

(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2007-36758

(P2007-36758A)

(43) 公開日 平成19年2月8日(2007.2.8)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H03H 9/19 (2006.01)	H03H 9/19 E	5 J 1 0 8
H03H 3/02 (2006.01)	H03H 3/02 C	
H01L 41/09 (2006.01)	H01L 41/08 C	
H01L 41/18 (2006.01)	H01L 41/18 I O 1 A	
H01L 41/22 (2006.01)	H01L 41/22 Z	
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)		

(21) 出願番号 特願2005-218079 (P2005-218079)

(22) 出願日 平成17年7月27日(2005.7.27)

(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

(74) 代理人 100098062

弁理士 梅田 明彦

(72) 発明者 白石 茂

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

Fターム(参考) 5J108 CC05 DD02 KK01 MM13

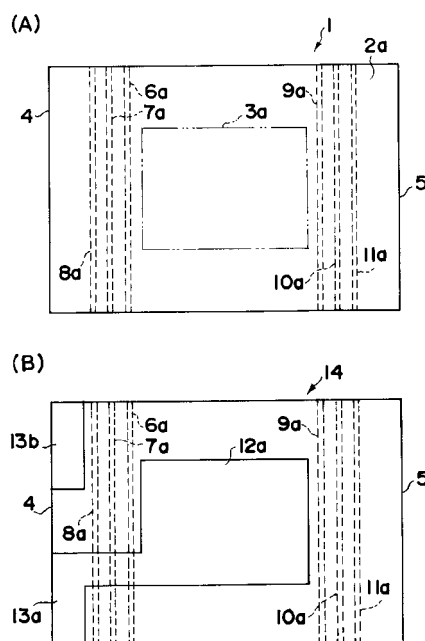
(54) 【発明の名称】 A Tカット水晶振動片、その製造方法、及び水晶デバイス

(57) 【要約】

【課題】 厚みすべり振動モードのA Tカット水晶振動片において低周波化、小型化を図るべく、エネルギー閉じ込め効果を発揮し、小型化に対応しつつ簡単かつ高精度に製造できる新規な構造を提供する。

【解決手段】 矩形薄板のA Tカット水晶素子片1の各主面2 a , 2 b にレーザ光を該主面から所定の深さ位置に焦点を合わせて照射し、励振電極を形成する中央部3 a と長手方向の各端部4 , 5 間の領域に、レーザ光の熱作用による変質部6 a ~ 1 1 a , 6 b ~ 1 1 b を水晶素子片内部に形成する。別の実施例では、レーザ光による変質部を水晶素子片各主面から所定の深さまで加工し、これをウエットエッチングして細溝を形成する。平坦な水晶素子片各主面に成膜した電極膜をパターニングして、励振電極1 2 a , 1 2 b 及びそれから引き出した接続電極1 3 a , 1 3 b を形成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

A T カット水晶素子片と、その上下主面に形成される励振電極と、前記水晶素子片の少なくとも一方の前記主面において、前記励振電極を形成する中央部と端部との間でレーザー光の照射により前記水晶素子片の内部に形成された複数の変質部とを有することを特徴とする A T カット水晶振動片。

【請求項 2】

前記複数の変質部が、前記中央部側よりも前記端部側が深い位置に設けられることを特徴とする請求項 1 に記載の A T カット水晶振動片。

【請求項 3】

A T カット水晶素子片を準備する過程と、前記水晶素子片の少なくとも一方の主面において、励振電極を形成する中央部と端部間の領域にレーザー光を照射して、前記水晶素子片の内部に複数の変質部を形成する過程と、前記水晶素子片の上下主面に前記励振電極及びそれから引き出した接続電極を形成する過程とを有することを特徴とする A T カット水晶振動片の製造方法。

【請求項 4】

前記複数の変質部を前記一方の主面から所定の深さ位置に、前記中央部側よりも前記端部側が深くなるように、前記レーザー光を照射することを特徴とする請求項 3 に記載の A T カット水晶振動片の製造方法。

【請求項 5】

前記複数の変質部を前記一方の主面から所定の深さ位置まで、前記中央部側よりも前記端部側が深くなるように、前記レーザー光を照射し、更に前記各変質部をウエットエッチングにより削除して凹溝を形成する過程を有することを特徴とする請求項 3 に記載の A T カット水晶振動片の製造方法。

【請求項 6】

A T カット水晶ウエハを準備する過程と、前記水晶ウエハに複数の前記水晶素子片を形成する過程と、前記各水晶素子片に前記励振電極及び接続電極を形成した後、前記水晶ウエハから切断して個片化する過程とを更に有することを特徴とする請求項 3 乃至 5 のいずれかに記載の A T カット水晶振動片の製造方法。

【請求項 7】

請求項 3 乃至 6 の方法により形成したことを特徴とする A T カット水晶振動片。

【請求項 8】

請求項 1、2 又は 7 のいずれかに記載の A T カット水晶振動片を搭載したことを特徴とする水晶デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、厚みすべり振動モードを主振動とする A T カット水晶振動片に関する。更に本発明は、A T カット水晶振動片を製造するための方法、及びそれを搭載した水晶振動子などの水晶デバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、厚みすべり振動モードの圧電振動子は、パッケージ内に矩形薄板の圧電振動片をその基端部で片持ちに支持する構造が多く採用されている。圧電振動片は、その厚さを中央部から端部に向けて徐々に薄くしたコンベックス形状にすると、該端部における振動変位の減衰量が大きくなる。そのため、振動片の中央部に振動エネルギーを閉じ込める効果が高くなり、C I 値、Q 値等の周波数特性が向上することが知られている（例えば、特許文献 1 を参照）。従って、圧電振動子は、低周波化するために振動片を厚くしても、少ないエネルギーで効率的に発振させることができ、また比較的高い周波数であっても振動片の寸法を通常のものより小さくし、小型化できる利点がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

