

(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2017-200230
(P2017-200230A)

(43) 公開日 平成29年11月2日(2017.11.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H03H 9/145 (2006.01)	H03H 9/145 D	5J097
H03H 9/25 (2006.01)	H03H 9/25 C	
H03H 9/72 (2006.01)	H03H 9/72	
	H03H 9/145 Z	

審査請求 有 請求項の数 19 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2017-131379 (P2017-131379)	(71) 出願人	000006633
(22) 出願日	平成29年7月4日 (2017.7.4)		京セラ株式会社
(62) 分割の表示	特願2013-241679 (P2013-241679) の分割	(72) 発明者	岸野 哲也
原出願日	平成25年4月24日 (2013.4.24)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(31) 優先権主張番号	特願2012-100225 (P2012-100225)		京セラ株式会社内
(32) 優先日	平成24年4月25日 (2012.4.25)	(72) 発明者	仲井 剛
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(31) 優先権主張番号	特願2012-287280 (P2012-287280)		京セラ株式会社内
(32) 優先日	平成24年12月28日 (2012.12.28)	Fターム(参考)	5J097 AA10 BB12 BB13 BB14 BB15
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		BB17 DD02 DD04 DD05 DD10
			DD14 DD18 DD21 FF01 GG02
			GG03 GG04 KK01 KK03 LL07

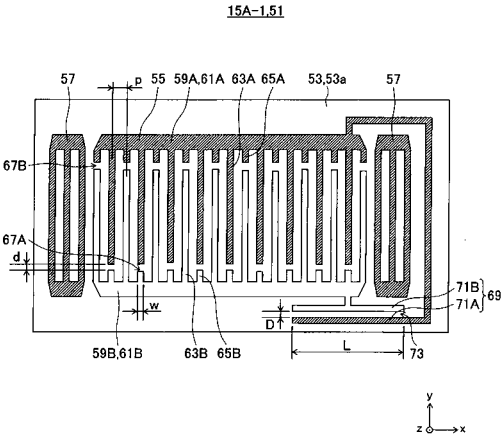
(54) 【発明の名称】 弾性波素子、分波器および通信モジュール

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】歪波の影響を抑制できる弾性波素子、分波器および通信モジュールを提供する。

【解決手段】弾性波素子51は、基板53と、基板53の上面53aに位置し、第1櫛歯電極59Aおよび第2櫛歯電極59Bを備えたIDT55と、基板53の上面53aに位置し、第1櫛歯電極59Aに電氣的に接続された第1対向電極71Aと、第2櫛歯電極59Bに電氣的に接続された第2対向電極71Bとを有し、IDT55に並列接続された容量素子69と、を備える。容量素子69は、第1対向電極71Aから第2対向電極71Bへ向かう方向が、第1櫛歯電極59Aから第2櫛歯電極59Bへ向かう方向と異なるように配置されている。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧電基板と、

該圧電基板の上面に位置し、第 1 櫛歯電極および第 2 櫛歯電極を備えた I D T 電極と、
前記圧電基板の上面に位置し、前記第 1 櫛歯電極に電氣的に接続された第 1 対向電極と、
前記第 2 櫛歯電極に電氣的に接続された第 2 対向電極とを備え、前記 I D T 電極に並列接
続された容量素子と、を備え、

該容量素子は、前記第 1 対向電極から前記第 2 対向電極へ向かう方向が、前記第 1 櫛歯電
極から前記第 2 櫛歯電極へ向かう方向と異なるように配置されている弾性波素子。

【請求項 2】

10

前記容量素子は、前記第 1 対向電極から前記第 2 対向電極へ向かう方向が、前記第 1 櫛
歯電極から前記第 2 櫛歯電極へ向かう方向と逆である請求項 1 に記載の弾性波素子。

【請求項 3】

前記容量素子を複数備えている請求項 1 または 2 に記載の弾性波素子。

【請求項 4】

前記 I D T 電極を挟むように前記圧電基板の上面に位置する一対の反射器をさらに有し
、前記第 1 対向電極は、前記反射器を介して前記第 1 櫛歯電極と電氣的に接続されている
請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の弾性波素子。

【請求項 5】

前記第 1 櫛歯電極は、第 1 バスバーと、該第 1 バスバーから延びる複数の第 1 電極指と
、を備え、

20

前記第 2 櫛歯電極は、第 2 バスバーと、該第 2 バスバーから延びる複数の第 2 電極指と、
を備え、

前記第 1 櫛歯電極および前記第 2 櫛歯電極は、前記複数の第 1 電極指と前記複数の第 2 電
極指とが互いに噛み合っており、

前記第 1 電極指は、その延びる方向において先端が第 1 ギャップを介して第 2 櫛歯電極と
対向し、

前記第 2 電極指は、その延びる方向において先端が第 2 ギャップを介して第 1 櫛歯電極と
対向し、

前記容量素子は、前記第 1 対向電極および前記第 2 対向電極の間に第 3 ギャップが位置し
ており、

30

前記第 1 ギャップおよび前記第 2 ギャップの合計数を n ($n \geq 2$)、前記第 1 ギャップお
よび前記第 2 ギャップのうち前記 I D T 電極の一方端から順に数えて i 番目の第 1 ギャッ
プおよび第 2 ギャップの長さおよび幅をそれぞれ d_i 、 w_i ($1 \leq i \leq n$) としたときに
、前記第 3 ギャップの長さ D および幅 L が、下記の (A) 式を満たす請求項 1 ~ 4 のい
ずれかに記載の弾性波素子。

【数 1 3】

$$0 < \frac{L}{D^2} < 2 \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i^2} \quad (A)$$

40

【請求項 6】

前記第 3 ギャップの長さ D および幅 L が、下記の (B) 式を満たす請求項 5 に記載の弾
性波素子。

【数 1 4】

$$0.45 \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i^2} < \frac{L}{D^2} < 1.45 \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i^2} \quad (B)$$

【請求項 7】

10

前記第 3 ギャップの長さ D および幅 L が、下記の (C) 式を満たす請求項 6 に記載の弾性波素子。

【数 1 5】

$$\frac{L}{D^2} = \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i^2} \quad (C)$$

20

【請求項 8】

前記第 1 櫛歯電極は、前記複数の第 1 電極指間において前記第 1 バスバーから前記第 2 バスバー側へ延び、その先端が前記複数の第 2 電極指の先端と前記第 2 ギャップを介して対向する複数の第 1 ダミー電極指をさらに備え、

前記第 2 櫛歯電極は、前記複数の第 2 電極指間において前記第 2 バスバーから前記第 1 バスバー側へ延び、その先端が前記複数の第 1 電極指の先端と前記第 1 ギャップを介して対向する複数の第 2 ダミー電極指をさらに備える請求項 5 ~ 7 のいずれかに記載の弾性波素子。

30

【請求項 9】

前記第 1 バスバーと前記第 1 対向電極とが一体化されている請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載の弾性波素子。

【請求項 10】

前記第 1 櫛歯電極は、第 1 バスバーと、該第 1 バスバーから延びる複数の第 1 電極指と、を備え、

前記第 2 櫛歯電極は、第 2 バスバーと、該第 2 バスバーから延びる複数の第 2 電極指と、を備え、

前記第 1 櫛歯電極および前記第 2 櫛歯電極は、前記複数の第 1 電極指と前記複数の第 2 電極指とが互いに噛み合っており、

40

前記第 1 電極指は、その延びる方向において先端が第 1 ギャップを介して第 2 櫛歯電極と対向し、

前記第 2 電極指は、その延びる方向において先端が第 2 ギャップを介して第 1 櫛歯電極と対向し、

前記容量素子は、前記第 1 対向電極および前記第 2 対向電極の間に第 3 ギャップが位置しており、

前記第 1 ギャップおよび前記第 2 ギャップの合計数を n ($n \geq 2$)、前記第 1 ギャップおよび前記第 2 ギャップのうち前記 I D T 電極の一方端から順に数えて i 番目の第 1 ギャップおよび第 2 ギャップの長さおよび幅をそれぞれ d_i 、 w_i ($1 \leq i \leq n$) とし、

50

前記第 3 ギャップの合計値を m ($m \geq 2$)、 j 番目の前記第 3 ギャップの長さおよび幅をそれぞれ D_j 、 W_j ($1 \leq j \leq m$) としたときに、

前記容量素子が下記の (D) 式を満たす請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の弾性波素子。

【数 1 6】

$$0 < \sum_{j=1}^m \frac{W_j}{D_j^2} < 2 \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i^2} \quad (D)$$

10

【請求項 1 1】

前記容量素子を複数備え、該複数の容量素子は前記 I D T 電極を挟むように位置しており、

前記第 1 対向電極および前記第 2 対向電極の一方の電極は、前記第 1 対向電極および前記第 2 対向電極の他方の電極側に向かって延び、その延びる方向において先端が第 3 ギャップを介して前記他方の電極と対向する複数の第 3 電極指を備える請求項 1 または 2 に記載の弾性波素子。

【請求項 1 2】

20

前記第 3 ギャップを複数備えており、

該複数の第 3 ギャップは前記 I D T 電極から離れるにつれて前記第 1 対向電極側に近づくように配置されている請求項 1 1 に記載の弾性波素子。

【請求項 1 3】

前記第 1 櫛歯電極は、第 1 バスバーと、該第 1 バスバーから延びる複数の第 1 電極指と、を備え、

前記第 2 櫛歯電極は、第 2 バスバーと、該第 2 バスバーから延びる複数の第 2 電極指と、を備え、

前記第 1 櫛歯電極および前記第 2 櫛歯電極は、前記複数の第 1 電極指と前記複数の第 2 電極指とが互いに噛み合っており、

30

前記第 1 電極指は、その延びる方向において先端が第 1 ギャップを介して第 2 櫛歯電極と対向し、

前記第 2 電極指は、その延びる方向において先端が第 2 ギャップを介して第 1 櫛歯電極と対向し、

前記第 1 ギャップおよび前記第 2 ギャップの合計数を n ($n \geq 2$)、前記第 1 ギャップおよび前記第 2 ギャップのうち前記 I D T 電極の一方端から順に数えて i 番目の第 1 ギャップおよび第 2 ギャップの長さおよび幅をそれぞれ d_i 、 w_i ($1 \leq i \leq n$) とし、

前記第 3 ギャップの合計値を m ($m \geq 2$)、 j 番目の前記第 3 ギャップの長さおよび幅をそれぞれ D_j 、 W_j ($1 \leq j \leq m$) としたときに、

前記反射器が下記の (D) 式を満たす請求項 1 1 または 1 2 に記載の弾性波素子。

40

【数 1 7】

$$0 < \sum_{j=1}^m \frac{W_j}{D_j^2} < 2 \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i^2} \quad (D)$$

【請求項 1 4】

50

前記第 3 ギャップは、前記第 1 電極指と前記第 2 電極指との交差領域を弾性波の伝搬方向に沿って延長した延長領域から外れた領域に位置している請求項 1 3 に記載の弾性波素子。

