

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第3864665号  
(P3864665)

(45) 発行日 平成19年1月10日(2007. 1. 10)

(24) 登録日 平成18年10月13日(2006. 10. 13)

(51) Int. Cl.	F I
H O 3 H 9/145 (2006. 01)	H O 3 H 9/145 Z
H O 3 H 9/25 (2006. 01)	H O 3 H 9/25 Z

請求項の数 7 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2000-73086 (P2000-73086)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成12年3月15日 (2000. 3. 15)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2001-267880 (P2001-267880A)		東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号
(43) 公開日	平成13年9月28日 (2001. 9. 28)	(74) 代理人	100095728
審査請求日	平成16年3月29日 (2004. 3. 29)		弁理士 上柳 雅誉
		(74) 代理人	100107261
			弁理士 須澤 修
		(72) 発明者	高木 道明
			長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコ
			ーエプソン株式会社内
		(72) 発明者	高山 勝己
			長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコ
			ーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 SAW共振子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧電体平板上に、少なくとも 1 個のすだれ状電極と、前記すだれ状電極が発生する弾性表面波をその両側において反射するための 1 対の反射器を前記弾性表面波の伝搬方向（縦方向 X）に配置し、前記反射器とすだれ状電極は、前記圧電体平板上に金属の平行導体を周期的に配置して形成し、前記反射器と前記すだれ状電極間の最も近接した平行導体間の距離は、すだれ状電極の 1 周期長が有するライン LT とスペース ST のうちスペース ST からなり、前記すだれ状電極の平行導体の配列周期長 PT を、前記反射器の配列周期長 PR より小さい設定となし、前記すだれ状電極の全体が有するトータル反射係数 を  $10 > > 0.8$  とした周波数上昇エネルギー閉込型である SAW 共振子において、  
前記弾性表面波の伝搬方向 X に直交する幅方向 Y に関して、前記反射器とすだれ状電極を構成する平行導体の X 方向幅寸法 L（Y）が、幅方向 Y の中央位置において細く（寸法 LC）、かつ両側において広い寸法 Ls をとることを特徴とする SAW 共振子。

【請求項 2】

前記寸法 L（Y）が幅方向 Y の中央位置に対して対称的に変化する階段状関数にて与えられ、前記反射器及びすだれ状電極がそれぞれ n を整数として n 個（ $n > 2$ ）の線幅を持つ平行導体から構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の SAW 共振子。

【請求項 3】

前記寸法 L（Y）が  $Lc < Ls$  の関係を持ち、3 個の線幅を持つ平行導体から構成されていることを特徴とする請求項 2 記載の SAW 共振子。

## 【請求項 4】

前記寸法  $L(Y)$  が  $L_c < L_s$  の関係式に従っており、SAW共振子の横モードである基本波対称モード  $S_0$  に対して、基本波斜対称モード  $A_0$  のもつ共振周波数が小さいこと ( $f(S_0) > f(A_0)$ ) を特徴とする請求項 3 記載の SAW 共振子。

## 【請求項 5】

前記寸法  $LC$  と  $LS$  の関係式が  $LC / LS = 0.6$  から  $0.85$  の範囲であり、すだれ状電極の電極指交差幅の全長  $WC$  に対する  $LC$  を有する部分の長さ  $WC_c$  の比が  $WC_c / WC = 1/3$  であることを特徴とする請求項 4 記載の SAW 共振子。

## 【請求項 6】

前記圧電体平板が水晶であって、 $30 \sim 45$  度回転 Y 板の ST カットであり、かつ前記すだれ状電極の電極指交差幅  $WC$  が、弾性表面波の波長を  $\lambda$  として、 $10\lambda$  から  $40\lambda$  の範囲としたことを特徴とする請求項 1 記載の SAW 共振子。

10

## 【請求項 7】

前記 1 個の SAW 共振子が有するすだれ状電極の対数  $M$  と片側反射器の導体本数  $N$  の和  $M + N$  が  $150$  から  $200$  の範囲内であることを特徴とする請求項 1 記載の SAW 共振子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は弾性表面波を利用して構成される SAW 共振子において、素子サイズの小型化に役立つ技術を提供する SAW 共振子に関する。

20

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来の SAW 共振子としては、電氣的交流電圧を加えて弾性表面波に変換するすだれ状電極（以降、省略して IDT (Interdigital Transducer) と略記する）を 1 つと、その両側に一对の反射器からなる構成をもつ SAW 共振子が一般的である（特開平 3 - 261210 号公報）。前記 SAW 共振子の動作原理については、本発明の詳細な説明において詳しく説明するが、いわゆるエネルギー閉じ込め型 SAW 共振子（参考文献：エネルギー閉じ込め弾性表面波共振子，信学技法 US 87 - 36, pp 9 - 16 (1987.9.)）と呼ばれるものであり、弾性表面波の伝播方向とこれに直交する幅方向に関しても、振動エネルギーの閉じ込め状態が良く比較的共振先鋭度 (Q 値) が高いため、VHF, UHF 帯周波数を利用する SAW 共振器に広く使用されるに至っている。

