

(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2005-204275
(P2005-204275A)

(43) 公開日 平成17年7月28日(2005.7.28)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
H03H 9/25	H03H 9/25	5J097
H03H 3/08	H03H 3/08	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2004-242806 (P2004-242806)	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22) 出願日	平成16年8月23日(2004.8.23)	(74) 代理人	100091306 弁理士 村上 友一
(31) 優先権主張番号	特願2003-414210 (P2003-414210)	(74) 代理人	100086922 弁理士 大久保 操
(32) 優先日	平成15年12月12日(2003.12.12)	(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
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	飯澤 慶吾 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
(31) 優先権主張番号	特願2003-423153 (P2003-423153)	Fターム(参考)	5J097 AA21 AA29 GG02 HA03 HA07 KK06
(32) 優先日	平成15年12月19日(2003.12.19)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

(54) 【発明の名称】 弾性表面波素子片およびその製造方法並びに弾性表面波装置

(57) 【要約】

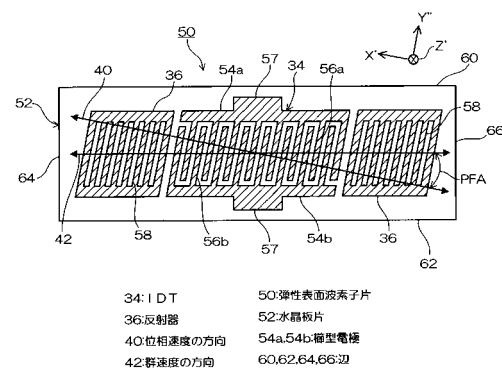
【課題】 面内回転STカット水晶板の弾性表面波の群速度の方向に沿ってIDTと反射器とを確実に配置できるようにする。

【解決手段】 弾性表面波素子片50は、水晶板片52の表面にIDT34と、IDT34の両側に配置した反射器36とを有している。水晶板片52は、カット角がオイラー角表示で(0°, 113°~135°, ±(40°~49°))の面内回転STカット水晶板から形成してある。IDT34と反射器36とは、水晶板片52の弾性表面波の位相速度の方向40に対して、PFA±3°傾斜させた方向に沿って配置してある。パワーフロア角PFAは、水晶板片52のカット角がオイラー角による表示で(°, °, °)である場合、

$$PFA = 0.374(° - 90°) - 10.0$$

となっている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

オイラー角を (θ , θ , θ) としたときのカット角が (0° , $113^\circ \sim 135^\circ$, $\pm(40^\circ \sim 49^\circ)$) の面内回転 ST カット水晶板片と、
前記水晶板片の表面に形成され、前記水晶板片の弾性表面波の位相速度の方向に対して、
PFA $\pm 3^\circ$ 傾斜した方向に沿って配置されたすだれ状電極と反射器とを有し、
前記 PFA が、

【数 1】

$$PFA = 0.374 (\theta^\circ - 90^\circ) - 10.0^\circ$$

10

である、

ことを特徴とする弾性表面波素子片。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の弾性表面波素子片において、

前記水晶板片は、対向する二辺が前記すだれ状電極と前記反射器との配置方向に沿っていることを特徴とする弾性表面波素子片。

【請求項 3】

表面にすだれ状電極が形成された、弾性表面波の位相速度の方向と群速度の方向とが異なっている水晶板片からなり、

20

前記水晶板片の対向する二辺は、前記群速度の方向に沿っている、
ことを特徴とする弾性表面波素子片。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の弾性表面波素子片において、

前記水晶板片は、四辺が前記すだれ状電極と前記反射器とからなるパターン形状に沿って形成されていることを特徴とする弾性表面波素子片。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の弾性表面波素子片において、

前記水晶板片は、前記弾性表面波の群速度の方向と直交する二辺を有していることを特徴とする弾性表面波素子片。

30

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の弾性表面波素子片において、

前記反射器は、前記すだれ状電極側と反対側が、前記水晶板片の端縁まで延在していることを特徴とする弾性表面波素子片。

【請求項 7】

所定カット角の水晶ウエハを形成するウエハ形成工程と、

前記水晶ウエハの表面に金属薄膜を成膜する成膜工程と、

前記金属薄膜の上にレジスト膜を形成するレジスト膜形成工程と、

前記水晶ウエハの上方にフォトマスクを配置して両者の位置合わせを行ない、前記フォトマスクの IDT 形成用および反射器形成用のパターンの配置方向を、前記水晶ウエハの弾性表面波の位相速度の方向とパワーフロー角異なった、予め求めた群速度の方向にする露光位置決め工程と、

40

前記レジスト膜を露光、現像するフォト工程と、

前記レジスト膜からなるマスクを用いて前記金属薄膜をエッチングして IDT および反射器を形成するパターンニング工程と、

前記水晶ウエハを切断し、対向する二辺が前記弾性表面波の群速度の方向に沿った素子片にする分割工程と、

を有することを特徴とする弾性表面波素子片の製造方法。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の弾性表面波素子片を有することを特徴とする弾性

50

表面波装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、弾性表面波を利用した弾性表面波素子片に係り、特に弾性表面波の位相速度の方向と群速度の方向とが異なっている弾性表面波素子片およびその製造方法並びに弾性表面波装置に関する。

【背景技術】

【0002】

弾性表面波 (Surface Acoustic Wave: SAW) を利用した弾性表面波装置 (SAWデバイス) は、水晶などの圧電平板の表面にすだれ状電極 (Interdigital Transducer: IDT) を形成した弾性表面波素子片が用いられる。従来、SAWデバイスは、高周波領域における特性が優れているところから、高周波フィルタとして広く利用されていた。この高周波フィルタを構成する弾性表面波素子片は、STカット水晶板によって形成されたものが多い。

