

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-98970
(P2020-98970A)

(43) 公開日 令和2年6月25日(2020.6.25)

(51) Int. Cl. F I テーマコード(参考)
H03H 9/145 (2006.01) H03H 9/145 D 5J097

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2018-235643 (P2018-235643)	(71) 出願人	000006633 京セラ株式会社
(22) 出願日	平成30年12月17日 (2018.12.17)	(74) 代理人	100135828 弁理士 飯島 康弘
		(72) 発明者	岸野 哲也 京都府京都市伏見区竹田烏羽殿町6番地 京セラ株式会社内
		Fターム(参考)	5J097 AA01 AA18 AA19 BB02 DD07 DD10 EE08 FF01 FF03 GG03 GG04 KK01 KK03 KK09

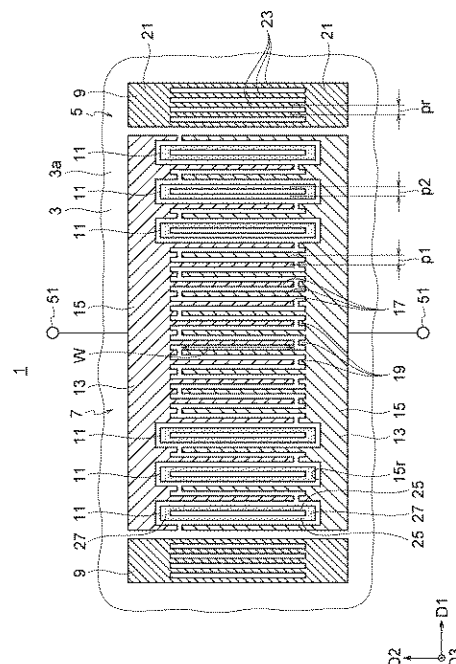
(54) 【発明の名称】 弾性表面波素子、分波器および通信装置

(57) 【要約】

【課題】 反共振周波数付近の損失を低減できるSAW素子を提供する。

【解決手段】 SAW共振子1において、IDT電極7は、圧電体3の上面3a上で互いに並列にD2方向へ延びている複数の電極指17を有している。反射器9は、1つのIDT電極7に対してD1方向の両側に位置している。複数の挿入導体11は、IDT電極7のD1方向の両側の端部それぞれに少なくとも1つが位置している。複数の挿入導体11のそれぞれは、偶数本の挿入電極指25と、1対の接続部27とを有している。偶数本の挿入電極指25は、複数の電極指17に対して並列に延びている。1対の接続部27は、偶数本の挿入電極指25同士をD2方向の両端側で接続している。複数の挿入導体11のそれぞれにおいて、偶数本の挿入電極指25のうちD1方向の両側の挿入電極指25は複数の電極指17のいずれかと隣り合っている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 方向および該第 1 方向に交差する第 2 方向に広がっている第 1 面を有している圧電体と、

前記第 1 面上で互いに並列に前記第 2 方向へ延びている複数の電極指を有している 1 つの I D T 電極と、

前記 I D T 電極に対して前記第 1 方向の両側に位置しており、前記 I D T 電極と隣り合っている 1 対の反射器と、

前記 I D T 電極の前記第 1 方向の両側の端部それぞれに少なくとも 1 つが位置している複数の挿入導体と、

を有しており、

前記複数の挿入導体のそれぞれは、

前記複数の電極指に対して並列に延びている偶数本の挿入電極指と、

前記偶数本の挿入電極指同士を前記第 2 方向の両端側で接続している 1 対の接続部と、を有しており、

前記複数の挿入導体のそれぞれにおいて、前記偶数本の挿入電極指のうち前記第 1 方向の両側の挿入電極指は前記複数の電極指のいずれかと隣り合っている

弾性表面波素子。

【請求項 2】

前記 I D T 電極の一端から、当該一端から数えて前記電極指および前記挿入電極指の数が第 1 の本数となる位置までの範囲と、前記 I D T 電極の他端から、当該他端から数えて前記電極指および前記挿入電極指の数が第 2 の本数となる位置までの範囲とに全ての前記挿入電極指が位置しており、

前記第 1 の本数および前記第 2 の本数それぞれは、20 本以下、かつ前記電極指および前記挿入電極指の総数の 20 % 以下の本数である

請求項 1 に記載の弾性表面波素子。

【請求項 3】

前記 I D T 電極の前記第 1 方向の両側の端部それぞれに 2 以上の前記挿入導体を有している

請求項 1 または 2 に記載の弾性表面波素子。

【請求項 4】

前記 I D T 電極の前記第 1 方向の両側の端部それぞれに 4 つのみ前記挿入導体を有しており、

合計 8 つの前記挿入導体それぞれが 2 つのみ前記挿入電極指を有している

請求項 3 に記載の弾性表面波素子。

【請求項 5】

前記 I D T 電極の前記第 1 方向の両側の端部それぞれに 2 つのみ前記挿入導体を有しており、

合計 4 つの前記挿入導体それぞれが 4 つのみ前記挿入電極指を有している

請求項 3 に記載の弾性表面波素子。

【請求項 6】

前記反射器は、前記第 2 方向に互いに並列に延びている複数の反射電極指を有しており、

前記複数の電極指のピッチを p_1 、前記複数の反射電極指のピッチを p_r 、前記複数の挿入電極指のピッチを p_2 としたときに、 $|p_1 - p_r| < 0.1 \times p_1$ 、 $p_2 > p_1$ および $p_2 > p_r$ が成り立つ

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の弾性表面波素子。

【請求項 7】

前記複数の挿入導体は、前記 I D T 電極と非接続とされている

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の弾性表面波素子。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

前記 I D T 電極は、前記複数の電極指に対して前記第 2 方向の両側に位置しており、それぞれ前記複数の電極指の一部または残りが接続されている 1 対のバスバーを有しており

、
前記 1 対のバスバーは、前記複数の挿入導体に対向している複数の凹部を有している請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の弾性表面波素子。

【請求項 9】

アンテナ端子と、
送信信号をフィルタリングして前記アンテナ端子に出力する送信フィルタと、
前記アンテナ端子からの受信信号をフィルタリングする受信フィルタと、を備えており

10

、
前記送信フィルタまたは前記受信フィルタは、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の弾性表面波素子を有している

分波器。

【請求項 10】

アンテナと、
該アンテナに前記アンテナ端子が接続されている請求項 9 に記載の分波器と、
該分波器に電氣的に接続されている R F - I C と、
を有している通信装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本開示は、弾性表面波 (S A W : Surface Acoustic Wave) 素子、分波器および通信装置に関する。

【背景技術】

【0002】

圧電基板と、当該圧電基板上に位置する I D T (Interdigital Transducer) 電極と、前記圧電基板上に位置するとともに前記 I D T 電極を挟む 1 対の反射器とを有する S A W 共振子が知られている (例えば特許文献 1) 。特許文献 1 では、反射器の一般的な配置位置に対して反射器を I D T 電極側へシフトさせることにより、反共振周波数付近の損失を低減する技術を開示している。

30

【0003】

特許文献 2 および 3 は、1 つの I D T 電極を 1 対の反射器で挟んだ S A W 共振子に係るものではなく、複数の I D T 電極を並べた S A W フィルタに係るものである。特許文献 2 および 2 では、I D T 電極内に反射用の電極指を挿入する技術を開示している。特許文献 2 および 3 は、そのような反射用の電極指を挿入することによる効果として、フィルタの通過帯域内の平坦化、挿入損失の改善および急峻性の向上等を謳っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

40

【特許文献 1】国際公開第 2 0 1 6 / 0 1 7 7 3 0 号

【特許文献 2】特開 2 0 0 2 - 3 5 3 7 7 7 号公報

【特許文献 3】特許 2 0 0 8 - 9 8 9 0 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

反共振周波数付近の損失を低減できる弾性表面波素子、分波器および通信装置が提供されることが望まれる。

【課題を解決するための手段】

【0006】

50

本開示の一態様に係る弾性表面波素子は、第1方向および該第1方向に交差する第2方向に広がっている第1面を有している圧電体と、前記第1面上で互いに並列に前記第2方向へ延びている複数の電極指を有している1つのIDT電極と、前記IDT電極に対して前記第1方向の両側に位置しており、前記IDT電極と隣り合っている1対の反射器と、前記IDT電極の前記第1方向の両側の端部それぞれに少なくとも1つが位置している複数の挿入導体と、を有しており、前記複数の挿入導体のそれぞれは、前記複数の電極指に対して並列に延びている偶数本の挿入電極指と、前記偶数本の挿入電極指同士を前記第2方向の両端側で接続している1対の接続部と、を有しており、前記複数の挿入導体のそれぞれにおいて、前記偶数本の挿入電極指のうち前記第1方向の両側の挿入電極指は前記複数の電極指のいずれかと隣り合っている。

10

【0007】

本開示の一態様に係る分波器は、アンテナ端子と、送信信号をフィルタリングして前記アンテナ端子に出力する送信フィルタと、前記アンテナ端子からの受信信号をフィルタリングする受信フィルタと、を備えており、前記送信フィルタまたは前記受信フィルタは、上記弾性表面波素子を有している。

【0008】

本開示の一態様に係る通信装置は、アンテナと、該アンテナに前記アンテナ端子が接続されている上記分波器と、該分波器に電氣的に接続されているRF-ICと、を有している。

【発明の効果】

20

【0009】

上記の構成によれば、反共振周波数付近の損失を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施形態に係るSAW共振子の構成を示す平面図である。

【図2】図1のSAW共振子の変形例の一部を示す平面図である。

【図3】図3(a)は図1のSAW共振子におけるインピーダンスの位相の周波数特性を示す図であり、図3(b)は図3(a)の領域Rbの拡大図であり、図3(c)は図3(a)の領域Rcの拡大図である。

【図4】図4(a)、図4(b)および図4(c)は挿入電極指のピッチの大きさがSAW共振子におけるインピーダンスの位相の周波数特性に及ぼす影響を示す図である。

30

【図5】図5(a)および図5(b)は複数の実施例に係るSAW共振子のインピーダンスの位相を示す図。

【図6】図6(a)および図6(b)は複数の実施例に係るSAW共振子のQ値を示す図。

【図7】実施形態に係る分波器を説明する回路図である。

【図8】実施形態に係る通信装置を説明する概略図である。

【図9】参考例に係るSAW共振子の構成を示す平面図である。

【図10】図10(a)、図10(b)は、参考例に係るSAW共振子におけるインピーダンスの位相の周波数特性を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0011】

[SAW共振子]

