 4 0 が第 4 のトラック 4 2 によって互いに接続される。この第 4 のトラックは、完全に伝播パスの第 2 の側 7 2 に延びている。第 4 のトラックは、

- これら 2 つの電極 4 0 のうちの 1 つの周辺フィンガ 4 1 のうちの 1 つ（ここでは、当該ペアの他方の電極 4 0 に最も近いこの電極の周辺フィンガ）の第 2 の端部を、
- 当該ペアの他方の電極 4 0 の周辺フィンガ 4 1 の 1 つ（ここでは、当該ペアの他方の電極 4 0 に最も近いこの電極の周辺フィンガ）の第 2 の端部に接続する。

【 0 0 9 7 】

この場合も、4 つのトラック 4 2 と、第 2 の電極 4 0 の本体と、これらの電極 4 0 の各 1 つの 2 本の周辺フィンガ 4 1 とを含むアセンブリは、パス C に沿って蛇行し、チューニングトランスデューサ T_T の間に挿入されたインターフェーシングトランスデューサ T_I を迂回するようにこのパスを数回横断し、再横断して蛇行路をなす、主トラックを形成する。

【 0 0 9 8 】

図 8 の実施形態では（図 9 の実施形態とは異なり）、インターフェーシングトランスデューサ T_I の第 2 の電極 2 0 がチューニングトランスデューサ T_T の第 2 の電極 4 0 から電気的に分離されたままである。

【 0 0 9 9 】

図のように、デバイス 8 の共振器 8 0 は、5 つのインターフェーシングトランスデューサ T_I と 5 つの周波数チューニングトランスデューサ T_T とを含む。各インターフェーシングトランスデューサ T_I ごとに、トランスデューサの第 1 の電極 1 0 は 4 本のフィンガ 1 1 を含み、一方、第 2 の電極 2 0 は 5 本のフィンガ 2 1 を含む。同様に、各チューニングトランスデューサ T_T ごとに、トランスデューサの第 1 の電極 3 0 は 4 本のフィンガ 3 1 を含み、第 2 の電極 4 0 は 5 本のフィンガ 4 1 を含む。したがって全トランスデューサで、弾性波の伝播パス C に沿って規則的に（周期的に）分散された 9 0 本のフィンガを含む。

【 0 1 0 0 】

図 7 に、周波数 f （メガヘルツ単位で表される）に応じた、電気機械デバイス 8 によって提示される、その第 1 の接続端子 7 5 と第 2 の接続端子 7 6 との間のアドミタンス Y （ジーメンズ単位で表される）を測定することによって得られた 3 つの共振曲線 A 1、A 2 および A 3 を示す。曲線 A 3 は、チューニングトランスデューサ T_T について、第 1 の電極 3 0 を第 2 の電極 4 と短絡させることによって得られる（ $Z = 0$ ）。それに対して曲線 A 1 は開回路（無限 Z ）で得られ、曲線 A 2 は、第 1 の電極 3 0 と第 2 の電極 4 0 との間に 1 ピコファラッドの中間キャパシタを接続することによって得られる。

【 0 1 0 1 】

図 7 でわかるように、電気機械デバイス 8 は、寄生共振のない、明らかにデバイス 5 よりも拡張された同調性の範囲（約 1 MHz）を有する、反共振からよりよく離隔された共振を有する（約 1.8 MHz の差）、きれいな電気共振を有し、この場合に使用される特定の接続モード（トラックを介しての、重なりのない接続）の利点を示している。

【 0 1 0 2 】

図 8 の電気機械デバイス 8 では、各第 2 の電極 2 0 がその周辺フィンガ 2 1 のうちの 1 つによって第 2 のトラック 2 2 のうちの 1 つに接続される。あるいは、各第 2 の電極 2 0 が、その周辺フィンガ 2 1 の 1 つによってだけでなく、伝播パスに対して横方向に延び、伝