【請求項 1 5】

前記第 2 櫛歯電極は、基準電位となるように設定されている請求項 1 ~ 1 4 のいずれかに記載の弾性波素子。

【請求項 1 6】

前記圧電基板は、 LiTaO_3 基板または LiNbO_3 基板である請求項 1 ~ 1 6 のいずれかに記載の弾性波素子。

【請求項 1 7】

アンテナ端子と、
該アンテナ端子に電氣的に接続された送信フィルタと、
前記アンテナ端子に電氣的に接続された受信フィルタと、を備え、
前記送信フィルタは請求項 1 ~ 1 6 のいずれかに記載の弾性波素子とを備える分波器。

【請求項 1 8】

前記送信フィルタは前記 IDT 電極を備える共振子を複数備え、
前記弾性波素子は前記共振子に対して前記アンテナ端子側に位置している請求項 1 7 に記載の分波器。

【請求項 1 9】

アンテナと、
該アンテナに電氣的に接続された請求項 1 7 または 1 8 に記載の分波器と、
該分波器に電氣的に接続された RF - IC とを備える通信モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、弾性表面波 (SAW: Surface Acoustic Wave) 素子等の弾性波素子、分波器および通信モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

圧電基板と、圧電基板の主面上に設けられた IDT (InterDigital Transducer) とを有する弾性波素子が知られている。このような弾性波素子は、例えば、分波器の送信フィルタ、受信フィルタなどに利用されている。

【0003】

弾性波素子において、素子の非線形性によって発生する電氣的な歪波によって電気特性が低下することがある。例えば、弾性波素子を用いた分波器においては、送信帯域および受信帯域の帯域外の妨害波と、送信波とが混合されて、受信帯域内に含まれる歪波が生じる。この歪波は相互変調歪 (IMD: Inter-Modulation Distortion) と呼ばれ、無線装置の通信品質 (SN 比) を低下させる原因の一つとなっている。この他、送信波の整数倍の周波数を持つ高調波歪が発生し、これが他の無線装置の通信を妨害するといった問題が生じる可能性もある。

【0004】

そこで歪波による SN 比の低下を抑制するために、分波器を構成するラダー型フィルタの直列共振子または並列共振子を静電容量を変えずに分割する方法が知られている (例えば、特許文献 1)。これは直列共振子または並列共振子を分割することによって、その共振子に印加される電圧を分散させて歪波を抑制するものである。

【0005】

なお、歪波を抑制する技術に係る文献ではないが、特許文献 2 では、圧電基板の主面上に設けられ、IDT に並列に接続された容量素子を開示している。

【0006】

しかしながら、静電容量を変えずに共振子を分割すると分割前に比べて、共振子が大型

10

20

30

40

50

化し、ひいては弾性波素子が大型化してしまう。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2007-074698号公報

【特許文献2】特開平5-167384号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

従って、歪波の影響を抑制できる弾性波素子、分波器および通信モジュールが提供されることが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様に係る弾性波素子は、圧電基板と、該圧電基板の上面に位置し、第1櫛歯電極および第2櫛歯電極を備えたIDT電極と、前記圧電基板の上面に位置し、前記第1櫛歯電極に電氣的に接続された第1対向電極と、前記第2櫛歯電極に電氣的に接続された第2対向電極とを備え、前記IDT電極に並列接続された容量素子と、を備え、該容量素子は、前記第1対向電極から前記第2対向電極へ向かう方向が、前記第1櫛歯電極から前記第2櫛歯電極へ向かう方向と異なるように配置されている。

【0010】

本発明の一態様に係る分波器は、アンテナ端子と、該アンテナ端子に電氣的に接続された送信フィルタと、前記アンテナ端子に電氣的に接続された受信フィルタと、を備え、前記送信フィルタは請求項1～16のいずれかに記載の弾性波素子とを備える。

【0011】

本発明の一態様に係る通信モジュールは、アンテナと、該アンテナに電氣的に接続された請求項17または18に記載の分波器と、該分波器に電氣的に接続されたRF-ICとを備える。

【発明の効果】

【0012】

上記の構成によれば、歪波の影響を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る分波器を含む通信モジュールの信号処理系の構成を示すブロック図である。

【図2】図1の分波器の構成を示す回路図である。

【図3】図2の分波器の直列共振子を構成するSAW素子を示す平面図である。

【図4】図2の分波器の作用を説明する図である。

【図5】第2の実施形態に係るSAW素子を示す平面図である。

【図6】第3の実施形態に係るSAW素子を示す平面図である。

【図7】図7(a)は第4の実施形態に係るSAW素子を示す回路図、図7(b)は第5の実施形態に係るSAW素子を示す回路図である。

【図8】第6の実施形態に係るSAW素子を示す平面図である。

【図9】第7の実施形態に係る分波器の一部を示す平面図である。

【図10】第8の実施形態に係るSAW素子を示す平面図である。

【図11】図10のSAW素子の変形例を示す平面図である。

【図12】図10のSAW素子の別の変形例を示す平面図である。

【図13】第9の実施形態に係るSAW素子を示す平面図である。

【図14】2次高調波についてのシミュレーション計算結果を示す図である。

【図15】図15(a)～図15(b)は比較例および実施例のSAW素子における2次高調波の実測結果を示す図である。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】**【0014】**

以下、本発明の実施形態に係るSAW素子および分波器について、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。

【0015】

第2の実施形態以降において、既に説明された実施形態の構成と同一または類似する構成については、既に説明された実施形態と同一の符号を付し、説明を省略することがある。

【0016】

10

<第1の実施形態>**(通信モジュール)**

図1は、本発明の第1の実施形態に係る分波器1(デュプレクサ)の利用例(通信モジュール101)の要部を示すブロック図である。通信モジュール101は、電波を利用した無線通信を行うものである。分波器1は、通信モジュール101において送信周波数の信号と受信周波数の信号とを分波する機能を有している。

【0017】

通信モジュール101において、送信すべき情報を含む送信情報信号TISは、RF-IC103によって変調および周波数の引き上げ(搬送波周波数の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105によって送信用の通過帯域以外の不要成分が除去され、増幅器107によって増幅されて分波器1に入力される。そして、分波器1は、入力された送信信号TSから送信用の通過帯域以外の不要成分を除去してアンテナ109に出力する。アンテナ109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。

20

【0018】

また、通信モジュール101において、アンテナ109によって受信された無線信号(電波)は、アンテナ109によって電気信号(受信信号RS)に変換されて分波器1に入力される。分波器1は、入力された受信信号RSから受信用の通過帯域以外の不要成分を除去して増幅器111に出力する。出力された受信信号RSは、増幅器111によって増幅され、バンドパスフィルタ113によって受信用の通過帯域以外の不要成分が除去される。そして、受信信号RSは、RF-IC103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。

30

【0019】

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。無線信号の通過帯域は、UMTS(Universal Mobile Telecommunication System)等の各種の規格に従ったものでよい。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1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1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。

40

【0020】**(分波器)**

図2は、分波器1の構成を示す回路図である。

【0021】

分波器1は、増幅器107からの送信信号TSが入力される送信端子3と、送信信号TSから送信用の通過帯域以外の不要成分を除去して出力する送信フィルタ5と、送信フィルタ5からの信号が入力されるアンテナ端子7とを有している。アンテナ端子7は、アンテナ109に接続される。

50

【 0 0 2 2 】

また、分波器 1 は、アンテナ 1 0 9 からアンテナ端子 7 を介して入力された受信信号 R S から受信用の通過帯域以外の不要成分を除去して出力する受信フィルタ 9 と、受信フィルタ 9 からの信号が入力される受信端子 1 1 とを有している。受信端子 1 1 は、増幅器 1 1 1 に接続される。

【 0 0 2 3 】

送信フィルタ 5 は、例えば、ラダー型 S A W 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 5 は、その入力側と出力側との間において直列に接続された 1 以上（本実施形態では 3）の第 1 直列共振子 1 5 A - 1 ~ 第 3 直列共振子 1 5 A - 3 と、その直列のラインと基準電位部との間に設けられた 1 以上（本実施形態では 2）の並列共振子 1 5 B とを有している。なお、以下では、第 1 直列共振子 1 5 A - 1 ~ 第 3 直列共振子 1 5 A - 3 を単に「直列共振子 1 5 A」といい、これらを区別しないことがあり、また、直列共振子 1 5 A および並列共振子 1 5 B を単に「共振子 1 5」といい、これらを区別しないことがある。

10

【 0 0 2 4 】

第 1 直列共振子 1 5 A - 1 は、送信フィルタ 5 においてアンテナ端子 7 に最も近い共振子 1 5 である。また、送信フィルタ 5、受信フィルタ 9 とアンテナ端子 7 の間には、インピーダンスマッチング用の回路が挿入されてもよい。

【 0 0 2 5 】

受信フィルタ 9 は、例えば、多重モード型 S A W フィルタ 1 7 と、その入力側に直列に接続された補助共振子 1 5 C（単に「共振子 1 5」ということがある。）とを有している。なお、本実施形態において、多重モードは、2 重モードを含むものとする。

20

【 0 0 2 6 】

（ S A W 素子）

図 3 は、第 1 直列共振子 1 5 A - 1 を構成する S A W 素子 5 1 の構成を示す平面図である。

【 0 0 2 7 】

なお、S A W 素子 5 1 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、直交座標系 $x y z$ を定義するとともに、 z 方向の正側（図 3 の紙面手前側）を上方として、上面、下面等の用語を用いるものとする。

30

【 0 0 2 8 】

S A W 素子 5 1 は、例えば、1 ポート S A W 共振子として構成されており、基板 5 3 と、基板 5 3 の上面 5 3 a に設けられた I D T 5 5 および反射器 5 7 とを有している。なお、S A W 素子 5 1 は、上記の他、I D T 5 5 および反射器 5 7 の上面に配置される付加膜、I D T 5 5 および反射器 5 7 と基板 5 3 との間に介在する接着層、基板 5 3 の上面 5 3 a を I D T 5 5 および反射器 5 7（または付加膜）の上から覆う保護層等を有していてもよい。また、図 3 では、I D T 5 5 に信号の入出力を行うための配線は図示が省略されている。

【 0 0 2 9 】

基板 5 3 は、圧電基板によって構成されている。例えば、基板 5 3 は、ニオブ酸リチウム（ LiNbO_3 ）単結晶等の圧電性を有する単結晶の基板によって構成されている。より好適には、基板 5 3 は、 $40^\circ \pm 10^\circ$ Y - X カットの LiTaO_3 基板、 $128^\circ \pm 10^\circ$ Y - X カットの LiNbO_3 基板もしくは $0^\circ \pm 10^\circ$ Y - X カットの LiNbO_3 基板によって構成されている。その他、水晶（ SiO_2 ）単結晶なども使用できる。基板 5 3 の平面形状および各種寸法は適宜に設定されてよい。