10

【0003】

水晶は、三方晶系の単結晶であって、相互に直交する3つの結晶軸、すなわち電気軸 (X軸) と機械軸 (Y軸) と光学軸 (Z軸) とによって表現される。これらの結晶軸は、一般に図10のように表示される。そして、STカット水晶板10は、カット角がオイラー角 (α , β , γ) による表示で $\alpha = 0^\circ$ 、 $\beta = 123^\circ$ 前後、 $\gamma = 0^\circ$ である。すなわち、図10に示したように、STカット水晶板10は、Y軸とZ軸とをX軸を中心にして反時計方向に $\beta = 123^\circ$ 程度回転させてY'軸、Z'軸とし、X軸とY'軸とがなす面に平行な面を有する水晶板として形成される。また、XY'面に直交したSTカット水晶板10の厚み方向の軸がZ'軸とされる。

20

【0004】

STカット水晶板10からなる弾性表面波素子片12は、周波数温度特性の一次係数が0であるため、周波数安定性に優れているところから、SAW共振子やSAWフィルタに広く利用されている。STカット水晶板10からなる弾性表面波素子片12は、図10に示してあるように、IDT14および反射器16がX軸に沿って形成される。

【0005】

ところで、STカット水晶板10は、高周波発振器を構成するSAW共振子にした場合、要求される仕様を満足する特性を得ることが困難である。すなわち、弾性表面波素子片12は、SAWフィルタとして用いる場合、比較的広い周波数帯域において動作すればよい場合、特定の周波数を発振する共振子のような高いQ値を必要としない。しかし、STカット水晶板10からなる弾性表面波素子片12は、一次温度係数が0であるが、二次温度係数が比較的大きい。このため、STカット水晶板10からなる弾性表面波素子片12は、SAW共振子の動作温度範囲である $-20 \sim +80$ の温度範囲において、共振周波数が約100ppm程度変動することが知られており、高精度な通信装置などにおいて要求される周波数温度特性を満足することができない。

30

【0006】

そこで、本願出願人は、STカット水晶板10などを、図10に示したように、Z'軸周りに θ 回転 (面内回転)、すなわちX軸とY'軸とをZ'軸周りに θ 回転させてX軸をX'軸、Y'軸をY''軸とし、カット角がオイラー角で (α , β , γ) となる弾性表面波素子片20を用いたSAW共振子を開発した (特許文献1)。このSTカット水晶板10を面内回転させて形成した弾性表面波素子片20は、IDT14と反射器16とがX'軸に沿って形成してあり、STカット水晶板10を面内回転せずに形成した弾性表面波素子片12より二次温度係数を小さくでき、非常に優れた周波数温度特性を有する。

40

【0007】

ところが、STカット水晶板10を面内回転させて形成した弾性表面波素子片20は、

50

水晶単結晶が異方性を有するために、弾性表面波の位相が伝播する方向である位相速度の方向と、波群（波束）が伝播する方向である群速度の方向とが異なる（非特許文献1）。群速度の方向は、弾性表面波のエネルギーの進む方向であって、位相速度の方向と群速度の方向とがなす角はパワーフロー角PFAと呼ばれている。そして、弾性表面波素子片は、群速度の方向に伝播した波群が反射されないと、共振子に必要とされる大きなQ値を得ることができない。このため、IDTと反射器とをX'軸に沿って形成した場合、IDTにおいて発生させた弾性表面波が反射器で効率良く反射されず、Q値が低下する。そこで、本願出願人は、特許文献1において図11に示した弾性表面波素子片30を開発した。この弾性表面波素子片30は、水晶板片32の表面に形成したIDT34と、IDT34の両側の反射器36とを群速度の方向に沿って配置し、弾性表面波を反射器36で効率良く反射させて、大きなQ値が得られるようにしている。

10

【特許文献1】特許第3216137号公報

【非特許文献1】日本学術振興会弾性波素子技術第150委員会編、「弾性波素子技術ハンドブック」、第1版第1刷、平成3年11月30日発行、第154頁

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、非特許文献1によると、面内回転させた水晶板のパワーフロー角PFA、すなわち弾性表面波の位相速度の方向と群速度の方向とのなす角PFAは、弾性表面波の位相速度を v 、水晶板の面内回転角を ψ とした場合、

20

【数1】

$$PFA = \tan^{-1} \left\{ (1/v) \cdot (\partial v / \partial \psi) \right\}$$

として求めることができる。

【0009】

しかし、従来においては、面内回転STカット水晶板に発生させた弾性表面波の正確な位相速度が求められておらず、数式1により求めたパワーフロー角PFAに基づいた群速度の方向に沿ってIDTと反射器とを配置したものが、本当に群速度の方向に沿って配置されているのかが不明であった。

30

【0010】

また、弾性表面波素子片は、一般に矩形状に形成される。特許文献1に記載の弾性表面波素子片30も同様であって、IDT34と一对の反射器36とを形成した水晶板片32が水晶ウエハから矩形状に切り出される。そして、水晶板片32は、長辺となる対向する二辺38、39が弾性表面波の位相速度の方向であるX'軸に沿うように切断される。このため、弾性表面波素子片30は、IDT34と反射器36との両側部に無駄な領域が形成され、水晶板片32の面積が有効な弾性表面波の伝播領域であるIDT34、反射器36の形成領域よりも必要以上に大きくなる。このため、弾性表面波素子片30は、大型になって1枚のウエハに形成できる数が少なくなり、収率が低く、コストが上昇する。

40

【0011】

本発明は、上記従来技術の欠点を解消するためになされたもので、面内回転させた水晶板の弾性表面波の群速度の方向に沿ってIDTと反射器とを確実に配置できるようにすることを目的としている。