従来、このコンベックス形状の圧電振動片は、例えばバレル研磨装置を用いた機械的な研磨加工で短冊状の圧電素子片をコンベックス形状に研磨する（例えば、特許文献 2、3 を参照）。また、圧電素子片の主面を段階的にウエットエッチングして、コンベックス形状に近似した階段形状に加工する方法が知られている（例えば、特許文献 4 を参照）。更に、この階段形状をサンドブラストや研磨機などの機械加工でコンベックス形状に整える加工方法が提案されている（例えば、特許文献 5 を参照）。

【 0 0 0 4 】

上述したバレル研磨加工は、加工精度の制御が困難で加工形状及び寸法のばらつきが大きく、安定した特性及び品質の維持を図れなくなる虞がある。更に、バレル研磨加工は比較的長時間を要することから、圧電振動片がより小型化しかつ軽量になるほど加工時間が長くなり、生産性の低下及びコストの増加を招くという問題がある。しかも、バレル研磨加工した圧電素子片の主面は面荒れしているので、励振電極を形成する前に、その表面層をウエットエッチングで十分に削除する工程が必要である。

【 0 0 0 5 】

また、一般にウエットエッチングによる化学的加工方法では、加工時間が短くかつ加工量が均一であるが、圧電素子片の主面が上向き凸のコンベックス形状にならない、という問題がある。特にコンベックス形状に近似した階段形状に加工する方法は、工程が複雑で工数が多くかつ工程管理が困難であり、却って生産性の低下及びコストの増加を招く虞がある。そこで、圧電基板の主面中央部に形成した励振電極とその厚み滑り振動の伝搬方向端部との間に複数の溝又は孔を形成し、もしくはドーピングにより添加物を添加することによって、ベベル構造（即ち、コンベックス構造）と同様に振動エネルギーを閉じ込めた圧電振動子が提案されている（例えば、特許文献 6 を参照）。

【 0 0 0 6 】

他方、AT カット水晶基板の中央に配置した対向電極の外周縁に沿って細幅の溝を形成することにより、電極面積を変えずにインダクタンス値のみを大きくした水晶振動子が知られている（例えば、特許文献 7 を参照）。通常、周辺回路とのインピーダンスマッチングを図る際に、電極面積を小さくすると CI 値を大きくし、Q 値を悪化させる虞がある。上記特許文献 7 によれば、電極周縁部に溝を形成することによって、水晶振動子の等価インダクタンスを大きくできるので、水晶振動子の等価抵抗を小さく、Q 値を大きく維持することができる。

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開平 1 1 - 3 5 5 0 9 4 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 3 - 2 0 5 4 4 9 号公報

【特許文献 3】特開平 8 - 2 1 6 0 1 4 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 0 1 - 2 8 5 0 0 0 号公報

【特許文献 5】特開 2 0 0 3 - 1 6 8 9 4 1 号公報

【特許文献 6】特開 2 0 0 3 - 4 6 3 6 6 号公報

【特許文献 7】特開 2 0 0 1 - 2 5 7 5 5 8 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

しかしながら、上記特許文献 6 に記載の圧電振動子は、励振用電極と水晶基板の長手方向端部との間に形成した複数の溝又は列状の孔が、その深さを該基板の長手方向端部に向けて徐々に深くしてコンベックス形状に近似させている。このように異なる深さの溝又は孔は、フォトリソグラフィ技術を用いて水晶基板の表面をウエットエッチングする際に、その異方性を利用して、各溝又は孔の開口幅又は径をその深さに対応して異ならしめることにより形成される。その結果、基板の長手方向端部側の溝又は孔は、その開口幅又は径が大きくならざるを得ず、その分だけ水晶基板の長手方向の寸法を小さくすることが制限され、振動子全体の小型化が困難になる。他方、励振電極側の溝又は孔は、振動子が小型

10

20

30

40

50

化すればするほど、その開口幅又は径が小さくなるから、十分な精度をもって加工することが困難になる。

【 0 0 0 9 】

また、上記特許文献 7 に記載の水晶振動子は、上記特許文献 6 と同様に励振電極と水晶基板の端部との間に溝を形成する構造である。しかしながら、この溝は、電極周縁部における電荷の発生量を変えて、C I 値及び Q 値を維持しつつ、インダクタンス値のみを大きくするためのものである。従って、振動エネルギーの閉じ込め効果を高めて、C I 値、Q 値等の周波数特性を向上させるといふ、コンベックス構造の作用効果を期待することはできない。

【 0 0 1 0 】

そこで本発明は、上述した従来の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、厚みすべり振動モードを主振動とする A T カット水晶振動片において、その低周波化及び / または小型化を図るために、従来のコンベックス形状のものと同等のエネルギー閉じ込め効果を発揮することができ、しかも従来よりも簡単にかつ小型化に対応しつつ高精度に製造し得る新規な構造を提供することにある。

更に本発明の目的は、かかる A T カット水晶振動片を製造する方法を提供することにある。

また、本発明の目的は、かかる A T カット水晶振動片を備えることにより、低周波化及び / または小型化を実現し得る水晶デバイスを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、上記目的を達成するために、A T カット水晶素子片と、その上下主面に形成される励振電極と、水晶素子片の少なくとも一方の主面において、励振電極を形成する中央部と端部との間でレーザ光の照射により水晶素子片の内部に形成された複数の変質部とを有する A T カット水晶振動片が提供される。