10

20

30

40

50

播パスCを横断し、(図9の場合のように)当該インターフェーシングトランスデューサT_Iと隣接チューニングトランスデューサT_Tとの間に位置する1つ以上の追加のフィンガによっても、第2のトラック22のうち1つに接続されるようにしてもよい。同様に、各第2の電極40は、その周辺フィンガ41の1つだけでなく1つ以上のそのような追加のフィンガによっても第4のトラック42のうち1つに接続されてもよい。したがって、第2の電極20を第2のトラック22(または第2の電極40のうち1つと第4のトラック42のうち1つ)に、1つのフィンガだけでなくいくつかのフィンガによって接続することは、2つの連続した第2の電極20間の電気抵抗とインダクタンスとを低減させることができる。言い換えると、これは、第2の電極20(または40)のうち1つから次の第2の電極への共通電位のより良好な伝達を可能にする。しかし、インターフェーシングトランスデューサT_Iと近隣チューニングトランスデューサT_Tとの間にいくつかのこのような「電位伝達」フィンガが挿入されると、これは音響的観点からは、これらの2つのトランスデューサT_IとT_Tの間に部分反射器を挿入することに立ち戻る。これは、共振器の2つの隣接セクションの分離の一因となり、したがって結果としてデバイスの電気機械結合係数の低減と、トランスデューサのこれらのセクションの特定の共振(共振器の一部のみにあるモード)の寄与の増加をもたらす可能性がある。

10

【0103】

したがって、一方では電気接触抵抗およびインダクタンスの低減(電位伝達フィンガの数の増加を促す)と、他方では連続するトランスデューサ間の反射率の低減(電位伝達フィンガの数の制限を促す)との間の妥協点を見つけることが望ましい。デジタルシミュレーションの結果は、電位伝達フィンガ(第2の電極自体の周辺フィンガ21、41を含む)の総数が1本と10本の間、さらには1本と4本の間に含まれることが好ましいことを示している。

20

【0104】

図9の実施形態は、図8の実施形態と比較し得るが、インターフェーシングトランスデューサT_Iの第2の電極20とチューニングトランスデューサT_Tの第2の電極40が互いに電氣的に接続(短絡)されて共通の電気接地を形成する。

【0105】

また、この実施形態では、第2のトラック22の各1つが、チューニングトランスデューサT_Tのうち1つの第2の電極40とともに、伝播パスCの第1の側71に位置する同じ長手方向導電ストリップを形成する。言い換えると、この第2のトラック22とこの第2の電極40は互いにひとまとめにされている(図9参照)。

30

【0106】

同様に、第4のトラック42の各1つが、インターフェーシングトランスデューサT_Iの1つの第2の電極20とともに、今度は伝播パスの第2の側72に位置する同一の長手方向導電ストリップを形成する。

【0107】

インターフェーシングトランスデューサT_Iのうち1つと、このインターフェーシングトランスデューサT_Iの隣接チューニングトランスデューサT_T(このインターフェーシングトランスデューサの最も近い近隣)のうち1つとを含むペアごとに：インターフェーシングトランスデューサT_Iの第2の電極20が、それぞれの周辺フィンガ、21および41を介して、およびここでは2つのトランスデューサT_IとT_Tの間に挿入された(より正確には、問題とする周辺フィンガ21と41との間に挿入された)追加のフィンガ26も介して、チューニングトランスデューサT_Tの第2の電極40と電氣的に接触している。これらの追加のフィンガ26の各1つは、第2の電極20を第2の電極40に接続するために、伝播パスCに対して横方向に延び、伝播パスCを横断している。

40

【0108】

図9の実施例では、インターフェーシングトランスデューサT_Iのうち1つとこのインターフェーシングトランスデューサの隣接チューニングトランスデューサT_Tのうち1つとのペアごとに、これら2つのトランスデューサの間に位置するすべての電位伝達フィ

50

ンガ、すなわち 2 本の周辺フィンガ 2 1 および 4 1 と追加のフィンガ 2 6 とが、合計 1 0 本のフィンガ（すなわち 8 本の追加フィンガ 2 6）を含む。しかし、これに代えて異なる数の電位伝達フィンガ、例えばより少ない数の電位伝達フィンガが選定されてもよい。

【 0 1 0 9 】

図 9 の共振器 9 0 では、第 2 の電極 2 0 および 4 0 の主本体と、それらの周辺フィンガ 2 1 および 4 1 と、上述の追加フィンガ 2 6 とがともに、チューニングトランスデューサ T_T とインターフェーシングトランスデューサ T_I の第 1 の電極 1 0 および 3 0 を迂回することを可能にする蛇行路を形成することによって、伝播パス C に沿ってこのパスの両側を蛇行する（伝播パスを数回横断し、再横断する）同一の主トラック 6 0 を形成する。

【 0 1 1 0 】

図 1 0 に、周波数 f （メガヘルツ単位で表される）に応じた、電気機械デバイス 9 によって提示される、その第 1 の接続端子（第 1 の電極 1 0 に接続）と第 2 の接続端子（第 2 の電極 2 0 に接続）との間のアドミタンス Y （ジーメンズ単位で表される）を測定することによって得られた 3 つの共振曲線 A 1、A 2 および A 3 を示す。曲線 A 3 は、チューニングトランスデューサ T_T について、第 1 の電極 3 0 における第 2 の電極 4 0 との短絡として得られる（ $Z = 0$ ）。それに対して曲線 A 1 は開回路で得られ（無限 Z ）、曲線 A 2 は第 1 の電極 3 0 と第 2 の電極 4 0 との間に 3 ピコファラッドの中間キャパシタを接続することによって得られる。