以下、本開示に係る実施形態について、図面を参照して説明する。なお、以下の説明で用いられる図は模式的なものであり、図面上の寸法比率等は現実のものとは必ずしも一致していない。

【0012】

本開示に係るSAW素子は、いずれの方向が上方または下方とされてもよいものであるが、以下では、便宜的に、D1軸、D2軸およびD3軸からなる直交座標系を定義するとともに、D3軸の正側を上方として、上面または下面等の用語を用いることがある。なお

50

、D1軸は、後述する圧電体の上面に沿って伝搬するSAWの伝搬方向に平行になるように定義され、D2軸は、圧電体の上面に平行かつD1軸に直交するように定義され、D3軸は、圧電体の上面に直交するように定義されている。

【0013】

(SAW共振子の全体構成)

図1は、SAW素子の一例であるSAW共振子1の要部の構成を示す平面図である。この図では、図解を容易にするために、後述する導体層5の表面に対して(すなわち断面ではない面に)ハッチングを付している。

【0014】

SAW共振子1は、いわゆる1ポートSAW共振子を構成しており、例えば、模式的に示す2つの端子51の一方から所定の周波数の電気信号が入力されると共振を生じ、その共振を生じた信号を2つの端子51の他方から出力する。

10

【0015】

SAW共振子1は、例えば、圧電体3と、圧電体3の上面3a上に位置する導体層5とを有している。導体層5は、IDT電極7と、IDT電極7の両側に位置する1対の反射器9と、IDT電極7に挿入された複数の挿入導体11とを有している。なお、導体層5は、この他、IDT電極7と端子51とを接続する配線および端子51を有していてもよい。

【0016】

(圧電体)

圧電体3は、圧電性を有する単結晶からなる。単結晶は、例えば、ニオブ酸リチウム(LiNbO₃)単結晶またはタンタル酸リチウム(LiTaO₃)単結晶である。カット角は、利用するSAWの種類等に応じて適宜に設定されてよい。例えば、圧電体3は、回転YカットX伝搬のものである。すなわち、X軸は圧電体3の上面(D1軸)に平行であり、Y軸は、圧電体3の上面の法線に対して所定の角度で傾斜している。

20

【0017】

圧電体3に係る構造、形状および寸法等は適宜なものとされてよい。例えば、圧電体3は、一定の厚さの層状(板状を含むものとする。)に構成されている。このような層状の圧電体3は、例えば、基本的に単体で利用される圧電基板によって構成されてよい。また、例えば、層状の圧電体3は、圧電基板と、圧電基板の下面に貼り合わされる支持基板とを有する複合基板の前記圧電基板によって構成されてもよい。また、例えば、層状の圧電体3は、互いに異なる材料からなる複数の薄膜が積層されて構成された多層膜に含まれる圧電体膜によって構成されてもよい。圧電体3の厚さ(D3方向)は、例えば、後述する波長(=2×p1)を基準として、0.05以上、0.3以上、1以上または3以上とされてよい。

30

【0018】

(導体層)

導体層5は、例えば、IDT電極7、反射器9および挿入導体11に亘って、同一の材料かつ一定の厚さで形成されている。ただし、導体層5は、IDT電極7、反射器9および挿入導体11の一部において、他の部位とは厚さおよび/または材料が異なってもよい。本実施形態の説明では、特に断りが無い限りは、導体層5は、前者の態様(一定厚さおよび同一材料)であるものとする。

40

【0019】

導体層5の材料は、例えば、金属とされてよい。金属は、適宜な種類のものとしてよく、例えば、アルミニウム(Al)またはAlを主成分とする合金(Al合金)である。Al合金は、例えば、アルミニウム-銅(Cu)合金である。なお、導体層5は、複数の金属層から構成されていてもよい。例えば、AlまたはAl合金と、圧電体3との間に、これらの接合性を強化するためのチタン(Ti)からなる比較的薄い層が設けられていてもよい。導体層5の厚みは、SAW共振子1に要求される仕様等に応じて適宜に設定されてよい。例えば、導体層5の厚みは、0.005以上0.1以下とされてよい。

50

【 0 0 2 0 】

(I D T 電 極)

I D T 電 極 7 は、 1 対 の 櫛 歯 電 極 1 3 を 含 ん で い る 。 各 櫛 歯 電 極 1 3 は、 例 え ば、 バ ス
 パ ー 1 5 と、 バ ス パ ー 1 5 か ら 互 い に 並 列 に 延 び る 複 数 の 電 極 指 1 7 と、 複 数 の 電 極 指 1
 7 間 に お い て バ ス パ ー 1 5 か ら 突 出 す る ダ ミ ー 電 極 1 9 と を 含 ん で い る 。 1 対 の 櫛 歯 電 極
 1 3 は、 複 数 の 電 極 指 1 7 が 互 い に 噛 み 合 う よ う に (交 差 す る よ う に) 配 置 さ れ て い る 。
 言 い 換 え る と、 櫛 歯 電 極 1 3 は 複 数 の 電 極 指 1 7 が 互 い に 並 列 に 位 置 す る も の で あ る 。

【 0 0 2 1 】

バ ス パ ー 1 5 は、 例 え ば、 後 述 す る 凹 部 1 5 r を 除 い て、 概 略、 一 定 の 幅 で S A W の 伝 搬
 方 向 (D 1 方 向) に 直 線 状 に 延 び る 長 尺 状 に 形 成 さ れ て い る 。 そ し て、 一 対 の バ ス パ ー
 1 5 は、 S A W の 伝 搬 方 向 に 直 交 す る 方 向 (D 2 方 向) に お い て 互 い に 対 向 し て い る 。 な
 お、 バ ス パ ー 1 5 は、 (凹 部 1 5 r 以 外 に も) 幅 が 変 化 し た り、 S A W の 伝 搬 方 向 に 対 し
 て 傾 斜 し た り し て い て も よ い 。

10

【 0 0 2 2 】

各 電 極 指 1 7 は、 例 え ば、 概 略、 一 定 の 幅 で S A W の 伝 搬 方 向 に 直 交 す る 方 向 (D 2 方
 向) に 直 線 状 に 延 び る 長 尺 状 に 形 成 さ れ て い る 。 各 櫛 歯 電 極 1 3 に お い て、 複 数 の 電 極 指
 1 7 は、 S A W の 伝 搬 方 向 に 配 列 さ れ て い る 。 ま た、 一 方 の 櫛 歯 電 極 1 3 の 複 数 の 電 極 指
 1 7 と 他 方 の 櫛 歯 電 極 1 3 の 複 数 の 電 極 指 1 7 と は、 基 本 的 に は、 交 互 に 配 列 さ れ て い る
 。 言 い 換 え る と、 一 方 の 電 極 指 1 7 に 他 方 の 電 極 指 1 7 が 間 挿 し て い る 。

【 0 0 2 3 】

複 数 の 電 極 指 1 7 の ピ ッ チ p 1 (例 え ば 互 い に 隣 り 合 う 2 本 の 電 極 指 1 7 の 中 心 間 距 離
 。 後 述 す る ピ ッ チ p r お よ び p 2 も 同 様 。) は、 I D T 電 極 7 内 に お い て 基 本 的 に 一 定 で
 あ る 。 な お、 I D T 電 極 7 の 一 部 に、 他 の 大 部 分 よ り も ピ ッ チ p 1 が 狭 く な る 狭 ピ ッ チ 部
 、 ま た は 他 の 大 部 分 よ り も ピ ッ チ p 1 が 広 く な る 広 ピ ッ チ 部 が 設 け ら れ て も よ い 。

20

【 0 0 2 4 】

な お、 以 下 に お い て、 単 に ピ ッ チ p 1 ま た は 電 極 指 1 7 の ピ ッ チ と い う 場 合、 特 に 断 り
 が ない 限 り は、 上 記 の よ う な 狭 ピ ッ チ 部 ま た は 広 ピ ッ チ 部 の よ う な 特 異 な 部 分 を 除 い た 部
 分 (複 数 の 電 極 指 1 7 の 大 部 分) の ピ ッ チ を い う も の と す る 。 ま た、 特 異 な 部 分 を 除 い た
 大 部 分 の 複 数 の 電 極 指 1 7 に お い て も、 ピ ッ チ が 変 化 し て い る よ う な 場 合 に お い て は、 大
 部 分 の 複 数 の 電 極 指 1 7 の ピ ッ チ の 平 均 値 を ピ ッ チ p 1 の 値 と し て 用 い て よ い 。

30

【 0 0 2 5 】

電 極 指 1 7 の 本 数 は、 S A W 共 振 子 1 に 要 求 さ れ る 電 気 特 性 等 に 応 じ て 適 宜 に 設 定 さ れ
 て よ い 。 な お、 図 1 は 模 式 図 で あ る こ と か ら、 電 極 指 1 7 の 本 数 は 少 な く 示 さ れ て い る 。
 実 際 に は、 図 示 よ り も 多 く (例 え ば 5 0 本 以 上) の 電 極 指 1 7 が 配 列 さ れ て よ い 。 後 述
 す る 反 射 器 9 の 反 射 電 極 指 2 3 に つ い て も 同 様 で あ る 。

【 0 0 2 6 】

複 数 の 電 極 指 1 7 の 長 さ は、 例 え ば、 互 い に 同 等 で あ る 。 な お、 I D T 電 極 7 は、 複 数
 の 電 極 指 1 7 の 長 さ (別 の 観 点 で は 交 差 幅) が 伝 搬 方 向 の 位 置 に 応 じ て 変 化 す る、 い わ ゆ
 る ア ポ ダ イ ズ が 施 さ れ て い て も よ い 。 電 極 指 1 7 の 長 さ お よ び 幅 は、 要 求 さ れ る 電 気 特 性
 等 に 応 じ て 適 宜 に 設 定 さ れ て よ い 。

40

【 0 0 2 7 】

ダ ミ ー 電 極 1 9 は、 例 え ば、 概 略、 一 定 の 幅 で S A W の 伝 搬 方 向 に 直 交 す る 方 向 に 突 出
 す る 形 状 に 形 成 さ れ て い る 。 そ の 幅 は、 例 え ば、 電 極 指 1 7 の 幅 と 同 等 で あ る 。 ま た、 複
 数 の ダ ミ ー 電 極 1 9 は、 複 数 の 電 極 指 1 7 と 同 等 の ピ ッ チ で 配 列 さ れ て お り、 一 方 の 櫛 歯
 電 極 1 3 の ダ ミ ー 電 極 1 9 の 先 端 は、 他 方 の 櫛 歯 電 極 1 3 の 電 極 指 1 7 の 先 端 と ギ ャ ッ プ
 を 介 し て 対 向 し て い る 。 な お、 I D T 電 極 7 は、 ダ ミ ー 電 極 1 9 を 含 ま ない も の で あ っ て
 も よ い 。