【 0 0 1 2 】

これらの変質部において、水晶振動片は励振電極により励振された振動の伝搬が妨げられるので、振動エネルギーを中央部に閉じ込める効果が得られる。この構造は、単にレーザ光の照射だけで形成できるので、上述した様々な従来方法に比して簡単にかつ短時間で製造することができ、しかも小型化しても安定して高い加工精度を実現できる。また、水晶素子片の上下両主面が平坦な状態のまま維持されているので、電極膜の形成及びそのパターンニングが容易で、励振電極などをより高精度に形成できる。従って、安定して所望の周波数特性及び高い品質を得ることができる。

【 0 0 1 3 】

或る実施例では、複数の変質部が、中央部側よりも端部側が深い位置に設けられることにより、コンベックス形状を近似した構造が得られ、従来のコンベックス構造の水晶振動片と同等の優れた振動エネルギー閉じ込め効果を発揮する。

【 0 0 1 4 】

本発明の別の側面によれば、A T カット水晶素子片を準備する過程と、水晶素子片の少なくとも一方の主面において、励振電極を形成する中央部と端部間の領域にレーザ光を照射して、水晶素子片の内部に複数の変質部を形成する過程と、水晶素子片の上下主面に励振電極及びそれから引き出した接続電極を形成する過程とを有する A T カット水晶振動片の製造方法が提供される。

【 0 0 1 5 】

これにより、優れた振動エネルギー閉じ込め効果を発揮する A T カット水晶振動片を、従来方法に比して簡単にかつ短時間で製造することができ、小型化しても安定して高い加工精度を実現できるから、生産性の向上及び製造コストの低減を図ることができる。また、電極膜の形成及びパターンニングの際に、水晶素子片の上下両主面が平坦な状態のまま維持されているので、励振電極などをより高精度に形成できる。

【 0 0 1 6 】

或る実施例では、複数の変質部を一方の主面から所定の深さ位置に、中央部側よりも端部側が深くなるように、レーザ光を照射することにより、従来のコンベックス形状を近似した構造が得られる。

【0017】

別の実施例では、複数の変質部を形成する過程において、各変質部が一方の主面から所定の深さ位置まで、中央部側よりも端部側が深くなるように、レーザ光を照射し、更に各変質部をウェットエッチングにより削除して溝を形成する過程を有する。これにより、同様に従来のコンベックス形状を近似した構造が得られる。しかも、各溝の開口幅は、レーザ光照射による各変質部の線幅により決定されるから、上述した従来技術のように所望の深さに対応して溝の開口幅が左右され、水晶振動片の長手方向寸法を短くすることが制限される虞はない。従って、水晶振動片の設計自由度が大きく、より小型化を図ることができる。

10

【0018】

また、レーザ光による変質部は、他の水晶部分よりもエッチングレートが高いから、水晶素子片全体をウェットエッチングしてその厚さを合わせ込む際に、マスクなどを用いることなく、それと同時に溝を形成できる。従って、工数を少なくしかつ作業を容易にして生産性をより一層向上させることができる。

【0019】

更に別の実施例では、ATカット水晶ウエハを準備する過程と、水晶ウエハに複数の水晶素子片を形成する過程と、各水晶素子片に励振電極及び接続電極を形成した後、水晶ウエハから切断して個片化する過程とを更に有する。これにより、多数の水晶振動片を同時にかつ効率良く製造することができ、より一層生産性の向上及び製造コストの低減を図ることができる。

20

【0020】

本発明の別の側面によれば、上述した本発明のATカット水晶振動片を搭載した、振動子、共振子、発振器など、様々な水晶デバイスが提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下に、本発明の好適実施例について添付図面を参照しつつ詳細に説明する。

図1(A)(B)及び図2(A)(B)は、本発明による第1実施例のATカット水晶振動片を製造する工程を示している。先ず、所定の平面及び厚さ寸法を有する矩形薄板のATカット水晶素子片1を準備する。水晶素子片1の一方の主面即ち上面2aにレーザ光Lを、励振電極を形成する中央部3aと長手方向の各端部4,5間の領域に照射する。レーザ光Lは、水晶素子片上面2aから所定の深さ位置に焦点を合わせて照射し、レーザ光の熱作用による変質部を水晶素子片1内部に形成する。

30

【0022】

本実施例では、レーザ光を水晶素子片1の幅方向に沿って各長手方向端部4,5と平行に走査して、図1(A)に示すように、それぞれ3本の直線状をなす変質部6a~8a, 9a~11aを形成する。前記各変質部について、レーザ光の焦点位置は、中央部3a側よりも長手方向端部4,5側が徐々に深くなるように設定する。それにより変質部6a~8a, 9a~11aは、図2(A)に示すように中央部3aから各長手方向端部4,5に向けて、水晶素子片上面2aから徐々に深くなる位置に形成される。

40

【0023】

レーザ光は、従来から公知の様々なレーザ発振によるものを用いることができる。その中でもフェムト秒レーザは、パルス幅が熱伝導の特性時間よりも短く、レーザ照射周辺部に与える変質、形状変化などの熱影響をほとんど起こさない性質がある。そのため、微細かつ高精度な加工が可能で、特に本発明による水晶振動片の製造に適用することが好ましい。

【0024】

同様に、水晶素子片1の他方の主面即ち下面2bにレーザ光を、励振電極を形成する中

50

中央部 3 b と長手方向の各端部 4 , 5 間の領域に照射して、水晶素子片 1 の下面 2 b 側にもレーザ光による変質部を水晶素子片 1 内部に形成する。レーザ光は水晶素子片 1 の幅方向に沿って各長手方向端部 4 , 5 と平行に走査し、かつその焦点位置を中央部 3 b 側よりも長手方向端部 4 , 5 側が徐々に深くなるように設定する。これにより、図 2 (A) に示すように、中央部 3 b から各長手方向端部 4 , 5 に向けてそれぞれ 3 本の直線状をなす変質部 6 b ~ 8 b , 9 b ~ 11 b が、水晶素子片下面 2 b から徐々に深くなる位置に形成される。本実施例では、レーザ光の照射位置及び焦点位置を水晶素子片 1 の上面 2 a 側に合わせることで、前記各変質部が水晶素子片上面 2 a 側と下面 2 b 側とで対称に設けられる。

