

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4196641号
(P4196641)

(45) 発行日 平成20年12月17日(2008.12.17)

(24) 登録日 平成20年10月10日(2008.10.10)

(51) Int.Cl.

F 1

H03H 9/19 (2006.01)
H03H 3/02 (2006.01)H03H 9/19
H03H 3/02F
B

請求項の数 9 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2002-307741 (P2002-307741)
 (22) 出願日 平成14年10月23日 (2002.10.23)
 (65) 公開番号 特開2004-146963 (P2004-146963A)
 (43) 公開日 平成16年5月20日 (2004.5.20)
 審査請求日 平成17年10月3日 (2005.10.3)

(73) 特許権者 000003104
 エプソントヨコム株式会社
 東京都日野市日野421-8
 (74) 代理人 100095728
 弁理士 上柳 雅善
 (74) 代理人 100107261
 弁理士 須澤 修
 (74) 代理人 100127661
 弁理士 宮坂 一彦
 (72) 発明者 石井 修
 神奈川県高座郡寒川町小谷二丁目1番1号
 東洋通信機株式
 会社内

審査官 崎間 伸洋

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】超薄板圧電デバイスとその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧電基板の少なくとも一方の主面に凹陥を形成して薄肉の振動部と前記振動部の周囲を支持する厚肉の環状囲繞部とを一体的に構成した超薄板圧電デバイスであって、

前記圧電基板の前記一方の主面又は他方の主面のいずれかにおいて、前記振動部に第1の励振電極が配置され、

前記第1の電極が配置された主面と対向する主面において、前記振動部に前記第1の励振電極よりも広面積の第2の励振電極が配置され、

前記第2の励振電極は、少なくとも前記第1の励振電極と対向する領域全てにおいて、薄肉部を有していることを特徴とする超薄板圧電デバイス。

【請求項 2】

前記第2の励振電極は、前記薄肉部を除き環状に形成された第1電極膜と、前記薄肉部及び前記第1電極膜上に形成された第2電極膜とを備えていることを特徴とする請求項1に記載の超薄板圧電デバイス。

【請求項 3】

前記凹陥が前記圧電基板の前記一方の主面にのみ形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の超薄板圧電デバイス。

【請求項 4】

前記第2の励振電極が前記圧電基板の前記凹陥側に配置されていることを特徴とする請求項3に記載の超薄板圧電デバイス。

10

20

【請求項 5】

前記第2の励振電極が前記圧電基板の前記凹陥側全面を覆うように形成されていることを特徴とする請求項4に記載の超薄板圧電デバイス。

【請求項 6】

前記圧電基板がA Tカット水晶基板であることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の超薄板圧電デバイス。