40

【 0 0 3 0 】

I D T 5 5 は、基板 5 3 の上面 5 3 a に形成された導電パターン（導電層）によって構成されており、第 1 櫛歯電極 5 9 A および第 2 櫛歯電極 5 9 B を有している。なお、以下では、第 1 櫛歯電極 5 9 A および第 2 櫛歯電極 5 9 B を単に櫛歯電極 5 9 といい、これらを区別しないことがある。また、第 1 櫛歯電極 5 9 A に係る構成等については、「第 1 バ

50

スパー 6 1 A」等のように、「第 1」および「A」を付すことがあり、第 2 櫛歯電極 5 9 B に係る構成等については、「第 2 バスパー 6 1 B」等のように、「第 2」および「B」を付すことがあり、また、「第 1」、「第 2」、「A」、および「B」を省略することがある。

【0031】

各櫛歯電極 5 9 は、互いに対向する 2 本のバスパー 6 1 と、各バスパー 6 1 から他のバスパー 6 1 側へ延びる複数の電極指 6 3 と、複数の電極指 6 3 の間において各バスパー 6 1 から他のバスパー 6 1 側へ延びる複数のダミー電極 6 5 と、を有している。そして、1 対の櫛歯電極 5 9 は、複数の電極指 6 3 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。

10

【0032】

なお、SAW の伝搬方向は複数の電極指 6 3 の向き等によって規定されるが、本実施形態では、便宜的に、SAW の伝搬方向を基準として、複数の電極指 6 3 の向き等を説明することができる。

【0033】

バスパー 6 1 は、例えば、概ね一定の幅で SAW の伝搬方向（x 方向）に直線状に延びる長尺状に形成されている。そして、1 対のバスパー 6 1 は、SAW の伝搬方向に交差（本実施形態では直交）する方向（y 方向）において対向している。また、1 対のバスパー 6 1 は、例えば、互いに平行であり、一对のバスパー 6 1 間の距離は、SAW の伝搬方向において一定である。

20

【0034】

複数の電極指 6 3 は、概ね一定の幅で SAW の伝搬方向に直交する方向（y 方向）に直線状に延びる長尺状に形成されており、SAW の伝搬方向（x 方向）に概ね一定の間隔で配列されている。1 対の櫛歯電極 5 9 の複数の電極指 6 3 は、そのピッチ p （例えば電極指 6 3 の中心間距離）が、例えば、共振させたい周波数での SAW の波長 λ の半波長と同等となるように設けられている。波長 λ は、例えば、 $1.5 \mu\text{m} \sim 6 \mu\text{m}$ である。

【0035】

複数の電極指 6 3 の長さ（先端の位置）は、例えば、互いに同等とされている。また、複数の電極指 6 3 の幅 w は、例えば、互いに同等とされている。なお、これらの寸法は、SAW 素子 5 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。例えば、幅 w は、複数の電極指 6 3 のピッチ p に対して $0.4p \sim 0.7p$ である。

30

【0036】

複数のダミー電極 6 5 は、例えば、概ね一定の幅で SAW の伝搬方向に直交する方向（y 方向）に直線状に延びる長尺状に形成されており、複数の電極指 6 3 間の中央に配置されている（複数の電極指 6 3 と同等のピッチで配列されている）。そして、一方の櫛歯電極 5 9 のダミー電極 6 5 の先端は、他方の櫛歯電極 5 9 の電極指 6 3 の先端とギャップ 6 7（第 1 ギャップ 6 7 A、第 2 ギャップ 6 7 B）を介して対向している。ダミー電極 6 5 の幅（x 方向）は、例えば、電極指 6 3 の幅 w と同等である。複数のダミー電極 6 5 の長さ（y 方向）は、例えば、互いに同等である。

【0037】

40

複数のギャップ 6 7 の数は、複数の電極指 6 3 の本数と同数である。また、複数のギャップ 6 7 の幅 w は、複数の電極指 6 3 の幅および複数のダミー電極 6 5 の幅と同等であり、また、ギャップ 6 7 同士で互いに同等である。複数のギャップ 6 7 の長さ d （y 方向の大きさ。以下、ギャップの長さを「ギャップ長」と称することがある。）は、ギャップ 6 7 同士で互いに同一である。ギャップ長 d は、SAW 素子 5 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。例えば、ギャップ長 d は、 $0.1\lambda \sim 0.6\lambda$ である。

【0038】

IDT 5 5 は、例えば、金属によって形成されている。この金属としては、例えば、Al または Al を主成分とする合金（Al 合金）が挙げられる。Al 合金は、例えば、Al - Cu 合金である。なお、IDT 5 5 は、複数の金属層から構成されてもよい。IDT 5

50

5の厚みは適宜に設定されてよい。

【0039】

ＩＤＴ５５によって基板５３に電圧が印加されると、基板５３の上面５３a付近において上面５３aに沿ってx方向に伝搬するＳＡＷが誘起される。また、ＳＡＷは、電極指６３によって反射される。そして、電極指６３のピッチp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６３によって取り出される。このようにして、ＳＡＷ素子５１は、共振子もしくはフィルタとして機能する。

【0040】

反射器５７は、基板５３の上面５３aに形成された導電パターン（導電層）によって構成されており、平面視において格子状に形成されている。すなわち、反射器５７は、ＳＡＷの伝搬方向に交差する方向において互いに対向する１対のバスバー（符号省略）およびこれらバスバー間においてＳＡＷの伝搬方向に直交する方向（y）に延びる複数の電極指（符号省略）とを有している。反射器５７の複数の電極指は、ＩＤＴ５５の複数の電極指６３と概ね同等のピッチで配列されている。

10

【0041】

（歪波を抑制するための構成）

ＳＡＷ素子５１は、上記の基本的な構成に加え、歪波がＳＮ比に及ぼす影響を抑制するために、容量素子６９を有している。

【0042】

容量素子６９は、基板５３の上面５３aに形成された導電パターン（導電層）によって構成されており、いわゆるギャップ型のコンデンサである。具体的には、容量素子６９は、互いに対向する第１対向電極７１Aおよび第２対向電極７１Bを有している。対向電極７１は、例えば、概ね一定の幅でＳＡＷの伝搬方向（x方向）に直線状に延びる長尺状に形成され、ＳＡＷの伝搬方向に直交する方向において第３ギャップ７３を介して対向している。

20

【0043】

第１対向電極７１Aは、第１櫛歯電極５９Aに接続され、第２対向電極７１Bは、第２櫛歯電極５９Bに接続されている。一方、第１対向電極７１Aから第２対向電極７１Bへの方向は、第１櫛歯電極５９Aから第２櫛歯電極５９Bへの方向（第１電極指６３Aから第１ギャップ６７Aを経由して第２ダミー電極６５Bへ向かう方向および第１ダミー電極６５Aから第２ギャップ６７Bを経由して第２電極指６３Bへ向かう方向）とは逆になっている。

30

【0044】

第３ギャップ７３のギャップ長Dおよび幅Lは、以下の（１）式を満たすように設定されている。

【0045】

$$L / D^2 = (w \times n) / d^2 \quad (1)$$

ここで、dおよびwは、既に説明したように、ギャップ６７の長さおよび幅であり、nは、１対の櫛歯電極５９におけるギャップ６７の個数（第１ギャップ６７Aの個数および第２ギャップ６７Bの個数の総和）である。

40

【0046】

より具体的には、本実施形態では、ギャップ長Dおよび幅Lは、以下の（２）式および（３）式を満たすように設定されることによって、上記の（１）式を満たしている。

【0047】

$$D = d \quad (2)$$

$$L = w \times n \quad (3)$$

なお、図３では、容量素子６９は、ＩＤＴ５５および反射器５７に対してy方向の負側に位置しているが、y方向の正側、x方向の正側もしくは負側など、ＩＤＴ５５および反射器５７に対して適宜な位置に設けられてよい。

50

【 0 0 4 8 】

(その他の共振子等の構成)

図 2 では、I D T 5 5 および反射器 5 7 を模式的に示している。

【 0 0 4 9 】

第 1 直列共振子 1 5 A - 1 以外の直列共振子 1 5 A、並列共振子 1 5 B および補助共振子 1 5 C の構成は、これらの共振子 1 5 において容量素子 6 9 が設けられていない点を除いて、第 1 直列共振子 1 5 A - 1 (S A W 素子 5 1) と概ね同様である。なお、これらの共振子 1 5 においても、第 1 直列共振子 1 5 A - 1 と同様に、容量素子 6 9 が設けられてもよい。

【 0 0 5 0 】

多重モード型 S A W フィルタ 1 7 は、図 2 において模式的に示すように、例えば、縦結合型のものであり、S A W の伝搬方向において配列された複数 (本実施形態では 3 つ) の I D T 5 5 と、その両側に配置された反射器 5 7 とを有している。また、多重モード型 S A W フィルタ 1 7 は、例えば、入力された不平衡信号を平衡信号に変換して出力する不平衡入力 - 平衡出力型のものである。

【 0 0 5 1 】

複数の共振子 1 5 および多重モード型 S A W フィルタ 1 7 は、例えば、一の基板 5 3 の上面 5 3 a に共に設けられ、S A W の伝搬方向は互いに同一である。なお、図 2 は、回路図であることから、S A W の伝搬方向を統一せずに共振子 1 5 等が図示されている。

【 0 0 5 2 】

図 4 は、分波器 1 の作用を説明する図である。この図において、横軸は周波数 f を示し、縦軸は、信号強度を示している。

【 0 0 5 3 】

送信信号 T S (線 S t) および受信信号 R S (線 S r) は、それぞれ、送信周波数帯 $T \times B$ および受信周波数帯 $R \times B$ に含まれる所定の周波数において信号強度が高い信号である。ここで、これらの帯域外において妨害信号 (線 N 0) が発生したとする。この妨害信号自体は、受信フィルタ 9 によって減衰され、R F - I C 1 0 3 によって受信されない。しかし、妨害信号と送信信号 T S とが混合されて歪信号 (線 N 1) が生じることがある。そして、その歪信号の周波数が受信信号 R S の周波数と同等であると、歪信号は受信フィルタ 9 によって減衰されず、R F - I C 1 0 3 によって受信される。

【 0 0 5 4 】

歪信号は、基板 5 3 における圧電特性の非線形性に起因して生じている。具体的には、以下のとおりである。

【 0 0 5 5 】

圧電体における変形 S (機械的な歪) および電場 E が比較的小さい場合においては、圧電特性は線形であり、圧電基本式は、以下の (4) 式によって表される。

【 0 0 5 6 】

$$T = c S - e E \quad (4)$$

ここで、 T は応力、 c は弾性定数、 e は圧電定数である。

【 0 0 5 7 】

しかし、変形 S および電場 E が大きいときには、応力 T に対して変形量 (S) が飽和することなどから、圧電基本式は、以下の (5) 式によって示すように非線形になる。

【 0 0 5 8 】

$$T = c S + c_2 S^2 + c_3 S^3 \dots - e E - e_2 E^2 - e_3 E^3 \dots \quad (5)$$

ここで、 $c_2 S^2 + c_3 S^3 \dots$ および $- e_2 E^2 - e_3 E^3 \dots$ が非線形項である。

【 0 0 5 9 】

電場 E として、 $E_1 \sin(\omega_1 t) + E_2 \sin(\omega_2 t)$ が圧電体に入力されたとすると、圧電特性が線形の場合における (4) 式は以下の (6) 式のようにになる。なお、簡単のために、変形 S の効果は省略する。