【 0 0 2 5 】

10

次に、水晶素子片 1 の表面に電極膜を形成し、かつフォトリソグラフィ技術を用いてパターンニングする。これにより、図 1 (B) 及び図 2 (B) に示すように、水晶素子片 1 の各主面 2 a , 2 b 中央部にそれぞれ励振電極 12 a , 12 b と、それから一方の長手方向端部 4 にそれぞれ引き出された接続電極 13 a , 13 b とを形成する。

【 0 0 2 6 】

このようにして形成した水晶振動片 14 は、前記変質部において、励振電極 12 a , 12 b により励振された振動の伝搬が妨げられる。図 2 (B) に断面示すように、変質部 6 a ~ 11 a , 6 b ~ 11 b は、それらを結ぶ想像線 15 a , 15 b , 16 a , 16 b が概ねコンベックス形状の外郭を表す位置に設けられている。従って、本実施例の A T カット水晶振動片 14 は、従来のコンベックス構造の水晶振動片と同等に、振動エネルギーを中央部に閉じ込める効果が得られる。

20

【 0 0 2 7 】

しかも、上述したパレル研磨加工などの従来方法に比して簡単にかつ短時間で製造することができ、小型化しても安定して高い加工精度を期待できる。また、水晶素子片の上下両主面が平坦な状態のまま維持されるので、電極膜の形成及びそのパターンニングが容易であり、励振電極などをより高精度に形成できる。従って、生産性の向上及び製造コストの低減を図り、かつ安定して所望の周波数特性及び高い品質を得ることができる。

【 0 0 2 8 】

図 3 (A) (B) 及び図 4 (A) (B) は、上記第 1 実施例の変形例による A T カット水晶振動片を製造する工程を示している。この変形例では、水晶素子片 1 の上下各主面 2 a , 2 b において励振電極を形成する中央部 3 a , 3 b と長手方向両端部 4 , 5 及び幅方向の両端部 17 , 18 間の領域にレーザ光を照射して、その熱作用による変質部を水晶素子片 1 内部に形成する。

30

【 0 0 2 9 】

まず、レーザ光を水晶素子片上面 2 a に照射し、中央部 3 a の外側を一巡させて連続的にかつ水晶素子片 1 の幅方向及び長手方向に沿ってそれぞれ長手方向端部 4 , 5 及び幅方向端部 17 , 18 と平行に走査する。これにより、図 3 (A) に示すように、中央部 3 a を囲繞する 2 つの矩形環状をなす変質部 19 a , 20 a を形成する。レーザ光は、その焦点位置を中央部 3 a 側よりも端部 4 , 5 , 17 , 18 側が深くなるように設定する。従って変質部 19 a , 20 a は、図 4 (A) に示すように中央部 3 a から前記各端部に向けて水晶素子片上面 2 a から徐々に深くなる位置に形成される。

40

【 0 0 3 0 】

同様に、水晶素子片 1 の下面 2 b にレーザ光を照射し、中央部 3 b の外側を一巡させて連続的にかつ水晶素子片 1 の幅方向及び長手方向に沿ってそれぞれ前記各端部と平行に走査する。これにより、水晶素子片 1 の下面 2 b 側にも、中央部 3 b を囲繞する 2 つの矩形環状をなす変質部 19 b , 20 b を形成する。変質部 19 b , 20 b は、レーザ光の焦点位置を中央部 3 b 側よりも前記端部側が深くなるように設定して、図 4 (A) に示すように中央部 3 b から前記各端部に向けて水晶素子片下面 2 b から深くなる位置に形成する。レーザ光の照射位置及び焦点位置を水晶素子片 1 の上面 2 a 側に合わせることで、前記各変質部は水晶素子片上面 2 a 側と下面 2 b 側とで対称に設けられる。

50

【0031】

次に、水晶素子片1の表面に電極膜を形成し、かつフォトリソグラフィ技術を用いてパターンニングする。これにより、図3(B)及び図4(B)に示すように、水晶素子片1の各主面2a, 2b中央部にそれぞれ励振電極12a, 12bと、それから一方の長手方向端部4にそれぞれ引き出された接続電極13a, 13bとを形成する。

【0032】

このようにして形成した水晶振動片21は、前記変質部において、励振電極12a, 12bにより励振された振動の伝搬が妨げられる。変質部19a, 19b, 20a, 20bは、図4(B)に断面示するように概ねコンベックス形状の外郭を表す位置に設けられている。従って、本実施例のATカット水晶振動片21は、上記第1実施例の水晶振動片と同等に、振動エネルギーを中央部に閉じ込める効果を発揮する。 10

【0033】

また、本実施例も、従来方法に比して簡単にかつ短時間で製造でき、小型化しても安定して高い加工精度を期待できると共に、水晶素子片の上下両主面が平坦な状態に維持されるので、電極膜の形成及びそのパターンニングが容易で、励振電極などをより高精度に形成できる。従って、生産性の向上及び製造コストの低減を図り、かつ安定して所望の周波数特性及び高い品質が得られる。

【0034】

図5(A)(B)及び図6(A)(B)は、本発明による第2実施例のATカット水晶振動片を製造する工程を示している。先ず、上記第1実施例と同様に、所定の平面及び厚さ寸法を有する矩形薄板のATカット水晶素子片1を準備する。水晶素子片1の一方の主面即ち上面2aにレーザ光Lを、励振電極を形成する中央部3aと長手方向の各端部4, 5間の領域に照射する。レーザ光Lは、その熱作用による変質部を水晶素子片上面2aから所定の深さ位置まで形成するように調整して照射する。 20