【請求項 7】

圧電基板の少なくとも一方の主面に凹陥を形成し、薄肉の振動部と前記振動部の周囲を支持する厚肉の環状囲繞部とを一体的に構成する工程と、

前記圧電基板の前記一方の主面又は他方の主面のいずれかにおいて、前記振動部に第1の励振電極を形成する工程と、

前記第1の電極が形成された主面と対向する主面において、前記振動部の少なくとも前記第1の励振電極と対向する領域を除く領域に環状の第1電極膜を形成する工程と、

前記第1の励振電極と対向する領域及び前記第1電極膜上に第2電極膜を形成する工程と、

を備えたことを特徴とする超薄板圧電デバイスの製造方法。

【請求項 8】

圧電基板の一方の主面に凹陥を形成し、薄肉の振動部と前記振動部の周囲を支持する厚肉の環状囲繞部とを一体的に構成する工程と、

前記圧電基板の前記一方の主面と対向する他方の主面において、前記振動部に第1の励振電極を形成する工程と、

前記圧電基板の前記一方の主面において、前記振動部の少なくとも前記第1の励振電極と対向する領域を除く領域に環状の第1電極膜を形成する工程と、

前記第1の励振電極と対向する領域及び前記第1電極膜上に第2電極膜を形成する工程と、

を備えたことを特徴とする超薄板圧電デバイスの製造方法。

【請求項 9】

圧電基板の一方の主面に凹陥を形成し、薄肉の振動部と前記振動部の周囲を支持する厚肉の環状囲繞部とを一体的に構成する工程と、

前記圧電基板の前記一方の主面と対向する他方の主面において、前記振動部に第1の励振電極を形成する工程と、

前記圧電基板の前記一方の主面において、少なくとも前記第1の励振電極と対向する領域を除く全面に第1電極膜を形成する工程と、

前記圧電基板の前記一方の主面の全面に第2電極膜を形成する工程と、

を備えたことを特徴とする超薄板圧電デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は超薄板圧電デバイスとその製造方法に関し、特に基本波振動で100MHz以上の高い共振周波数を有する超薄板の圧電振動子において、C I値劣化や、不要なスプリアス発生を防止して、良好な共振特性を得るための超薄板圧電デバイスとその製造方法に関する。

【0002】**【従来の技術】**

近年、各種通信機器や電子機器における情報量の増大と処理速度の高速化に伴って、それらの機器に用いる基準周波数信号源として機能する圧電振動子に対して、高周波化と周波数の高安定化の要求がなされているが、従来より、圧電振動子や圧電フィルタとして多用されてきた一般的なA Tカット水晶振動子は、高い周波数安定度を有しているものの、A Tカット水晶圧電基板の厚みすばり振動を利用していいるため、その共振周波数は水晶基板の板厚に反比例し、周波数が高いほど水晶基板の厚みは薄くなり、水晶基板の製造技術、

10

20

30

40

50

或いは機械的強度の観点から共振周波数は、50MHz程度が限界であった。

【0003】

そこで、高い周波数の水晶振動子を得る方法として、ATカット水晶振動子の高調波成分を検出して基本波共振周波数の奇数倍の周波数を得るオーバートーン発振手段も広く用いられているが、オーバートーン成分を抽出するため、発振回路にコイルを含むLC同調回路を備えることが必要であり、発振回路を半導体集積回路化する際、周知の通りコイルは集積化の上で不都合であると共に、オーバートーン発振回路は、ATカット水晶振動子の容量比が大きくなるため発振周波数の可変範囲が狭まること、且つインピーダンスレベルが高いため発振し難いという特性を有している。

【0004】

一方、圧電基板にインダクターデジタル・トランジスジューサ電極を形成し、該形成した電極指ピッチによって共振周波数が決定される弾性表面波共振子は、近年、フォトリソグラフィ技術の進歩によって高精細な電極を形成することが可能となったことから、共振周波数は、1~2GHz程度まで可能となった。しかし、弾性表面波共振子に用いる圧電基板は、周波数温度特性がATカット水晶振動子に比べて著しく劣るため、高い周波数安定度を必要とする基準周波数信号源には適用できなかった。

10

【0005】

そこで、従来、ATカット水晶振動子を高周波化する手段として、例えば特開平10-22771号公報に開示されたように水晶基板の片面の中央部に、エッティング、或いは機械加工により凹部を形成し、該凹部の薄肉部を振動させて高周波の共振周波数を得る方法が用いられている。

20

図4は、従来の水晶振動子を高周波化した際の電極構造を示す例であって、図4(a)は、水晶振動素子の平坦側主面の上面図を示し、図4(b)は、図4(a)において示したA-A'面における断面図を示す。図4に示すように水晶振動素子は、所定の厚みに加工されたATカット水晶基板1の片面の中央部に、エッティング、或いは機械加工により所定の大きさの凹部2を形成し、該凹部2の底面に位置する薄肉部を振動部3とする。

【0006】

ここで仮に、100MHzの水晶振動子を実現しようとすると、振動部3の水晶基板の厚みは、以下の通りである。

前述したように、水晶振動子は、ATカット水晶圧電基板の厚みすべり振動を利用しているため、その共振周波数は水晶基板の板厚に反比例し、その関係式は、周知のとおり、次式で表現される。