【 0 0 6 0 】

10

20

30

40

50

$$T = -e E_1 \sin(\omega_1 t) - e E_2 \sin(\omega_2 t) \quad (6)$$

この(6)式によって示されるように、圧電体においては、それぞれの周波数(ω_1 、 ω_2)に対応した応力が発生する。

【0061】

一方、圧電特性が非線形の場合における(5)式は以下の(7)式のようにになる。なお、簡単のために変形Sの効果は省略し、また、2次の非線形項までを示す。

【0062】

$$\begin{aligned} T = & -e E_1 \sin(\omega_1 t) - e E_2 \sin(\omega_2 t) \\ & - e_2 (E_1^2 \sin^2(\omega_1 t) \\ & + 2 E_1 E_2 \sin(\omega_1 t) \sin(\omega_2 t) \\ & + E_2^2 \sin^2(\omega_2 t)) \end{aligned} \quad (7)$$

10

上記の(7)式中の $E_1 E_2 \sin(\omega_1 t) \sin(\omega_2 t)$ は、以下の(8)式のように書き換えられる。

【0063】

$$\begin{aligned} E_1 E_2 \sin(\omega_1 t) \sin(\omega_2 t) \\ = -E_1 E_2 (\cos((\omega_1 + \omega_2)t) - \cos((\omega_1 - \omega_2)t)) / 2 \end{aligned} \quad (8)$$

20

この(8)式から理解されるように、圧電特性が非線形の場合においては、 ω_1 および ω_2 それぞれとは異なる $\omega_1 + \omega_2$ の周波数に対応した応力が発生する。従って、送信信号TSの角周波数を ω_1 、妨害信号の角周波数を ω_2 とすると、角周波数が $\omega_1 + \omega_2$ の歪信号が生じることになる。

【0064】

このような非線形性に起因する歪信号は、主としてギャップ67に起因して生じる。具体的には以下のとおりである。

【0065】

第1電極指63Aは、その両側の第2電極指63Bに関して、一方の第2電極指63Bへの方向(結晶方位に対する方向)と、他方の第2電極指63Bへの方向(結晶方位に対する方向)とは互いに逆になっている。一方、2次の歪信号の電流の方向は、結晶方位によって決定される。従って、第1電極指63Aには、その両側から互いに正負が逆の2次の歪信号が入力され、これらは相殺される。第2電極指63Bに着目した場合についても同様である。このため、第1電極指63Aと第2電極指63Bの交差領域で発生する歪信号は全体的に相殺されて小さくなる。

30

【0066】

一方、第1電極指63Aから第2ダミー電極65Bへの方向(結晶方位に対する方向)、ならびに、第1ダミー電極65Aから第2電極指63Bへの方向(結晶方位に対する方向)は、全ての第1電極指63Aおよび第1ダミー電極65Aについて、互いに同一である。従って、ギャップ67において生じ、第1櫛歯電極59Aに入力される歪信号は、正負が互いに同一であり、互いに打ち消されない。第2櫛歯電極59Bに着目した場合も同様である。

【0067】

40

また、LiTaO₃基板やLiNbO₃基板では、結晶のc軸方向の誘電率の非線形性が大きいため、図6のx方向の電場によって発生する歪信号に比べ、y方向の電場によって発生する歪信号は大きくなる。このことも、圧電体の非線形性に起因する歪信号が、主としてギャップ67に起因して生じる原因になっている。

【0068】

そして、容量素子69は、このギャップ67において生じた歪信号を打ち消す作用を生じる。すなわち、第1対向電極71Aから第2対向電極71Bへの方向(結晶方位に対する方向)は、第1櫛歯電極59Aから複数のギャップ67を経由して第2櫛歯電極59Bへ向かう方向(結晶方位に対する方向)とは逆になっていることから、互いに接続された第1櫛歯電極59Aおよび第1対向電極71Aは、互いに正負が逆の歪信号が入力され、

50

歪信号は打ち消される。第2櫛歯電極59Bおよび第2対向電極71Bについても同様である。これによって、受信信号RSは、SN比が向上する。

【0069】

特に、(2)式および(3)式が満たされることによって、複数のギャップ67において生じる歪信号と、第3ギャップ73において生じる歪信号との大きさが互いに同等となり、歪信号を効果的に打ち消すことができる。

【0070】

なお、2次の歪信号は、電界の2乗に比例して大きくなるから、(2)式および(3)式が満たされないまでも、(1)式が満たされるのであれば、2次の歪信号を相殺することができ、ひいては、歪信号全体を大幅に打ち消すことができる。

10

【0071】

分波器1において、送信信号TSの強度は受信信号RSの強度よりも高いことから、主として、受信信号RSが、送信信号TSと妨害信号とによって生じる歪信号の影響を受ける。また、送信信号TSと妨害信号とによって生じる歪信号は、アンテナ109に最も近いSAW素子である第1直列共振子15A-1において生じやすい。

【0072】

従って、容量素子69を第1直列共振子15A-1に設けることによって、効率的に歪信号がSN比に及ぼす影響を抑制できる。特に、容量素子69を第1直列共振子15A-1のみに設けることによって、不必要に寄生容量が大きくなることを抑制できる。

【0073】

20

< 第2の実施形態 >

図5は、第2の実施形態に係るSAW素子251を示す、図3と同様の平面図である。

【0074】

SAW素子251は、第1の実施形態のSAW素子51と同様に、例えば、第1直列共振子15A-1を構成するものである。SAW素子251は、容量素子269(第3ギャップ273)のギャップ長Dおよび幅Lの設定のみが、第1の実施形態のSAW素子51と異なっている。具体的には、以下のとおりである。

【0075】

容量素子269のギャップ長Dおよび幅Lは、第1の実施形態と同様に、(1)式を満たすように設定されている。ただし、容量素子269のギャップ長Dおよび幅Lは、(2)式および(3)式に変えて、以下の(9)式および(10)式を満たすように設定されている。

30

【0076】

$$D < d \quad (9)$$

$$L < w \times n \quad (10)$$

例えば、 $D = d / 2$ 、 $L = (w \times n) / 4$ のとき、(1)、(9)および(10)式を満たす。

【0077】

第2の実施形態においても、第1櫛歯電極59Aに接続された第1対向電極271Aから第2櫛歯電極59Bに接続された第2対向電極271Bへ方向(結晶方位に対する方向)が、複数のギャップ67における第1櫛歯電極59Aから第2櫛歯電極59Bへ方向(結晶方位に対する方向)とは逆になっており、且つ、(1)式が満たされることから、第1の実施形態と同様に、歪信号が打ち消される効果が奏される。

40

【0078】

また、(1)式が満たされつつ、(9)式および(10)式が満たされるようにすると、容量素子269は、第1の実施形態の容量素子69に対して、Dが $1/k$ 倍され、Lが $1/k^2$ 倍されることになる($k > 1$)。このとき、容量素子269の容量は、容量素子69の $1/k$ 倍となる。従って、第2の実施形態は、第1の実施形態に比較して、寄生容量を小さくすることができ、例えば、フィルタの通過周波数帯域を広帯域にすることができる。また、容量素子269は、第1の実施形態の容量素子69に比較して小型化される

50

から、SAW素子251の小型化もしくは容量素子269の基板53上における配置の自由度の向上が図られる。

【0079】

< 第3の実施形態 >

図6は、第3の実施形態のSAW素子351を示す、図3と同様の平面図である。

【0080】

SAW素子351のIDT355は、いわゆるアボダイズが施されたものであり、複数の電極指363の長さは、SAWの伝搬方向の位置に応じて変化している。また、IDT355は、ダミー電極が設けられないものであり、一方の櫛歯電極359の複数の電極指363の先端は、他方の櫛歯電極359のバスバー61と、ギャップ367を介して対向している。

10

【0081】

複数のギャップ367は、IDT355にアボダイズが施されていること、および、ダミー電極が設けられていないことによって、そのギャップ長 d_i がSAWの伝搬方向の位置に応じて変化している。なお、複数のギャップ367の幅 w は、互いに同一である。

【0082】

SAW素子351は、第1および第2の実施形態のSAW素子と同様に、第1対向電極371Aおよび第2対向電極371Bからなる容量素子369を有している。なお、第3の実施形態において、第2バスバー61Bの一部は、第2対向電極371Bに兼用されている。すなわち、第2バスバー61Bと第2対向電極371Bとが一体化されている。なお、第1バスバー61Aと第1対向電極371Aとが一体化されて、その第1対向電極371Aに対向するようにして第2対向電極371Bを配置するようにしてもよい。

20

【0083】

容量素子369においては、第1および第2の実施形態のSAW素子と同様に、第1櫛歯電極359Aに接続された第1対向電極371Aから第2櫛歯電極359Bに接続された第2対向電極371Bへ方向（結晶方位に対する方向）は、複数のギャップ367における第1櫛歯電極359Aから第2櫛歯電極359Bへ方向（結晶方位に対する方向）とは逆になっている。

【0084】

容量素子369（第3ギャップ373）のギャップ長 D および幅 L は、複数のギャップ367のギャップ長 d_i が互いに同一でないことに対応して（1）式を一般化した以下の（11）式を満たすように設定されている。

30

【0085】

【数1】

$$\frac{L}{D^2} = \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i^2} \quad (11)$$

40

【0086】

ここで、 w_i および d_i は、IDT355の一方端から順に数えて i 番目（ $1 \leq i \leq n$ ）のギャップ367の幅および長さを示し、（11）式の右辺は、 w_i / d_i^2 の総和である。なお、本実施形態では、 w_i は互いに同一の w である。

【0087】

50

複数のギャップ 3 6 7 の長さ d_i は一定でないから、容量素子 3 6 9 は、(2) 式を満たすことはできず、ひいては、(2) 式および (3) 式の双方を満たすことはできない。ただし、容量素子 3 6 9 は、下記 (12) 式を満たすことによって、(2) 式および (3) 式が満たされるとき容量と同等の容量を有するものであってよい。

【0088】

【数2】

$$\frac{L}{D} = \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i} \quad (12)$$

10

【0089】

もしくは、容量素子 3 6 9 は、寄生容量が (12) 式が満たされるときよりも小さくなるようにギャップ長 D および幅 L が設定されてよい。すなわち、下記 (13) 式が満たされてもよい。

【0090】

【数3】

$$\frac{L}{D} < \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i} \quad (13)$$

20

【0091】

なお、既に述べたように、2 次の歪信号は電界の 2 乗に比例する。従って、本実施形態のようにダミー電極が設けられておらず、 d_i が比較的大きい ($\sum (w_i / d_i^2)$ が比較的小さい) 場合においては、歪信号は小さい。換言すれば、歪信号を打ち消す容量素子は、第 1 および第 2 の実施形態のように、ダミー電極が設けられている場合において特に有効に機能する。