【0035】

本実施例では、レーザ光を水晶素子片1の幅方向に沿って各長手方向端部4, 5と平行に走査して、図5(A)に示すように、それぞれ3本の直線状をなす変質部22a~24a, 25a~27aを形成する。レーザ光の照射は、前記各変質部についてその幅を同一にしかつその底を中央部3a側よりも長手方向端部4, 5側が徐々に深くなるように設定する。従って、変質部22a~24a, 25a~27aは、水晶素子片上面2aからの深さが、図6(A)に示すように中央部3aから各長手方向端部4, 5に向けて徐々に深くなる。 30

【0036】

同様に、水晶素子片1の他方の主面即ち下面2bにレーザ光を、励振電極を形成する中央部3bと長手方向の各端部4, 5間の領域に照射して、水晶素子片1の下面2b側にもレーザ光による変質部を水晶素子片下面2bから所定の深さ位置まで形成する。レーザ光は水晶素子片1の幅方向に沿って各長手方向端部4, 5と平行に走査し、図6(A)に示すように、中央部3bから各長手方向端部4, 5に向けてそれぞれ3本の直線状をなす変質部22b~24b, 25b~27bを形成する。各変質部22b~24b, 25b~27bは、その深さを中央部3b側よりも長手方向端部4, 5側が徐々に深くなるように、レーザ光の照射を調整する。前記各変質部は、水晶素子片上面2a側と下面2b側とで対称に、即ち同じ位置及び深さに設ける。 40

【0037】

次に、水晶素子片1の上下両主面2a, 2bを適当なエッチング液でウエットエッチングし、所望の水晶振動片の厚さに加工する。水晶素子片1は、レーザ光による前記変質部のエッチングレートが、レーザ光照射の影響を受けていない変質部以外の水晶部分よりも高い。そのため、水晶素子片1の両主面2a, 2bを所望の厚さにウエットエッチングする間に、各変質部22a~27a, 22b~27bを完全にウエットエッチングし、図5(B)及び図6(B)に示すように、水晶素子片1を幅方向に横断する直線状の細溝を形成することができる。 50

【0038】

最も浅い変質部 2 2 a , 2 2 b , 2 5 a , 2 5 b が最初にその底までウエットエッチングされ、次に、中間の深さの変質部 2 3 a , 2 3 b , 2 6 a , 2 6 b がその底までウエットエッチングされ、最後に最も深い変質部 2 4 a , 2 4 b , 2 7 a , 2 7 b がその底までウエットエッチングされる。前記最も深い変質部が完全にウエットエッチングされるまでの間、それより浅い変質部は、更に水晶部分がウエットエッチングされることになる。しかしながら、上述したように水晶部分はエッチングレートが低いので、エッチング量が少ない。従って、図 6 (B) に示すように、前記各変質部の深さに対応して中央部 3 b から各長手方向端部 4 , 5 に向けて深くした細溝 2 8 a ~ 3 3 a , 2 8 b ~ 3 3 b が形成される。別の実施例では、前記各変質部をその底まで完全にウエットエッチングする必要はなく、その途中までウエットエッチングで溝を加工しかつ変質部を部分的に残すこともできる。

【0039】

次に、水晶素子片 1 の表面に電極膜を形成し、かつフォトリソグラフィ技術を用いてパターンニングする。これにより、図 5 (C) 及び図 6 (C) に示すように、水晶素子片 1 の各主面 2 a , 2 b 中央部にそれぞれ励振電極 1 2 a , 1 2 b と、それから一方の長手方向端部 4 にそれぞれ引き出された接続電極 1 3 a , 1 3 b とを形成する。

【0040】

このようにして形成した水晶振動片 3 4 は、前記細溝において、同様に励振電極 1 2 a , 1 2 b により励振された振動の伝搬が妨げられる。図 6 (C) に断面示するように、細溝 2 8 a ~ 3 3 a , 2 8 b ~ 3 3 b は、それらの底を結ぶ想像線 3 5 a , 3 5 b , 3 6 a , 3 6 b が概ねコンベックス形状の外郭を表すように設けられている。従って、本実施例の A T カット水晶振動片 3 4 は、従来のコンベックス構造の水晶振動片と同等に、振動エネルギーを中央部に閉じ込める効果が得られる。

【0041】

そして、上記第 1 実施例と同様に、従来方法に比して簡単にかつ短時間で製造することができ、小型化しても安定して高い加工精度を期待できる。また、水晶素子片の上下両主面が平坦な状態のまま維持されるので、電極膜の形成及びそのパターンニングが比較的容易で、励振電極などをより高精度に形成できる。従って、生産性の向上及び製造コストの低減を図り、かつ安定して所望の周波数特性及び高い品質を得ることができる。

【0042】

しかも、各細溝 2 8 a ~ 3 3 a , 2 8 b ~ 3 3 b の開口幅は、レーザ光照射による前記各変質部の線幅により決定されるから、上述した従来技術のように所望の深さに対応して開口幅の大小を決定され、そのために水晶振動片 3 4 の長手方向寸法を短くすることが制限される虞はない。従って、水晶振動片 3 4 の設計自由度が大きく、その長手方向寸法を短くしてより小型化を図ることができる。

【0043】

図 7 (A) (B) 及び図 8 (A) (B) は、上記第 2 実施例の変形例による A T カット水晶振動片を製造する工程を示している。この変形例では、水晶素子片 1 の上下各主面 2 a , 2 b において励振電極を形成する中央部 3 a , 3 b と長手方向両端部 4 , 5 及び幅方向の両端部 1 7 , 1 8 間の領域にレーザ光を照射して、その熱作用による変質部を前記各主面から所定の深さ位置まで形成しかつこれをウエットエッチングして、前記中央部を囲繞する細溝を形成する。