【 0 0 2 8 】

(反 射 器)

1 対 の 反 射 器 9 は、 S A W の 伝 搬 方 向 に お い て I D T 電 極 7 の 両 側 に 位 置 し て い る 。 反

50

射器 9 は、例えば、格子状に形成されている。すなわち、反射器 9 は、互いに対向する 1 対の反射バスバー 2 1 と、1 対の反射バスバー 2 1 間において延びる複数の反射電極指 2 3 とを有している。

【0029】

反射バスバー 2 1 および反射電極指 2 3 の形状および寸法は、反射電極指 2 3 の両端が 1 対の反射バスバー 2 1 に接続されていることを除いては、基本的に、IDT 電極 7 のバスバー 1 5 および電極指 1 7 と同様とされてよい。

【0030】

例えば、反射バスバー 2 1 は、概略、一定の幅で SAW の伝搬方向 (D 1 方向) に直線状に延びる長尺状に形成されている。各反射電極指 2 3 は、概略、一定の幅で SAW の伝搬方向に直交する方向 (D 2 方向) に直線状に延びる長尺状に形成されている。また、複数の反射電極指 2 3 は、例えば、SAW の伝搬方向に配列されており、また、互いに同等の長さである。複数の反射電極指 2 3 の幅は、例えば、複数の電極指 1 7 の幅と同等である。また、複数の反射電極指 2 3 のピッチ p_r は、例えば、複数の電極指 1 7 のピッチ p_1 と同等である。なお、ここでの同等は、例えば、 $|p_1 - p_r| < C_p \times p_1$ において、 C_p が 0.1、0.05 または 0.01 の場合とされてよい。

【0031】

複数の反射電極指 2 3 の本数は、例えば、利用を意図しているモードの SAW の反射率が概ね 100% 以上となるように設定されている。その理論的な必要最小限の本数は、例えば、数本 ~ 10 本程度であり、通常は、余裕を見て 20 本以上または 30 本以上とされている。

【0032】

各反射器 9 は、SAW の伝搬方向において IDT 電極 7 と隣り合っている。すなわち、IDT 電極 7 の最も端に位置する電極指 1 7 と、反射器 9 の最も IDT 電極 7 側に位置する反射電極指 2 3 とは隣り合っている。この互いに隣接する電極指 1 7 と反射電極指 2 3 とのピッチは、例えば、複数の電極指 1 7 のピッチ p_1 と同等である。ここでの同等には、電極指 1 7 と反射電極指 2 3 とのピッチをピッチ p_r に置き換えて、上述のピッチ p_r がピッチ p_1 と同等という場合の式を援用してよい。

【0033】

反射器 9 は、例えば、IDT 電極 7 とは電氣的に非接続とされている。反射器 9 は、電氣的に浮遊状態 (外部から電位が付与されない状態) とされてもよいし、基準電位が付与されてもよい。ただし、反射器 9 は、IDT 電極 7 の 1 対の櫛歯電極 1 3 のうちの一方と電氣的に接続されていてもよい。

【0034】

(挿入導体)

各挿入導体 1 1 は、例えば、複数の電極指 1 7 に並列に延びる偶数本 (図 1 の例では 2 本) の挿入電極指 2 5 と、偶数本の挿入電極指 2 5 の端部同士を接続している 1 対の接続部 2 7 とを有している。別の観点では、挿入導体 1 1 の形状は、例えば、全体として、矩形状 (挿入電極指 2 5 が 2 本の態様) または格子状 (図 2 参照。挿入電極指 2 5 が 4 本以上の態様) である。挿入電極指 2 5 と接続部 2 7 との接続部分 (挿入導体 1 1 の角部) は、挿入電極指 2 5 および接続部 2 7 のいずれの一部と捉えられてもよいが、本実施形態の説明では、便宜上、接続部 2 7 の一部であるものと捉えるものとする。

【0035】

(挿入電極指および接続部の形状および寸法)

挿入電極指 2 5 の形状および寸法は、例えば、その長さ (D 2 軸方向) を除いては、電極指 1 7 と同様とされてよい。例えば、挿入電極指 2 5 は、概略、一定の幅で SAW の伝搬方向に直交する方向 (D 2 方向) に直線状に延びる長尺状に形成されている。

【0036】

挿入電極指 2 5 の長さは、適宜に設定されてよい。例えば、挿入電極指 2 5 は、複数の電極指 1 7 の交差幅 W 以上の長さを有している。交差幅は、例えば、互いに異なるバスバ

10

20

30

40

50

ー 15 に接続されているとともに互いに隣り合っている 2 本の電極指 17 の一方の電極指 17 の先端から他方の電極指 17 の先端までの電極指 17 に平行な方向における距離である。換言すれば、交差幅は、SAW の伝搬方向に見て、互いに異なるバスバーに接続されているとともに互いに隣り合う 2 本の電極指 17 が重複する長さである。そして、例えば、挿入電極指 25 は、SAW の伝搬方向、および / またはバスバー 15 の延在方向（本実施形態ではいずれも D1 方向）に見て、交差幅によって規定される領域の全体に重なっている。なお、バスバー 15 の延在方向は、例えば、1 対のバスバー 15 の互いに対向する縁部（凹部 15r を除く）に平行な方向である。

【0037】

また、例えば、挿入電極指 25 は、1 対のバスバー 15 の互いに対向する縁部（凹部 15r を除く）間に亘る長さを有している。そして、例えば、挿入電極指 25 は、SAW の伝搬方向に見て、および / またはバスバー 15 の延在方向に見て、電極指 17 およびダミー電極 19 の双方の全体に重なっている。このようにすることで、挿入電極指 25 の端部がダミー電極と同じ構造になり、SAW を共振子内に閉じ込めるというダミー電極の効果が阻害されることによるロスの発生を低減することができる。

【0038】

挿入電極指 25 の幅は、例えば、電極指 17 の幅と同等である。各挿入導体 11 における偶数本の挿入電極指 25 のピッチ p2 は、例えば、複数の電極指 17 のピッチ p1 と同等である。また、互いに隣り合う挿入電極指 25 と電極指 17 とのピッチは、複数の電極指 17 のピッチと同等である。ただし、これらの挿入電極指 25 に係る幅およびピッチは、電極指 17 の幅およびピッチとは異なるものとされてもよい。例えば、挿入電極指 25 のピッチ p2 は、電極指 17 のピッチ p1 および / または反射電極指 23 のピッチ pr に対して大きくされてよい。より具体的には、例えば、ピッチ p2 は、ピッチ p1 および / またはピッチ pr の 1.05 倍以上 1.15 倍以下とされてよい。

【0039】

接続部 27 の形状は、適宜に設定されてよい。図示の例では、接続部 27 の形状は、SAW の伝搬方向および / またはバスバー 15 の延在方向（本実施形態ではいずれも D1 方向）に平行に延びる矩形状とされている。接続部 27 の長さ（SAW の伝搬方向および / またはバスバー 15 の延在方向）は、各挿入導体 11 が含む全ての挿入電極指 25 の配列に亘る長さである。接続部 27 の幅（D2 方向）は、例えば、挿入電極指 25 の幅（D1 方向）よりも小さくてもよいし、同等でもよいし、大きくてもよい。

【0040】

（挿入電極指の数等）

複数の挿入導体 11 同士において、挿入電極指 25 の本数は、互いに同一であってもよいし（図示の例）、互いに異なっていてもよい。各挿入導体 11 において、挿入電極指 25 の本数は、偶数本であれば適宜に設定されてよい。図 1 の例では、挿入電極指 25 の本数は 2 本である。図 2 の例では、挿入電極指 25 の本数は 4 本である。特に図示しないが、各挿入導体 11 における挿入電極指 25 の本数は、6 本以上の偶数とされてもよい。各挿入導体 11 における挿入電極指 25 の本数の上限は、例えば、1 つの反射器 9 における反射電極指 23 の数よりも小さい数、または 8 本もしくは 6 本とされてよい。

【0041】

IDT 電極 7 の D1 方向の一端に位置する挿入導体 11 の数は、1 つでもよいし、複数でもよい（図 1 の例では 3 つ。）。また、この数は、挿入電極指 25 の数を考慮して設定されてもよい。例えば、IDT 電極 7 の一端に位置する挿入導体 11 の数は、当該一端に位置する挿入電極指 25 の総数が 16 以下となる数とされてよい。この場合、例えば、2 本の挿入電極指 25 を有する挿入導体 11 が用いられている場合においては、一端に位置する挿入導体 11 の数は、8 個以下とされてよい。また、例えば、4 本の挿入電極指 25 を有する挿入導体 11 が用いられている場合においては、一端に位置する挿入導体 11 の数は、4 個以下とされてよい。

【0042】

10

20

30

40

50

各挿入導体 11 は、SAW の伝搬方向の両側において、IDT 電極 7 の電極指 17 と隣り合っている。すなわち、各挿入導体 11 の偶数本の挿入電極指 25 のうち、D1 方向の両側の挿入電極指 25 は電極指 17 と隣り合っている。なお、各挿入導体 11 において、複数の挿入電極指 25 は、D2 方向の両端が接続部 27 によって接続されていることから明らかなように、その間にバスバー 15 から延びる電極指 17 を介在させていない。

【0043】

別の観点では、反射器 9 と隣り合うのは、電極指 17 であり、挿入電極指 25 ではない。また、IDT 電極 7 の一端に 2 以上の挿入導体 11 が設けられている態様において、挿入導体 11 の間には、少なくとも 1 本の電極指 17 が介在しており、挿入導体 11 同士は互いに隣り合っていない。

【0044】

IDT 電極 7 内で最も端に位置する挿入導体 11 よりも外側（反射器 9 側）に位置する電極指 17 の本数は適宜に設定されてよい。例えば、当該本数は、5 本以下もしくは 3 本以下とされてよく、また、1 本もしくは 2 本とされてよい。挿入導体 11 間に位置する電極指 17 の本数も適宜に設定されてよい。例えば、当該本数は、5 本以下もしくは 3 本以下とされてよく、また、1 本もしくは 2 本とされてよい。

【0045】

IDT 電極 7 において、全ての挿入導体 11 が配置される範囲、換言すれば、IDT 電極 7 の端部は、適宜に規定されてよい。例えば、IDT 電極 7 の一端（一方の反射器 9 と隣り合う電極指 17）から、電極指 17 および挿入電極指 25 の本数を数えたときに、第 1 の本数までを一方の端部とする。また、IDT 電極 7 の他端（他方の反射器 9 と隣り合う電極指 17）から、電極指 17 および挿入電極指 25 の本数を数えたときに、第 2 の本数までを IDT 電極 7 の他方の端部とする。このとき、第 1 の本数および第 2 の本数それぞれは、例えば、20 本以下、かつ電極指 17 および挿入電極指 25 の総数の 20% 以下の本数である。なお、総数が 100 本超の態様においては、20 本以下という条件によって端部が規定され、総数が 100 本未満の態様においては、20% 以下という条件によって端部が規定される。