【0012】

また、本発明は、面内回転させた水晶板を用いた弾性表面波素子片のQ値を大きくできるようにすることを目的としている。

さらに、本発明は、弾性表面波素子片を小さくできるようにすることを目的としている。

そして、本発明は、収率を向上できるようにすることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

50

【0013】

本願発明者らは、面内回転STカット水晶板に関して鋭意研究し、有限要素法(Finite Element Method: FEM)により弾性表面波の位相速度を詳細に解析し、その位相速度を用いて面内回転STカット水晶板のパワーフロー角PFAについて検討した。その結果、面内回転STカット水晶板のパワーフロー角PFAは、水晶の電気軸であるX軸まわりの回転角に依存していることを見いだした。本発明は、このような知見に基づいてなされたものである。

【0014】

すなわち、本発明に係る弾性表面波素子片は、オイラー角を(θ , ϕ , ψ)としたときのカット角が(0° , $113^\circ \sim 135^\circ$, $\pm(40^\circ \sim 49^\circ)$)の面内回転STカット水晶板片と、前記水晶板片の表面に形成され、前記水晶板片の弾性表面波の位相速度の方向に対して、 $PFA \pm 3^\circ$ 傾斜した方向に沿って配置されたすだれ状電極と反射器とを有し、

10

前記PFAが、

【数2】

$$PFA = 0.374(\theta^\circ - 90^\circ) - 10.0^\circ$$

である、ことを特徴としている。

【0015】

カット角が(0° , $113^\circ \sim 135^\circ$, $\pm(40^\circ \sim 49^\circ)$)である面内回転STカット水晶板のパワーフロー角PFAは、本願発明者らの研究によると、X軸回りの回転角を θ とした場合、上記数式2によって求められることを突き止めた。したがって、面内回転STカット水晶板を用いた弾性表面波素子片を形成する場合、すだれ状電極(IDT)と反射器とは、弾性表面波の位相速度の方向に対して、数式2によって求めたパワーフロー角PFAを傾斜させた方向に沿って配置する。これにより、IDTと反射器とを、弾性表面波の群速度の方向に沿って確実に配置することが可能で、IDTにおいて発生させた弾性表面波の波群を、反射器によって効率よく反射することができ、Q値を高めることができる。

20

【0016】

なお、発明者らの実験によると、IDTと反射器との配置方向が数式2によって求めたパワーフロー角PFAに対して $\pm 3^\circ$ 程度ずれていても、十分に大きなQ値を得ることができる。特に、IDTと反射器との配置方向は、パワーフロー角PFAに対して $\pm 1^\circ$ 程度ずれていても、Q値に対してほとんど影響を与えない。したがって、IDTと反射器との配置方向と、弾性表面波の位相速度の方向とのなす角は、 $PFA \pm 3^\circ$ に設定することができる。

30

【0017】

水晶板片は、対向する二辺がIDTと反射器との配置方向に沿うように切断するとよい。通常、弾性表面波素子片を構成する水晶板片は、対向する二辺が弾性表面波の位相の伝播方向(位相速度の方向)に沿って切断される。しかし、IDTと反射器とを位相速度の方向と異なった方向に配置した場合、水晶板片の対向する二辺を位相速度の方向に沿うように切断すると、IDTと反射器との配置方向と水晶板片の辺とが交差するため、IDTと反射器との側方に大きな無駄な領域が形成される。そこで、水晶板片の対向する二辺は、IDTと反射器とが配置された方向に沿うように切断する。これにより、IDTと反射器との側方に無駄な領域が形成されずにすみ、弾性表面波素子片を小型にでき、水晶ウエハに形成できる数が多くなって収率を向上することができる。

40

【0018】

また、本発明に係る弾性表面波素子片は、表面にすだれ状電極が形成された、弾性表面波の位相速度の方向と群速度の方向とが異なっている水晶板片からなり、前記水晶板片の対向する二辺は、前記群速度の方向に沿っている、ことを特徴としている。

50

【0019】

このようになっている本発明は、弾性表面波の位相速度の方向と群速度の方向とが異なっているため、弾性表面波素子片のQ値を高められるように、IDTと反射器とを群速度の方向に沿って形成した場合、二辺がIDTと反射器との形成方向と一致する。このため、IDTと反射器との側方に無駄な領域が形成されることがなく、弾性表面波素子片の面積を小さくできて小型化が図れ、水晶ウエハに形成できる数が多くなって収率を高めることができる。

【0020】

水晶板片は、四辺をすだれ状電極と反射器とからなるパターン形状に沿って形成することができる。すだれ状電極によって弾性表面波を発生させた場合、すだれ状電極と反射器とを弾性表面波の群速度の方向に沿って配置すると、すだれ状電極の電極指と反射器の導体ストリップとは、すだれ状電極と反射器との配置方向と斜交する。したがって、水晶板片の四辺を、すだれ状電極と反射器とからなるパターン形状に沿って形成すると、反射器の外端に対面する水晶板片の辺が反射器と平行となり、弾性表面波素子片をより小型にすることができる。

10

【0021】

水晶板片は、弾性表面波の群速度の方向と直交する二辺を有するように形成できる。水晶板片をこのように形成すると、水晶板片の端面において反射器から漏れた弾性表面波の波群を効率よく反射することができる。反射器は、すだれ状電極側と反対側を、水晶板片の端縁まで延在させて形成してよい。表面弾性波素子片は、高周波化されるに従って水晶板片の端面の影響が小さくなる。したがって、反射器の端を水晶板片の端縁まで形成しても、Q値に与える影響は小さい。また、反射器の端を水晶板片の辺（弾性表面波素子片の辺）と一致させることができ、より小型化を図ることができる。

20

【0022】

そして、上記の弾性表面波素子片を得るための製造方法は、所定カット角の水晶ウエハを形成するウエハ形成工程と、前記水晶ウエハの表面に金属薄膜を成膜する成膜工程と、前記金属薄膜の上にレジスト膜を形成するレジスト膜形成工程と、前記水晶ウエハの上方にフォトマスクを配置して両者の位置合わせを行ない、前記フォトマスクのIDT形成用および反射器形成用のパターンの配置方向を、前記水晶ウエハの弾性表面波の位相速度の方向とパワーフロー角異なった、予め求めた群速度の方向にする露光位置決め工程と、前記レジスト膜を露光、現像するフォト工程と、前記レジスト膜からなるマスクを用いて前記金属薄膜をエッチングしてIDTおよび反射器を形成するパターンニング工程と、前記水晶ウエハを切断し、対向する二辺が前記弾性表面波の群速度の方向に沿った素子片にする分割工程と、を有することを特徴としている。