30

$$K = F \cdot t$$

$$K = 1670 \text{ (MHz} \cdot \mu\text{m}) \text{, } F = \text{周波数 (MHz)}$$

$$t = \text{水晶基板の板厚 (\mu m)}$$

そこで、水晶基板の板厚tを求める。

$$t = 1670 / 100 = 16.7$$

従って、100MHzの水晶振動子を実現するためには、振動部3の板厚は約17μmとなる。

【0007】

40

水晶基板1は、該水晶基板1の片面に凹部2を形成した結果、凹部2の底面に設けた超薄板の振動部3の周縁部に、肉厚の環状回り部4が前記振動部3と一体的に形成され、超薄板状の振動部3を機械的に支持した構造である。

【0008】

次に、片面の中央部に凹部2を形成した水晶基板1には、平坦側主面に振動部3の位置するほぼ中央部に励振用の主電極5と、該主電極5から延出したリード電極6と、リード電極と接続したワイヤボンディング用のパッド電極7が形成されており、一方、凹部側主面には、全面電極8が形成されている。

【0009】

次に、上述した従来の水晶振動子の製造工程の概略を以下に説明する。

50

図5は、従来の水晶振動素子の製造工程を説明する断面図である。図5を説明すると、A Tカット水晶基板に(S1)、フォトリソグラフィ技術を使用することにより、前記水晶基板の両正面に保護膜を形成した後(S2)、水晶基板に凹部を形成する部位のみを露出させる(S3)。次に、水晶基板が露出した部位にエッティングを施し、凹部底面の振動用基板の厚みが所望の厚さとなるよう凹部を形成する(S4)。水晶基板の片面に凹部を形成した結果、凹部底面に設けた超薄板の振動部の周縁部に、肉厚の環状回縁部が前記振動部と一体的に形成され、超薄板状の振動部3を機械的に支持した構造を得る。

【0010】

次に、水晶基板に成膜されている保護膜を剥離した後(S5)、水晶基板の平坦側正面に、フォトリソグラフィ技術、或いは真空蒸着等を用いて振動部のほぼ中央に励振用の主電極5、該主電極から延出したリード電極と、リード電極と接続したワイヤボンディング用のパッド電極を形成し、一方、凹部側正面には、同じ手法により全面電極8を形成する(S6)。

10

このように従来の水晶振動子は、水晶基板の片面の一部にエッティングにより凹部を形成し、該凹部の薄肉部を振動させることにより高周波化した超薄板圧電振動子を得ていた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

上述したような従来のA Tカット水晶振動子に、質量負荷効果により圧電基板に設けた電極部分にのみ振動エネルギーを閉じ込めたエネルギー閉じ込め型圧電振動子を適用する場合、水晶振動子の高周波化に伴い凹部に設けた振動部の超薄の板厚に準じて、電極膜厚も薄くする必要がある。

20

【0012】

しかしながら、エネルギー閉じ込め効果を考慮すると、その電極膜厚は、振動部の板厚の約0.1%とされ、100MHz以上の周波数においては、設計上の電極膜厚を約30nm以下と超薄膜化するため、電極膜を真空蒸着する際に膜厚の制御が非常に困難であると共に、水晶振動素子のボンディングパッドとパッケージに設けた接続端子とをワイヤボンディング接続する際、少なくとも50nm以上の電極膜厚が必要であり、ワイヤボンディング工程で支障をきたすという問題が生じていた。更に、電極膜厚が30nm以下と非常に薄膜であるため、電極膜の抵抗値が著しく増大し、水晶振動子のC I値(水晶振動子の等価抵抗)が極端に劣化してしまう等の問題も生じていた。

30

【0013】

本発明は上述したような問題を解決するためになされたものであって、量産時においても容易に、しかも特性のばらつきが発生することなく、電極膜厚制御が容易であると共に、ボンディングによる外部接続端子との導通が可能で、且つC I値の劣化や不要なスプリアス発生を防止出来る超薄板圧電デバイスとその製造方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために本発明に係わる超薄板圧電デバイスとその製造方法は、以下の構成をとる。