【0046】

挿入導体 11 は、例えば、IDT 電極 7 および反射器 9 とは電氣的に非接続とされている。挿入導体 11 は、電氣的に浮遊状態とされてもよいし、基準電位が付与されてもよい。ただし、挿入導体 11 は、例えば、IDT 電極 7 の 1 対の櫛歯電極 13 のうちの一方と電氣的に接続されていてもよい。なお、以下の説明では、特に断りがない限り、挿入導体 11 は、IDT 電極 7 および反射器 9 のいずれとも非接続であり、また、電氣的に浮遊状態とされているものとする。

【0047】

（バスバーの挿入導体に対応する形状）

1 対のバスバー 15 は、平面視において、互いに対向する縁部に、挿入導体 11 の D2 方向の端部に対向する凹部 15r を有している。凹部 15r の幅（D1 方向）は、挿入導体 11 の幅（接続部 27 の D1 方向の長さ）よりも大きくされている。これにより、挿入導体 11 とバスバー 15 とを短絡させないようにしつつ、挿入導体 11（挿入電極指 25 の）の D2 方向の長さを長くすることができる。

【0048】

凹部 15r の深さ（D2 方向）は、例えば、挿入導体 11 と凹部 15r の D2 方向に面する縁部との D2 方向における離間距離を適宜に確保できるように設定されてよい。同様に、凹部 15r の幅（D1 方向）は、当該凹部 15r の D1 方向に面する縁部と挿入導体 11 との D1 方向における離間距離を適宜に確保できるように設定されてよい。離間距離は、例えば、隣り合う電極指 17 同士の距離、および / または電極指 17 の先端とダミー電極 19 の先端との距離と同程度とされてよい。凹部 15r の形状は、矩形状等の適宜な形状とされてよい。

【0049】

10

20

30

40

50

図示の例では、挿入導体 11 の端部は、凹部 15 r 内に入り込んでいる。ただし、挿入導体 11 の端部は、凹部 15 r 内に入り込んでいなくてもよい。この場合であっても、バスバー 15 と短絡させないように、挿入導体 11 を D1 方向に長くすることができる効果が多少なりとも奏される。

【0050】

(SAW素子のその他の構成)

特に図示しないが、圧電体 3 の上面 3 a は、導体層 5 の上から、 SiO_2 や Si_3N_4 等からなる保護膜によって覆われていてもよい。保護膜はこれらの材料からなる複数層の積層体としてもよい。保護膜は、単に導体層 5 の腐食を抑制するためのものであってもよいし、温度補償に寄与するものであってもよい。保護膜が設けられる場合等において、IDT電極 7 および反射器 9 の上面または下面には、SAWの反射係数を向上させるために、絶縁体または金属からなる付加膜が設けられてもよい。

10

【0051】

SAW共振子 1 は、導体層 5 が位置する基板として、圧電体 3 単体を用いてもよいし、薄い圧電体 3 とそれに直接的または間接的に接合された支持基板とを含む複合基板を用いてもよい。

【0052】

SAW共振子 1 は、適宜にパッケージングされてよい。パッケージは、例えば、不図示の基板上に隙間を介して圧電体 3 の上面 3 a を対向させるように圧電体 3 を基板上に実装し、その上から樹脂封止するものであってもよいし、下方に開口する箱型のカバーを圧電体 3 の上面 3 a 上に被せるウェハレベルパッケージ型のものであってもよい。カバーの下部は、圧電体 3 上に位置していてもよいし、圧電体 3 の下方に圧電体 3 よりも広い他の層がある場合は当該他の層上に位置していてもよい。

20

【0053】

(SAW共振子の作用)

1 対の櫛歯電極 13 に電圧が印加されると、電極指 17 によって圧電体 3 に電圧が印加され、圧電体 3 の上面 3 a 付近において上面 3 a に沿って D1 方向に伝搬する所定のモードの SAW が励起される。励起された SAW は、電極指 17 によって機械的に反射される。その結果、電極指 17 のピッチを半波長とする定在波が形成される。定在波は、当該定在波と同一周波数の電気信号に変換され、電極指 17 によって取り出される。このようにして SAW 共振子 1 は共振子として機能する。その共振周波数は、電極指 17 のピッチ p を半波長として圧電体 3 上を伝搬する SAW の周波数と概ね同一の周波数である。

30

【0054】

IDT電極 7 において励起された SAW は、反射器 9 の反射電極指 23 によって機械的に反射される。また、互いに隣接する反射電極指 23 が反射バスバー 21 によって互いに接続されていることから、IDT電極 7 からの SAW は、電気的にも反射電極指 23 によって反射される。これにより、SAW の発散が抑制され、IDT電極 7 における定在波が強くなり、SAW 共振子 1 の共振子としての機能が向上する。

【0055】

IDT電極 7 と反射器 9 との境界においては、SAW の一部がバルク波に変換されて圧電体 3 内へ漏洩する。その結果、反共振周波数付近において損失が生じる。挿入導体 11 は、この損失の低減に寄与する。

40

【0056】

(実施例)

比較例および実施例に係る SAW 共振子について、FEM (Finite Element Method) を用いたシミュレーション計算によって特性を調べた。その結果、挿入導体 11 を設けることによって、反共振周波数付近において損失が低減されることなどを確認できた。具体的には、以下のとおりである。

【0057】

(共通のシミュレーション条件)

50

比較例および実施例に係るSAW共振子に共通の条件を以下に示す。

圧電体 3 :

材料 : LiTaO_3

厚さ : 無限大

カット角 : 42° 回転 Y カット X 伝搬

導体層 5 :

材料 : Al

厚さ : 0.08

IDT電極 7 :

電極指 17 および挿入電極指 25 の合計本数 : 100本

ピッチ p_1 : $1\ \mu\text{m}$ ($= 2\ \mu\text{m}$)

デューティー : 0.5

反射器 9 :

反射電極指 23 の本数 : 各反射器で 30本 (合計で 60本)

ピッチ p_r : ピッチ p_1 と同じ

【0058】

上記のように、電極指 17 および挿入電極指 25 の総数は、比較例および実施例で同じとした。例えば、挿入電極指 25 を有さない比較例においては、電極指 17 の本数は 100 である。一方、挿入電極指 25 を図 1 のように 12 本 ($= 2\text{本} \times 6\text{組}$) 有している実施例においては、電極指 17 の本数は 88 ($= 100 - 12$) である。デューティーは、電極指 17 のピッチ p_1 に対する電極指 17 の幅の比である。複数の挿入導体 11 が設けられる場合において、特に断りが無い限りは、挿入導体 11 の構成等 (挿入電極指 25 の本数、ピッチ、デューティーおよび挿入導体 11 間の電極指 17 の本数等) は、複数の挿入導体同士で同様である。

【0059】

(挿入導体の有無の影響)

図 3 (a) は、挿入導体の有無が SAW 共振子の特性に及ぼす影響に関して、シミュレーション結果を示す図である。図 3 (b) は、図 3 (a) の領域 R b の拡大図である。図 3 (c) は、図 3 (a) の領域 R c の拡大図である。

【0060】

この図において、横軸は、周波数 (MHz) を示している。縦軸は、インピーダンスの位相 ($^\circ$) を示している。座標平面内の線は、比較例および実施例に係る SAW 共振子の特性を示している。図 3 (a) の右側では、座標平面上の線の種類と、SAW 共振子の種類 (比較例 CE 1 および CE 2 ならびに実施例 E 1) との対応関係が示されている。

【0061】

SAW 共振子は、共振周波数 (図示の例では 1960 MHz 周辺) と、反共振周波数 (図示の例では 2030 MHz 周辺) との間の周波数帯においては、位相が 90° に近いほど損失が少ない。また、SAW 共振子は、上記の周波数帯の外側においては、位相が -90° に近いほど損失が少ない。

【0062】

比較例 CE 1 および CE 2 の SAW 共振子は、挿入導体 11 を有していない。また、比較例 CE 1 では、電極指 17 のピッチ p_1 、反射電極指 23 のピッチ p_r 、および IDT 電極 7 と反射器 9 との間のピッチが全て同一である。一方、比較例 CE 2 では、IDT 電極 7 と反射器 9 との境界付近のピッチが他の部分 (大部分) のピッチに比較して狭くされている (ピッチ $0.92\ \mu\text{m}$)。その他の条件は、基本的に、比較例 CE 1 および CE 2 ならびに実施例 E 1 同士で同じである。

【0063】

実施例 E 1 において、挿入導体 11 に係る条件は、以下のとおりである。

各端部における挿入導体 11 の数 : 3 個

各挿入導体 11 における挿入電極指 25 の本数 : 2 本

10

20

30

40

50

挿入電極指 2 5 のピッチ $p_2 : 1.0 \times p_1$

各端部において最も外側の挿入導体 1 1 よりも外側に位置する電極指 1 7 の本数 : 1

各端部において隣り合う 2 つの挿入導体 1 1 の間に位置する電極指 1 7 の本数 : 2 本

【 0 0 6 4 】

図 3 (b) において矢印 y_1 で指し示されているように、比較例 C E 2 および実施例 E 1 は、比較例 C E 1 に比較して、反共振周波数付近かつ共振周波数側 (低周波数側) における位相 が 90° に近く、損失が低減されている。また、図 3 (c) において矢印 y_2 で指し示されているように、比較例 C E 2 および実施例 E 1 は、比較例 C E 1 に比較して、反共振周波数付近かつ共振周波数とは反対側 (高周波数側) における位相 が -90° に近く、損失が低減されている。

10

【 0 0 6 5 】

ただし、図 3 (b) において矢印 y_3 で指し示されているように、比較例 C E 2 は、比較例 C E 1 に比較して、共振周波数付近かつ反共振周波数側 (高周波数側) における位相 が 90° から離れており、損失が大きくなっている。これに対して、実施例 E 1 は、そのような損失はほとんど生じていない、もしくは低減されている。

【 0 0 6 6 】

また、図 3 (c) において矢印 y_4 で指し示されているように、比較例 C E 2 は、比較例 C E 1 に比較して、共振周波数付近かつ反共振周波数側とは反対側 (低周波数側) におけるリップル (位相 が -90° 側から 90° 側へ急峻に立ち上がる波) が大きくなっている。これに対して、実施例 E 1 は、そのようなリップルが比較例 C E 2 よりも小さくなっている。

