

(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2010-109527

(P2010-109527A)

(43) 公開日 平成22年5月13日(2010.5.13)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
<b>HO3H</b>	<b>9/19</b>	<b>(2006.01)</b>	HO3H	9/19		D	5J108	
<b>HO3H</b>	<b>3/02</b>	<b>(2006.01)</b>	HO3H	3/02		B		
<b>HO1L</b>	<b>41/18</b>	<b>(2006.01)</b>	HO1L	41/18	1O1A			
<b>HO1L</b>	<b>41/24</b>	<b>(2006.01)</b>	HO1L	41/22		A		

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2008-277804 (P2008-277804)  
 (22) 出願日 平成20年10月29日 (2008.10.29)

(71) 出願人 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 雅誉  
 (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 山下 剛  
 東京都日野市日野421-8 エプソント  
 ヨコム株式会社内  
 Fターム(参考) 5J108 AA01 BB02 CC05 DD02 EE03  
 HH02 HH06 KK01 KK02 MM08  
 MM11 MM14

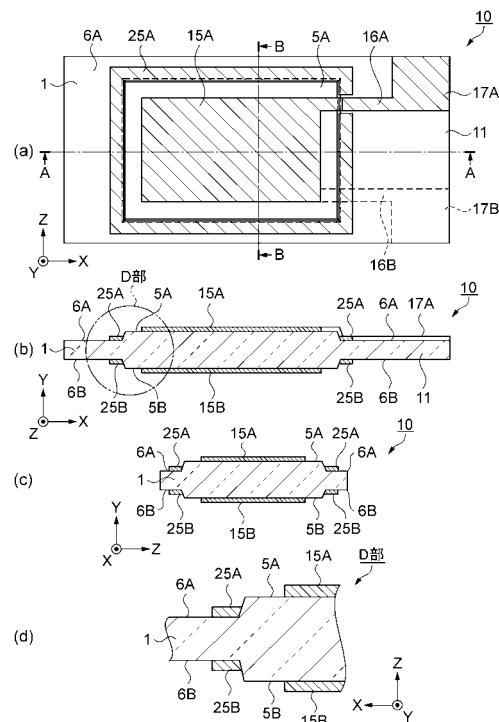
(54) 【発明の名称】 水晶振動片およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】外周部に主振動である厚みすべり振動が伝播することを抑制する構造を有する水晶振動片、およびその製造方法を提供する。

【解決手段】ATカット水晶振動片10は、ATカットされた水晶基材の両主面の相対向する位置に、平面視で矩形形状を呈する凸部5A、5Bが形成された所謂メサ構造を有している。各凸部5A、5B上には励振電極15A、15Bがそれぞれ設けられ、水晶基材1の薄肉の外周部の外周面6A、6Bの一端側近傍には、電極間配線16A、16Bによりそれぞれ対応した励振電極15A、15Bに接続された外部接続電極17A、17Bが設けられている。凸部5A、5Bの外周には、外周面6A、6B上および凸部5A、5Bそれぞれの側壁に凸部5A、5Bよりも厚みを少なくして形成された段部25A、25Bが各凸部5A、5Bの外周を縁取るように設けられている。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

A T カットされた水晶基材の両主面の少なくとも一方の主面に所定の形状の凸部が設けられ、前記凸部上に励振電極が形成され、前記凸部の外周部分の少なくとも X 軸（電気軸）側に、堆積物からなり前記凸部よりも厚みの少ない段部が設けられていることを特徴とする水晶振動片。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の水晶振動片において、

前記段部が、前記水晶基材の Z 軸（光軸）側にも設けられていることを特徴とする水晶振動片。

10

## 【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の水晶振動片において、

前記段部が、前記励振電極と同一材料からなることを特徴とする水晶振動片。

## 【請求項 4】

請求項 3 に記載の水晶振動片において、

前記段部が、前記励振電極および該励振電極から引き出された電極間配線および外部接続電極が形成された領域とは異なる領域に形成されていることを特徴とする水晶振動片。

## 【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の水晶振動片において、

外周部分に前記段部が設けられた前記凸部が、断面階段形状が形成されるように複数設けられていることを特徴とする水晶振動片。

20

## 【請求項 6】

A T カットされた水晶基材の両主面の少なくとも一方の主面に所定の形状の凸部が設けられ、前記凸部上に励振電極が形成され、前記凸部の外周部分の少なくとも X 軸（電気軸）側に、堆積物からなり前記凸部よりも厚みの少ない段部が設けられている水晶振動片の製造方法であって、