30

## 【0003】

この構成を用いて周波数温度特性が優れた、約  $30$  度から  $45$  度の回転 Y 板である水晶 ST カット X 伝搬基板にて SAW 共振子を構成すると、素子の平面サイズが  $(x \times y) = 2 \text{ mm} \times 2.8 \text{ mm}$  で、 $200 \text{ MHz}$  において  $20\Omega$  程度の直列等価抵抗  $R_1$  の特性をもつものが得られている。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかし近年小型・低コスト化要求が著しい民生装置に対して、従来の半以下の幅寸法を有する素子サイズ  $1 \text{ mm} \times 2.8 \text{ mm}$  において、前述の  $200 \text{ MHz}$  程度の周波数の SAW 共振子を従来と同一  $R_1$  性能水準を維持して製造することが困難であった。この原因を究明してみると、主たる原因として、周波数に依存して決まる弾性表面波の波長  $\lambda$  を基準として幅方向の波長数  $n$  が約半分に減少し、SAW 共振子における幅方向のエネルギー閉じ込めが不十分となって（図 12 参照）、素子の幅端部においてエネルギーの散逸が発生して Q 値の低下が起こり、結果として  $R_1$  が増大するためとわかった。図 12 において、1200 は SAW 共振子の幅方向 Y に関する振動変位  $V(Y)$  示し、1201 は電極導体パターン、1202 は振動変位の端部変位、1203 は SAW 共振子の素子チップの外形形状（圧電体平板）である。

40

そこで本発明はこのような問題点を解決するもので、その目的は、水晶 ST カットのような周波数温度特性が優れ、かつ材料の Q 値が優れた基板を用いて、従来に無く小型化をは

50

かりかつ、SAW共振子のQ値が高く、結果として周波数安定度に優れかつC/Nが良いSAW共振子を市場に提供することにある。

#### 【0005】

##### 【課題を解決するための手段】

(1) 本発明のSAW共振子は、圧電体平板上に、少なくとも1個のすだれ状電極と、前記すだれ状電極が発生する弾性表面波をその両側において反射するための1対の反射器を前記弾性表面波の伝搬方向(縦方向X)に配置し、前記反射器とすだれ状電極は、前記圧電体平板上に金属の平行導体を周期的に配置して形成し、前記反射器と前記すだれ状電極間の最も近接した平行導体間の距離は、すだれ状電極の1周期長が有するラインLTとスペースSTのうちスペースSTからなり、前記すだれ状電極の平行導体の配列周期長PTを、前記反射器の配列周期長PRより小さい設定となし、前記すだれ状電極の全体が有するトータル反射係数を $10 > \dots > 0.8$ とした周波数上昇エネルギー閉込型であるSAW共振子において、前記弾性表面波の伝搬方向Xに直交する幅方向Yに関して、前記反射器とすだれ状電極を構成する平行導体のX方向幅寸法L(Y)が、幅方向Yの中央位置において細く(寸法LC)、かつ両側において広い寸法LSをとることを特徴とする。

10

(2) 前記(1)において、前記寸法L(Y)が幅方向Yの中央位置に対して対称的に変化する階段状関数にて与えられ、前記反射器及びすだれ状電極がそれぞれnを整数としてn個( $n > 2$ )の線幅を持つ平行導体から構成されていることを特徴とする

(3) 前記(2)において、前記寸法L(Y)が $L_c < L_s$ の関係を持ち、3個の線幅を持つ平行導体から構成されていることを特徴とする。

20

(4) 前記(3)において、前記寸法L(Y)が $L_c < L_s$ の関係式に従っており、SAW共振子の横モードである基本波対称モードS0に対して、基本波斜対称モードA0の持つ共振周波数が小さいこと( $f(S0) > f(A0)$ )を特徴とする。

(5) 前記(4)において、前記寸法LCとLSの関係式が $LC/LS = 0.6$ から $0.85$ の範囲であり、すだれ状電極の電極指交差幅の全長WCに対するLCを有する部分の長さWCcの比が $WCc/WC = 1/3$ であることを特徴とする。

(6) 前記(1)において、前記圧電体平板が水晶であって、 $30 \sim 45$ 度回転Y板のSTカットであり、かつ前記すだれ状電極の電極指交差幅WCが、弾性表面波の波長をとして、 $10$  から  $40$  の範囲としたことを特徴とする。

(7) 前記(1)において、前記1個のSAW共振子が有するすだれ状電極の対数Mと片側反射器の導体本数Nの和 $M+N$ が $150$ から $200$ の範囲内であることを特徴とする。

30

#### 【0006】

##### 【発明の実施の形態】

本発明に関して、具体的な実施例を説明する前に理論的な解説を行ない、本発明の理解を助けることにする。

水晶、タンタル酸リチウム、PZT、四ほう酸リチウム等の圧電体材料から平板を切り出して、その表面を鏡面研磨した後、レイリー型、SH型、リーキー型、BGS波等の弾性表面波の位相伝搬方向に対して直交して、例えば金属アルミニウムからなる多数の平行導体の電極指を周期的に配置したIDT(すだれ状電極)を形成し、さらには、その両側に1対の反射器を多数の導体ストリップを平行にかつ周期的に配置して構成し、1ポート型のSAW共振子を形成する。