本発明は、圧電基板の少なくとも一方の正面に凹陥を形成して薄肉の振動部と前記振動部の周囲を支持する厚肉の環状回縁部とを一体的に構成した超薄板圧電デバイスであって、前記圧電基板の前記一方の正面又は他方の正面のいずれかにおいて、前記振動部に第1の励振電極が配置され、前記第1の電極が配置された正面と対向する正面において、前記振動部に前記第1の励振電極よりも広面積の第2の励振電極が配置され、前記第2の励振電極は、少なくとも前記第1の励振電極と対向する領域全てにおいて、薄肉部を有していることを特徴とする。

40

【0015】

本発明は、前記第2の励振電極は、前記薄肉部を除き環状に形成された第1電極膜と、前記薄肉部及び前記第1電極膜上に形成された第2電極膜とを備えていることを特徴とする。

50

【0016】

本発明は、前記凹陥が前記圧電基板の前記一方の主面にのみ形成されていることを特徴とする。

【0017】

本発明は、前記第2の励振電極が前記圧電基板の前記凹陥側に配置されていることを特徴とする。

【0018】

本発明は、前記第2の励振電極が前記圧電基板の前記凹陥側全面を覆うように形成されていることを特徴とする。

【0019】

本発明は、前記圧電基板がA Tカット水晶基板であることを特徴とする。

10

【0020】

本発明は、圧電基板の少なくとも一方の主面に凹陥を形成し、薄肉の振動部と前記振動部の周囲を支持する厚肉の環状囲繞部とを一体的に構成する工程と、前記圧電基板の前記一方の主面又は他方の主面のいずれかにおいて、前記振動部に第1の励振電極を形成する工程と、前記第1の電極が形成された主面と対向する主面において、前記振動部の少なくとも前記第1の励振電極と対向する領域を除く領域に環状の第1電極膜を形成する工程と、

前記第1の励振電極と対向する領域及び前記第1電極膜上に第2電極膜を形成する工程と、を備えたことを特徴とする。

20

【0021】

本発明は、圧電基板の一方の主面に凹陥を形成し、薄肉の振動部と前記振動部の周囲を支持する厚肉の環状囲繞部とを一体的に構成する工程と、前記圧電基板の前記一方の主面と対向する他方の主面において、前記振動部に第1の励振電極を形成する工程と、前記圧電基板の前記一方の主面において、前記振動部の少なくとも前記第1の励振電極と対向する領域を除く領域に環状の第1電極膜を形成する工程と、前記第1の励振電極と対向する領域及び前記第1電極膜上に第2電極膜を形成する工程と、を備えたことを特徴とする。

【0022】

本発明は、圧電基板の一方の主面に凹陥を形成し、薄肉の振動部と前記振動部の周囲を支持する厚肉の環状囲繞部とを一体的に構成する工程と、前記圧電基板の前記一方の主面と対向する他方の主面において、前記振動部に第1の励振電極を形成する工程と、前記圧電基板の前記一方の主面において、少なくとも前記第1の励振電極と対向する領域を除く全面に第1電極膜を形成する工程と、前記圧電基板の前記一方の主面の全面に第2電極膜を形成する工程と、を備えたことを特徴とする。

30

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、図示した実施例に基づいて本発明を詳細に説明する。

本発明は、少なくとも一方の主面に凹陥を有する圧電基板の第1の主面に、所望の50nm以上の膜厚の励振用の主電極を形成すると共に、圧電基板の第2の主面には、前記圧電基板の第1の主面側に形成した励振用の主電極と対向する位置にほぼ同形状の薄肉部を備えた、前記励振用主電極よりも広面積の電極を形成した構造としたことが特徴である。そのため、主電極の膜厚を所望の50nm以上としたことで、C I値の劣化や、不要なスプリアス発生を防止し、且つエネルギー閉じ込めを十分達成した良好な特性を得ることが可能となった。

40

【0024】

そこで、以降、一方の主面に凹陥を有するA Tカット水晶基板を用いた超薄板の水晶振動子を実施例として説明する。

図1は、本発明に係わる水晶振動子の電極構造を示す一実施例であり、図1(a)は、水晶振動素子の平坦側主面の上面図を示し、図1(b)は、図1(a)において示したA-A'面における断面図を示す。図1に示すように水晶振動素子は、A Tカット水晶基板1