【 0 1 1 1 】

図 1 0 でわかるように、電気機械デバイス 9 は満足のいく同調性の範囲のきれいな電気共振を有する。しかし、この同調性の範囲は、図 8 のデバイス 8 の場合よりもわずかに小さく、共振は反共振から、よりわずかに離隔されている。寄生共振（局在化モードに対応）は、図 8 のデバイス 8 の場合よりも全体として若干際立っている。これらの観察は、電位伝達フィンガの数（ここではこの数は 1 0 に等しい）がこの実施例では共振器 8 0 の場合より多く、したがって 2 つの連続するトランスデューサの間の界面における部分反射の程度が増加することによって説明され得る。

【 0 1 1 2 】

上記で提示した表面波電気機械デバイス 5、8、9 にはその性能（特に周波数のアジリティ）をさらに改善するために異なる代替を与えることができる。

【 0 1 1 3 】

例えば、より高い電気機械結合係数を得るために、ニオブ酸リチウム基板（または別の種類の基板が選定されてもよい）のために異なる結晶配向を選定することができる。したがって、断面 X を使用するのではなく、配向 $Y + 64^\circ$ または $Y + 128^\circ$ が使用されてもよい。

【 0 1 1 4 】

反射率、したがって共振器の Q 値を改善するために、異なる数のフィンガ（周期の数）、例えばより多数のフィンガを含む反射器が使用されてもよい。

【 0 1 1 5 】

共振器の全体的寸法の縮小（特に連続するフィンガ間のピッチの縮小）は、動作周波数を増加させる（より高い共振周波数）ことを可能することになる。

【 0 1 1 6 】

また、支持体として単結晶基板を使用する代わりに、表面付近によりよく閉じ込められ、より速く、それらの伝播特性が温度とともにドリフトすることがより少ない波の使用を許す多層構造体に頼ってもよい。

【 0 1 1 7 】

板波共振器

共振器が板波共振器である電気機械デバイス 1 2 ; 1 4 および 1 6 の第 4、第 5 および第 6 の実施形態を、図 1 2、図 1 4 および図 1 6 をそれぞれ参照しながら提示する。

【 0 1 1 8 】

すでに示したように、これらの 3 つの実施形態では、支持体 2 0 0 は全体として 6 波長未

10

20

30

40

50

満（または電極の周期の1.2倍）の厚さの薄板である。

【0119】

ここでは、これは厚さ0.39ミクロンの断面Xとしてのニオブ酸リチウム板の使用を伴う。反射器R1およびR2は、共振器内の弾性波の伝播の軸、これら2つの反射器を接続する軸が、切断面において結晶軸Yと170°の角度を作るように配置される。

【0120】

トランスデューサの電極と、反射器と、電気接続トラックとは、導電性材料、例えば金属材料からなる。ここでは、これらはアルミニウムからなる。これらの厚さ（面Sに対して垂直な延長）は、典型的には0.01ミクロンと1ミクロンの間に含まれる；ここでは、厚さは例えば235ナノメートルである。トランスデューサと反射器は、例えば10%と60%の間（ここでは約30%）のメタライゼーション率で作られる。トランスデューサの電極の異なるフィンガ11、12、31、41と反射器R1、R2は、ここでは2.3ミクロンの空間周期で2つずつ離隔され、それぞれが0.7ミクロンの幅（伝播パスCに平行な特定の延長）を有する。各電極における波の反射率を低減するために、表面波共振器よりもわずかに低いメタライゼーション率が使用され、これにより共振器の単一領域における波の局在を防ぐ。

10

【0121】

実際に、電極の厚さは板200のそれと比較し得るため、板波はその通過中に各電極フィンガの下で多少強い反射を被る（対応する反射率は例えば30%に達し得る）。これらの状態で、連続する歯のセット間の弾性結合が伝播パスCに沿って急速に低くなる。したがって、これらの板波共振器120；140が、フィンガ11、21を実質的に連続して交互にし、それによって共振器とフィンガ31、41の電氣的インターフェーシングを可能にし、周波数制御を可能にすることが望ましい。