30

【0023】

上記のようになっている本発明は、例えば水晶ウエハ（水晶板）のオリエンテーションフラットとフォトマスクの基準線とを合わせる。フォトマスクは、IDT形成用および反射器形成用のパターンが、水晶ウエハのオリエンテーションフラットに合わせる基準線に対して、面内回転角 および弾性表面波の群速度の方向を考慮した角度傾斜させた方向に配置してある。したがって、水晶ウエハのオリエンテーションフラットとフォトマスクの基準線とを合わせると、フォトマスクに形成したIDT形成用および反射器形成用のパターンが、水晶ウエハの弾性表面波の位相速度の方向と異なった群速度の方向に配置される。したがって、レジスト膜を露光するための、水晶ウエハに対するフォトマスクの位置決めを容易に行なうことができる。そして、水晶ウエハを、対向する二辺が群速度の方向に沿った素子片とすることにより、弾性表面波素子片を従来に比較して小さくすることができる。水晶ウエハからの収率を向上することができる。なお、水晶ウエハの群速度の方向、すなわち位相速度の方向と群速度の方向とのなす角であるパワーフロー角は、上記の数式2によって定めることができる。

40

【0024】

また、本発明に係る弾性表面波装置は、上記した弾性表面波素子片のいずれかを有して

50

いることを特徴としている。これにより、上記した効果を奏することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

本発明に係る弾性表面波素子片およびその製造方法並びに弾性表面波装置の好ましい実施の形態を、添付図面に従って詳細に説明する。なお、背景技術において説明した部分に対応する部分については、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0026】

図1は、本発明の第1実施の形態に係る弾性表面波素子片の平面図である。図1において、弾性表面波素子片50は、圧電体である矩形状の水晶板片52からなり、水晶板片52の表面中央部にIDT34が形成してある。IDT34は、一对の櫛形電極54(54a、54b)からなっていて、各櫛型電極54の櫛歯に相当する電極指56(56a、56b)が交互に、かつ平行に等間隔で配置してある。IDT34は、櫛型電極54aと櫛型電極54bとの間に信号電圧が印加されることにより、所定周波数の弾性表面波を水晶板片52の表層部に発生させる。また、各櫛型電極54は、電極指56と反対側の外側中央部に、ワイヤボンディング用パッド57を有する。

10

【0027】

さらに、弾性表面波素子片50は、IDT34の両側に反射器36が設けてある。各反射器36は、同じように形成してあって、それぞれ複数の導体ストリップ58を有する。各反射器36は、複数の導体ストリップ58の両端が相互に連結されて、格子状をなしている。これらのIDT34と一对の反射器36とは、実施形態の場合、アルミニウムまたはアルミニウム合金(以下、単にアルミニウムという)の薄膜から形成してある。すなわち、IDT34と反射器36とは、水晶ウエハの表面に蒸着やスパッタリングなどによって成膜されたアルミニウム薄膜を、所定の形状にエッチングすることにより形成される。

20

【0028】

水晶板片52は、実施形態の場合、いわゆる面内回転させたSTカット(面内回転STカット)水晶板からなっていて、STカット水晶板を図10のZ'軸周りに所定の+°、または-°回転させたカット角になっている。すなわち、実施形態の水晶板片52は、カット角がオイラー角(°、°、°)による表示で(0°、113°~135°、±(40°~49°))となっている。水晶板片52をこの範囲のカット角にすると、周波数温度特性に優れた弾性表面波素子片50を得ることができる。

30

【0029】

なお、このような面内回転STカット水晶板は、結晶の異方性のため、IDT34において弾性表面波を発生させた場合、弾性表面波の位相の伝播方向である位相速度の方向と、波群の伝播方向である群速度の方向が異なる。すなわち、面内回転STカット水晶板から形成した水晶板片52は、図2に示したように、弾性表面波の位相速度の方向40がX'軸に沿っており、群速度の方向42が位相速度の方向40と交差する。群速度の方向42は、弾性表面波のエネルギーが進む方向となっていて、位相速度の方向40と群速度の方向42とのなす角は、パワーフロー角PFAと呼ばれている。面内回転させた水晶のパワーフロー角PFAは、前記の数式1によって求めることができる。

【0030】

しかし、面内回転STカット水晶板は、従来、弾性表面波の正確な位相速度が明らかでなかった。そこで、本願発明者らは、有限要素法を用いて面内回転STカット水晶板を詳細に解析して弾性表面波の位相速度を求めた。さらに、発明者らは、求めた位相速度に基づいて面内回転STカット水晶板のパワーフロー角PFAの検討を行なったところ、図2に示した回転角に依存していることを見出した。すなわち、発明者らの解析によると、オイラー角により表示したカット角が(0°、113°~135°、±(40°~49°))の面内回転STカット水晶板のパワーフロー角PFAは、の一次関数となっていて、図3に示したように、

40

【数 3】

$$PFA = 0.3737 (\theta^\circ - 90^\circ) - 10.0^\circ$$

$$\doteq 0.374 (\theta^\circ - 90^\circ) - 10.0^\circ$$

であることが判明した。

【0031】

そこで、実施形態に係る弾性表面波素子片 50 は、群速度の方向 42 に伝播する波群（波束）を効率的に反射し、高い Q 値が得られるように、IDT 34 と反射器 36 とを群速度の方向 42 に沿って配置してある。ただし、IDT 34 の電極指 56 と反射器 36 の導体ストリップ 58 とは、長手方向が位相速度の方向 40 である X' 軸に直交した方向、すなわち Y'' 軸に沿って形成してある。また、水晶板片 52 は、実施形態の場合、対向する一対の辺（長辺）60、62 が IDT 34 と反射器 36 との配置方向に沿っており、他の一対の辺（短辺）64、66 が辺 60、62 と直交している。すなわち、辺 64、66 は、弾性表面波の群速度の方向 42 と直行している。これは、次の理由による。