30

【0092】

< 第 4 の実施形態 >

図 7 (a) は、第 4 の実施形態の SAW 素子の構成を模式的に示す回路図である。

【0093】

この SAW 素子においては、並列接続された複数 (図 7 (a) では 2 つ) の容量素子 4 6 9 が設けられている。換言すれば、第 4 の実施形態では、第 1 ~ 第 3 の実施形態の容量素子が分割されている。各容量素子 4 6 9 において、一方の対向電極から他方の対向電極への方向が、一方の対向電極に接続された櫛歯電極 5 9 から他方の対向電極に接続された櫛歯電極 5 9 への方向とは逆方向とされていることは、第 1 ~ 第 3 の実施形態と同様である。

40

【0094】

そして、複数の容量素子 4 6 9 は、容量素子が複数であることに対応して (1) 式を (11) 式よりも一般化した下記の (14) 式を満たすように構成されている。

【0095】

【数 4】

$$\sum_{j=1}^m \frac{W_j}{D_j^2} = \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i^2} \quad (14)$$

【0096】

ここで、 m は容量素子469の第3ギャップ473の合計個数（図7では2個）であり、 D_j および W_j は、 j 番目（ $2 \leq j \leq m$ ）の容量素子469の第3ギャップの長さおよび幅であり、（14）式の左辺は、 W_j / D_j^2 の総和である。 10

【0097】

なお、複数の容量素子469は、容量素子469が複数であることに対応して（2）式および（3）式を一般化した下記の（15）式および（16）式を満たしてよい。

【0098】

$$\text{全ての } j \text{ について、 } D_j = d \quad (15)$$

【0099】

【数 5】

20

$$\sum_{j=1}^m W_j = \sum_{i=1}^n w_i \quad (16)$$

【0100】

または、複数の容量素子469は、容量素子469が複数であることに対応して（13）式を一般化した下記の（17）式を満たしてよい。 30

【0101】

【数 6】

$$\sum_{j=1}^m \frac{W_j}{D_j} < \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i} \quad (17)$$

40

【0102】

また、複数の容量素子469は、（17）式に加えて、容量素子469が複数であることに対応して（9）式および（10）式を一般化した下記の（18）式および（19）式を満たしてもよい。

【0103】

$$\text{全ての } j、i \text{ について、 } D_j < d_i \quad (18)$$

【0104】

【数 7】

$$\sum_{j=1}^m W_j < \sum_{i=1}^n w_i \quad (19)$$

【0105】

第4の実施形態によれば、第1～第3の実施形態と同様の効果が得られる。また、容量素子469を分散配置できるから、基板53上のレイアウトの自由度が向上することが期待される。

10

【0106】

<第5の実施形態>

図7(b)は、第5の実施形態のSAW素子の構成を模式的に示す回路図である。

【0107】

このSAW素子においては、直列接続された複数(図7(b)では2つ)の共振子15に対して1つの容量素子569が設けられている。別の観点では、第5の実施形態では、第1～第3の実施形態の共振子15が分割されている。容量素子569において、一方の対向電極から他方の対向電極へ方向が、一方の対向電極に(直接にまたは他の共振子15を介して)接続された櫛歯電極59から他方の対向電極に(他の共振子15を介してまたは直接に)接続された櫛歯電極59へ方向とは逆方向とされていることは、第1～第3の実施形態と同様である。

20

【0108】

第5の実施形態によれば、第1～第3の実施形態と同様の効果が得られる。また、共振子15が分割されていることによって歪信号が低減され、その上さらに容量素子569による歪信号が低減されることになるから、歪信号の低減がより好適になされる。

【0109】

<第6の実施形態>

図8は、第6の実施形態のSAW素子651の構成を示す、図3と同様の平面図である。

30

【0110】

SAW素子651は、第4の実施形態のSAW素子と同様に、複数(図8では2つ)の容量素子669を有している。複数の容量素子669は、第4の実施形態の複数の容量素子469と同様に、(14)式等を満たしている。容量素子669の第2対向電極671Bは、第3の実施形態と同様に、IDT55の第2バスバー61Bと一体化されている。

【0111】

SAW素子651は、IDT55の第1櫛歯電極59Aと第1対向電極671Aとの接続に反射器57を利用している。すなわち、第1櫛歯電極59Aの第1バスバー61Aと反射器57のy方向正側のバスバーとは接続されており、第1対向電極671Aと反射器57のy方向負側のバスバーとは接続されている。

40

【0112】

第6の実施形態によれば、第1～第5の実施形態と同様の効果が得られる。また、反射器57をIDT55と容量素子669とを接続するための配線の一部として利用していることから、配線に必要なスペースを節約することができ、SAW素子の小型化が図られる。

【0113】

<第7の実施形態>

図9は、第7の実施形態の分波器701の一部の構成を示す平面図である。

【0114】

50

分波器 701 においては、容量素子 769 と I D T 55 とが、I D T 55 間を接続する配線、または、I D T 55 と端子とを接続する配線を利用して接続されている。具体的には、例えば、以下のとおりである。

【0115】

分波器 701 は、ラダー型フィルタを構成する直列共振子 15A および並列共振子 15B を有している。各共振子 15 は、他の実施形態と同様に、S A W 素子からなり、I D T 55 と、反射器 57 とを有している。

【0116】

分波器 701 は、直列共振子 15A に信号を入力するための入力側信号配線 81 と、直列共振子 15A からの信号を出力端子 87 に出力するための出力側信号配線 83 と、基準電位が付与されるグランド端子 89 に接続されたグランド配線 85 とを有している。入力側信号配線 81 は、不図示の入力端子または図示した直列共振子 15A 以外の直列共振子 15A から延びている。

【0117】

並列共振子 15B は、第 1 櫛歯電極 59A が出力側信号配線 83 に接続され、第 2 櫛歯電極 59B がグランド配線 85 に接続されている。並列共振子 15B は、不要な信号成分をグランド端子 89 に逃がす役割を担っている。図 2 の形態と異なり、図 9 の分波器では並列共振子 15B が最も電氣的にアンテナ端子に近いところに配置されているため、この並列共振子 15B で発生する歪信号も大きくなりやすい。このため、並列共振子 15B で発生する歪信号を低減することは、分波器全体の歪信号出力を低減させるために重要である。

【0118】

容量素子 769 は、例えば、2 個所に設けられている。容量素子 769 は、出力側信号配線 83 から延びる第 1 対向電極 771A と、グランド配線 85 から延びる第 2 対向電極 771B とを有している。

【0119】

従って、第 1 対向電極 771A は、出力側信号配線 83 を介して並列共振子 15B の第 1 櫛歯電極 59A に接続され、第 2 対向電極 771B は、グランド配線 85 を介して並列共振子 15B の第 2 櫛歯電極 59B に接続されている。

【0120】

第 1 対向電極 771A から第 2 対向電極 771B へ向かう方向は、並列共振子 15B における第 1 櫛歯電極 59A から第 2 櫛歯電極 59B へ向かう方向と逆方向である。また、容量素子 769 は、第 4 の実施形態等と同様に、(14) 式等を満たす。

【0121】

第 7 の実施形態によれば、第 1 ~ 第 6 の実施形態と同様の効果が得られる。また、I D T 55 間の配線、または、I D T 55 と端子とを接続する配線を櫛歯電極 59 と対向電極 771 とを接続するための配線として利用していることから、配線に必要なスペースを節約することができ、S A W 素子の小型化が図られる。

【0122】

< 第 8 の実施形態 >

図 10 は、第 8 の実施形態の S A W 素子 851 の構成を示す、図 3 と同様の平面図である。

【0123】

S A W 素子 851 は、反射器 857 を容量素子として利用している。具体的には、以下のとおりである。

【0124】

反射器 857 は、第 1 対向電極 871A および第 2 対向電極 871B を有する。第 1 対向電極 871A は、第 3 バスバー 891A と、第 3 バスバー 891A から延びる複数の第 3 電極指 893 とを有している。第 2 対向電極 871B は、第 4 バスバー 891B と、第 4 バスバー 891B から延びる複数の第 4 電極指 895 とを有している。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 5 】

第 3 バスバー 8 9 1 A および第 4 バスバー 8 9 1 B は、それぞれ S A W の伝搬方向に延びて、長尺状に形成されている。第 3 バスバー 8 9 1 A および第 4 バスバー 8 9 1 B は互いに対向して配置されている。第 3 バスバー 8 9 1 A および第 4 バスバー 8 9 1 B は例えば互いに平行であり、両者の間の距離は S A W の伝搬方向において一定である。

【 0 1 2 6 】

複数の第 3 電極指 8 9 3 は、概ね一定の幅で第 3 バスバー 8 9 1 A から第 4 バスバー 8 9 1 B へ向かって直線状に延びている。複数の第 3 電極指 8 9 3 は、S A W の伝搬方向 (x 方向) に沿って一定のピッチ P で配列されている。複数の第 3 電極指 8 9 3 のピッチ P は、例えば、I D T 5 5 の電極指 6 3 のピッチ p と同等である。

10

【 0 1 2 7 】

第 3 電極指 8 9 3 の長さは、例えば、複数の第 3 電極指 8 9 3 において互いに同一であり、I D T 5 5 の電極指 6 3 の長さと同様である。また第 3 電極指 8 9 3 の幅 W は、例えば、複数の第 3 電極指 8 9 3 において互いに同一であり、I D T 5 5 の電極指 6 3 の幅 w と同等である。

【 0 1 2 8 】

複数の第 3 電極指 8 9 3 は、互いに接続されていることから同電位となる。同電位となる複数の第 3 電極指 8 9 3 同士が、互いに隣り合って配列されていることによって、I D T 5 5 から x 方向に沿って漏れ出た S A W を I D T 5 5 側へ反射させることができる。すなわち、反射器 5 7 は S A W を反射させる機能を有する。

20

【 0 1 2 9 】

第 4 電極指 8 9 5 は、その長さが第 3 電極指 8 9 3 の長さよりも短くされており、例えば、I D T 5 5 のダミー電極 6 5 と同じ長さである。第 4 電極指 8 9 5 の本数、幅、ピッチ等は、例えば、第 3 電極指 8 9 3 と同じである。

【 0 1 3 0 】

S A W 素子 8 5 1 における反射器 8 5 7 は、S A W を反射させる機能のほか、S A W 素子 8 5 1 に生じ得る歪波が S N 比に及ぼす影響を抑制する機能を有するように構成されている。

【 0 1 3 1 】

そのための構成として、まず、反射器 8 5 7 は、第 1 対向電極 8 7 1 A から第 2 対向電極 8 7 1 B に向かう方向が、第 1 バスバー 6 1 A から第 2 バスバー 6 1 B に向かう方向とは逆になっている。すなわち、図 1 0 において、第 1 対向電極 8 7 1 A から第 2 対向電極 8 7 1 B に向かう方向が + y 方向であるのに対して、第 1 バスバー 6 1 A から第 2 バスバー 6 1 B に向かう方向は - y 方向となっている。