20

【 0 0 6 7 】

また、図 3 (b) において矢印 y_5 で指し示されているように、比較例 C E 2 は、比較例 C E 1 に比較して、共振周波数付近における位相 の 90° への立ち上がり反共振周波数側 (高周波数側) へ若干シフトしている。別の観点では、共振周波数と反共振周波数との周波数差 $d f$ が若干小さくなっている。これに対して、実施例 E 1 は、そのようなシフトが比較例 C E 2 よりも低減されている。

【 0 0 6 8 】

以上のように、実施例 E 1 では、比較例 C E 1 に比較して反共振周波数付近における損失が低減されるとともに、比較例 C E 2 に比較して共振周波数付近の特性低下が低減される。

30

【 0 0 6 9 】

(挿入電極指のピッチの大きさの影響)

図 4 (a)、図 4 (b) および図 4 (c) は、挿入電極指 2 5 のピッチ p_2 の大きさが S A W 共振子の特性に及ぼす影響に関して、シミュレーション結果を示す図である。これらの図は、図 3 (a)、図 3 (b) および図 3 (c) と同様の図である。図 4 (a) の右側では、座標平面上の線の種類と、S A W 共振子の種類 (比較例 C E 1 ならびに実施例 E 2 ~ E 5) との対応関係が示されている。

【 0 0 7 0 】

比較例 C E 1 は、図 3 (a) ~ 図 3 (c) でも示した比較例 C E 1 と同じものである。実施例 E 2 ~ E 5 は、基本的に挿入導体 1 1 に係る構成のみが比較例 C E 1 と相違する。また、実施例 E 2 ~ E 5 は、挿入電極指 2 5 のピッチ p_2 の大きさが互いに異なる。具体的には、各実施例のピッチ p_2 の大きさは、電極指 1 7 のピッチ p_1 を用いて示すと、E 2 : $1 \times p_1$ 、E 3 : $1.05 \times p_1$ 、E 4 : $1.10 \times p_1$ 、E 5 : $1.15 \times p_1$ である。ピッチ p_2 以外の条件は、基本的に、実施例 E 2 ~ E 5 同士で同じである。

40

【 0 0 7 1 】

実施例 E 2 ~ E 5 において、挿入導体 1 1 に係る条件は、以下のとおりである。

各端部における挿入導体 1 1 の数 : 3 個

各挿入導体 1 1 における挿入電極指 2 5 の本数 : 2 本

各端部において最も外側の挿入導体 1 1 よりも外側に位置する電極指 1 7 の本数 : 1

50

各端部において隣り合う2つの挿入導体11の間に位置する電極指17の本数：2本

【0072】

図4(a)の矢印 y_{11} および図4(c)の矢印 y_{12} で指し示されているように、挿入電極指25のピッチ p_2 を大きくしていくと、共振周波数付近におけるリップルを低減することができる。図示の例では、ピッチ p_2 をピッチ p_1 の1.1倍以上にすると、比較例CE1よりもリップルを低減できている。

【0073】

(挿入導体の数等の影響)

図5(a)、図5(b)、図6(a)および図6(b)は、挿入導体11の数等がSAW共振子の特性に及ぼす影響に関して、シミュレーションした結果を示す図である。

10

【0074】

これらの図において、横軸は、共振周波数 f_r と反共振周波数 f_a との周波数差 df ($=f_a - f_r$)を共振周波数 f_r で割って正規化した値 $df/f_r \times 100$ (%)を示している。 df を小さくする手法は、IDT電極7に対して並列にキャパシタを接続する方法など、種々存在する。一方、図3(b)を参照して説明したように、実施例のSAW共振子1は、比較例に比較して df が小さくなりやすい。従って、ここでは、実施例においては、 df が大きいほど特性がよいと考えるものとする。なお、比較例および実施例において、共振周波数 f_r は、1961MHz以上1967MHz以下の範囲に収まっている。

【0075】

20

図5(a)の縦軸は、反共振周波数よりも共振周波数とは反対側(高周波数側)における位相の最小値 \min ($^\circ$)を示している。この値は、小さいほど(-90° に近いほど)、損失が少ないことを示す。

【0076】

図5(b)の縦軸は、反共振周波数付近かつ共振周波数側(低周波数側)における位相の値を示している。具体的には、反共振周波数から5MHz(共振周波数 f_r の約2.5%)低い周波数における位相の値を示している。この値は、大きいほど(90° に近いほど)、損失が少ないことを示す。

【0077】

図6(a)および図6(b)の縦軸は、反共振周波数におけるQ値(Quality factor。図中では Q_a と記す)を示している。図6(a)のQ値は、反共振付近のインピーダンスの位相の傾きから計算する方法により求めたものである。図6(b)のQ値はBodeの理論に基づく方法により求めたものである。SAW共振子においては、Q値が高いことは損失が小さいことを示す。

30

【0078】

各図の上部においては、プロットの種類とSAW共振子の種類(比較例CE1ならびに実施例E11~E17)との対応関係が示されている。この対応関係は、図5(a)、図5(b)、図6(a)および図6(b)において共通である。

【0079】

比較例CE1は、図3(a)等でも示した比較例CE1と同じものである。実施例CE11~17は、IDT電極7の各端部における挿入導体11の数(N_a とする。)、IDT電極7の各端部において隣り合う挿入導体11の間に位置する電極指17の数(N_b とする。)、IDT電極7の各端部において最も外側の挿入導体11よりも外側に位置する電極指17の数(N_c とする。))が互いに相違する。また、E11~E16は各挿入導体11を構成する挿入電極指25の数(N_d)が2本で、E17は4本である。図中で1種の実施例として示されているものは、挿入導体11間の電極指17の数 N_b が互いに異なる複数の実施例を含んでいる。これらの互いに異なる条件は、以下のとおりである。

40

【0080】

実施例E11:

N_a : 2

50

N b : 1、2、3、4または5 (実施例 E 1 1 は5つの実施例を含む)

N c : 1

N d : 2

実施例 E 1 2 :

N a : 3

N b : 1、2、3または4 (実施例 E 1 2 は4つの実施例を含む)

N c : 1

N d : 2

実施例 E 1 3 :

N a : 4

N b : 1、2または3 (実施例 E 1 3 は3つの実施例を含む)

N c : 1

N d : 2

実施例 E 1 4 :

N a : 3

N b : 1 - 2、2 - 4または3 - 6 (実施例 E 1 4 は3つの実施例を含む)

N c : 1

N d : 2

実施例 E 1 5 :

N a : 3

N b : 1、2、3または4 (実施例 E 1 5 は4つの実施例を含む)

N c : 2

N d : 2

実施例 E 1 6 :

N a : 3

N b : 1、2、3または4 (実施例 E 1 6 は4つの実施例を含む)

N c : 3

N d : 2

実施例 E 1 7 :

N a : 2

N b : 1、2、3または4 (実施例 E 1 7 は4つの実施例を含む)

N c : 1

N d : 4

【0081】

実施例 E 1 1、E 1 2 および E 1 3 は、それぞれ挿入導体 1 1 の数 N a が 2、3 または 4 である。従って、例えば、これらの比較から挿入導体 1 1 の数 N a の影響を見ることができる。

【0082】

1つの実施例(1つのIDT電極7)において、IDT電極7の各端部に3以上の挿入導体11が設けられている場合は、挿入導体11同士の間隔も2以上存在する。この2以上の間隔に位置する電極指17の数N bは、実施例E 1 4を除いては、互いに同一である。実施例E 1 4では、実施例E 1 2と同様にN a = 3としつつ、2つの間隔の一方においてはN b = 1、他方においてはN b = 2のように間隔同士で電極指17の数を異ならせている。この2種のN bの数を上記では1 - 2、2 - 4、3 - 6のように示している。従って、例えば、実施例E 1 2およびE 1 4の比較から数N bを1つのIDT電極7内で相違させた場合の影響を見ることができる。

【0083】

実施例E 1 5およびE 1 6は、実施例E 1 2と同様にN a = 3としつつ、挿入導体11の外側の電極指17の数N cを互いに異ならせている。従って、例えば、実施例E 1 2、E 1 5およびE 1 6の比較から、数N cの影響を見ることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 4 】

実施例 E 1 7 は、各挿入導体 1 1 を構成する挿入電極指 2 5 の数 (N d) を 4 本としたもので、E 1 3 と比較することにより挿入電極指 2 5 の数の効果を見ることができる。

【 0 0 8 5 】

実施例 E 1 1 ~ E 1 7 において、挿入導体 1 1 以外の条件は、比較例 C E 1 と同様である。実施例 E 1 1 ~ E 1 7 に共通の挿入導体 1 1 に係る条件は、以下のとおりである。

挿入電極指 2 5 のピッチ $p 2 : 1 \times p 1$

【 0 0 8 6 】

これらの図に示されているように、実施例 E 1 1 ~ E 1 6 は、比較例 C E 1 に比較して、反共振周波数付近の損失が低減されている。また、実施例 E 1 7 は、反共振周波数付近より高周波側の損失 (図 5 (a)) は比較例 C E 1 よりも低減されているが、反共振周波数付近より低周波側の損失 (図 5 (b)) は比較例 C E 1 と同等である。すなわち、図示の全ての実施例においては、反共振周波数付近の損失は、概ね比較例 C E 1 における損失以下に抑えられている。

【 0 0 8 7 】

従って、例えば、図 5 (a) ~ 図 6 (b) から、反共振周波数付近における損失低減の効果は、以下の条件でも奏されることが確認された。挿入導体 1 1 の数 $N a$ が 2 以上 4 以下。挿入導体 1 1 間の電極指 1 7 の数 $N b$ が 1 以上 3 以下。挿入導体 1 1 よりも外側の電極指 1 7 の数 $N c$ が 1 以上 3 以下。

【 0 0 8 8 】

実施例 E 1 1 ~ E 1 7 において、I D T 電極 7 の一端から最も内側に位置する挿入電極指 2 5 までの電極指 1 7 および挿入電極指 2 5 の数 ($N e$ とする) が多いものとしては、以下のものを挙げることができる。実施例 E 1 7 のうち $N b = 4$ のもの ($N e = 2 1$)、実施例 E 1 3 または E 1 7 のうち $N b = 3$ のもの ($N e = 1 8$)、実施例 E 1 6 のうち $N b = 4$ のもの ($N e = 1 7$)。従って、I D T 電極 7 の一端から、当該一端から数えて、電極指 1 7 および挿入電極指 2 5 の本数が 2 0 本となる位置までの範囲に全ての挿入導体 1 1 が位置していれば、反共振周波数付近における損失低減の効果を得られることが確認できた。また、実施例では、1 つの I D T 電極 7 全体における電極指 1 7 および挿入電極指 2 5 の総数 ($N t$ とする) は 1 0 0 本であるから、I D T 電極 7 の一端から、当該一端から数えて、電極指 1 7 および挿入電極指 2 5 の本数が総数 $N t$ の 2 0 % となる位置までの範囲に全ての挿入導体 1 1 が位置していれば、反共振周波数付近における損失低減の効果を得られることが確認できた。