10

【0032】

面内回転 ST カット水晶板からなる弾性表面波素子片を形成するため、前記したように、IDT 34 と反射器 36 とを弾性表面波の群速度の方向 42 に沿って配置したとする。この場合、図 2 の 2 点鎖線に示した従来の弾性表面波素子片 30 のように、水晶板片の対向する二辺（長辺）を X' 軸（位相速度の方向 40）と平行に切断すると、IDT 34 と反射器 36 との側方に大きな無駄な領域が形成される（図 11 参照）。このため、素子片が大型化するとともに、水晶ウエハに対する収率が低下し、製造コストを上昇させる。

20

【0033】

これに対して、図 1 に示した弾性表面波素子片 50 のように、水晶板片 52 の対向する二辺を弾性表面波の群速度の方向 42、すなわち IDT 34 と反射器 36 との配置方向に沿って切断すると、IDT 34 と反射器 36 との側方に無駄な領域がほとんど形成されない。このため、実施形態の弾性表面波素子片 50 は、従来よりも小型化が図れるとともに、水晶ウエハに対する収率を向上することができる。しかも、弾性表面波素子片 50 は、他の二辺（短辺）64、66 が弾性表面波の群速度の方向 42 と直交しているため、反射器 36 から漏れた波群を効率よく反射することができ、弾性表面波の励振効率を向上することができる。

30

【0034】

なお、IDT 34 と反射器 36 とは、製作誤差などのために完全に群速度の方向に沿った状態に配置できるとは限らない。そこで、発明者らが種々検討し、実験したところ、数式 3 によって求めたパワーフロー角 PFA に対して $\pm 3^\circ$ 程度ずれて IDT 34 と反射器 36 とが配置されたとしても、十分に大きな Q 値を得ることができるとわかった。特に、パワーフロー角 PFA に対して $\pm 1^\circ$ 程度の誤差であれば、Q 値にほとんど影響を与えない。そこで、IDT 34 と反射器 36 との配置方向 44 は、実施形態の場合、弾性表面波の位相速度の方向 40 とのなす角が、 $PFA \pm 3^\circ$ となるように設定している。

【0035】

図 4 は、従来の弾性表面波素子片 30 と第 1 実施形態に係る弾性表面波素子片 50 との大きさを比較した図である。図 4 (1) は従来の弾性表面波素子片 30 であり、同図 (2) は、第 1 実施形態の弾性表面波素子片 50 であって、斜線を施した部分が IDT および反射器を形成して素子片とするのに必要な領域を示している。従来の弾性表面波素子片 30 の面積 A は、弾性表面波素子片 30 の長さを L、幅を B とすると、

40

【数 4】

$$A = L \times B = L \times (B_0 + B_1)$$

である。ただし、 B_0 は素子片を形成するために必要とする最小限の幅であり、 B_1 は素

50

子片を形成するのに必要な最小領域から水晶板片の長辺に到る最大距離である。

【0036】

B_1 は、パワーフロー角を PFA とすると、

【数5】

$$\tan(\text{PFA}) = B_1 / L$$

の関係から、

【数6】

$$B_1 = L \tan(\text{PFA})$$

10

である。したがって、弾性表面波素子片30の面積Aは、数式6を数式4に代入すると、

【数7】

$$\begin{aligned} A &= L \times (B_0 + L \tan(\text{PFA})) \\ &= (B_0 \times L) + L^2 \tan(\text{PFA}) \end{aligned}$$

となる。

【0037】

そこで、弾性表面波素子片30は、斜線で示した素子片を形成するのに必要とする最小面積に対する面積Aの比率rが、

【数8】

$$r = [\{ (B_0 \times L) + L^2 \tan(\text{PFA}) \} / (L \times B_0)] \times 100\%$$

20

となる。

【0038】

ここで、斜線に示した必要とする領域からなる素子片(チップ)の寸法を、 $L = 2 \text{ mm}$ 、 $B_0 = 0.5 \text{ mm}$ とすると、数式8は、

【数9】

$$\begin{aligned} r &= \{ (0.5 \times 2 + 4 \tan(\text{PFA})) / (2 \times 0.5) \} \times 100\% \\ &= (1 + 4 \tan(\text{PFA})) \times 100\% \end{aligned}$$

程度となる。

【0039】

一方、図4(2)に示した実施形態の弾性表面波素子片50は、幅が B_0 である。しかし、長さが $L = B_0 \tan(\text{PFA})$ だけ長くなる。したがって、実施形態に係る弾性表面波素子片50の面積Sは、

【数10】

$$S = B_0 \times (L + B_0 \tan(\text{PFA})) = (B_0 \times L) + B_0^2 \tan(\text{PFA})$$

40

である。この面積Sの斜線部の面積に対する比率Rを求め、上記の $L = 2 \text{ mm}$ 、 $B_0 = 0.5 \text{ mm}$ を代入すると

【数 1 1】

$$R = [\{ (B_0 \times L) + B_0^2 \tan(PFA) \} / (B_0 \times L)] \times 100\% \\ = (1 + 0.25 \tan(PFA)) \times 100\%$$

となる。したがって、実施形態の弾性表面波素子片 50 は、従来の弾性表面波素子片 30 に比較して大幅に小さくすることができる。

【0040】

図 5 は、従来の弾性表面波素子片 30 を形成するためのフォトマスクと、第 1 実施形態の弾性表面波素子片 50 を形成するためのフォトマスクを模式的に示したものである。同図 (1) が従来の弾性表面波素子片 30 を形成するためのフォトマスク 70 であり、(2) が実施形態に係る弾性表面波素子片 50 を形成するためのフォトマスク 80 であって、いずれもその一部を示している。