40

#### 【0007】

前記のSAW共振子において、前記IDTを構成する際の要点として、正電極と負電極を1対としてM対としたときに、IDTの電極指全体でのトータル反射係数を次式(1)の通り定義した上で、 $10 > \dots > 0.8$ とすれば、振動エネルギーが共振子の中央に集中した、いわゆるエネルギー閉込型SAW共振子(参考文献：エネルギー閉じ込め弾性表面波共振子，信学技法US87-36，pp9-16(1987.9.))を実現できることが知られている。

#### 【0008】

##### 【数1】

50

$$\Gamma = 4MbH/\lambda \quad (1)$$

但し、ここでMは前記IDTの対数、bは電極1本当たりの弾性表面波の反射係数、Hは前記導体の膜厚、 $\lambda$ は弾性表面波の波長である。

【0009】

例えば、STカット水晶板で前記アルミニウム導体で形成されたIDTであれば、 $b = 0.255$ 、 $H/\lambda = 0.03$ として $M = 80$ 対、1個の反射器の導体本数を $N = 100$ 本とすれば、従来の1ポートSAW共振子を構成できる。このとき $\Gamma = 2.448$ 程度となる。この構成条件を周波数200MHzの場合に当てはめると、前記STカットの弾性表面波速度Vsが3150m/sであるから、 $\lambda = 3150 / 200 = 15.75 \mu\text{m}/\text{s}$ となり、SAW共振子の全長は、 $(M + N) = 2835 \mu\text{m}$ となって、素子サイズの全長が2.8mmの妥当性を説明している。

【0010】

また、前記の200MHzの周波数においてWCが40波長とした場合に、素子の幅サイズyが2mmのとき、 $R1 = 20$ 程度、 $y = 1\text{mm}$ ではR1が30から60の範囲でばらつく結果となっている。本発明はこの原因を解明し、従来水準のR1値を得る対策を検討する過程で得られたものであるが、解析の手法として、以下に述べる独自の理論的な手段を用いた。

【0011】

これはSAW共振子の幅方向Yに関していわゆる横モードとよばれるモードの振動変位とその共振周波数を算出し、SAW共振子の設計を行ったもので、この内容を順に説明する。前記横モードは、SAW共振子の幅方向（弾性表面波の伝搬方向Xに対してに直交するY軸方向のこと）の長さに依存して存在する固有振動モードであり、前記幅方向の長さとはIDTのもつ電極指交差幅WCを指すことが一般的である。この電極指交差幅WCとは、正極性と負極性の電極指が相互に重なる配置となる幅方向の寸法である。

【0012】

次に、前記のSAW共振子の幅方向（Y軸とする）について、SAW共振子の振動変位を簡便に計算するための方法として、発明者等はすでにこれら横モードを支配する微分方程式を導いて公開している（高木，桃崎，他：“常温に動的及び静的零温度係数をもつKカット水晶SAW共振子”，電気学会電子回路技術委員会第25回EMシンポジウム，pp79-80，(1996)）。あらためて、この方程式を記述すると式(2)となる。

【0013】

【数2】

$$a\omega_0^2(Y)V(Y)_{,YY} + \{\omega^2 - \omega_0^2(Y)\} V(Y) = 0 \quad (2)$$

ここで、 $\omega_0$ は角周波数、 $\omega_0(Y)$ は該当する領域の素子角周波数、aは幅方向の実効的せん断剛性定数（別名横異方性定数）、V(Y)は幅方向の弾性表面波変位の振幅、Yは弾性表面波の波長で規格化したY座標である。また、 $\omega_0(Y)$ は座標Yにおける弾性表面波の速度を角周波数に換算した量であり、周波数ポテンシャル関数と呼ぶことにする。この周波数ポテンシャル関数はSAW共振子の動作点近傍においては、弾性表面波の伝搬路に存在するアルミニウム金属導体膜の厚みH(Y)、あるいは線幅L(Y)、さらには前記導体の配列構造によっても変化する。特に金属導体の $\lambda/2$ からなる周期的な配列構造においては、小範囲の近似的な解釈ではアルミニウム金属の質量m(Y)の関数で変化することが確認されている。従って、SAW共振子の主要部を構成するすだれ状電極部においては、すだれ状電極のもつ質量m(Y)により $\omega_0(Y)$ はほぼ決定される。すなわち、 $\omega_0(m(Y))$ である。さらに質量m(Y)は $\rho$ を金属導体の密度として、 $m(Y) = H(Y)L(Y)$ であるから、前記の $\omega_0(Y)$ は線幅L(Y)に対してほぼ比例

して直線的に降下すると言える。ここで計算を簡単にするために式(2)において、無限の幅寸法( $WC = \infty$ )を有するSAW共振子の周波数 $\omega_0$ を基準として $\omega/\omega_0$ で割って、