フォトリソグラフィにより前記水晶振動片の外形を形成する工程と、

フォトリソグラフィにより前記 A T カット水晶基材の一部をエッチングして前記凸部を形成する工程と、

前記凸部を形成する工程の後で、前記励振電極を含む電極を形成する工程、および薄膜堆積法により前記段部を形成する工程と、を含むことを特徴とする水晶振動片の製造方法。

30

## 【請求項 7】

請求項 6 に記載の水晶振動片の製造方法において、

前記外形を形成する工程の後で、前記凸部を形成する工程を実施することを特徴とする水晶振動片の製造方法。

## 【請求項 8】

請求項 6 または 7 に記載の水晶振動片の製造方法において、

前記電極を形成する工程が前記段部を形成する工程を含み、

前記電極と同一材料により前記段部を形成することを特徴とする水晶振動片の製造方法。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、水晶振動片およびその製造方法に関し、特に、外周部に主振動である厚みすべり振動が伝播することを防止するための水晶振動片の形状、およびその製造方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来より、各種情報・通信機器や O A 機器、また、民生機器等の電子機器には、電子回

50

路のクロック源等として圧電振動子を備えた圧電デバイスが広く使用されている。このような圧電デバイスの圧電振動子に使用される圧電材料としては、例えば、安定した周波数特性を得られることなどから単結晶の水晶が採用されている。この水晶からなる水晶振動片は、人工水晶原石の一部を結晶軸（光軸）を明確にしてブロック状に成形した水晶ランバードから所定の切断角度で切り出された単結晶基板としての水晶ウェハを用いて形成される。ここで、所定の切断角度とは、水晶の結晶軸に対して狙った角度だけ傾けたカット角を指し、例えば、結晶軸から $35^{\circ}15'$ 傾けた切断角度で切り出された水晶ウェハを用いて形成されたATカット水晶振動片は、広範囲な温度領域において安定した周波数が得られる優れた温度特性を有する圧電振動片として古くから用いられている。

#### 【0003】

ATカット水晶振動片の主振動である厚みすべり振動は、その振動片の中央部が振動するように励振電極などの配置が決められているが、中央部で振動する厚みすべり振動は、振動片の外周部へ伝播する。振動片の外周部の一部は、パッケージなどの収納容器に固着させて保持する保持部となるため、振動片の中央部から伝播した振動が抑制され、主振動である厚みすべり振動に影響し、あるいは、保持部から振動エネルギーが漏洩して、クリスタルインピーダンス（以下、「CI値」という）が低下したり、他の振動モードを誘発させて発振周波数の安定性を低下させたりする。

#### 【0004】

上記のような振動片の外周部に伝播した振動の抑制や漏洩を防止して発振周波数の安定化を図るために、振動片にコンベックス加工などを行って振動片を断面コンベックス形状とすることにより、外周部を薄肉として振動片外周部への振動の伝播を抑制し、振動エネルギーを振動片主面の中央部に集中させる方法が実施されている。

従来、断面コンベックス形状の振動片を形成するために、例えばパレル研磨機を用いたコンベックス加工が行われている。パレル研磨機は、水晶素板（水晶ウェハ）から断面矩形の短冊状に切り出した数百～数千個もの多数の水晶素子片を、研磨剤と共にポットに入れ、このポットを一定の速度で所定時間回転させることにより、上向き凸状をなす断面コンベックス形状を形成するものである。しかし、このパレル研磨機による振動片のコンベックス加工は、長時間を要するために製造効率及び生産性が低いうえに、コンベックス形状の制御が困難で所望の加工精度が得難いという課題があった。

このようなパレル研磨機によるコンベックス加工に代わる方法として、例えば特許文献1に、水晶振動片の断面コンベックス形状を近似的に階段形状に置き換えて断面コンベックス形状と同様な振動の閉じ込め効果を得ること、および、その階段形状を有する振動片を、エッチングレジスト寸法を段階的に変えてエッチングするフォトリソグラフィにより製造する方法が開示されている。

#### 【0005】

特許文献1に記載の水晶振動片（ATカットの水晶片）は、中央部を厚肉として両端側に向かって薄肉となる複数の段差が形成された断面階段形状、すなわち、平凸レンズ状のプラノコンベックス形状と近似される断面形状を有している。