10

【0041】

そして、フォトマスク 70 の斜線を施した部分は、スクライプライン 71、72 によって囲まれた 1 つの弾性表面波素子片 30 を形成する領域である。また、フォトマスク 70 の 2 点鎖線の領域 74 は、IDT と反射器とを形成するのに必要な領域を示しており、IDT と反射器とを形成するためのパターン (図示せず) が形成されている。領域 74 は、群速度の方向に沿って IDT と反射器とを形成するために、図の横方向のスクライプライン 71 に対してパワーフロー角 PFA だけ傾斜している。

20

【0042】

なお、フォトマスク 70 は、図示しない基準線を図 7 に示した水晶ウエハ 90 のオリエンテーションフラット 92 に合わせたときに、横方向のスクライプライン 71 がオリエンテーションフラット 92 に対して、面内回転角 θ に等しい角度傾斜して配置される。すなわち、水晶ウエハ 90 は、ST カット水晶基板であって、オリエンテーションフラット 92 が水晶の X 軸に直交して形成してある。そして、水晶ウエハ 90 とフォトマスク 70 とを位置合わせする場合、フォトマスク 70 に形成した図示しない基準線を水晶ウエハ 90 のオリエンテーションフラット 92 に合わせるようになっている。したがって、フォトマスク 70 の横方向のスクライプライン 71 は、基準線に対して面内回転角 θ に等しい角度傾斜する。

30

【0043】

一方、図 5 (2) に示したフォトマスク 80 は、斜線を施した部分が直交しているスクライプライン 81、82 によって囲まれた、1 つの弾性表面波素子片 50 を形成する領域 84 である。そして、フォトマスク 80 は、図示しない基準線を水晶ウエハ 90 のオリエンテーションフラット 92 に合わせると、スクライプライン 81 が水晶ウエハ 90 のオリエンテーションフラット 92 に対して、面内回転角 θ とパワーフロー角 PFA との和に等しい角度傾斜するように配置される。

【0044】

図 6 は、実施の形態に係る弾性表面波素子片 50 の製造方法を説明するフローチャートである。弾性表面波素子片 50 を形成する場合、まずウエハ形成工程を行ない、水晶ウエハ 90 (図 7 参照) を作製する (図 6 のステップ 100)。実施形態の場合、水晶ウエハ 90 は、オイラー角表示で (0°, 113° ~ 135°, 0°) の ST カット水晶基板からなっている。この水晶ウエハ 90 は、図 7 (1) に示したように、水晶ウエハ 90 の配置方向を示すとともに、フォトマスクなどとの位置合わせをするためのオリエンテーションフラット 92 が水晶の X 軸に直交して形成してある。

40

【0045】

次に、図 6 のステップ 102 および図 7 (2) に示したように、水晶ウエハ 90 の表面に、アルミニウムなどの電極用の金属薄膜 94 を蒸着やスパッタリングなどによって成膜する成膜工程を行なう。その後、金属薄膜 94 の上にフォトレジストを塗布し、乾燥させてレジスト膜を形成するレジスト膜形成工程を行なう (ステップ 104)。次に、図 7 (

50

3) に示したフォトマスク 80 を水晶ウエハ 90 の上方に配置し、水晶ウエハ 90 の基準線であるオリエンテーションフラット 92 と、フォトマスク 80 の基準線 (図示せず) とを合わせる露光位置決め工程を行なう (ステップ 106) 。フォトマスク 80 は、実施形態の場合、設けられている IDT 形成用および反射器形成用のパターン 86 の配置方向が、基準線に対して、水晶ウエハ 90 を面内回転させる角度 およびパワーフロー角 PFA に相当する角度傾斜させてある。したがって、フォトマスク 80 の基準線を水晶ウエハ 90 のオリエンテーションフラット 92 に合わせると、図 5 (2) に示したスクライプライン 81 および図 7 (3) に示したパターン 86 が、水晶ウエハ 90 の弾性表面波の群速度の方向に沿って配置される。

【 0046 】

次に、フォトマスク 80 を介して水晶ウエハ 90 に設けたレジスト膜を露光し、さらに水晶ウエハ 90 を現像液に浸漬してレジスト膜を現像するフォト工程を行なう (ステップ 108) 。これにより、フォトマスク 80 に形成してある IDT、反射器に対応したパターンがレジスト膜に転写される。その後、パターンングしたレジスト膜をマスクにして金属薄膜 94 をエッチングするパターンング工程を行なう (ステップ 110、図 7 (4) 参照) 。そして、ステップ 112 に示したようにマスクにしたレジスト膜を除去する (ステップ 112) 。これにより、IDT 34、反射器 36 などが形成される。その後、図 7 (5) に示したように分割工程を行なう。すなわち、ダイヤモンドソー 96 などによって、水晶ウエハ 90 をスクライプライン 81、82 に沿って切断、分割し、図 7 (6) に示したように、弾性表面波素子片 50 にする (ステップ 114) 。これにより、対向する二辺が弾性表面波の群速度の方向に沿った水晶板片からなる弾性表面波素子片 50 が得られる。

10

20

【 0047 】

図 8 は、第 2 実施形態に係る弾性表面波素子片の平面図である。この実施形態に係る弾性表面波素子片 50 a は、水晶板片 52 の短辺 64 a、66 a が反射器 36 を形成している導体ストリップ 58 と平行に形成してある。このため、水晶板片 52 は、四辺 60、62、64 a、66 a が IDT 34 と反射器 36 とからなるパターン形状に沿って形成され、平行四辺形をなしている。このようになっている弾性表面波素子片 50 a は、水晶板片 52 の外形が IDT 34、反射器 36 の外形に沿っているため、第 1 実施形態の弾性表面波素子片 50 よりも小さくすることができ、収率をより高めることができる。なお、弾性表面波素子片は、発振周波数がより高周波化されるのに伴って、水晶板片の端面の影響が小さくなってきている。したがって、辺 64 a、66 a が弾性表面波の群速度の方向 42 と斜交していても、弾性表面波素子片 50 a の Q 値に与える影響は小さい。このため、弾性表面波素子片を図 9 に示した第 3 実施形態のように形成してもよい。