【 0 0 8 9 】

また、実施例 E 1 1 ~ E 1 3 の比較から、挿入導体 1 1 の数を多くすると、反共振周波数付近における損失を低減する効果が向上する傾向があることが分かる。

【 0 0 9 0 】

以上のとおり、本実施形態では、S A W 素子 (S A W 共振子 1) は、圧電体 3 と、I D T 電極 7 と、1 対の反射器 9 と、複数の挿入導体 1 1 とを有している。圧電体 3 は、第 1 方向 (D 1 方向) および D 1 方向に交差する第 2 方向 (D 2 方向) に広がっている第 1 面 (上面 3 a) を有している。I D T 電極 7 は、圧電体 3 の上面 3 a 上で互いに並列に D 2 方向へ延びている複数の電極指 1 7 を有している。反射器 9 は、1 つの I D T 電極 7 に対して D 1 方向の両側に位置しており、1 つの I D T 電極 7 と隣り合っている。複数の挿入導体 1 1 は、I D T 電極 7 の D 1 方向の両側の端部それぞれに少なくとも 1 つが位置している。複数の挿入導体 1 1 のそれぞれは、偶数本の挿入電極指 2 5 と、1 対の接続部 2 7 とを有している。偶数本の挿入電極指 2 5 は、複数の電極指 1 7 に対して並列に延びている。1 対の接続部 2 7 は、偶数本の挿入電極指 2 5 同士を D 2 方向の両端側で接続している。複数の挿入導体 1 1 のそれぞれにおいて、偶数本の挿入電極指 2 5 のうち D 1 方向の両側の挿入電極指 2 5 は複数の電極指 1 7 のいずれかと隣り合っている。

【 0 0 9 1 】

従って、実施例で示したように、挿入導体 1 1 を設けることによって、I D T 電極 7 と

反射器 9 との境界付近における S A W の漏れを低減し、反共振周波数付近の損失を低減することができる。しかも、I D T 電極 7 と反射器 9 との境界付近における電極指 1 7 および / または反射電極指 2 3 のピッチを小さくする態様に比較して、共振周波数付近における特性劣化を低減することができる。具体的には、共振周波数付近において、損失が低減され、リップルが小さくされ、また、 $d f$ が小さくなる程度も抑えられる。

【 0 0 9 2 】

I D T 電極 7 の一端から、当該一端から数えて電極指 1 7 および挿入電極指 2 5 の数が第 1 の本数となる位置までの範囲と、I D T 電極 7 の他端から、当該他端から数えて電極指 1 7 および挿入電極指 2 5 の数が第 2 の本数となる位置までの範囲とに全ての挿入電極指 2 5 が位置しているとする。このとき、第 1 の本数および第 2 の本数それぞれは、2 0 本以下、かつ電極指 1 7 および挿入電極指 2 5 の総数の 2 0 % 以下の本数とされてよい。

10

【 0 0 9 3 】

この場合、例えば、図 5 (a) 等 に示したように、反共振周波数付近における損失低減の効果が奏される。また、挿入電極指 2 5 を I D T 電極 7 の中央側にまで配置する態様に比較して、挿入電極指 2 5 の挿入による電極指 1 7 の数の低減が抑えられるから、電極指 1 7 の数の低減に起因する特性低下が低減される。

【 0 0 9 4 】

また、S A W 共振子 1 は、I D T 電極 7 の D 1 方向の両側の端部それぞれに 2 以上の挿入導体 1 1 を有してよい。この場合、例えば、挿入導体 1 1 が 1 つの場合に比較して、反共振周波数付近における損失を低減する効果が向上する。

20

【 0 0 9 5 】

S A W 共振子 1 は、I D T 電極 7 の D 1 方向の両側の端部それぞれに 4 つのみ挿入導体 1 1 を有してよい。また、この合計 8 つの挿入導体 1 1 それぞれが 2 つのみ挿入電極指 2 5 を有してよい。

【 0 0 9 6 】

この場合、挿入導体 1 1 の数が比較的多く、反共振周波数付近における損失低減の効果が向上することが期待される。その一方で、挿入電極指 2 5 の本数が、I D T 電極 7 の 1 つの端部につき 8 本に抑えられるから、電極指 1 7 の数が低減されることによる特性低下が低減される。

【 0 0 9 7 】

また、S A W 共振子 1 は、I D T 電極 7 の D 1 方向の両側の端部それぞれに 2 つのみ挿入導体 1 1 を有してよい。この合計 4 つの挿入導体 1 1 それぞれが 4 つのみ挿入電極指 2 5 を有してよい。

30

【 0 0 9 8 】

この場合、1 つの挿入導体 1 1 が含む挿入電極指 2 5 の数が比較的多いから、反共振周波数付近における損失低減の効果が向上することが期待される。その一方で、挿入電極指 2 5 の本数が、I D T 電極 7 の 1 つの端部につき 8 本に抑えられるから、電極指 1 7 の数が低減されることによる特性低下が低減される。

【 0 0 9 9 】

また、本実施形態では、反射器 9 は、D 2 方向に互いに並列に延びている複数の反射電極指 2 3 を有している。複数の電極指 1 7 のピッチを $p 1$ 、複数の反射電極指 2 3 のピッチを $p r$ 、複数の挿入電極指 2 5 のピッチを $p 2$ としたときに、 $| p 1 - p r | < 0 . 1 \times p 1$ 、 $p 2 > p 1$ および $p 2 > p r$ が成り立ってよい。

40

【 0 1 0 0 】

この場合、例えば、図 4 (c) を参照して説明したように、共振周波数付近において生じるリップルを小さくすることができる。その結果、例えば、共振周波数付近と反共振周波数付近との双方において特性が向上する。

【 0 1 0 1 】

また、本実施形態では、複数の挿入導体 1 1 は、I D T 電極 7 と非接続とされている。この場合、例えば、挿入導体 1 1 が I D T 電極 7 と接続されている場合に比較して、 $d f$

50

が小さくなる程度を抑えることができる。

【0102】

また、本実施形態では、IDT電極7は、複数の電極指17に対してD2方向の両側に位置しており、それぞれ複数の電極指17の一部または残りが接続されている1対のバスバー15を有している。1対のバスバー15は、複数の挿入導体11に対向している複数の凹部15rを有している。

【0103】

従って、挿入導体11とバスバー15とを短絡させないように、挿入導体11をD2方向に長くすることができる。その結果、SAWの伝搬方向および/またはバスバー15の延在方向（実施形態ではいずれもD1方向）に見て、電極指17（およびダミー電極19）と挿入電極指25との重なりを大きくして、挿入導体11を設けたことによる効果を向上させることができる。

【0104】

なお、いずれの構成においても、1つの挿入導体11を構成する挿入電極指25の数が奇数個の場合には、共振周波数近傍に大きなリップルが発生することが確認されている。また、いずれの構成においても、接続部27をなくし挿入電極指25をオープンとした場合も波形が大きく乱れることが確認されている。このことから、1つの挿入導体11を構成する挿入電極指25の数は偶数とし、かつ、接続部27を設け挿入電極指25を短絡させることで上述の実施例の効果を得ることができることが分かる。

【0105】

[SAW共振子の利用例：分波器]

図7は、SAW共振子1の利用例としての分波器101の構成を模式的に示す回路図である。この図の紙面左上に示された符号から理解されるように、この図では、櫛歯電極13が二叉のフォーク形状によって模式的に示され、反射器9は両端が屈曲した1本の線で表わされている。ここでは、挿入導体11の図示は省略されている。

【0106】

分波器101は、例えば、送信端子105からの送信信号をフィルタリングしてアンテナ端子103へ出力する送信フィルタ109と、アンテナ端子103からの受信信号をフィルタリングして1対の受信端子107に出力する受信フィルタ111とを有している。

【0107】

送信フィルタ109は、例えば、複数のSAW共振子1がラダー型に接続されて構成された、ラダー型フィルタによって構成されている。すなわち、送信フィルタ109は、送信端子105とアンテナ端子103との間に直列に接続された複数（1つでも可）のSAW共振子1（直列SAW共振子1S）と、その直列のライン（直列腕）と基準電位とを接続する複数（1つでも可）のSAW共振子1（並列SAW共振子1P。別の観点では並列腕）とを有している。なお、送信フィルタ109を構成する複数のSAW共振子1は、例えば、同一の圧電体3の上面3aに設けられている。

【0108】

複数の直列SAW共振子1Sは、基本的に、共振周波数 f_r が互いに同等とされるとともに、反共振周波数 f_a が互いに同等とされている。複数の並列SAW共振子1Pは、基本的に、共振周波数 f_r が互いに同等とされるとともに、反共振周波数 f_a が互いに同等とされている。直列SAW共振子1Sおよび並列SAW共振子1Pは、直列SAW共振子1Sの共振周波数 f_r と並列SAW共振子1Pの反共振周波数 f_a とが概ね一致するように共振周波数 f_r および反共振周波数 f_a が設定される。これにより、送信フィルタ109は、並列SAW共振子1Pの共振周波数 f_r から直列SAW共振子1Sの反共振周波数 f_a までの周波数範囲（減衰域）よりも若干狭い範囲を通過帯域とするフィルタとして機能する。上記減衰域の幅は、概ね、並列SAW共振子1Pの周波数差 df と直列SAW共振子1Sの周波数差 df との和である。これらそれぞれの共振子の周波数配置やIDT本数、交差幅は、目的とするフィルタ特性を発揮するように適宜設定される。

【0109】

10

20

30

40

50

受信フィルタ 111 は、例えば、SAW共振子 1 と、多重モード型フィルタ（ダブルモード型フィルタを含むものとする。）113 とを含んで構成されている。多重モード型フィルタ 113 は、SAWの伝搬方向に配列された複数（図示の例では 3 つ）の IDT 電極 7 と、その両側に配置された 1 対の反射器 9 とを有している。なお、受信フィルタ 111 を構成する SAW共振子 1 および多重モード型フィルタ 113 は、例えば、同一の圧電体 3 の上面 3a に設けられている。送信フィルタ 109 および受信フィルタ 111 は、同一の圧電体 3 の上面 3a に設けられていてもよいし、互いに異なる圧電体 3 の上面 3a に設けられていてもよい。