また、このような断面階段形状の水晶振動片の製造方法では、ATカットされた水晶基板の両主面全体に、例えば耐酸性の金属膜からなる耐蝕膜をスパッタなどにより形成してからフォトレジストを塗布し、最も中央側の段差の形状を露光、現像してからエッチング液に浸し、感光したフォトレジストを除去した部分の耐蝕膜をエッチングして、この耐蝕膜からなる最も中央側の段差形成用のエッチングマスクを形成する。その後、その水晶基板を、例えばフッ化水素溶液およびフッ化アンモニウム溶液からなるエッチング液に浸漬してエッチングすることにより、水晶基板の最も中央側の段差を形成する。以降、必要な段差の数だけそのフォトリソグラフィによる工程を繰り返し、水晶基板を断面階段形状とする。そして、スパッタリングなどにより、励振電極などの必要な電極の形成を行う。

#### 【0006】

【特許文献1】特開昭58-47316号公報

【発明の開示】

10

20

30

40

50

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

しかしながら、特許文献1に記載の断面コンベックス形状に近似な断面階段形状の水晶振動片の製造方法のように、耐蝕膜からなるエッチングレジストの寸法を段階的に変えてエッチングする方法では、フォトリソグラフィを何度も繰り返す必要があるため、工程が複雑で工数が多く掛かり、生産性が低下して製造コストの増加を招く虞があった。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

10

## 【0009】

〔適用例1〕本適用例にかかる水晶振動片は、ATカットされた水晶基材の両主面の少なくとも一方の主面に所定の形状の凸部が設けられ、前記凸部上に励振電極が形成され、前記凸部の外周部分の少なくともX軸（電気軸）側に、堆積物からなり前記凸部よりも厚みの少ない段部が設けられていることを特徴とする。

## 【0010】

この構成によれば、表面に励振電極が形成された凸部によりメサ構造を有しているので、水晶振動片を励振させたときの厚みすべり振動を励振電極下により多く集中させることができるとともに、水晶振動片の凸部それぞれの外周部分のうち、少なくとも厚みすべり振動の伝播が主に起こるX軸側に段部が設けられることにより、複数の段差を有する断面階段形状が形成され、いわゆる平凸レンズ状のプラノコンベックス形状に近似される断面形状が形成される。

20

したがって、厚みすべり振動が中央部に集中され、さらに外周部への伝播が抑えられることにより、CI値の低下や他の振動モードとの結合が抑制されて、周波数特性の安定した水晶振動片を提供することができる。

## 【0011】

〔適用例2〕上記適用例にかかる水晶振動片において、前記段部が、前記水晶基材のZ軸（光軸）側にも設けられていることを特徴とする。

## 【0012】

この構成によれば、水晶振動片の中央から外周部分への厚みすべり振動の伝播をより確実に抑制することができる。

30

## 【0013】

〔適用例3〕上記適用例にかかる水晶振動片において、前記段部が、前記励振電極と同一材料からなることを特徴とする。

## 【0014】

この構成によれば、段部を、励振電極などの電極形成と同時に形成することができるので効率がよい。

## 【0015】

〔適用例4〕上記適用例にかかる水晶振動片において、前記段部が、前記励振電極および該励振電極から引き出された電極間配線および外部接続電極が形成された領域とは異なる領域に形成されていることを特徴とする。

40

## 【0016】

この構成によれば、短絡などの電氣的な不具合を回避しながら、外周部への厚みすべり振動の伝播が抑えられることにより優れた周波数特性を有する水晶振動片を提供できる。

## 【0017】

〔適用例5〕上記適用例にかかる水晶振動片において、外周部分に前記段部が設けられた前記凸部が、断面階段形状が形成されるように複数設けられていることを特徴とする。

## 【0018】

この構成によれば、段差数の多い断面階段形状が形成されるので、平凸レンズ状のプラノコンベックス形状により近似される断面形状を有する水晶振動片が得られる。したがっ

50

て、厚みすべり振動の外周部への伝播やスプリアス振動との結合が抑制され、優れた周波数特性を有する水晶振動片を提供することができる。

【0019】

〔適用例6〕本適用例にかかる水晶振動片の製造方法は、ATカットされた水晶基材の両主面の少なくとも一方の主面に所定の形状の凸部が設けられ、前記凸部上に励振電極が形成され、前記凸部の外周部分の少なくともX軸（電気軸）側に、堆積物からなり前記凸部よりも厚みの少ない段部が設けられている水晶振動片の製造方法であって、フォトリソグラフィにより前記水晶振動片の外形を形成する工程と、フォトリソグラフィにより前記ATカット水晶基材の一部をエッチングして前記凸部を形成する工程と、前記凸部を形成する工程の後で、前記励振電極を含む電極を形成する工程、および薄膜堆積法により前記段部を形成する工程と、を含むことを特徴とする。