20

【0122】

また、この種の共振器では、前記電極10、20、30および40の各1つが最大で3本のフィンガを含むことが提供される。

【0123】

より正確には、第4および第5の実施形態（それぞれ図12および図14）では、第1の電極10および30の各1つが単一のフィンガを含み、第2の電極20および40の各1つが、対応する第1の電極の単一のフィンガを囲むフィンガを2本のみ含む。したがって、これら2つの実施形態の場合、各トランスデューサは合計で3本のフィンガを含む。

30

【0124】

これらの3つの板波共振器デバイス12；14；16では、トランスデューサの電極10、20、30、40はこの場合も、それぞれが支持体200の2つの表面S1およびS2のうちの1つまたは他方の上に作られた電気トラック12、22、32および42によって互いに電氣的に接続される。この支持体の同一表面、S1またはS2、上に作られるトラックは重なり合わない。

【0125】

第4の実施形態（図11および図12）では、共振器120の異なる要素、すなわち、反射器R1、R2と、トランスデューサT_T、T_Eと、接続トラック12、22、32、42とは、支持体200の同一表面、S1、上に作られる。トラック間の重なり合いを防ぐために、この場合、上記で提示した、表面波を使用するデバイス8および9と同じ配置に頼る。

40

【0126】

インターフェーシングトランスデューサT_Eの場合、第1の電極10が、完全に伝播パスCの第1の側71に位置する第1のトラック12'によって互いに接続される。さらに、第2の電極20も、やはり完全に伝播パスの第1の側71に位置する第2のトラック22によって互いに接続される。

【0127】

また、チューニングトランスデューサT_Tの場合、第1の電極30が、完全に伝播パスC

50

の第 2 の側 7 2 に位置する第 3 のトラック 3 2 によって互いに接続される。さらに、第 2 の電極 4 0 も、やはり完全に伝播パスの第 2 の側 7 2 に位置する第 4 のトラックによって互いに接続される。

【 0 1 2 8 】

ここでは、第 1 の電極 1 0 がそれぞれ単一のフィンガを有するため、これらの第 1 の電極 1 0 とそれらを接続する第 1 のトラック 1 2 ' とを含むアセンブリが を形成し、 の本体が実質的に伝播パス C の全長にわたってこのパスの第 1 の側 7 1 にパス C に対して平行に延び、その各フィンガが第 1 の電極 1 0 のうちの 1 つによって、すなわちこの電極の 1 つしかないフィンガによって形成される。

【 0 1 2 9 】

第 1 の電極 3 0 とそれらを接続する第 1 のトラック 3 2 とを含むアセンブリも を形成し、 の本体が実質的に伝播パス C の全長にわたってこのパスの第 2 の側 7 2 にパス C に対して平行に延び、その各フィンガが第 1 の電極 3 0 の 1 つによって（すなわちこの電極の 1 つしかないフィンガによって）形成される。問題とする 2 つの は互いにかみ合っている：第 1 の電極 1 0 のうちの各 1 つにより構成されるフィンガが、それぞれ第 1 の電極 3 0 のうちの 1 つを構成する 2 本のフィンガの間に挿入される。

【 0 1 3 0 】

第 2 の電極 2 0 および 4 0 とそれらを接続する第 2 のトラック 2 2、4 2 に関しては、これらはともに同一の主トラック 6 0 を形成し、主トラック 6 0 は、伝播パス C に沿ってこのパスの両側を蛇行し、単一のフィンガを有する第 1 の電極 1 0 を交互に迂回し（第 2 の側 7 2 を通ることによって迂回する）、次に単一のフィンガを有する第 1 の電極 3 0 を交互に迂回し（第 1 の側を通過することによって迂回する）、以下同様に蛇行する。この主トラック 6 0 は、ここでは、このように伝播パス C に沿って蛇行する単体のストリップから形成される（第 2 の電極 2 0 および 4 0 のフィンガ 2 1 および 4 1 は 2 つずつひとまとめにされ、単一のフィンガ 2 1 / 4 2 が電極 1 0 を次の電極 3 0 から離隔させる）。このストリップは例えば一定した幅を有する。

【 0 1 3 1 】

図 1 1 および図 1 2 には、共振器 1 2 0 のフィンガの一部のみが示されている。実際には、共振器 1 2 0 はここに説明した他の共振器 5 0 ; 8 0 ; 9 0 ; 1 4 0 と同様に、4 0 本以上、さらには 8 0 本以上、またはさらには 1 5 0 本以上のフィンガの総数（反射器を含まない）を含む。多数のフィンガの総数の使用は、特に、電気機械デバイスの第 1 の端子と第 2 の端子との間の 5 0 オームに比較的近いインピーダンス（当然ながら共振周波数および反共振周波数の外側で）を得ることを可能にする。