【0110】

図 7 は、あくまで分波器 101 の構成の一例に過ぎない。従って、例えば、受信フィルタ 111 が送信フィルタ 109 と同様にラダー型フィルタによって構成されるなどしてもよい。また、適宜な位置に、キャパシタおよび/またはインダクタが設けられてもよい。また、分波器 101 として、送信フィルタ 109 と受信フィルタ 111 とを備えるデュプレクサについて説明したが、分波器（マルチプレクサ）は、3 以上のフィルタを含んでもよい。複数の SAW共振子の全てが実施形態の SAW共振子 1 によって構成されるものとして説明したが、一部の SAW共振子のみが実施形態の SAW共振子 1 によって構成されてよい。

10

【0111】

[SAW共振子の利用例：通信装置]

図 8 は、SAW共振子 1 の利用例としての通信装置 151 の要部を示すブロック図である。通信装置 151 は、電波を利用した無線通信を行うものであり、分波器 101 を含んでいる。

20

【0112】

通信装置 151 において、送信すべき情報を含む送信情報信号 TIS は、RF-IC（Radio Frequency Integrated Circuit）153 によって変調および周波数の引き上げ（搬送波周波数を有する高周波信号への変換）がなされて送信信号 TS とされる。送信信号 TS は、バンドパスフィルタ 155 によって送信用の通過帯以外の不要成分が除去され、増幅器 157 によって増幅されて分波器 101（送信端子 105）に入力される。そして、分波器 101（送信フィルタ 109）は、入力された送信信号 TS から送信用の通過帯以外の不要成分を除去し、その除去後の送信信号 TS をアンテナ端子 103 からアンテナ 159 に出力する。アンテナ 159 は、入力された電気信号（送信信号 TS）を無線信号（電波）に変換して送信する。

30

【0113】

また、通信装置 151 において、アンテナ 159 によって受信された無線信号（電波）は、アンテナ 159 によって電気信号（受信信号 RS）に変換されて分波器 101（アンテナ端子 103）に入力される。分波器 101（受信フィルタ 111）は、入力された受信信号 RS から受信用の通過帯以外の不要成分を除去して受信端子 107 から増幅器 161 へ出力する。出力された受信信号 RS は、増幅器 161 によって増幅され、バンドパスフィルタ 163 によって受信用の通過帯以外の不要成分が除去される。そして、受信信号 RS は、RF-IC 153 によって周波数の引き下げおよび復調がなされて受信情報信号 RIS とされる。

40

【0114】

なお、送信情報信号 TIS および受信情報信号 RIS は、適宜な情報を含む低周波信号（ベースバンド信号）でよく、例えば、アナログの音声信号もしくはデジタル化された音声信号である。変調方式は、位相変調、振幅変調、周波数変調もしくはこれらのいずれか 2 つ以上の組み合わせのいずれであってもよい。回路方式は、図 8 では、ダイレクトコンバージョン方式を例示したが、それ以外の適宜なものとしてよく、例えば、ダブルスーパーヘテロダイン方式であってもよい。また、図 8 は、要部のみを模式的に示すものであり、適宜な位置にローパスフィルタやアイソレータ等が追加されてもよいし、また、増幅器等の位置が変更されてもよい。

50

【 0 1 1 5 】

以上の実施形態において、D 1 方向は第 1 方向の一例である。D 2 方向は第 2 方向の一例である。圧電体 3 の上面 3 a は第 1 面の一例である。S A W 共振子 1 は、S A W 素子の一例である。送信フィルタ 1 0 9、受信フィルタ 1 1 1 および分波器 1 0 1 のそれぞれは、S A W 素子の一例として捉えられてもよいし、S A W 素子の利用例として捉えられてもよい。

【 0 1 1 6 】

本開示に係る技術は、以上の実施形態に限定されず、種々の態様で実施されてよい。

【 0 1 1 7 】

実施形態の説明では、I D T 電極と反射器との境界付近におけるピッチを小さくする構成を比較例として説明した。ただし、このような構成と、挿入導体とが組み合わされても構わない。

10

【 0 1 1 8 】

なお、上記の実施形態の例は、I D T 電極と反射器との境界部分における S A W の漏れを低減するために I D T 電極の端部において、I D T 電極と非接続の挿入導体を位置させた場合について説明したがこの限りではない。

【 0 1 1 9 】

例えば、図 9 に示すように、I D T 電極 7 の端部において I D T 電極 7 の電極指 1 7 が省略重み付けされていてもよい。言い換えると、I D T 電極 7 の端部において同じ電位に接続される電極指 1 7 が隣接するように「間引き」されていてもよい。具体的には、図 9 において、I D T 電極 7 のうち反射器 9 に隣接する電極指 1 7 から連続して複数本（この例では 3 本）一方電位に接続された電極指 1 7 が位置しており、その隣には他方の電位に接続された電極指が複数本（この例では 3 本）連続して位置している。この例の最初の 3 本の電極指は、反射器 9 に隣接する電極指 1 7 が I D T 電極 7 の一部であり、それに隣接する 2 本の電極指が挿入電極指 2 5 を構成しているものと同等と考えることができる。なお、図 9 においてダミー電極の図示は省略している。

20

【 0 1 2 0 】

このような構成とした場合においても、図 1 0 に示すように共振周波数と反共振周波数との間の口スを低減するとともに、反共振周波数の高周波数側においても口スを低減することができる。なお、図 1 0 (a) は図 3 (b) に相当する図であり、図 1 0 (b) は図 3 (c) の矢印 y 2 近傍の拡大図である。モデル 1 は、図 3 と同様に挿入導体や間引き部を備えない通常共振子をモデルとしたものであり、モデル 2 は、間引きを端部のみではなく I D T 電極 7 の全領域において均等に分散させた場合のモデルであり、モデル 3 は、端部近傍のみに間引き部を設けた場合のモデルである。図中において、モデル 1 の位相特性は実線で、モデル 2 の位相特性は長破線で、モデル 3 の位相特性は短破線で、それぞれ示している。

30

【 0 1 2 1 】

図 1 0 から明らかなように、モデル 3 は、モデル 1、2 に比べ口スを低減した S A W 素子を提供することができる。なお、通常間引きを行なうと f は小さくなるが、間引きを行なってもモデル 3 において f を小さくする効果は少なかった。また、モデル 3 は共振周波数よりも低周波数側においてリップルが発生することがある。これに対して、反射器 9 のピッチ p_r を p_1 の 1.002 倍から 1.03 倍にしたり、I D T 電極と反射器との電極指中心間隔を p_1 に対して 1.05 倍から 1.4 倍に広げたりすることでリップルを小さくすることができる。

40

【 0 1 2 2 】

また、挿入導体と端部における間引きを組み合わせてもよい。具体的には、挿入導体と反射器との間の電極指を間引き部としてもよい。

【 0 1 2 3 】

以上より、本発明とは別の以下概念を抽出可能である。

[別発明 1]