30

【 0 1 3 2 】

このように配置された第 1 対向電極 8 7 1 A は、第 1 櫛歯電極 5 9 A に電氣的に接続され、第 2 対向電極 8 7 1 B は、第 2 櫛歯電極 5 9 B に電氣的に接続されている。具体的には、第 1 対向電極 8 7 1 A の第 3 バスバー 8 9 1 A と第 1 櫛歯電極 5 9 A の第 1 バスバー 6 1 A とが、圧電基板 5 3 の上面 5 3 a に形成された接続配線 8 9 7 を介して接続されている。第 2 対向電極 8 7 1 B の第 4 バスバー 8 9 1 B と第 2 櫛歯電極 5 9 B の第 2 バスバー 6 1 B とが、I D T 5 5 の両端に位置する第 2 電極指 6 3 B を介して接続されている。

40

【 0 1 3 3 】

また、第 3 電極指 8 9 3 は、その先端が第 2 対向電極 8 7 1 B (S A W 素子 8 5 1 では、第 4 電極指 8 9 5) との間に第 3 ギャップ 8 7 3 を有するように形成されている。第 3 ギャップ 8 7 3 の幅は、第 3 電極指 8 9 3 の幅 W と同一である。

【 0 1 3 4 】

第 3 ギャップ 8 7 3 のギャップ長 D および幅 W は、上述の (1 4) 式を満たすように設定されている。

【 0 1 3 5 】

ここで、m は 2 以上の整数であり、一対の反射器 8 5 7 に設けられた第 3 ギャップ 8 7

50

3の合計数である。また、 D_j および W_j はj番目の第3ギャップ873のギャップ長およびギャップ幅である。

【0136】

なお、j番目の第3ギャップ873とは、一对の反射器857の第3ギャップ873全体を通しての通し番号におけるj番目の第3ギャップ873であるとし、一对の反射器857全体の中で左端または右端に位置する第3ギャップ873を1番目($j=1$)として順次数えていくものとする。

【0137】

SAW素子851では、ギャップ長Dおよびギャップ幅Wは、例えば、上述の(15)式および(16)式を満たすように設定されることによって、上記の(14)式を満たしている。

10

【0138】

なお、第1の実施形態と同様に、第1直列共振子15A-1以外の直列共振子15A、並列共振子15Bおよび補助共振子15Cの構成は、歪波の低減のための構成を有さない従来のものと同様でよい。なお、これらの共振子15においても、第1直列共振子15A-1と同様の反射器857が設けられてもよい。

【0139】

(14)式が満たされることによって、第1～第7の実施形態と同様に、歪波低減の効果が奏される。また、本実施形態では、反射器857を容量素子として利用していることから、容量素子を配置するためのスペースが節約される。

20

【0140】

またSAW素子851において、第3ギャップ873は第1電極指63Aと第2電極指63Bとの交差領域をx方向に沿って延長した領域Tcから外れた場所に位置している。第3ギャップ873を領域Tcから外れた領域に配置することによって、反射器857のSAWを反射させる機能の劣化を抑制することができる。

【0141】

図11は第8の実施形態に係るSAW素子851の変形例を示す平面図である。図10に示したSAW素子851では反射器857の第2対向電極871Bが第4電極指895を有しており、第3電極指893は、この第4電極指895の先端との間に第3ギャップ873を有するようにその先端が位置していたが、図11の変形例では第4電極指895は設けられていない。すなわち、図11に示す変形例では、図10において複数の第4電極指895が共通に接続されていた第4バスバー891Bに対して第3ギャップ873を有するように第3電極指893の先端が位置している。

30

【0142】

図12は第8の実施形態に係るSAW素子851の別の変形例を示す平面図である。図12に示す変形例では、SAWの伝搬方向(x方向)に沿って第3ギャップ873を見ていったときに、第3ギャップ873の位置がy方向にずれている。換言すれば、第3電極指893の先端および第4電極指895の先端の位置がx方向に見ていったときにy方向においてずれた位置にあり、第3電極指893の長さおよび第4電極指895の長さが異なっている。

40

【0143】

<第9の実施形態>

図13は、第9の実施形態に係るSAW素子951を示す、図3と同様の平面図である。

【0144】

SAW素子951は、反射器957における第3ギャップ973のギャップ長Dおよびギャップ数(ギャップ幅Wの合計)のみが、第9の実施形態のSAW素子851と異なっている。具体的には、以下のとおりである。

【0145】

第3ギャップ923のギャップ長Dおよびギャップ数は、第8の実施形態と同様に、(

50

14) 式を満たすように設定されている。ただし、第3ギャップ223のギャップ長 D およびギャップ数は、(15)式および(16)式に変えて、既述の(18)式および(19)式を満たすように設定されている。

【0146】

ただし、SAW素子951においては、各第3ギャップ973のギャップ長 D_j が等しく($D_j = \text{一定}$)、各第1および第2ギャップのギャップ長 d_i が等しい($d_i = \text{一定}$)ものとする。

【0147】

第9の実施形態においても、第1バスバー61Aから第2バスバー61Bに向かう方向が、第3ギャップ973における第3電極指893から第2対向電極871Bへの方向とは逆になっており、且つ、(14)式が満たされることから、第8の実施形態と同様に、歪信号が打ち消される効果が奏される。

【0148】

また、(14)式が満たされつつ、(18)式および(19)式が満たされることから、第2の実施形態において述べたように、寄生容量を小さくすることができ、例えば、フィルタの通過周波数帯域を広帯域にすることができる。また、反射器957は、第1の実施形態の反射器857に比較して小型化されるから、SAW素子951の小型化もしくは反射器957の基板53上における配置の自由度の向上が図られる。

【0149】

< 容量素子に関する好適な数値範囲 >

上述した実施形態においては、容量素子は、(1)式、(11)式または(14)式を満たした。すなわち、これらの式において、左辺の値と右辺の値とは一致した。しかし、左辺の値と右辺の値とが完全に一致しなくても、これらの値が近ければ、歪信号の相殺の効果は奏される。そこで、以下では、これらの式の左辺の値(L/D^2 等)の好適な範囲を検討する。

【0150】

第1または第2の実施形態のSAW素子と同様の構成(ダミー電極有り、アボタイズ無し、容量素子1つ)を有するSAW素子に所定のパワーの信号を入力したときに生じる歪波信号のパワーをシミュレーションによって計算した。シミュレーションの条件は、以下のとおりである。

【0151】

圧電基板：

材料：LiTaO₃

カット角：42° Yカット X伝搬

IDT：

材料：Al - Cu

電極指：

本数(n)：140本(70対)

ピッチ(p)：2.3 μm ($\lambda = 4.6 \mu\text{m}$)

ギャップ長さ(d)：0.75 μm

幅(w)：1.15 μm

交差幅：20 λ (図10のTc参照)

共振周波数：850 MHz 付近

容量素子：

ギャップ長さ(D)： $D = d$

幅(L)： $0 < L < L_0/2$ ($L_0 = \sum w_i = w \times n$)

入力信号：

パワー：22 dBm

周波数：950 MHz

計算対象：2次高調波(1900 MHz)のパワー

10

20

30

40

50

上記のように、容量素子のギャップ長さ D は電極指のギャップ長さ d と同一とした。また、容量素子の幅 L は、 L_0 によって割って正規化し、0以上2以下の範囲で変化させた。なお、(11)式が満たされるのは、 $L/L_0 = 1$ のときである。

【0152】

上記の条件のIDTにおいては、共振周波数である850MHz付近の入力信号に対しては機械的な振動が大きくなり、この機械的振動に伴う歪信号(式(5)の変形Sの非線形性に起因する歪信号)が大きく発生してしまう。このため、(8)式等によって示した電場に基づく歪信号は、950MHzの入力信号によって測定した方が誤差の少ない測定が行える。そこで、950MHzの入力信号によって生じる2次高調波(1900MHz)のパワーを歪波のパワーとして算出した。なお、実際の分波器におけるIMDでは、送信波は共振周波数近傍であるが、妨害波は共振周波数から大きく外れているので、妨害波に伴う機械的な振動は小さくなる。このため、機械的振動に伴う歪信号は小さくなり、電場に基づく歪信号が相対的に大きくなる。

10

【0153】

図14は、計算結果を示す図である。横軸は L/L_0 を示し、縦軸は、2次高調波(H_2)のパワーを示している。

【0154】

この図に示されるように、(11)式が満たされる $L/L_0 = 1$ のときにおいて、2次高調波のパワーが最も小さくなっている。また、 L/L_0 が0よりも多少なりとも大きくなれば、また、 L/L_0 が2よりも多少なりとも小さくなれば、 $L/L_0 = 0$ (容量素子無し)の場合に比較して、2次高調波のパワーは低減されている。

20

【0155】

従って、 L/D^2 の好ましい範囲として、下記の(20)式が導き出される。

【0156】

【数8】

$$0 < \frac{L}{D^2} < 2 \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i^2} \quad (20)$$

30

【0157】

また、容量素子が複数であることに対応して(11)式をより一般化した(14)式も、(11)式と同様の理論に基づくから、(20)式と同様にして、下記の(21)式が導き出される。

【0158】

【数9】

$$0 < \sum_{j=1}^m \frac{W_j}{D_j^2} < 2 \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i^2} \quad (21)$$

40

【0159】

背景技術において述べたように、1つのIDTに代えて、当該1つのIDTと同等の合成容量を有する、直列に接続された2つのIDTが設けられることがある。この場合、各

50

I D Tに印加される電圧は1 / 2となる。一方、2次高調波の歪電流の強度は電圧の自乗に比例するから、各I D Tでの2次高調波の信号強度は1 / 4に低減される。I D Tが2つになっていることを考慮すると、合計の2次高調波の信号強度は1 / 2となる。すなわち、直列に接続された2つのI D Tから発生する2次高調波のパワーは、I D Tを分割しない場合のパワーから6 d B m下がる。図14の線L sは、この6 d B mの低減効果が得られたときのパワーを示している。

【0160】

容量素子を設けることによって、I D Tを分割した場合と同等以上の効果(6 d B m以上の低減効果)を得る観点からは、 L / L_0 は、2次高調波のパワーが線L sよりも小さい値となる範囲、すなわち、0.45 ~ 1.45の範囲であることが好ましい。従って、

10

【0161】

【数10】

$$0.45 \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i^2} < \frac{L}{D^2} < 1.45 \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i^2} \quad (22)$$

20

【0162】

【数11】

$$0.45 \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i^2} < \sum_{j=1}^m \frac{W_j}{D_j^2} < 1.45 \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i^2} \quad (23)$$

30

【実施例】

【0163】

実際にSAW素子を作製し、歪低減効果について調べた。具体的には、複数組の比較例および実施例のSAW素子に信号を入力し、その結果発生した2次高調波(H2)をスペクトラムアナライザーによって測定した。

【0164】

複数組の比較例および実施例に共通する条件を以下に示す。

【0165】

I D Tの共振周波数：850 MHz 付近

40

入力信号：

パワー：22 d B m

周波数：750 - 950 MHz

2次高調波(測定対象)の周波数：1500 - 1900 MHz

(比較例1、実施例1 ~ 3)