【0044】

先ず、レーザ光を水晶素子片上面 2 a に照射し、中央部 3 a の外側を一巡させて連続的にかつ水晶素子片 1 の幅方向及び長手方向に沿ってそれぞれ長手方向端部 4 , 5 及び幅方向端部 1 7 , 1 8 と平行に走査する。これにより、図 7 (A) に示すように、中央部 3 a を囲繞する 2 つの矩形環状をなす変質部 3 7 a , 3 8 a を形成する。変質部 3 7 a , 3 8 a は、レーザ光の照射を調整して、図 8 (A) に示すように、その幅が同一でかつその底が中央部 3 a 側よりも端部 4 , 5 , 1 7 , 1 8 側を深くする。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

同様に、水晶素子片 1 の下面 2 b にレーザ光を照射し、中央部 3 b の外側を一巡させて連続的にかつ水晶素子片 1 の幅方向及び長手方向に沿ってそれぞれ前記各端部と平行に走査する。これにより、水晶素子片 1 の下面 2 b 側にも、中央部 3 b を圍繞する 2 つの矩形環状をなす変質部 3 7 b , 3 8 b を形成する。変質部 3 7 b , 3 8 b は、図 8 (A) に示すように、その深さを中央部 3 b 側よりも前記端部側が深くなるように、レーザ光の照射を調整する。前記各変質部は、水晶素子片上面 2 a 側と下面 2 b 側とで対称に、即ち同じ位置及び深さに設ける。

【 0 0 4 6 】

次に、水晶素子片 1 の上下両主面 2 a , 2 b を適当なエッチング液でウエットエッチングし、所望の水晶振動片の厚さに加工する。同様に、レーザ光による前記変質部のエッチングレートは、レーザ光照射の影響を受けていない変質部以外の水晶部分よりも高い。従って、水晶素子片 1 の両主面 2 a , 2 b を所望の厚さにウエットエッチングする間に、各変質部 3 7 a , 3 7 b , 3 8 a , 3 8 b を完全にウエットエッチングし、図 7 (B) 及び図 8 (B) に示すように、前記各主面についてそれぞれ中央部 3 a , 3 b を圍繞する 2 つの矩形環状をなす細溝 3 9 a , 3 9 b , 4 0 a , 4 0 b を形成することができる。

【 0 0 4 7 】

浅い方の変質部 3 7 a , 3 7 b が最初にその底までウエットエッチングされ、次に、深い方の変質部 3 8 a , 3 8 b がその底までウエットエッチングされる。前記深い方の変質部が完全にウエットエッチングされるまでの間、前記浅い方の変質部は、更に水晶部分がウエットエッチングされるが、水晶部分はエッチングレートが低いので、エッチング量が少ない。従って細溝 3 9 a , 3 9 b , 4 0 a , 4 0 b は、図 8 (B) に示すように、前記各変質部の深さに対応して中央部 3 b 側が前記各端部側より深く形成される。別の実施例では、前記各変質部をその底まで完全にウエットエッチングする必要はなく、その途中までウエットエッチングで溝を加工しかつ変質部を部分的に残すこともできる。

【 0 0 4 8 】

次に、水晶素子片 1 の表面に電極膜を形成し、かつフォトリソグラフィ技術を用いてパターンニングする。これにより、図 7 (C) 及び図 8 (C) に示すように、水晶素子片 1 の各主面 2 a , 2 b 中央部にそれぞれ励振電極 1 2 a , 1 2 b と、それから一方の長手方向端部 4 にそれぞれ引き出された接続電極 1 3 a , 1 3 b とを形成する。

【 0 0 4 9 】

このようにして形成した水晶振動片 4 1 は、前記細溝において、同様に励振電極 1 2 a , 1 2 b により励振された振動の伝搬が妨げられる。細溝 3 9 a , 3 9 b , 4 0 a , 4 0 b は、図 8 (B) に断面示するように概ねコンベックス形状の外郭を表す位置に設けられている。従って、本実施例の A T カット水晶振動片 4 1 は、上記第 2 実施例の水晶振動片と同等に、振動エネルギーを中央部に閉じ込める効果を発揮する。

【 0 0 5 0 】

また、本実施例も、従来方法に比して簡単にかつ短時間で製造でき、小型化しても安定して高い加工精度を期待できると共に、水晶素子片の上下両主面が平坦な状態に維持されるので、電極膜の形成及びそのパターンニングが容易で、励振電極などをより高精度に形成できる。従って、生産性の向上及び製造コストの低減を図り、かつ安定して所望の周波数特性及び高い品質が得られる。更に、各細溝 3 9 a , 3 9 b , 4 0 a , 4 0 b の開口幅は、レーザ光照射による前記各変質部の線幅により決定されるから、上述した従来技術のように所望の深さに対応して開口幅の大小を決定されることがなく、水晶振動片 4 1 の長手方向寸法を短くしてより小型化を図ることができる。

【 0 0 5 1 】

また、本発明の別の実施例によれば、A T カットの水晶ウエハを用いて、上述した本発明による多数の水晶振動片を同時に製造することができる。例えば、所定寸法の A T カット水晶ウエハを用意し、これをウエットエッチングによりパターンニングして、所定の外形形状及び寸法を有する多数の水晶素子片を加工する。次に、前記水晶ウエハの各水晶素子