50

第 1 方向および該第 1 方向に交差する第 2 方向に広がっている第 1 面を有している圧電体と、

前記第 1 面上で互いに並列に前記第 2 方向へ延びている複数の電極指を有している 1 つの I D T 電極と、

前記 I D T 電極に対して前記第 1 方向の両側に位置しており、前記 I D T 電極と隣り合っている 1 対の反射器と、を有しており、

前記 I D T 電極の前記第 1 方向の両側の端部から連続する領域それぞれに少なくとも 1 つが位置している省略重み付け部と、

を有しており、

前記省略重み付け部は、

前記複数の電極指が、第 1 の電位に接続された第 1 電極指と第 2 の電位に接続された第 2 電極指とを備え、

前記第 1 電極指が複数隣接する部位と、前記第 2 電極指が複数隣接する部位とが隣り合っ

て位置する弾性表面波素子。

【符号の説明】

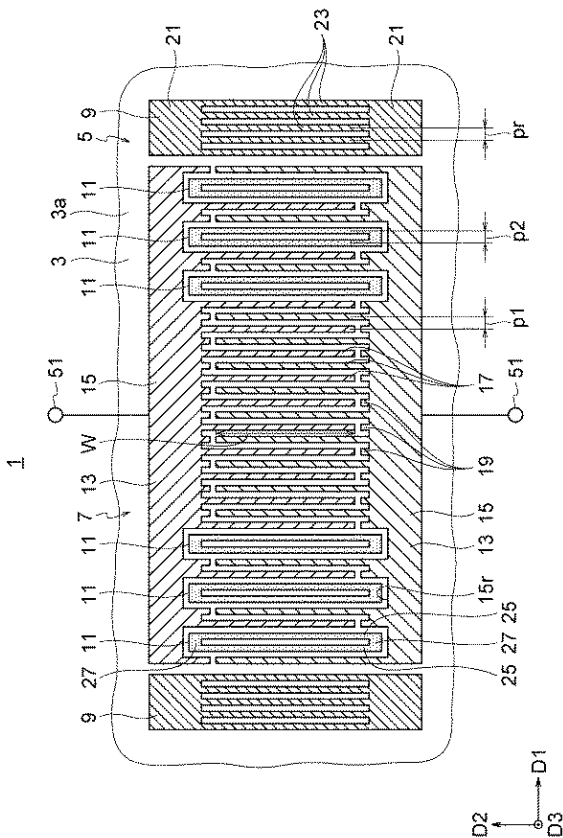
【 0 1 2 4 】

1 SAW共振子(SAW素子)、3 圧電体、3 a 圧電体の上面(第 1 面)、7 I D T 電極、9 反射器、11 挿入導体、17 電極指、25 挿入電極指、27 接続部。

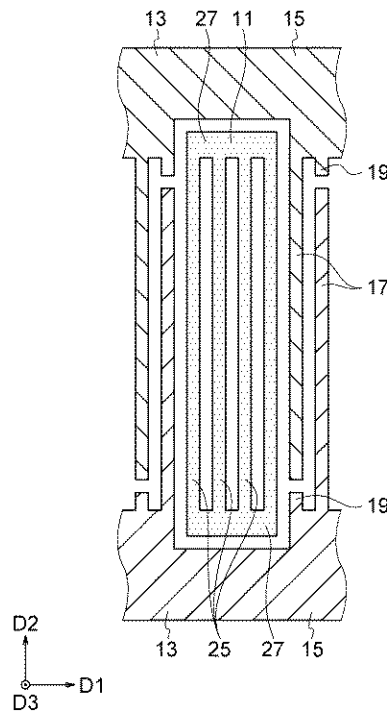
10

20

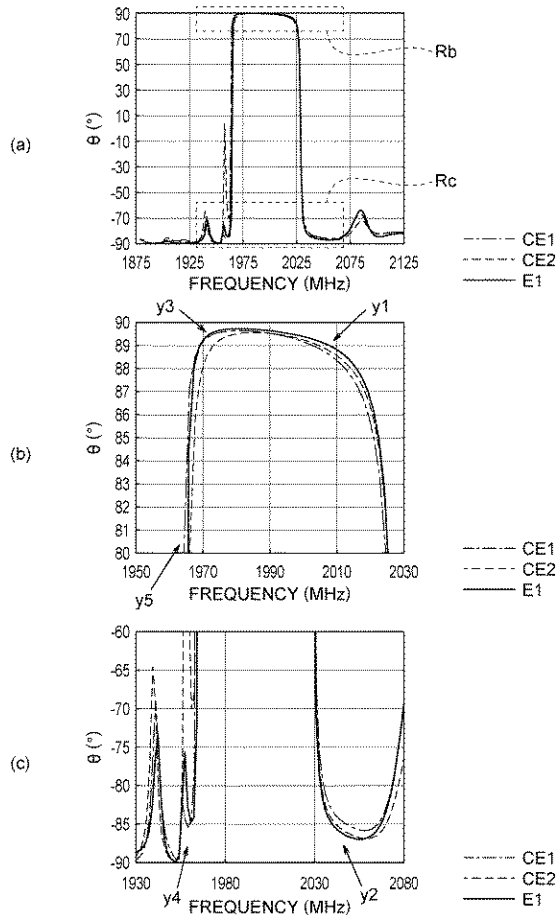
【 図 1 】



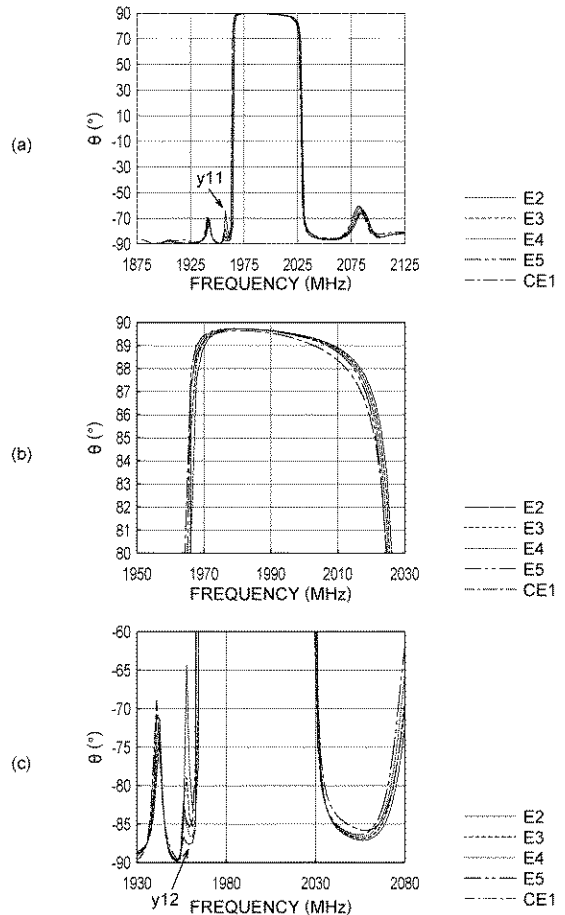
【 図 2 】



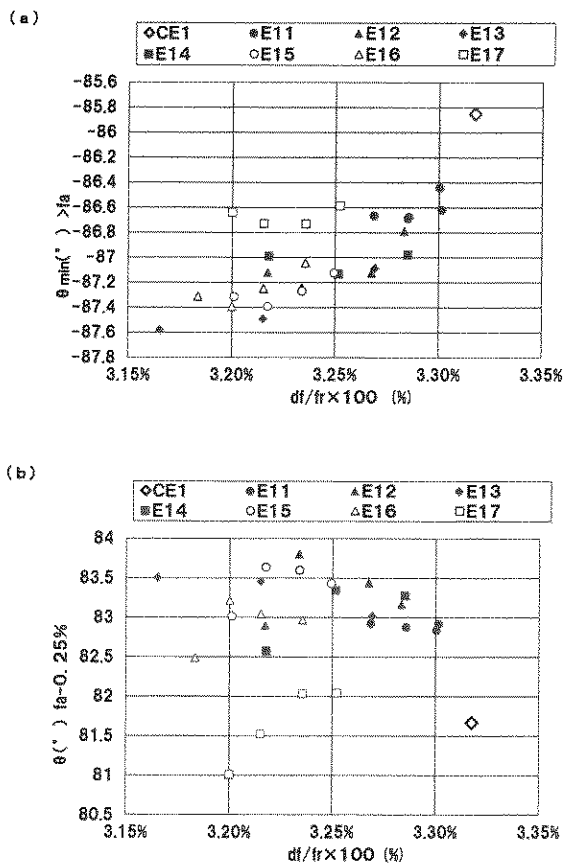
【 図 3 】



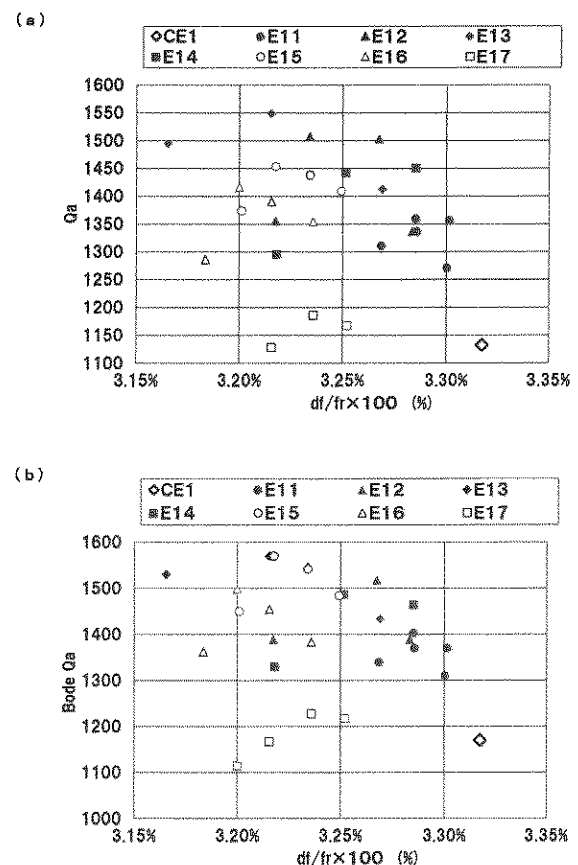
【 図 4 】



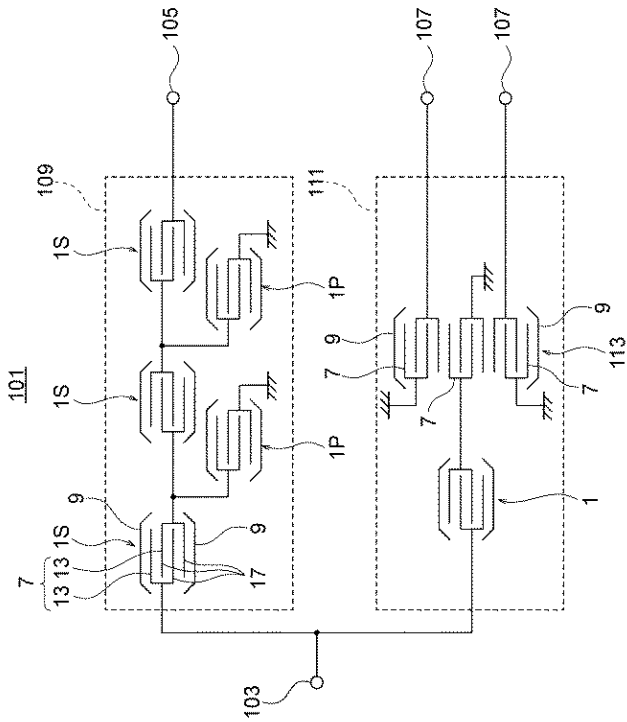
【 図 5 】



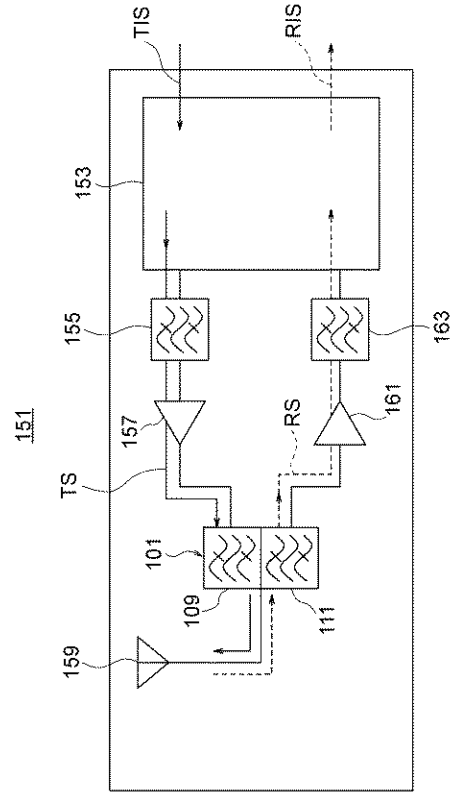
【 図 6 】



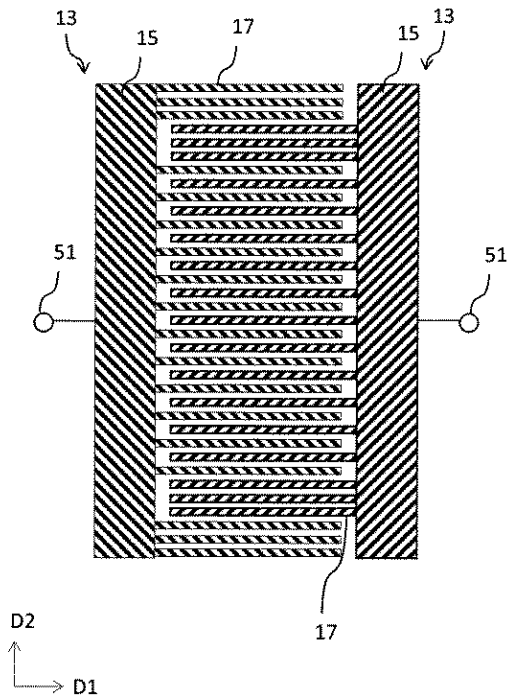
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