30

【 0048 】

この第 3 実施形態の弾性表面波素子片 50 b は、反射器 36 の IDT 34 側と反対側が辺 64 a、66 a の端縁まで延在して形成してある。このようになっている弾性表面波素子片 50 b は、長さをさらに短くすることができ、小型化が図れて水晶ウエハからの収率をさらに高めることができる。なお、辺 64 a、66 a は、弾性表面波の位相速度の方向 40 と直交していてもよい。

40

【 産業上の利用可能性 】

【 0049 】

上記の各実施形態に係る弾性表面波素子片 50、50 a、50 b は、SAW 共振子や SAW フィルタなどの弾性表面波装置に用いることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0050 】

【 図 1 】 第 1 実施形態に係る弾性表面波素子片の平面図である。

【 図 2 】 実施形態と従来例との弾性表面波素子片の違いを説明する図である。

【 図 3 】 面内回転 ST カット水晶板のカット角とパワーフロー角との関係を示す図である。

50

- 【図4】実施形態と従来例との弾性表面波素子片の大きさを比較する図である。
- 【図5】実施形態と従来例との弾性表面波素子片用フォトマスクを比較する図である。
- 【図6】実施形態に係る弾性表面波素子片の製造方法を説明するフローチャートである。
- 【図7】実施の形態に係る弾性表面波素子片の製造方法の説明図である。
- 【図8】第2実施形態に係る弾性表面波素子片の平面図である。
- 【図9】第3実施形態に係る弾性表面波素子片の平面図である。
- 【図10】水晶のカット角の説明図である。
- 【図11】従来の弾性表面波素子片を模式的に示した平面明図である。

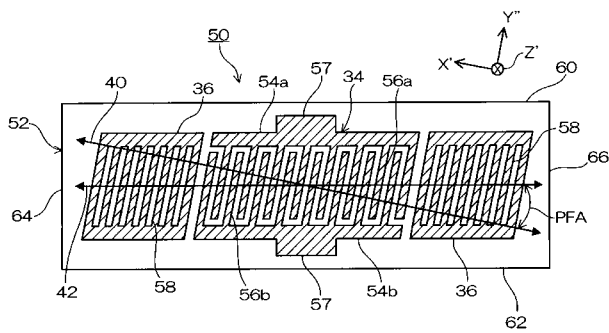
【符号の説明】

【0051】

10

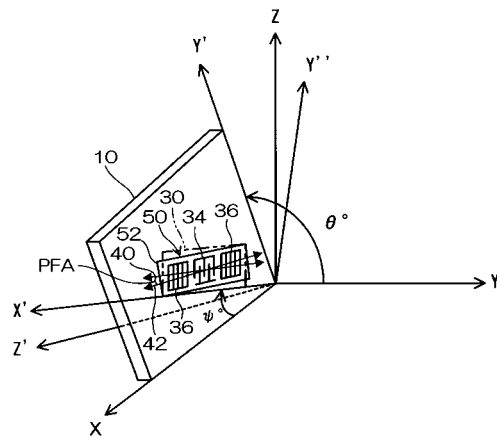
34 I D T、36 反射器、40 位相速度の方向、42 群速度の方向、50、50 a、50 b 弾性表面波素子片、52 水晶板片、60、62、64、64 a、66、66 a 辺、P F A パワーフロー角。

【図1】

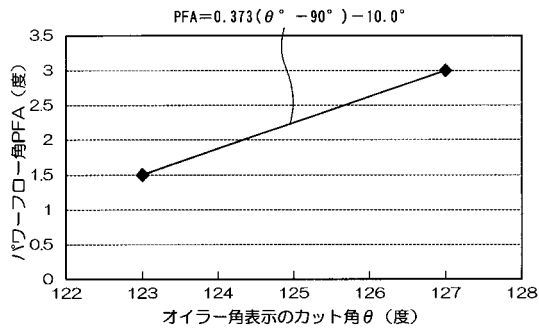


- | | |
|-------------|-------------------|
| 34: I D T | 50: 弾性表面波素子片 |
| 36: 反射器 | 52: 水晶板片 |
| 40: 位相速度の方向 | 54a, 54b: 櫛型電極 |
| 42: 群速度の方向 | 60, 62, 64, 66: 辺 |