【0014】

【数3】

$$aQ^2(Y)V(Y)_{,Y} + \{\Omega^2 - Q^2(Y)\} V(Y) = 0 \quad (3)$$

ここで、 $\Omega = \omega/\omega_0$ は規格化周波数、 $P(L(Y)) = Q(Y)/\omega_0$ は規格化されたポテンシャル関数となる。さらにまた、前記 $P(Y)$ に代えて、次式の関数 $N(Y)$ を導入することにより、 $N(Y)=1$ において $P(Y)=1$ (即ち $Q(Y) = \omega_0$ )に対応させ、 $N(Y)=0$ において $P(Y)=1/\eta$ (即ち $Q(Y) = \omega_0/\eta$ )に対応させることができる。ここで $f$ は電極が存在しない自由表面の周波数であり、 $\Omega = f/\omega_0$ は周波数降下係数である。

【0015】

【数4】

$$P(Y) = 1/\eta + (1 - 1/\eta) N(Y) \quad (4)$$

変位振幅 $V(Y)$ 求める方法は、たとえば、次の様に逐次積分にて計算することができる。

【0016】

【数5】

$$V(Y, \Omega) = \int_0^Y V(Y)_{,Y} dY + c \text{ (定数)} \quad (5)$$

$$\text{ただし、 } V(Y, \Omega)_{,Y} = - \int_0^Y \{\Omega^2 - Q^2(Y)\} V(Y) / aQ^2(Y) dY$$

式(5)の $V(Y, \Omega)$ は規格化周波数 $\Omega$ の関数であるが、現実にかかる変位振幅は、エネルギーの最小原理である次式により与えられる。において得られる。

【0017】

【数6】

$$\partial(2E(\Omega)) / \partial \Omega = \int_0^\infty V^2(Y, \Omega) dY = 0 \quad (6)$$

以上の式(1)から(6)が本発明に用いた計算の基本式であり、これらを用いて、後述の具体的実施例になるSAW共振子の設計を行い、試作品を製作して測定してみたので、これらを順に説明する。

【0018】

(実施例1)

以下、本発明の実施の形態を図1から順を追って説明する。図1は本発明のSAW共振子の一種に使用される電極パターンを、平面図で表した実施例1である。図1中の各部位の名称は、100は圧電体平板、102はSAW共振子のすだれ状電極の全体、101と103は各々、SAW共振子の反射器1と反射器2である。104と107等は、前記反射器の導体ストリップであり、105と106等はすだれ状電極(IDT)の電極指である。前記104、107は導体ストリップの周期的配列がPR、105、106等は周期的

10

20

30

40

50

配列 P T で形成されており、それらは弾性表面波の伝播方向 X 軸 ( 1 0 9 ) に直交して、幅方向である Y 軸 ( 1 1 0 ) に平行して配置されている。前記 P T と P R の関係は、水晶 S T カット X 軸伝播基板 ( 水晶の機械軸 Y に垂直な Y 板を電気軸 X 回りに、反時計方向に 3 0 度から 4 6 度回転したカット ) を用いた場合には、 $P R > P T$  の関係に設定して I D T 1 0 2 から放射される弾性表面波の最大強度となる周波数  $f T$  と反射器における反射係数の最大周波数  $f R$  をほぼ一致させて S A W 共振子の共振先鋭度を向上させることができる。また、前記の P T と P R はアルミニウム等の金属薄膜を膜の存在する領域である L ( ライン ) と存在しない領域 S ( スペース ) の和として形成する (  $P T = L T$  ( ライン ) +  $S T$  ( スペース ) ,  $P R = L R$  ( ライン ) +  $S R$  ( スペース ) ) 。反射器 1 0 1 と I D T 1 0 2 および反射器 1 0 7 と I D T 1 0 2 の導体間距離は、前記 S T に設定する。さらにまた、反射器 1 0 1 、 1 0 7 と I D T 1 0 2 の正負電極指 1 0 5 と 1 0 6 等は、交差幅の中央部位において前記  $L = L c$  が広く、両側において  $L = L s$  が細い関係 (  $L c$  ( 1 1 1 )  $> L s$  ( 1 1 2 , 1 1 3 ) ) をもって、全て同一の幅方向 Y の長さ A 1 をもって形成する ( 図 1 領域 1 0 8 W C c ) 。

10

#### 【 0 0 1 9 】

さらに説明を補足すると、1 0 0 の圧電体平板は、水晶、タンタル酸リチウム、四ほう酸リチウム等の圧電性を有する単結晶および Z n O 等の圧電性薄膜を形成した基板等からなる。前記の 1 0 0 上に形成された前記 S A W 共振子を構成する I D T 1 0 2 ならびに反射器 1 0 1 , 1 0 7 等は、アルミニウムおよび金等の導電性を有する金属膜を蒸着、スパッタ等の手段により薄膜形成した後、フォトリソグラフィ技術によりパターン形成して作られる。前記 I D T と反射器の電極指群は、利用する弾性表面波 ( レーリー波及び S H 波等 ) の位相進行方向 ( 長手方向 + X ) に対して直交して、平行かつ周期的に多数配置される。