10

【0020】

この構成によれば、長い加工時間を有する水晶エッチングにより形成される凸部のほかに、その凸部の外周部分に設けられる段部により多段の断面階段形状を形成して、厚みすべり振動の外周部への伝播を抑制し、優れた周波数特性を有する水晶振動片を効率的に製造することができる。

【0021】

〔適用例7〕上記適用例にかかる水晶振動片の製造方法において、前記外形を形成する工程の後で、前記凸部を形成する工程を実施することを特徴とする。

【0022】

この構成によれば、水晶振動片の外形を形成する工程の後で、凸部の形成を行う工順とすることにより、外形を形成する工程で用いた耐蝕膜を利用して、凸部形成用のエッチングレジストを形成することができるので効率がよい。

20

【0023】

〔適用例8〕上記適用例にかかる水晶振動片の製造方法において、前記電極を形成する工程が前記段部を形成する工程を含み、前記電極と同一材料により前記段部を形成することを特徴とする。

【0024】

この構成によれば、段部を、励振電極などの電極形成と同時に形成することができるので、製造効率が向上する。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、図面を参照しながらATカット水晶振動片およびその製造方法の一実施形態について説明する。

【0026】

（第1の実施形態）

まず、ATカット水晶振動片の一実施形態について説明する。

図1は、本実施形態にかかるATカット水晶振動片を模式的に説明するものであり、(a)は平面図、(b)は(a)のA-A線断面図、(c)は(a)のB-B線断面図、(d)は(b)のD部の部分拡大断面図である。なお、図1において、図中X、Y、Zは水晶の結晶軸方向を示しているものであり、X軸は電気軸、Y軸は機械軸、Z軸は光軸をそれぞれ示している。また、図1(a)において施している斜線のハッチングは、励振電極などの電極や配線を識別しやすくするためのものであり、断面を示すものではない。

40

【0027】

図1に示すように、ATカット水晶振動片10は、結晶軸から35°15'傾けた切断角度で切り出されたATカット水晶ウェハを用いて形成された水晶基材1の両主面の相対向する位置に、平面視で矩形状を呈する凸部5A、5Bが形成された所謂メサ構造を有している。

このような水晶基材1のメサ構造を有する外形は、後述するように、フォトリソグラフィにより水晶基材1（水晶ウェハ）をフッ酸溶液などでウェットエッチングしたり、ドラ

50

イエッチングすることにより精密に形成することができる。

【0028】

図1(a)に示すように、水晶基材1の一方の凸部5A上には、駆動用の電極である励振電極15Aが設けられている。また、水晶基材1の凸部5A側の面において、薄肉の外周部の外周面6Aの一端側近傍には、励振電極15Aと電極間配線16Aにより接続された外部接続電極17Aが設けられている。これと同様に、水晶基材1の他方の凸部5B上には励振電極15Bが設けられ(図1(b)を参照)、水晶基材1の凸部5B側の面において、薄肉の外周部の外周面6Bの一端側近傍に設けられた外部接続電極17Bと電極間配線16Bにより接続されている。なお、ATカット水晶振動片10において、外周面6Aおよび外周面6Bの外部接続電極17Aおよび外部接続電極17Bが設けられた部分は、パッケージのマウント端子上などに導電性接着剤などを介して接合された際に、ATカット水晶振動片10を支持する支持部11となる。

10

このような電極や配線などの電極パターンは、水晶基材1(水晶ウェハ)をエッチングしてメサ構造を有するATカット水晶振動片10の外形を形成した後に、蒸着またはスパッタリングにより、例えばニッケル(Ni)またはクロム(Cr)を下地層として、その上に例えば金(Au)による金属膜を成膜し、その後フォトリソグラフィを用いてパターンニングすることにより形成できる。

【0029】

また、図1(a)に示すように、凸部5Aの外周には、外周面6A上および凸部5Aの側壁に、電極形成用金属からなり凸部5Aよりも厚みを少なくして形成された段部25Aが凸部5Aの外周を縁取るように設けられている。すなわち、段部25Aは、ATカットされた水晶基材1において、凸部5AのX軸(電気軸)側に対向する二辺側およびZ軸(光軸)側に対向する二辺側の四辺すべてに、凸部5Aを取り囲むように設けられている。また、本実施形態の段部25Aは、励振電極15A, 15Bや外部接続電極17A, 17Bあるいは電極間配線16A, 16Bと同じ金属材料からなりそれらと同時に形成されている。