10

20

30

40

50

片に図 1 ~ 図 8 に関連して上述した本発明の方法を適用し、本発明の水晶振動片を形成する。最後に、各水晶振動片を水晶ウエハから切断して個片化すればよい。

【 0 0 5 2 】

以上、本発明の好適な実施例について詳細に説明したが、本発明は、上記実施例に様々な変形・変更を加えて実施することができる。例えば、上記各実施例では水晶素子片の両主面にレーザ光を照射して変質部を形成したが、いずれか一方の主面側にのみ変質部を設けても、同様にエネルギーの閉じ込め効果が得られる。また、第 1 及び第 2 実施例における直線状の変質部及び細溝は、必ずしも水晶振動片の全幅を横断するように設ける必要はなく、例えば両端部に変質部又は溝を加工しないようにすることができる。また、水晶振動片の中央部と各端部との間に形成する変質部又は溝の数、それらの位置、形状、幅及び深さなどの寸法は、上記実施例に限定されるものでなく、必要に応じて適当に設定することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 3 】

【図 1】(A) 及び (B) 図は、本発明による第 1 実施例の A T カット水晶振動片を製造する工程を示す平面図。

【図 2】(A) 及び (B) 図は図 1 (A) , (B) にそれぞれ対応する縦断面図。

【図 3】(A) 及び (B) 図は、第 1 実施例の変形例による A T カット水晶振動片を製造する工程を示す平面図。

【図 4】(A) 及び (B) 図は図 3 (A) , (B) にそれぞれ対応する縦断面図。

20

【図 5】(A) 及び (B) 図は、本発明による第 2 実施例の A T カット水晶振動片を製造する工程を示す平面図。

【図 6】(A) 及び (B) 図は図 5 (A) , (B) にそれぞれ対応する縦断面図。

【図 7】(A) 及び (B) 図は、第 2 実施例の変形例による A T カット水晶振動片を製造する工程を示す平面図。

【図 8】(A) 及び (B) 図は図 7 (A) , (B) にそれぞれ対応する縦断面図。

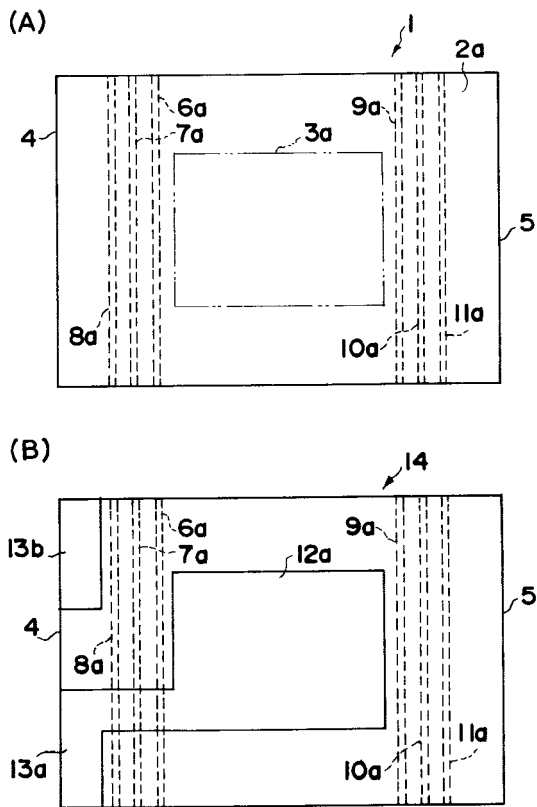
【符号の説明】

【 0 0 5 4 】

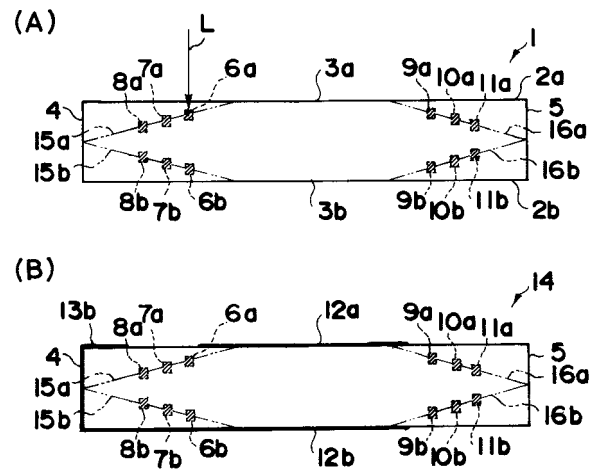
1 ... 水晶素子片、2 a , 2 b ... 主面、3 a , 3 b ... 中央部、4 , 5 , 1 7 , 1 8 ... 端部、6 a ~ 1 1 a , 6 b ~ 1 1 b , 1 9 a , 1 9 b , 2 0 a , 2 0 b , 2 2 a ~ 2 7 a , 2 2 b ~ 2 7 b , 3 7 a , 3 7 b , 3 8 a , 3 8 b ... 変質部、1 2 a , 1 2 b ... 励振電極、1 3 a , 1 3 b ... 接続電極、1 5 a , 1 5 b , 1 6 a , 1 6 b , 3 5 a , 3 5 b , 3 6 a , 3 6 b ... 想像線、1 4 , 2 1 , 3 4 , 4 1 ... 水晶振動片、2 8 a ~ 3 3 a , 2 8 b ~ 3 3 b , 3 9 a , 3 9 b , 4 0 a , 4 0 b ... 細溝