20

#### 【 0 0 2 0 】

##### ( 実施例 2 )

次に図 2 は、本発明の S A W 共振子に関する他の一実施例について図 1 の I D T 部位 1 0 2 に限定して図示した電極パターン図である。反射器等の構成は幅方向 Y の形状を図 2 と同一として図 1 の S A W 共振子の構成をとる。図中の各部位の名称は、2 0 1 と 2 0 2 は給電導体、2 0 3 と 2 0 4 は I D T の電極指等である。2 0 5 は弾性表面波の位相伝播方向である X 軸、2 0 6 は前記 X 軸に直交して 2 0 3 , 2 0 4 等に平行に位置する Y 軸である。2 0 3 , 2 0 4 等の電極指群は幅方向 Y に関して 3 つの領域 B 2 1 、 A 2 2 = W C c , B 2 3 = B 2 1 において、異なる線幅 L をとっている。領域 A 2 2 において  $L = L c$  , 領域 B 2 1 , B 2 3 において  $L = L s$  であり、 $L c < L s$  の関係をとっている例である。

30

#### 【 0 0 2 1 】

##### ( 実施例 3 )

また次に図 3 は、本発明の S A W 共振子に関するさらに他の一実施例について図 1 の I D T 部位 1 0 2 に限定して図示した電極パターン図である。反射器等の構成は幅方向 Y の形状を図 1 と同一として、図 1 の S A W 共振子の構成をとる。図 3 を見ればわかる通り、n を整数として n 個の線幅  $L n$  (  $n = 5$  ) を図示したものである。図中の各部位の名称は、3 0 1

40

と 3 0 2 は給電導体、3 0 3 と 3 0 4 は I D T の電極指等である。3 0 5 は弾性表面波の位相伝播方向である X 軸、3 0 6 は前記 X 軸に直交して 3 0 3 , 3 0 4 等に平行に位置する Y 軸、3 0 7 は電極指の配列周期長 P t である。3 0 3 , 3 0 4 等の電極指群は幅方向 Y に関して 5 つの領域 C 1 , C 2 , C 3 , C 4 , C 5 において、各々異なる線幅  $L i$  (  $i = 1 \sim 5$  ) をとっている。ただし、C 1 と C 5 , C 2 と C 4 は同一の線幅を有する。また図 3 の例は、幅方向 Y の中央線幅が広く両側が細い例であるが、逆に中央部位が細く両側が広い場合もあることは容易に考えられる。

#### 【 0 0 2 2 】

##### ( 実施例 4 )

また次に図 4 は、本発明の S A W 共振子に関するさらに他の一実施例について図 1 の I D

50

T 部位 1 0 2 の 1 対の電極指に限定して図示した電極パターン図である。反射器等の構成は幅方向 Y の形状を図 2 と同一として図 1 の S A W 共振子の構成をとる。図 4 を見ればわかる通り、連続的にかわる線幅  $L(Y)$  の場合を図示したものである。図中の各部位の名称は、4 0 1 と 4 0 2 は給電導体、4 0 3 と 4 0 4 は I D T の電極指等である。4 0 5 は弾性表面波の位相伝播方向である X 軸、4 0 6 は前記 X 軸に直交して 4 0 3 , 4 0 4 等の中心軸 ( 4 0 8 , 4 0 9 ) に平行に位置する Y 軸である。4 0 3 , 4 0 4 等の電極指群は幅方向 Y に関して、中心軸 X に関して対称関数からなる線幅  $L(Y)$  をもつ。4 0 7 は電極指の中心軸 ( 4 0 8 , 4 0 9 ) 間の長さを示し、電極指の周期長  $P_t$  を表す。また図 4 の例は、幅方向 Y の中央線幅が広く両側が細い例であるが、逆に中央部位が細く両側が広い場合もあることは容易に考えられる。

10

#### 【 0 0 2 3 】

次に本発明の実施例である図 1、図 2 の特性につき前述の理論計算結果である図 5、図 6、図 7、図 8 を用いて、実測結果である図 9、図 1 0 の関係を説明する。

#### 【 0 0 2 4 】

まず、図 5 から説明する。図 5 は従来の一様な線幅  $L(Y)=\text{cnst.}$  をもつ S A W 共振子において実現する固有モードの変位  $V(Y)$  を図示したものである。上から順に 5 0 1 が S 0 モード、A 0 ( 5 0 2 ) モード、S 1 ( 5 0 3 ) モード、A 1 モード ( 5 0 4 )、S 2 ( 5 0 5 ) モードである。前記固有モードの周波数は、従来の構成であれば前記の S 0、A 0 ... の順に増加する。つぎに図 6 は前記線幅  $L(Y)$  が特定の条件を取る場合について、規格化ポテンシャル関数  $N(Y)$  の形 ( 6 1 1 , 6 1 2 , 6 1 3 ) と、横モードの変位  $V(Y)$  ( 6 0 1 , 6 1 2 , 6 1 3 ) と、I D T における電極指 ( 6 1 2 , 6 2 2 , 6 2 3 ) を図示したものである。