50

の片面に、エッティング、或いは機械加工により所定の大きさの凹部2を形成し、該凹部2の底面に位置する薄肉部を振動部3とする。この振動部3の厚さは、前述したように、例えば、100MHz程度の基本波共振周波数を得ようとすると、約17μm程度である。

【0025】

水晶基板1は、該水晶基板1の片面に凹部2を形成した結果、凹部2の底面に設けた超薄板の振動部3の周縁部に、肉厚の環状回縁部4が前記振動部3と一体的に形成され、超薄板状の振動部3を機械的に支持する。

【0026】

次に、水晶基板1の平坦側主面には、振動部3の位置するほぼ中央部に励振用の主電極5と、該主電極5から延出したリード電極6と、リード電極と接続したワイヤボンディング用のパッド電極7を、所望の電極膜厚である50nmの膜厚により形成する。一方、水晶基板1の凹部側主面には、前記励振用の主電極5と所定の膜厚差を有する電極10を凹部内側壁を含む全面に形成し、前記電極10には、前記励振用の主電極5と同位置、同寸法の貫通孔11を形成している。更に、凹部側主面には、前記主電極5と対向する領域、即ち水晶基板が露出している領域と、前記電極10の上面に跨って全面電極12を形成している。

【0027】

次に、上述した本発明における構造の水晶振動子において、水晶基板1の平坦側主面に膜厚50nmの電極膜を形成した際に、水晶基板1の凹部側主面に形成する電極10の膜厚を計算により求めると次の通りである。

$$= \{ (te1 - te2) \times (e / x) \} / \{ tx + te2 \times (e / x) \} \dots (1)$$

ここで、te1：励振用主電極膜厚、te2：凹部面形成用電極膜厚、

e：電極材料の密度、x：水晶の密度、tx：水晶基板の厚さ

そこで、例えば、ATカット水晶振動子であって、共振周波数100MHzの場合、振動エネルギー閉じ込めに必要な電極膜厚と水晶基板の板厚比が0.1%、励振用の主電極の膜厚が50nm、電極材料は金として、金の密度を19.3kg/m³、水晶の密度を2.65kg/m³とすると、(1)式を用いて、凹部面形成用電極膜厚であるte2を求める

めると、電極膜厚は、約46nm程度となる。

従って、水晶基板1の平坦側主面に形成した50nmの主電極に対して、凹部側主面には、約4nmの板厚差を備えた電極10を46nmの電極膜厚で形成すれば良い。

【0028】

次に、本発明に係わる水晶振動子の製造方法について説明する。

図2は、本発明に係わる水晶振動子の製造工程を説明する断面図であって、水晶基板に凹部を形成する際の製造工程を示す。図2を説明すると、ATカット水晶基板1に(S1)、真空蒸着等によりAu膜13を両面に成膜する(S2)。そこで、フォトリソグラフィ技術を利用し、前記両側Au膜の表面にレジスト膜14を形成した後(S3)、水晶基板に凹部を形成する主面側のレジスト膜を所定のサイズでパターニングしてレジスト膜を感光した後に現像を行い、前記Au膜を露出させる(S4)。そこで、露出したAu膜のエッティングを行い、水晶基板を露出させた後(S5)、更に、水晶基板のエッティングを所定の深さまで行い、水晶基板に凹部2を形成させ(S6)、残留するレジスト膜とAu膜とを剥離し所望の凹陥型の水晶基板が完成する(S7)。

尚、上述したように、水晶基板に凹部を形成する方法としてエッティングによる方法を説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、機械加工の技術を使用して凹部を形成してもよい。

【0029】

図3は、本発明に係わる水晶振動子の製造工程を説明する断面図であって、凹部を形成した水晶基板に、電極を形成する際の製造工程を示す。図3を説明すると、先ず、凹部を形成した水晶基板の平坦側主面の全面に、Au膜15を真空蒸着等の手段により50nmの