20

同様に、凸部5Bの外周には、外周面6B上および凸部5Bの側壁には、凸部5Bよりも厚みを少なくして形成された段部25Bが凸部5Bの外周を縁取るように設けられている(図1(b)、図1(c)を参照)。

【0030】

図1(d)に示すように、ATカット水晶振動片(10)の凸部5AのX軸(電気軸)側の辺近傍においては、水晶基材1の凸部5A、凸部5Aよりも厚みの少ない部分である外周面6A、および外周面6A上に凸部5Aよりも少ない厚みで形成された段部25Aにより、三つの段差を有する断面階段形状が形成されている。同様に、凸部5BのX軸(電気軸)側の辺近傍においては、水晶基材1の凸部5B、凸部5Bよりも厚みの少ない部分である外周面6B、および外周面6B上に凸部5Bよりも少ない厚みで形成された段部25Bにより、三つの段差を有する断面階段形状が形成されている。

30

これにより、ATカット水晶振動片(10)の凸部5A, 5B形成面それぞれの一方のX軸(電気軸)側の辺には、平凸レンズ状のプラノコンベックス形状の一端側と近似される断面形状が形成される。

40

【0031】

これと同様に、凸部5A, 5Bの他方のX軸(電気軸)側の辺、および、凸部5A, 5BのZ軸(光軸)側の対向する二辺についても、三つの段差を有する断面階段形状が形成され、これにより、ATカット水晶振動片10は、平凸レンズ状のプラノコンベックス形状と近似される断面形状を呈している。

【0032】

なお、図1(a)に示すように、電極形成用金属からなる段部25A, 25Bは、励振電極15A, 15B、外部接続電極17A, 17B、およびそれらに対応させて接続する電極間配線16A, 16Bなどの電極や電極間配線とは電氣的に絶縁されるように、それらの電極や電極間配線が形成された領域とは異なる領域に形成されている。

50

## 【 0 0 3 3 】

上記実施形態の A T カット水晶振動片 1 0 によれば、水晶基材 1 の両主面の相対向する位置に設けられ表面に励振電極 1 5 A , 1 5 B がそれぞれ形成された凸部 5 A , 5 B によりメサ構造を有しているため、A T カット水晶振動片 1 0 を励振させたときの厚みすべり振動を各励振電極 1 5 A , 1 5 B 下により多く集中させることができる。そのうえ、A T カット水晶振動片 1 0 の凸部 5 A , 5 B それぞれの外周に設けられる段部 2 5 A , 2 5 B により、三つの段差を有する断面階段形状が形成されている。これにより、加工時間を長く要する凸部 5 A , 5 B を各主面に一つずつ形成し、比較的容易に形成することが可能な各凸部 5 A , 5 B と対応する段部 2 5 A , 2 5 B との組み合わせによって断面階段形状を形成することによって、効率的に、平凸レンズ状のプラノコンベックス形状に近似される断面形状が形成されている。

10

しかも、A T カット水晶振動片 1 0 がメサ構造を有することにより、パッケージなどと接合される支持部 1 1 の厚みが薄くなっているため、支持部 1 1 からの振動の漏洩が抑えられる。

したがって、厚みすべり振動が中央部に集中され、さらに外周部への伝播が抑えられることにより、C I 値の低下や他の振動モードとの結合が抑制されて、周波数特性の安定した A T カット水晶振動片 1 0 を提供することができる。

## 【 0 0 3 4 】

〔 A T カット水晶振動片の製造方法 〕

次に、A T カット水晶振動片 1 0 の製造方法について説明する。

20

図 2 は、本実施形態の A T カット水晶振動片の製造工程を説明するフローチャートである。また、図 3 および図 4 は、本実施形態の A T カット水晶振動片 1 0 の製造方法において、図 2 のフローチャートのうちステップ S 3 の凸部形成工程とステップ S 4 の電極および段差形成工程の製造過程を具体的に説明する水晶振動片の模式断面図である。

## 【 0 0 3 5 】

図 2 において、A T カット水晶振動片 1 0 の製造では、まず、A T カットされた大判の水晶基板からなるウェハを準備する（ステップ S 1）。詳細には、人工水晶原石の一部を結晶軸を明確にしてブロック状に成形するランバード加工により得られた水晶ランバードから、ワイヤソーやバンドソーにより、水晶の結晶軸から  $35^{\circ}15'$  傾けた切断角度を狙って切り出した A T カット水晶基板のウェハを得る。そして、切り出されたウェハは、切断角度を正確に補正しながら所望の厚さおよび表面状態になるように研磨加工を施す。