20

#### 【 0 0 2 5 】

まず、6 0 1 , 6 1 1 , 6 1 2 で表わされる場合は、線幅  $L(Y)$  が中央部において細く、両側において広い場合である。この場合の前記関数  $N(Y)$  は、前記  $L(Y)$  が小さければ自由表面である  $N(Y)=0$  に近く、 $L(Y)$  が大きければ  $N(Y)$  は大きくなる。6 0 1 の変位  $V(Y)$  は、 $N(Y)$  の大きな領域により多くの振動エネルギーが蓄積されるため端部において振幅が増大する形となる。つぎに中央に配置した 6 0 2 , 6 1 2 , 6 2 2 の条件では、電極指 6 2 2 の線幅  $L(Y)=$  一定であり、幅方向変位  $V(Y)$  ( 6 0 2 ) は一様に端部に向かって減少する。またつぎに、変位 6 0 3 ,  $N(Y)$  が 6 1 3 , 6 2 3 の電極指の条件の場合には、線幅  $L(Y)$  は中央部において広く両端部において細い場合である。この条件下では、幅方向変位  $V(Y)$  は、前述の 6 0 2 の場合より一層中央部に集中していることがわかる。変位 6 0 1 の例が図 2 の実施例に相当し、変位 6 0 3 の例が図 1 の実施例に相当する。変位 6 0 2 の例は従来の構成条件である。

30

#### 【 0 0 2 6 】

つぎに図 7 は前述の図 5 の各横モードが、図 6 の 6 1 1 で示される  $N(Y)$  の状態を取った場合に示す共振周波数変化である。図 6 の Y 軸は 5 分割の目盛りがとられているから、線幅  $L(Y)$  が細い領域  $W C c$  は、4 0 の電極指交差幅  $W C$  の  $1/3$  であり、広い部分は片側 4 0 の  $1/3$  である。図 7 の横軸は前記線幅  $L(Y)$  が細い領域のポテンシャル  $N(Y)$  が 0 . 6 から 1 . 0 の範囲で変化した場合である。縦軸は周波数変化率  $f/f$  を  $10^{-6}$  ( ppm ) 単位で表示した。図中の 7 0 0 は S 0 モードでこれが S A W 共振子の主共振の直列共振周波数  $f_r$  に相当する。7 0 1 は A 0 モード、7 0 2 は S A W 共振子の反共振周波数  $f_a$  である。7 0 3 は S 1 モード、7 0 4 は A 1 モード、7 0 5 は S 2 モードである。図 7 から分かるとおり  $N=0.85$  にある点 P において S 0 モードと A 0 モードは交差しており、0 . 6 から 0 . 8 5 の範囲あるいは線幅の関係として  $L_c/L_s=0.6$  から 0 . 8 5 においては、A 0 モード周波数  $f(A0)$  は S 0 モード周波数  $f(S0)$  より小さくなることがわかる。

40

#### 【 0 0 2 7 】

つぎに図 8 について説明する。図 8 は前述の図 5 の各横モードが、図 6 の 6 1 1 で示される  $N(Y)$  の状態を取った場合に示す共振周波数変化である。Y 軸は 5 分割の目盛りがとられているから、線幅  $L(Y)$  が細い領域は、4 0 の電極指交差幅  $W C$  の  $1/3$  であり、広い

50

部分は片側 40 の 1/3 である。図 8 の横軸は前記線幅  $L(Y)$  が広い領域のポテンシャル  $N(Y)$  が 1.0 から 1.2 の範囲あるいは線幅の関係として  $L_c / L_s = 1.0$  から 1.2 で変化した場合である。縦軸は周波数変化率  $f/f$  を  $10^{-6}$  (ppm) 単位で表示した。図中の 800 は S0 モードでこれが SAW 共振子の主共振の直列共振周波数  $f_r$  に相当する。801 は A0 モード、804 は SAW 共振子の反共振周波数  $f_a$  である。802 は S1 モード、803 は A1 モードである。図 8 から分かるとおり 1.04 付近にある点 Q において 804 の反共振周波数  $f_a$  と A0 モードの周波数  $f(A0)$  は交差していることがわかる。

【0028】

つぎに、図 7 の P 点と図 8 の Q 点で製作した SAW 共振子の共振特性を図 9 と図 10 に示す。図 9 は図 8 の Q 点に対応するものであり、図 10 は図 7 の P 点に対応している。

10

【0029】

まず図 9 から説明すると、900 が S0 モードの共振周波数  $f_r$  (903) であり、901 は A0 モードの共振である。また、902 は S1 モードの共振である。904 は S0 モードの反共振周波数  $f_a$  である。901 の A0 モードは、反共振周波数  $f_a$  より十分にはなれた約 1300 ppm 上に存在していることがわかる。従って、903 の  $f_r$  と 904 の  $f_a$  間には、スプリアスとなる共振が存在しないため、良好な変動のない発振周波数が維持できる。ちなみに本発明の SAW 共振子を用いて発振回路を構成した場合の発振周波数について図 11 を用いて解説する。図 11 中の 1100 の破線で囲まれた中は SAW 共振子の等価回路であり、等価直列インダクタンス  $L_1$ 、等価直列キャパシタンス  $C_1$ 、等価直列抵抗  $R_1$ 、並列容量  $C_0$  からなっている。1101 で表される破線内は発振回路の増幅側の部分であって、 $C_L$  は負荷容量、 $-R$  は増幅回路がつくる負性抵抗である。この場合において得られる発振周波数  $f_{osc}$  は、次式となる。

20

【0030】

【数 7】

$$f_{osc} = f_r \{ 1 + 0.5 C_1 / (C_0 + C_L) \} \quad (7)$$

式 (7) に従えば、発振周波数  $f_{osc}$  は、 $C_L =$  点である  $f_r$  と、 $C_L = 0$  点である  $f_a$  の間においてのみ使用できることになる。