10

20

30

40

50

膜厚で成膜する。一方、水晶基板の凹部側主面の全面には、同じく Au 膜 16 を真空蒸着等の手段により 46 nm の膜厚で成膜する (S8)。そこで、フォトリソグラフィ技術を利用し、前記両側 Au 膜の表面にレジスト膜 17 を形成した後 (S9)、水晶基板の両主面に所定の形状に加工されたマスク 18 を設置し、レジスト膜を感光した後に現像を行う (S10)。次に、現像の結果露出した前記 Au 膜をエッチングした後 (S11)、残留するレジスト膜を剥離すると、水晶基板の平坦面側主面には、主電極 5、リード電極 6 及びボンディング用のパッド電極 7 が、水晶基板の凹部側主面には、貫通孔 11 を備えた電極 10 が形成される (S12)。最後に、水晶基板の凹部側主面に、全面電極 12 を、真空蒸着等の手段により形成して水晶振動素子は完成する。

尚、上述したように、水晶基板に所定の電極膜を形成する際に、フォトリソグラフィ技術を用いた方法で説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、真空蒸着法により形成しても良い。

【0030】

以上説明したように、本発明によれば、従来の製造工程を大幅に変更することなく所望の水晶振動素子の製造を可能とし、励振用の主電極等を形成する際に、同時に水晶基板の凹部側主面に前記主電極と同位置、同サイズの第二の凹部を備えた第一の全面電極を形成することで、電極膜の膜厚を所望の厚みまで厚くすることが出来る。従って、主電極、リード電極、及びボンディング用のパッド電極等の電極膜の厚みを 50 nm とすることにより、電極膜を真空蒸着する際に膜厚の制御が容易になると共に、水晶振動素子のボンディング接続が可能となる上、水晶振動子を高周波数化した際の電極膜の薄膜化による CI 値の劣化や不要なスプリアス発生を防止することが出来、更にバッチ処理での水晶振動子の製造が可能となることから、高周波帯の基本波振動で動作する超薄板の水晶振動子を低価格で提供出来る。

【0031】

又、以上、AT カット水晶基板を用いた超薄板の水晶振動子を実施例として本発明を説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、エッチング可能な圧電基板、例えば、ランガサイト ($\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$)、或いは四ホウ酸リチウム ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$) の如き圧電材料を用いてよい事は言うまでもない。

【0032】

【発明の効果】

上述したように請求項 1 乃至 6 記載の発明は、高周波に対応した圧電振動子において、主電極、リード電極、及びボンディング用のパッド電極の電極膜の厚みを 50 nm 以上に成膜可能とすることにより、電極膜を真空蒸着する際に膜厚の制御が容易になると共に、圧電振動素子のボンディング接続が可能となる上、従来の圧電振動子を高周波化した際に電極膜の薄膜化により生ずる CI 値の劣化や不要なスプリアス発生を防止することが出来、圧電振動子を使用する上で、著しい効果を発揮する。

【0033】

又、請求項 7 乃至 9 記載の発明は、従来の製造工程を大幅に変更することなく、更には、バッチ処理での圧電振動子の製造が可能となることから、圧電振動子を大量に製造する上で、著しい効果を発揮する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係わる水晶振動子の電極構造を示す一実施例であり、(a) は、水晶振動素子の平坦側主面の上面図を示し、(b) は、(a) において示した A - A' 面における断面図を示す。

【図 2】本発明に係わる水晶振動子の製造工程を説明する断面図であって、水晶基板に凹部を形成する際の製造工程を示す。

【図 3】本発明に係わる水晶振動子の製造工程を説明する断面図であって、凹部を形成した水晶基板に、電極を形成する際の製造工程を示す。

【図 4】従来の水晶振動子を高周波化した際の電極構造を示す例であって、(a) は、水晶振動素子の平坦側主面の上面図を示し、(b) は、(a) において示した A - A' 面に