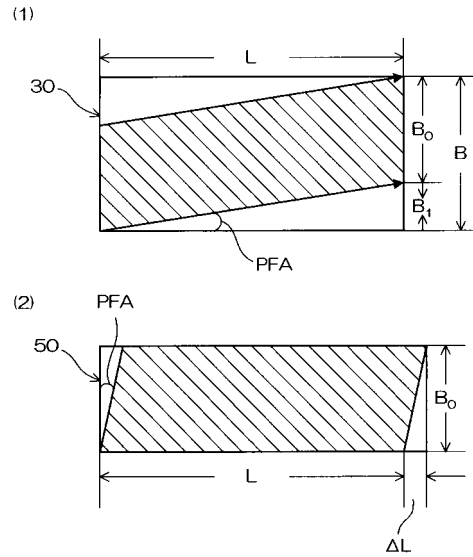
【図2】



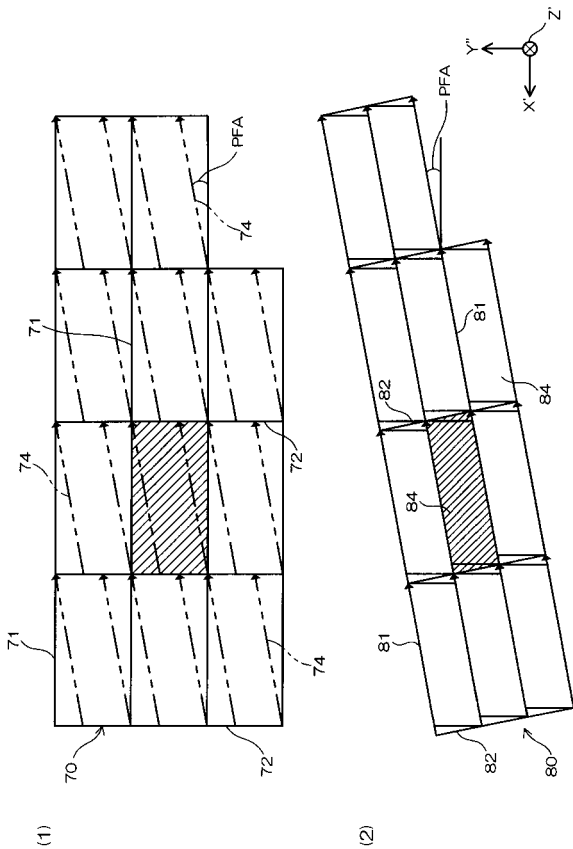
【図3】



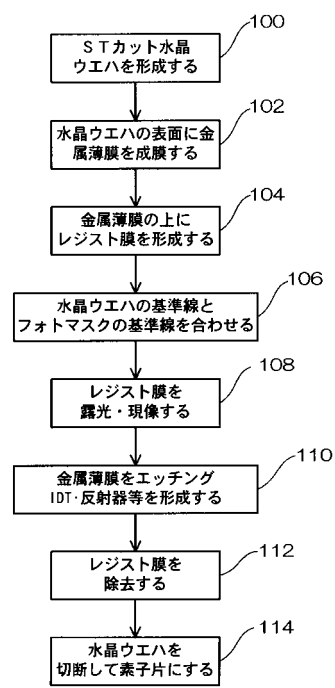
【図4】



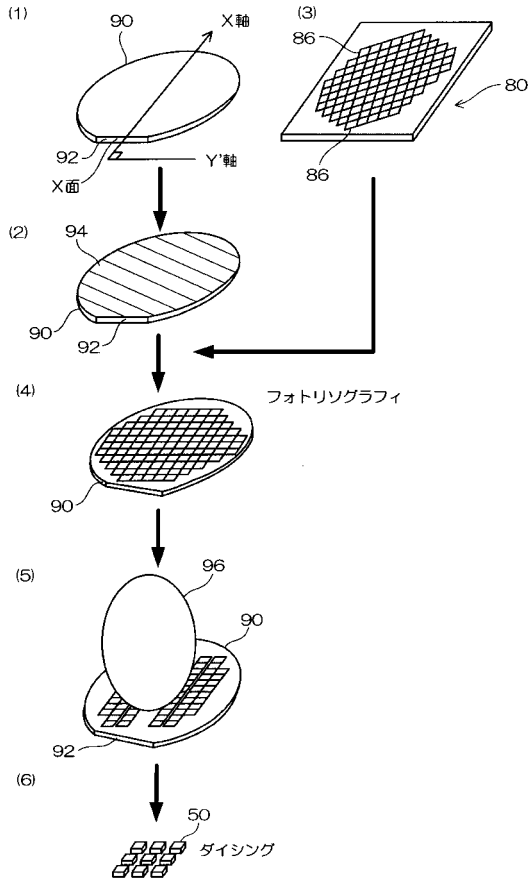
【図5】



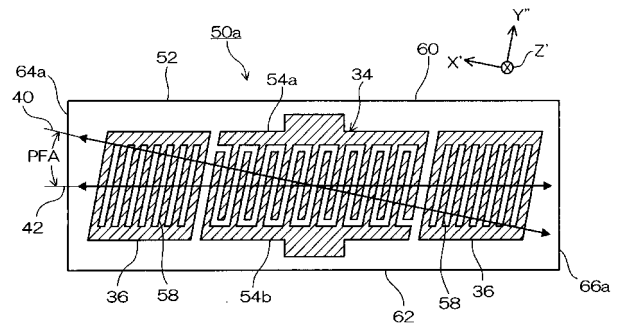
【図6】



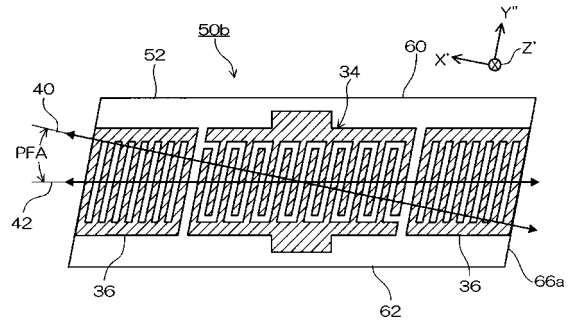
【 図 7 】



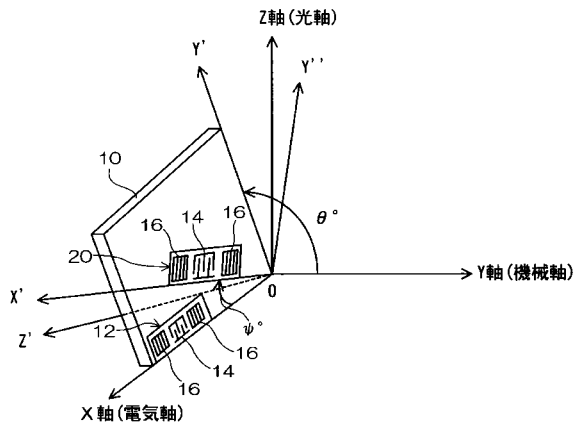
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】