【0031】

30

つぎに図 10 は、1000 が S0 モードの共振周波数  $f_r$  (1003) であり、1001 は A0 モードの共振である。また、1002 は S1 モードの共振である。1004 は S0 モードの反共振周波数  $f_a$  である。1001 の A0 モードは、共振周波数  $f_r$  より下側に約 200 ppm はなれたて存在していることがわかる。従って、1003 の  $f_r$  と 1004 の  $f_a$  間には、スプリアスとなる共振が存在しないため、良好な変動のない発振周波数が維持できる。この関係は、図 7 の P 点以下の規格化ポテンシャル値  $N$  (0.85 以下 0.6 の範囲) であれば成り立つことが容易にわかる。

【0032】

以上、本発明の SAW 共振子の構成および特性につき説明した。構成例は水晶 ST カットで示したが、他のカットである 16 度回転 Y 板である LST カットとか、9.6 度回転 Y 板である K カットでもよく、さらにまた水晶以外の圧電気材料であっても適合できることをつけくわえる。

40

【0033】

【発明の効果】

以上述べたように本発明によれば、例えば水晶基板を用いて SAW 共振子の小型化をはかるに際して、前記 SAW 共振子の IDT を構成する電極指の線幅  $L(Y)$  に幅方向  $Y$  に対して変化する形状とすることにより、幅方向に対する振動エネルギーの閉じ込め状態を変化させることにより所望の特性を得たものである。例えば、中央部の線幅  $L_c$  を両側の線幅  $L_s$  の関係を  $L_c > L_s$  とすれば、従来品よりエネルギー閉じ込め状態が良好な SAW 共振子を得られ、逆に  $L_c < L_s$  とすれば、A0 モードスプリアスを直列共振周波数より低下させる

50



ことができ、スプリアスによって周波数変動が起きないSAW発振器が構成できる。その結果として、小型で良好な水晶SAW発振器を高速通信装置市場に提供でき、今後多大の利点が期待できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のSAW共振子の一実施例が有する導体パターンを示す平面図。