【 0 1 3 2 】

図 1 3 に、周波数 f （ギガヘルツ単位）に応じた、デバイス 1 2 により提示される、その第 1 の接続端子 7 5 と第 2 の接続端子 7 6 との間のアドミタンス Y を示す（ジーメンズ単位で表す）。デジタルシミュレーションを介して得られた 7 つの電気共振曲線が示されている。曲線 A 7 は、チューニングトランスデューサ T_T について、第 1 の電極 3 0 を第 2 の電極 4 0 と短絡させることによって得られる（ $Z = 0$ ）。曲線 A 1 は、1 p F キャパシタをこれらの同じ電極の間に接続することによって得られ、曲線 A 3 は 4 p F キャパシタを第 1 の電極 3 0 と第 2 の電極 4 0 の間に接続することによって得られる。

【 0 1 3 3 】

図 1 3 でわかるように、板波共振器デバイス 1 2 は：

- 共振ピークの - 3 d B における幅の少なくとも 1 0 倍に等しい幅の、極めて広い同調性の範囲（約 0 . 1 G H z または平均共振周波数の 1 4 % ）と、
 - 極めて鋭い共振ピークと、
 - 特によく離隔された反共振と共振と
- を得ることを可能にする。

【 0 1 3 4 】

第 5 および第 6 の実施形態（図 1 5 および図 1 6 にそれぞれ示す）では、いくつかの電極

10

20

30

40

50

が電気機械デバイス 14 ; 16 の支持体の第 1 の表面 S 1 (上面) 上に作られ、一方、他の電極がこの支持体の第 2 の表面 S 2 (下面) 上に作られる。これは、デバイス 14 ; 16 の製造を (図 1 1 および図 1 2 のデバイス 1 2 に対して) 複雑にし得るが、これは重なる可能性を限定するため、電極間の接続を簡素化する。

【 0 1 3 5 】

第 5 の実施形態 (図 1 4 および図 1 5) では、インターフェーシングトランスデューサ T_I の第 2 の電極 20 とチューニングトランスデューサ T_T の第 2 の電極 40 とが電氣的に接触し、ともに同じ共通の電気接地を形成する。これらの電極 20、40 とそれらを接続する電気トラックとは、図 1 5 でわかるように支持体 200 の第 2 の表面 S 2 上に作られている。図 1 5 は、支持体 200 に対して垂直な、伝播パス C を含む切断面に沿ったデバイス 14 の一部の図式的な断面図である。

10

【 0 1 3 6 】

インターフェーシングトランスデューサ T_I の第 1 の電極 10 とチューニングトランスデューサ T_T の第 1 の電極 30 が、支持体の第 1 の表面 S 1 上に作られる。図 1 4 は、支持体 200 が見えない (言わば透明に示されている) デバイス 14 の上面図であることに留意されたい。したがって、この図では、いくつかのトラックまたはフィンガが交差しているように見えるが、実際には異なる表面上に作られているため、実際には交差していない。

【 0 1 3 7 】

(単一のフィンガを有する) 第 1 の電極 10 とそれらを互いに接続する第 1 のトラック 1 2 ' とを含むアセンブリが を形成し、(第 4 の実施形態と同様に) の本体が伝播パスの第 1 の側 7 1 に位置する。また、(単一のフィンガを有する) 第 1 の電極 30 とそれらを接続する第 1 のトラック 3 2 とを含むアセンブリが を形成し、 の本体が伝播パスの第 2 の側 7 2 に位置する (これらの 2 つのは、互いにかみ合っている) 。

20

【 0 1 3 8 】

すべての第 2 の電極 20 および 40 によって形成される接地トラックも、伝播パスの第 1 の側または第 2 の側 (ここでは第 2 の側) に位置する主本体と、それぞれが (表面 S 1 上の突起において) 第 1 の電極 10 の 1 つと近隣の第 1 の電極 30 との間に延びるフィンガとを有する を形成する。ここでは、第 1 の電極 10 の 1 つと、近隣の第 1 の電極 30 とを含むペアごとに、この接地トラックの単一のフィンガが問題とする第 1 の電極 10 と第 1 の電極 30 との間に挿入される。

30

【 0 1 3 9 】

第 6 の実施形態では、図 1 6 でわかるように、インターフェーシングトランスデューサ T_I が支持体 200 の第 1 の表面 S 1 上に作られ、チューニングトランスデューサ T_T が支持体 200 の第 2 の表面 S 2 上に作られる。図 1 6 は、切断面が支持体に対して垂直 (すなわち、表面 S 1 および S 2 に対して垂直) であり伝播パス C を含む、この第 6 の実施形態によるデバイス 16 の一部の断面図である。この第 6 の実施形態では、各電極 10、20、30、40 が単一のフィンガを含む (したがって各トランスデューサが合計 2 本のフィンガを含む) 。