比較例1および実施例1 ~ 3の圧電基板およびI D Tの条件は、概ね、上述したシミュレーション計算の条件と同一である。

【0166】

容量素子は、図5と同様に、1つのみ設け、反射器に対してI D Tとは反対側に位置させた。容量素子のギャップ長さDは、電極指のギャップ長さdと同一とした。容量素子の

50

幅 L は、以下の値とした。

【 0 1 6 7 】

比較例 1 : $L = 0$

実施例 1 : $L = 80.9 \mu\text{m}$

実施例 2 : $L = 161.7 \mu\text{m}$

実施例 3 : $L = 323.4 \mu\text{m}$

なお、 $L_0 = w \times n = 1.15 \times 140 = 161$ である。すなわち、実施例 1 の $L = 80.9 \mu\text{m}$ は $L / L_0 = 0.5$ に対応し、実施例 2 の $161.7 \mu\text{m}$ は $L / L_0 = 1.0$ に対応し、実施例 3 の $323.4 \mu\text{m}$ は $L / L_0 = 2.0$ に対応している。

【 0 1 6 8 】

図 15 (a) は、測定結果を示す図であり、横軸は入力信号の周波数を示し、縦軸はその入力信号に基づく 2 次高調波のパワーを示している。前記したように、共振周波数である 850 MHz 付近の入力信号に対しては、機械的な振動に伴う歪信号が大きく発生しており、2 次高調波のパワーはピークとなっている。(8) 式等によって示した電場に基づく歪信号は、機械的な共振とは無関係に発生するため明確なピークは持たず、全周波数にわたってほぼ一定のバックグラウンドとなっている。ただし、共振周波数付近では共振子のインピーダンスが小さくなり、共振子の両端子間の電圧が小さくなるため、電場に基づく歪信号も小さくなる。これらの影響を考慮し、共振周波数から十分離れた 950 MHz 付近の入力周波数に対する歪信号を、電場に基づく歪信号と見なした。

【 0 1 6 9 】

950 MHz 付近においては、実施例 1 ~ 3 のいずれも比較例 1 に比較して 2 次高調波のパワーが下がっている。従って、容量素子を設けることによって歪波が低減されることが確認されるとともに、(20) 式および (21) 式の妥当性が確認された。また、 850 MHz 付近のピーク値はほぼ変わらない結果となっている。これも、本発明の共振子では機械的な振動に伴う歪信号の低減効果はないことから、妥当な結果となっている。

【 0 1 7 0 】

(比較例 2、実施例 4 および 5)

比較例 2 および実施例 4 および 5 の圧電基板および IDT の条件は、概ね、上述したシミュレーション計算の条件と同一である。ただし、電極指の本数は、160 本とした。

【 0 1 7 1 】

容量素子は、図 8 と同様に、2 つ設け、反射器を IDT と容量素子とを接続する配線として利用するとともに、IDT のバスバーを対向電極に兼用させた。容量素子のギャップ長さ D は、電極指のギャップ長さ d と同一とした。容量素子の幅 L は、以下の値とした。

【 0 1 7 2 】

比較例 2 : $L = 0$

実施例 4 : $L = 92.4 \mu\text{m}$

実施例 5 : $L = 184.8 \mu\text{m}$

なお、 $L_0 = w \times n = 1.15 \times 160 = 184$ である。すなわち、実施例 4 の $L = 92.4 \mu\text{m}$ は $L / L_0 = 0.5$ に対応し、実施例 5 の $184.8 \mu\text{m}$ は $L / L_0 = 1.0$ に対応している。

【 0 1 7 3 】

図 15 (b) は、測定結果を示す、図 15 (a) と同様の図である。 950 MHz 付近においては、実施例 4 および 5 のいずれも比較例 2 に比較して 2 次高調波のパワーが下がっている。従って、容量素子を設けることによって歪波が低減されることが確認されるとともに、(20) 式および (21) 式の妥当性が確認された。

【 0 1 7 4 】

(比較例 2、実施例 6 ~ 8)

比較例 2 および実施例 6 ~ 8 の圧電基板および IDT の条件は、概ね、上述したシミュレーション計算の条件と同一である。ただし、電極指の本数は、160 本とした。比較例 2 は、実施例 4 および 5 と比較された比較例 2 と同一のものである。

【 0 1 7 5 】

容量素子は、図 1 0 と同様に、一对の反射器によって構成した。反射器の電極指のギャップ長さ D および幅 W は、 IDT の電極指のギャップ長さ d および幅 w と同一とした。反射器の電極指の本数は、以下のようにした。

【 0 1 7 6 】

比較例 2 : 0 本

実施例 6 : 3 0 本 $\times$ 2

実施例 7 : 5 5 本 $\times$ 2

実施例 8 : 8 0 本 $\times$ 2

なお、 $W = w$ 、 $n = 160$ であるから、実施例 6 の 3 0 本 $\times$ 2 は $L / L_0 = 0.38$ に
10 対応し、実施例 7 の 5 5 本 $\times$ 2 は $L / L_0 = 0.69$ に対応し、実施例 8 の 8 0 本 $\times$ 2 は
 $L / L_0 = 1.0$ に対応している。

【 0 1 7 7 】

図 1 5 (c) は、測定結果を示す、図 1 5 (a) と同様の図である。9 5 0 M H z 付近
においては、実施例 6 ~ 9 のいずれも比較例 2 に比較して 2 次高調波のパワーが下がって
いる。従って、容量素子を設けることによって歪波が低減されることが確認されるととも
に、(2 0) 式および (2 1) 式の妥当性が確認された。

【 0 1 7 8 】

本発明は、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 7 9 】

弾性波素子は、(狭義の) SAW 素子に限定されない。例えば、弾性波素子は、いわゆる
弾性境界波素子 (ただし、広義の SAW 素子に含まれる。) であってもよい。

【 0 1 8 0 】

IDT の形状は、図示したものに限定されない。例えば、 IDT は、アボダイズが施さ
れず、且つ、ダミー電極が設けられないものであってもよいし、アボダイズが施され、ダ
ミー電極が設けられるものであってもよい。また、 IDT は、バスバーが傾斜もしくは屈
曲するものであってもよいし、バスバーの弾性波の伝搬方向に直交する方向 (y 方向) の
大きさが変化する (バスバーの電極指側の縁部の y 方向の位置が変化する) ものであつ
てもよい。また、 IDT は、電極指のピッチが狭くなる部分が設けられたり、一の櫛歯電
極から延びる 2 以上の電極指が、他方の櫛歯電極から延びる電極指を挟まずに隣接する部分
30 が設けられたりしてもよい。また、電極指またはダミー電極は、その先端の角部が面取り
されているのもよいし、ダミー電極は、その先端の幅 (x 方向) が大きくされていてもよい
。

【 0 1 8 1 】

なお、 $\Sigma (w_i / d_i^2)$ は、 $1 / d_i^2$ の幅方向 (x 方向) への積分と等価であるも
のとする。従って、電極指の先端の角部が面取りされたり、ダミー電極のない櫛歯電極に
おいてバスバーが斜めに形成されたりすることなどによって、各ギャップ (6 7 等) の長
さが幅方向 (x 方向) において一定でない場合においても、 $\Sigma (w_i / d_i^2)$ は、積分
を利用することによって適用可能である。積分に代えて、近似的な代表値を用いて $\Sigma (w_i / d_i^2)$
40 が算出されてもよい。容量素子のギャップおよび他の式についても同様である。

【 0 1 8 2 】

容量素子は、いわゆるギャップ型のものに限定されない。例えば、容量素子は、 IDT
と同様に、互いに噛み合う第 3 櫛歯電極および第 4 櫛歯電極を有するものであつてもよい
。この場合、第 3 櫛歯電極および第 4 櫛歯電極は、例えば、 IDT と同様に、弾性波の伝
搬方向に電極指が延びるように配置され、第 1 櫛歯電極に接続された第 3 櫛歯電極から、
第 2 櫛歯電極に接続された第 4 櫛歯電極への方向が、第 1 櫛歯電極から第 2 櫛歯電極への
方向とは逆方向とされる。第 3 櫛歯電極および第 4 櫛歯電極において、歪波の打ち消しに
寄与するのは、容量素子の複数の電極指の先端のギャップ (6 7 に相当) である。従って
、第 3 櫛歯電極および第 4 櫛歯電極は、ギャップ毎に容量素子が設けられ、互いに並列接
50

続されたものと捉えることができ、ギャップの D_j および W_j は、図 7 (a) に示した第 4 の実施形態と同様に設定されてよい。

【 0 1 8 3 】

なお、第 3 櫛歯電極および第 4 櫛歯電極は、電極指の側方におけるギャップ (x 方向における電極指間のギャップ) においても容量を有している。従って、ギャップ型の容量素子に比較して容量が大きい。このような第 3 櫛歯電極および第 4 櫛歯電極は、例えば、通過帯域の調整に用いる付加容量素子として兼用できる。なお、ギャップ型の容量素子も、通過帯域の調整に利用されてもよい。

【 0 1 8 4 】

I D T と容量素子とは適宜に接続されてよい。例えば、容量素子は、バスバーではなく、電極指と接続されていてもよい。

10

【 0 1 8 5 】

なお、容量素子は、I D T 毎に設けられるのではなく、複数の I D T に対して共通に設けられ、複数の I D T に対して (1 1) 式または (1 4) 式等を満たしてもよい。ただし、I D T 毎に歪波のスペクトルは異なることから、実施形態において示したように、I D T 毎に容量素子が設けられ、(1 1) 式または (1 4) 式等が満たされることが好ましい。ただし、前述した、1 つの共振子を同じ大きさの 2 つの共振子に直列分割した場合などは、各共振子が同じ特性を持つため、容量素子を複数の I D T に対して共通に設けることが、スペース削減などの面で有効である。

【 0 1 8 6 】

20

また、容量素子は、I D T が設けられた圧電基板とは別の圧電基板に設けられてもよい。この場合であっても、容量素子と I D T とで結晶方位が逆になればよい。例えば、分波器において、送信側フィルタチップと受信側フィルタチップが別個の圧電基板上に設けられている場合は、送信側フィルタで発生する歪信号を、受信側フィルタに設けた容量素子で低減することも可能である。ただし、この場合、両者を接続する接続線の抵抗等の影響を考慮する必要があることから、実施形態において示したように、I D T および容量素子は同一の基板に設けられることが好ましい。

【 0 1 8 7 】

なお、式 (1) ~ (3)、(9) ~ (1 9) は理想的な場合に満たされる式であり、実際には櫛歯電極の製造ばらつき、圧電基板のばらつき、あるいは測定誤差などによって、若干の範囲でずれる場合がある。その場合でも、本発明の趣旨に沿って容量素子の D_j 、 W_j を調整することにより、歪波の影響を抑制できる。例えば、(1 4) 式において上記製造ばらつきなども考慮すると、下記 (2 4) 式が満たされていれば、2 次歪によって発生する信号のパワーを 1 0 d B 程度下げることができ、実用上十分な低歪化の効果が得られる。