【図2】 本発明の他のSAW共振子の一実施例が示すIDTの導体パターン図。

【図3】 本発明の他のSAW共振子のIDTの一実施例が示す導体パターン図。

【図4】 本発明のさらに他のSAW共振子のIDTの一実施例が示す導体パターン図。

【図5】 本発明のSAW共振子が有する固有振動モード図。

【図6】 本発明の図1と図2が示す固有振動モード図。

10

【図7】 本発明の図2が示す特性図。

【図8】 本発明の図1が示す特性図。

【図9】 本発明の図1が示す共振特性図。

【図10】 本発明の図2が示す共振特性図。

【図11】 SAW発振回路の等価回路図。

【図12】 従来のSAW共振子が示す幅方向振動変位図。

【符号の説明】

100 圧電体平板

101 反射器1

102 IDT

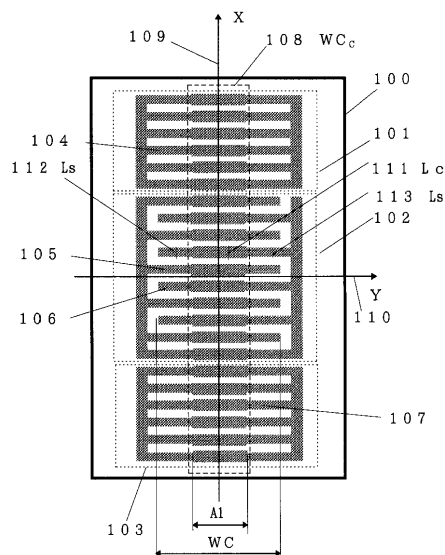
103 反射器2

104 導体ストリップ

105, 106 電極指

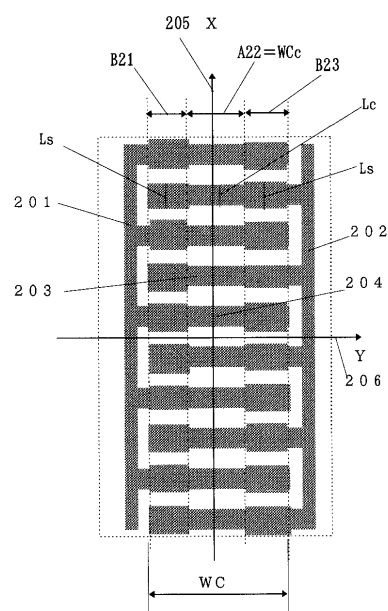
20

【図1】

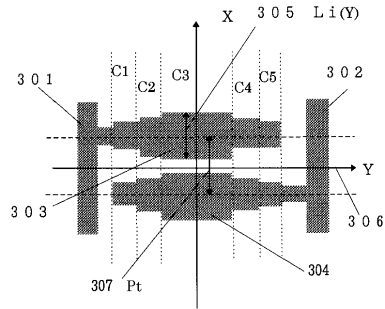


100 圧電体平板  
102 すだれ状電極 (IDT)  
101, 103 反射器  
104 導体ストリップ  
105, 106 電極指

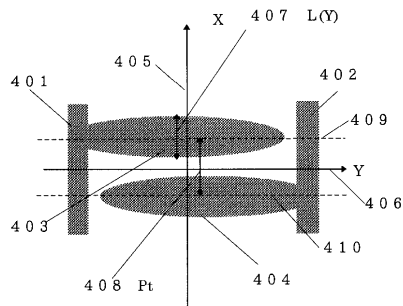
【図2】



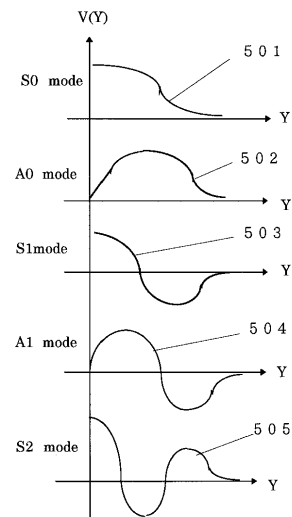
【図 3】



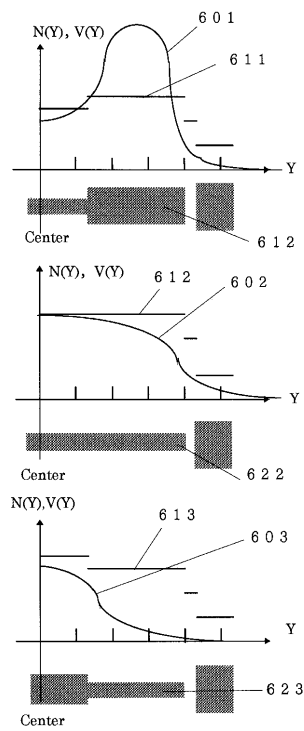
【図 4】



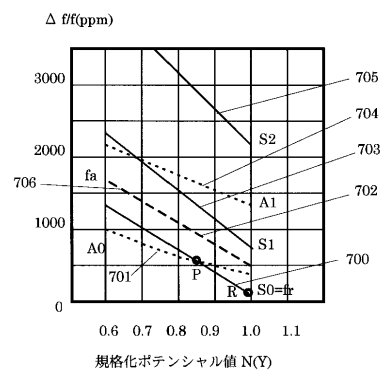
【図 5】



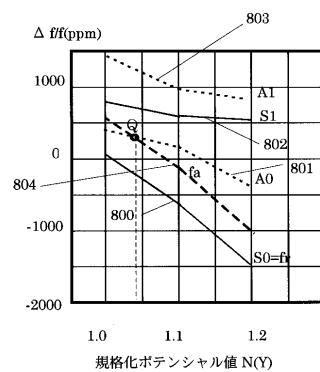
【図 6】



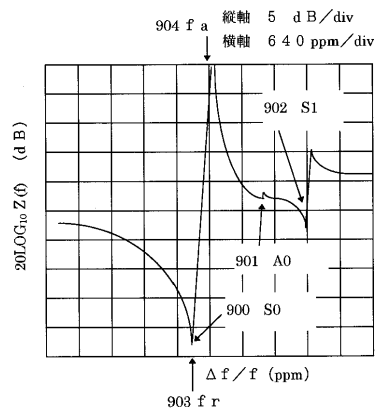
【図 7】



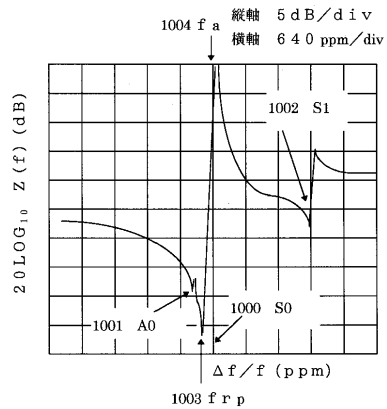
【図 8】



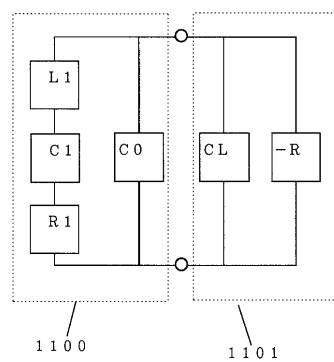
【図 9】



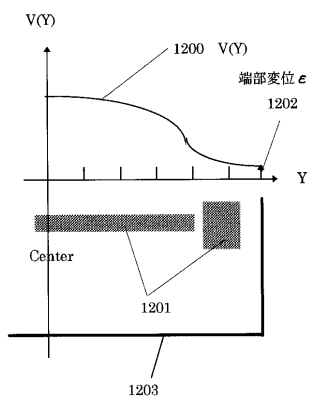
【図 10】



【図 11】



【図 12】



---

フロントページの続き

(72)発明者 山崎 隆  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 崎間 伸洋

(56)参考文献 特開平11-220352(JP,A)  
実開平06-066130(JP,U)  
特開平11-298290(JP,A)  
特開2000-183681(JP,A)  
実開昭61-001923(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H03H3/08-3/10、9/145、9/25、9/42-9/44、9/64、9/68、9/72、9/76