【 0 1 4 0 】

インターフェーシングトランスデューサがともに、互いにかみ合い、実質的に全伝播パスにわたって延びる 2 つの長い (一方は第 1 の電極のため、他方は第 2 の電極のため) を形成する。同様に、チューニングトランスデューサが全体として、互いにかみ合い、実質的に全伝播パスにわたって延びる 2 つの長い を形成する。

40

【 0 1 4 1 】

すでに示したように、各チューニングトランスデューサ T_T は、伝播パスの端部に位置する制御トランスデューサ T_T を除き、2 つのインターフェーシングトランスデューサ T_I の間に挿入される。したがって、2 つの表面 S 1、S 2 のうちの 1 つの上の突起において、問題とするチューニングトランスデューサ T_T は 2 つのインターフェーシングトランスデューサ T_I の間に位置する (言わば挿入されている) (図 1 6) 。

50

【 0 1 4 2 】

上述の電気機械デバイス 5 ; 8 ; 9 ; 1 2 ; 1 4 ; 1 6 に対して異なる代替を作ることができる。

【 0 1 4 3 】

具体的には、トランスデューサは提示されたものとは異なる数のフィンガを含んでもよい。

【 0 1 4 4 】

1 トランスデューサ当たりのフィンガの数は、具体的には各フィンガにおける弾性波の所望の反射率に応じて、および / または、共振器の一部のみに局在するモードに対応する寄生共振の存在に対し多かれ少なかれ耐性のある目的用途に応じて、選定することができる。

10

【 0 1 4 5 】

例えば電極があまり厚くないために、各フィンガにおいて予期される反射率が低いとき、1 トランスデューサ当たり比較的多数のフィンガを使用することができる。例えば、この反射率が 5 % 未満の場合、1 0 本より多い、1 トランスデューサ当たりのフィンガの総数を選定することができる（ただし、この場合、より少ない本数も適切であり得る）。一方、問題とする反射率が例えば 2 0 % より大きい場合は、3 本または 4 本以下の、1 トランスデューサ当たりのフィンガの総数を選定するのが好ましいであろう。

【 0 1 4 6 】

次に、目的用途に関して、例えば、共振周波数がフィルタの帯域の中央に位置するいわゆる直列共振器と、反共振周波数がこの同じ帯域の中心に位置する並列共振器とからなるフィルタの場合は、寄生共振（したがってフィルタの帯域内に収まる可能性がある）の存在が、並列共振器に対してよりも直列共振器に対してより悪影響があることになる。直列共振器の場合、1 トランスデューサ当たりの低減されたフィンガの総数（例えば 1 0 本以下）を選定するのが好ましいであろう。