30

【 0 1 8 8 】

【 数 1 2 】

$$\sum_{j=1}^m \frac{W_j}{D_j^2} - \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i^2} \leq (0.33) \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{d_i^2} \quad (24)$$

40

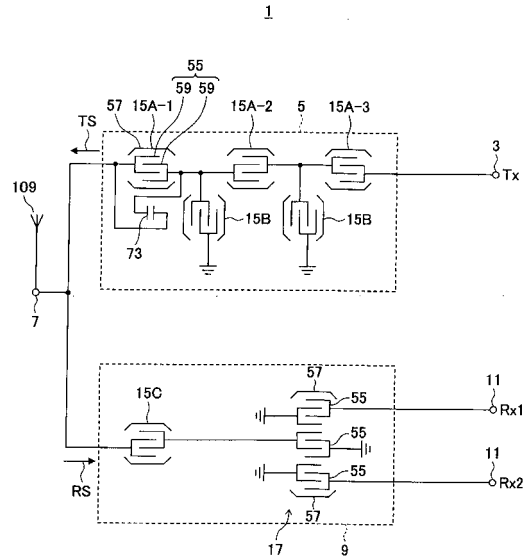
【 符号の説明 】

【 0 1 8 9 】

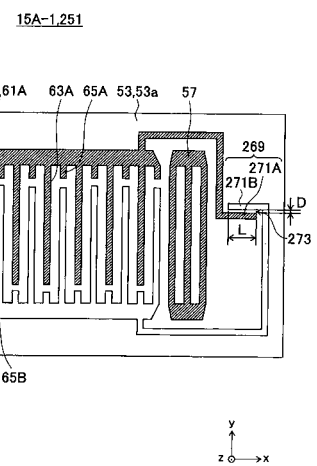
5 1 ... S A W 素子 (弾性波素子)、5 3 ... 圧電基板、5 3 a ... 上面、5 5 ... I D T、5 9 A ... 第 1 櫛歯電極、5 9 B ... 第 2 櫛歯電極、6 1 A ... 第 1 バスバー、6 1 B ... 第 2 バスバー、6 3 A ... 第 1 電極指、6 3 B ... 第 2 電極指、6 7 A ... 第 1 ギャップ、6 7 B ... 第 2 ギャップ、6 9 ... 容量素子、7 1 A ... 第 1 対向電極、7 1 B ... 第 2 対向電極。

50

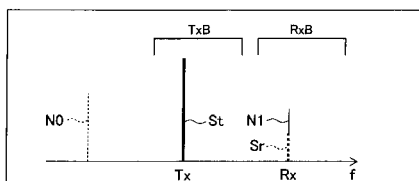
【 図 2 】



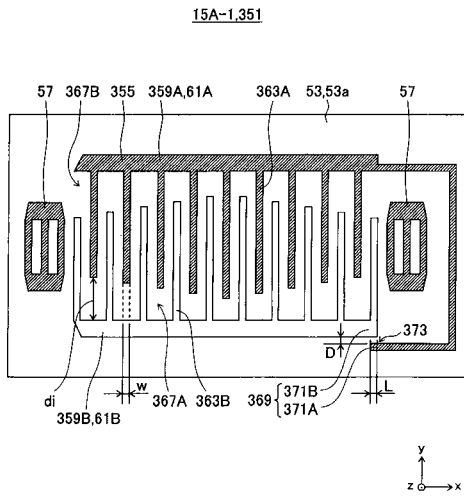
【 図 5 】



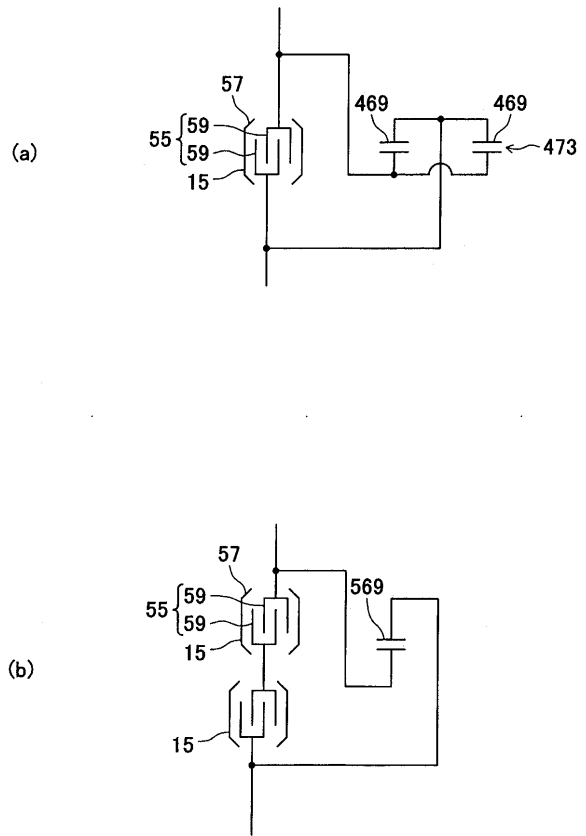
【 図 4 】



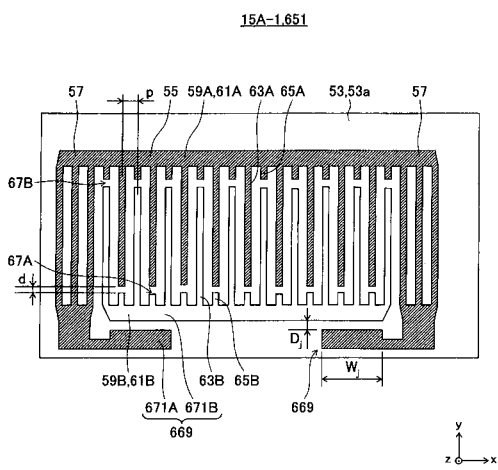
【図 6】



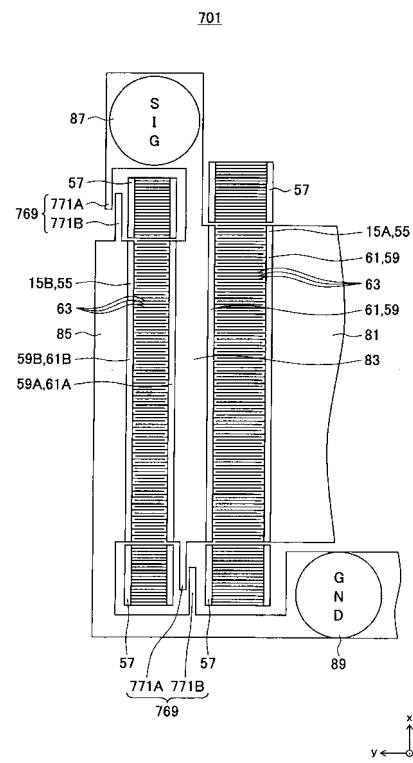
【図 7】



【図 8】

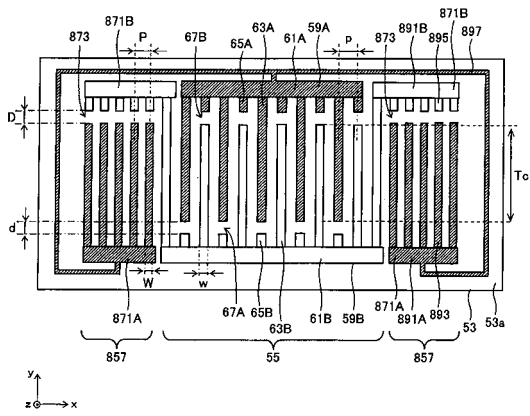


【図 9】



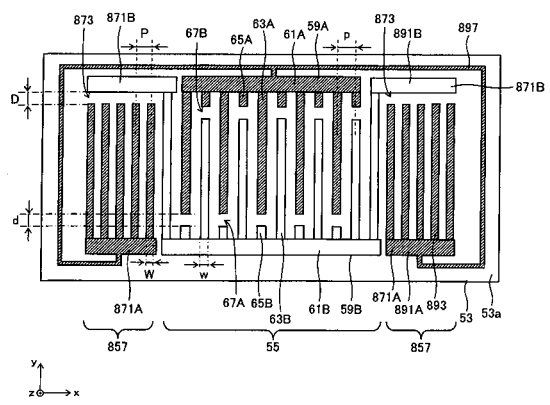
【図 10】

15A-1.851



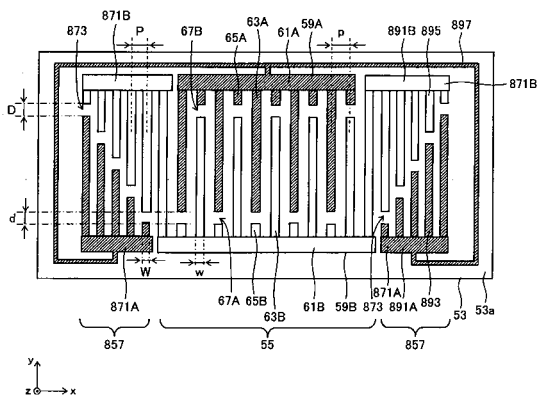
【図 11】

15A-1.851



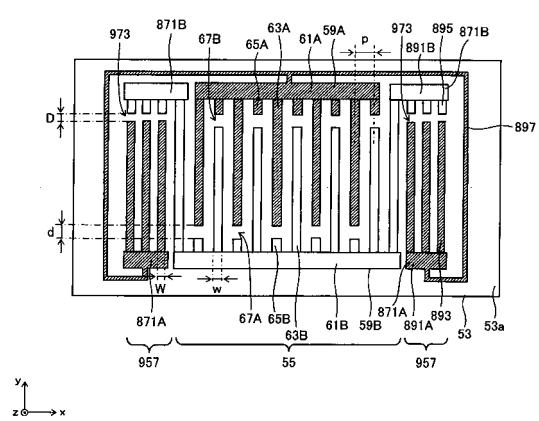
【図 12】

15A-1.851

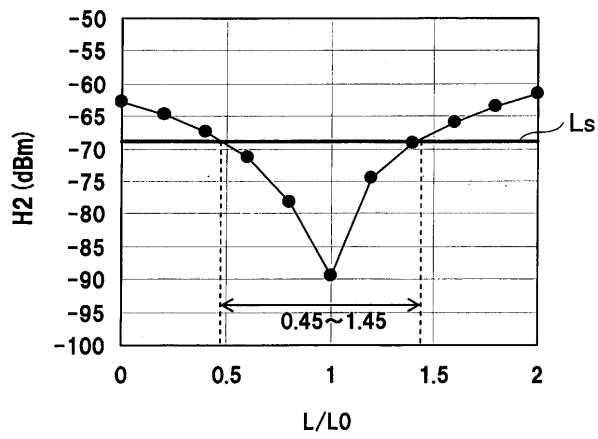


【図 13】

15A-1.851



【図 14】



【図 15】