30

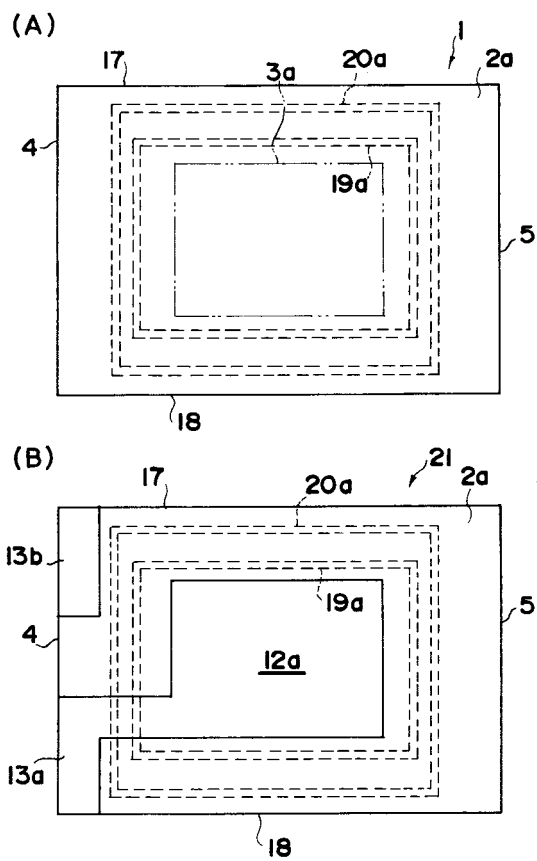
【 図 1 】



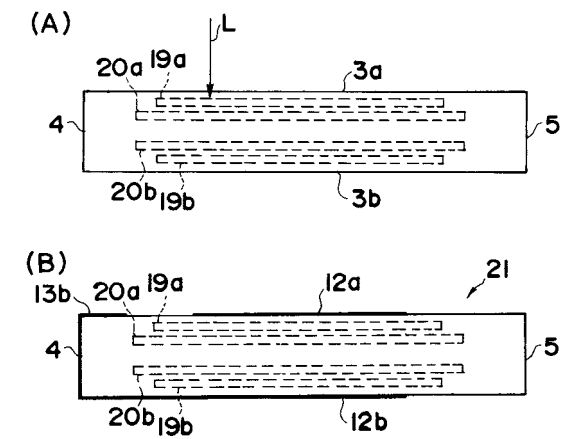
【 図 2 】



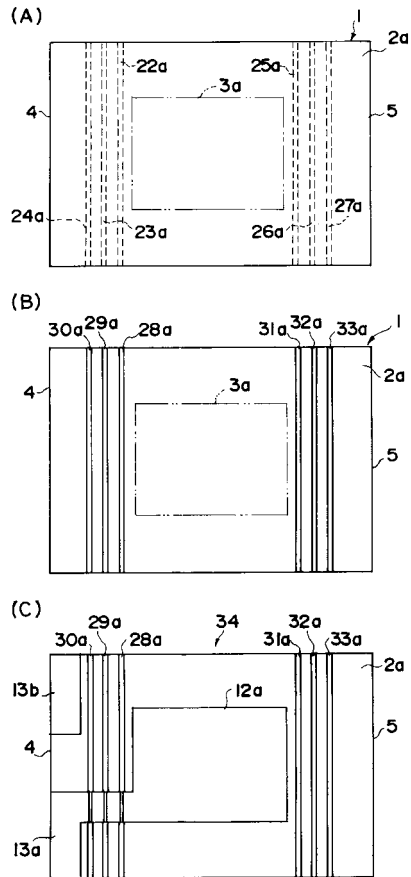
【 図 3 】



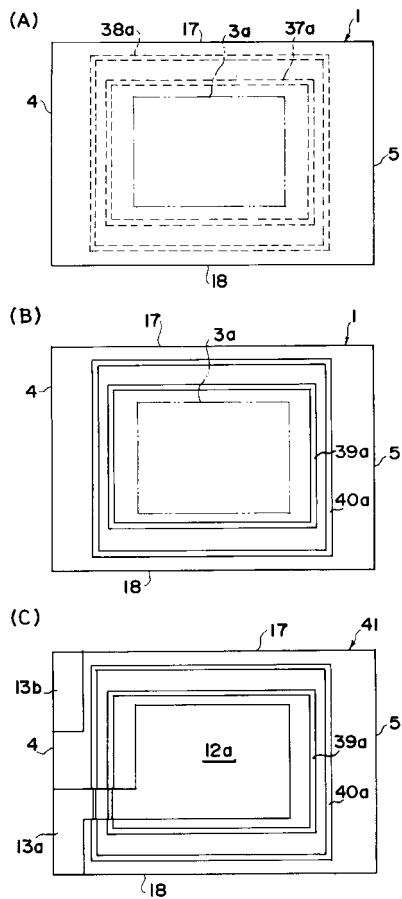
【 図 4 】



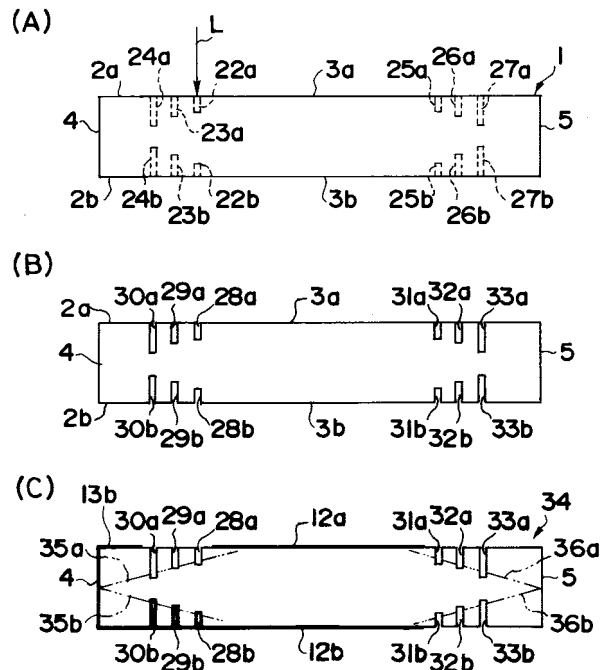
【図 5】



【図 7】



【図 6】



【図 8】