20

【 符号の説明 】

【 0 1 4 7 】

1、5、8、9、1 2、1 4、1 6 電気機械デバイス

1 0、3 0 第 1 の電極

1 1、2 1、3 1、4 1 フィンガ

1 2 ' 第 1 のトラック

1 7、2 7、3 7、4 7 トラック

2 0、4 0 第 2 の電極

2 1 周辺フィンガ

2 2 第 2 のトラック

3 2 第 3 のトラック

4 2 第 4 のトラック

5 0、8 0、9 0、1 2 0、1 4 0 共振器

7 1 第 1 の側

7 2 第 2 の側

7 5 第 1 の接続端子

7 6 第 2 の接続端子

7 7 第 1 の端子

7 8 第 2 の端子

7 9 電気デバイス

1 0 0、2 0 0 支持体

C 伝播パス

R 1、R 2 反射器

S、S 1、S 2 表面

T I インターフェーシングトランスデューサ

30

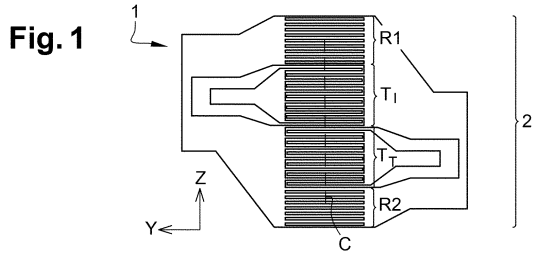
40

50

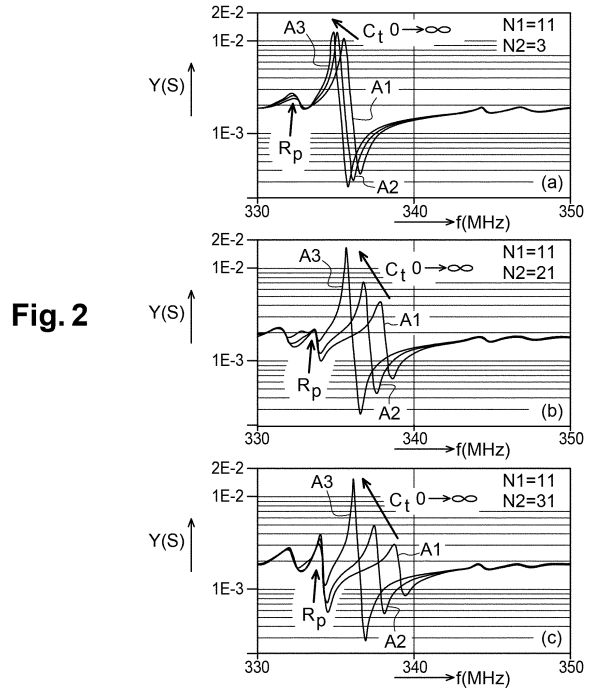
TT チューニングトランスデューサ

【図面】

【図 1】



【図 2】

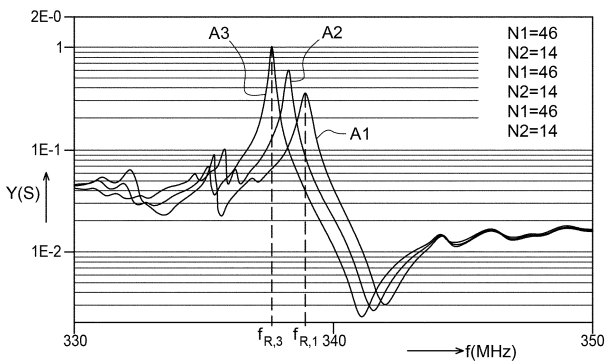


10

20

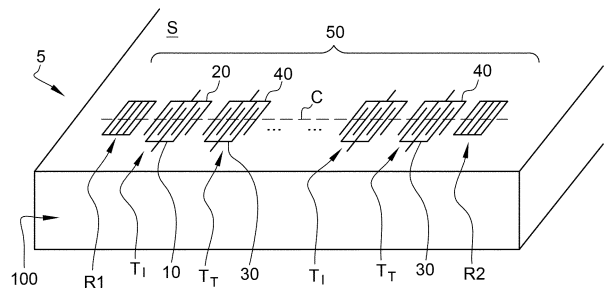
【図 3】

Fig. 3



【図 4】

Fig. 4



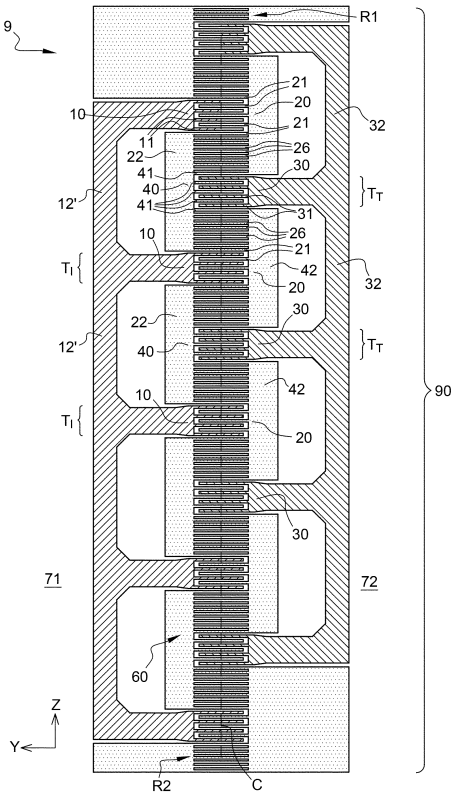
30

40

50