10

20

30

40

50

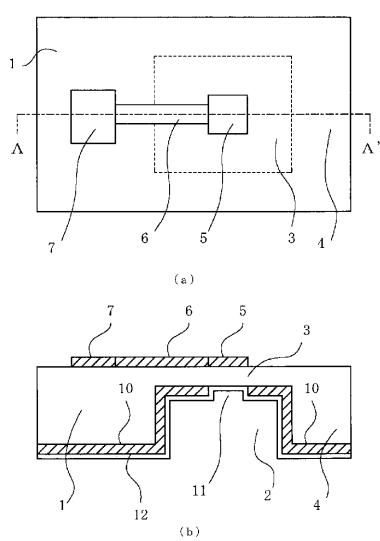
おける断面図を示す。

【図5】従来の水晶振動素子の製造工程を説明する断面図である。

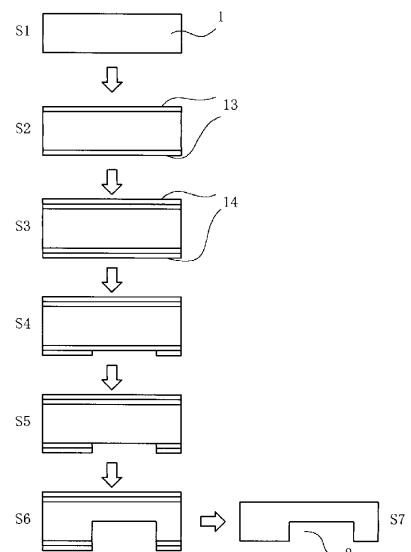
【符号の説明】

1 · · 水晶基板、	2 · · 凹部、
3 · · 振動部、	4 · · 環状回縁部、
5 · · 主電極、	6 · · リード電極、
7 · · パッド電極、	8 · · 全面電極、
9 · · レジスト膜、	10 · · 電極、
11 · · 貫通孔、	12 · · 全面電極、
13 · · Au膜、	14 · · レジスト膜、
15 · · Au膜、	16 · · Au膜、
17 · · レジスト膜、	18 · · マスク

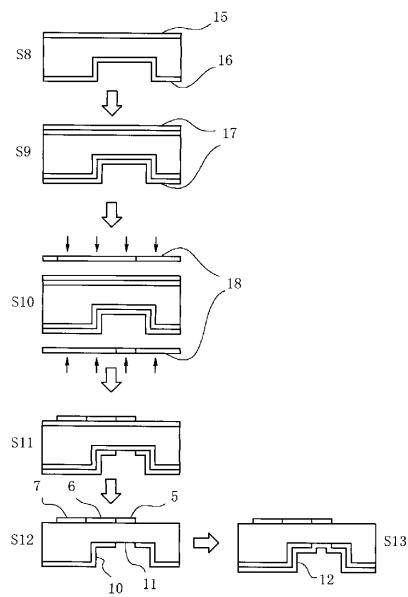
【図1】



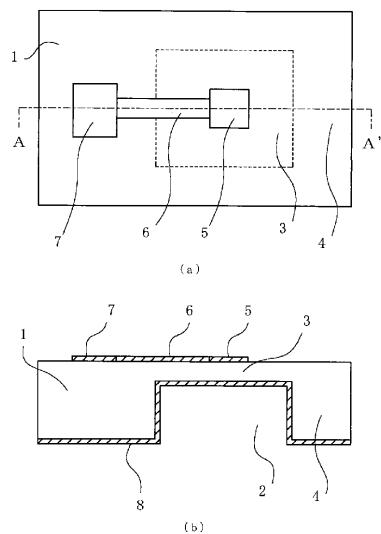
【図2】



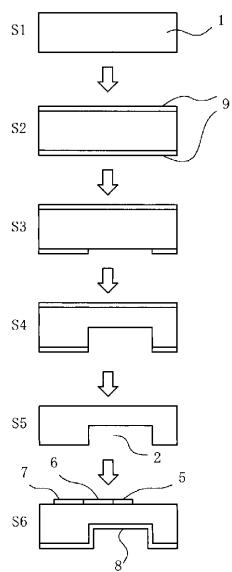
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平11-284484 (JP, A)
特開昭62-234410 (JP, A)
特開2002-299982 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03H3/007-H03H3/10、H03H9/00-9/76