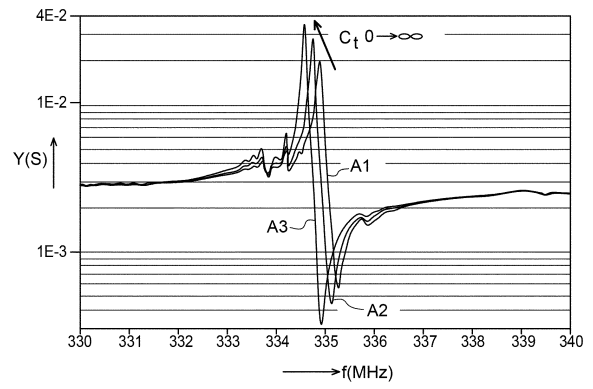
【 図 9 】

Fig. 9



【 図 1 0 】

Fig. 10

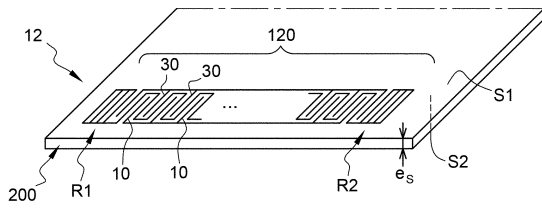


10

20

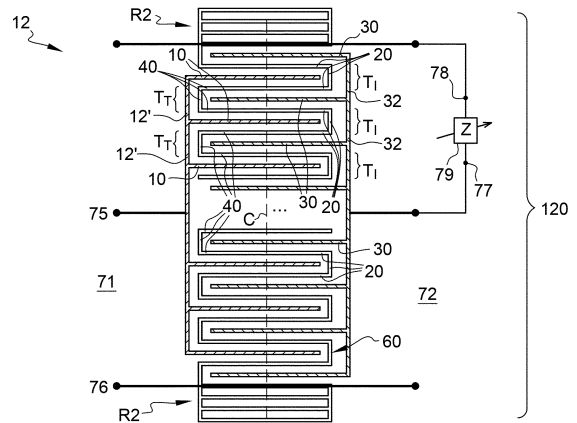
【 図 1 1 】

Fig. 11



【 図 1 2 】

Fig. 12



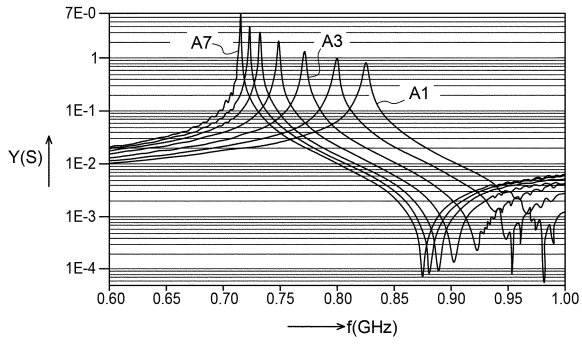
30

40

50

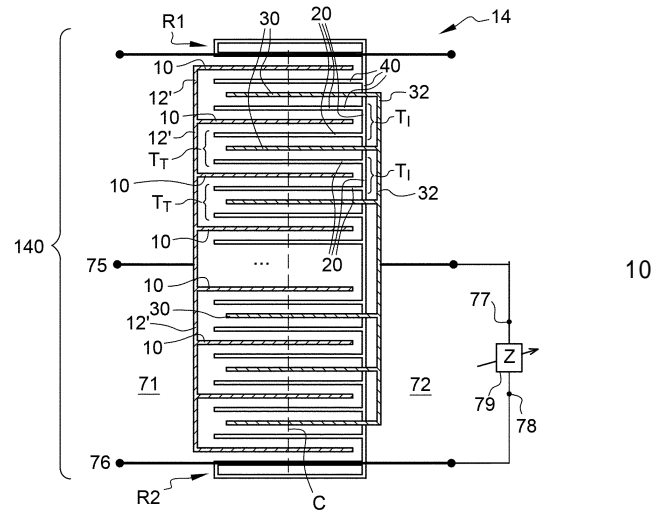
【 図 1 3 】

Fig. 13



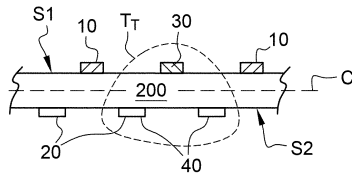
【 図 1 4 】

Fig. 14



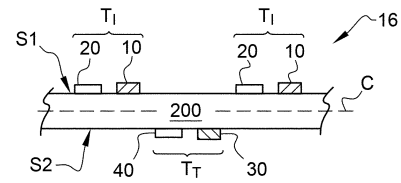
【 図 1 5 】

Fig. 15



【 図 1 6 】

Fig. 16



【 外国語明細書 】

2022067077000018.pdf

10

20

30

40

50

フロントページの続き

セデックス・9、アブニュ・デ・マルティル・17、セ・ウ・ア・グルノーブル
(72)発明者 アクセル・ソバージュ
フランス国、38054・グルノーブル・セデックス・9、アブニュ・デ・マルティル・17、セ
・ウ・ア・グルノーブル

Fターム(参考) 5J097 AA13 BB02 BB11 CC01 DD01 DD14 DD19 DD21 GG04 HA02
KK03 LL01