30

## 【 0 0 3 6 】

次に、ステップ S 2 に示すように、フォトリソグラフィを用いたウェットエッチングにより、水晶基板のウェハに単数あるいは複数の A T カット水晶振動片 1 0 の外形を形成する。詳述すると、まず、水晶基板のウェハの両主面全体に、エッチングマスクとなる例えばクロム ( C r ) および金 ( A u ) からなる耐蝕膜をスパッタなどにより形成してからフォトレジストを塗布して、そのフォトレジスト上に A T カット水晶振動片 1 0 の外形パターンニング用のマスクを配置する。

そして、露光した後、フォトレジストの感光した部分を現像して除去してからエッチング液に浸し、感光したフォトレジストを除去した部分の耐蝕膜をエッチングして、ウェハ上に、耐蝕膜からなる A T カット水晶振動片 1 0 の外形形成用のエッチングマスクを形成する。

40

その後、A T カット水晶振動片 1 0 の外形形成用のエッチングマスクを形成したウェハを、例えばフッ化水素溶液およびフッ化アンモニウム溶液からなるエッチング液に浸漬して、ウェハの A T カット水晶振動片 1 0 の外形に対応した部分が貫通するまでエッチングする。

なお、A T カット水晶振動片 1 0 の外形は、ウェハから完全に切り離されないようにミシン目状の折り取り部によりウェハにつなげるようにしている。これにより、以降の工程をウェハ状態にて効率的に流動してから、最後に折り取り部を折り取ることによって個片の A T カット水晶振動片 1 0 を得ることができる。

50

## 【 0 0 3 7 】

次に、ステップ S 3 に示すように、フォトリソグラフィを用いて凸部 5 A , 5 B の形成を行う。

詳述すると、図 3 ( a ) に示すように、両面に耐蝕膜 9 5 が設けられた外形形成後の水晶基材 1 を準備する。本実施形態では、上記の A T カット水晶振動片 1 0 の外形形成工程 ( 図 2 のステップ S 2 ) でエッチングマスクとして用いた耐蝕膜 9 5 を剥離せずに残しておいて利用する。

## 【 0 0 3 8 】

すなわち、凸部形成工程では、まず、図 3 ( b ) に示すように、耐蝕膜 9 5 上にフォトレジスト 9 7 を塗布してから、そのフォトレジスト 9 7 に、ガラス板 8 1 に凸部 ( 5 A ) パターン 8 5 A および凸部 ( 5 B ) パターン 8 5 B がそれぞれ設けられたフォトマスク 8 0 A およびフォトマスク 8 0 B を用いて凸部 ( 5 A , 5 B ) それぞれの形状を露光する。

次に、図 3 ( c ) に示すように、フォトレジスト 9 7 を現像して凸部 ( 5 A ) パターン 9 7 A および凸部 ( 5 B ) パターン 9 7 B を得る。

## 【 0 0 3 9 】

次に、図 3 ( d ) に示すように、フォトレジストの凸部 ( 5 A ) パターン 9 7 A および凸部 ( 5 B ) パターン 9 7 B をエッチングレジストとして耐蝕膜 ( 9 5 ) をエッチングし、耐蝕膜 ( 9 5 ) からなる凸部 ( 5 A ) パターン 9 5 A および凸部 ( 5 B ) パターン 9 5 B を形成する。

次に、図 3 ( e ) に示すように、凸部 ( 5 A ) パターン 9 5 A および凸部 ( 5 B ) パターン 9 5 B をエッチングマスクとして、ウェハを、例えばフッ化水素溶液およびフッ化アンモニウム溶液からなるエッチング液に所定時間浸漬することにより凸部 5 A , 5 B を形成する。

そして、図 3 ( f ) に示すように、耐蝕膜からなる凸部 ( 5 A ) パターン 9 5 A および凸部 ( 5 B ) パターン 9 5 B を剥離して、凸部 5 A , 5 B が形成された水晶基材 1 を得る。

## 【 0 0 4 0 】

図 2 に戻り、次に、ステップ S 4 に示すように、スパッタリングや蒸着などの気相堆積法やフォトリソグラフィを用いて、励振電極 1 5 A , 1 5 B 、外部接続電極 1 7 A , 1 7 B 、およびそれらに対応させて接続する電極間配線 1 6 A , 1 6 B などの電極や配線と、それらの電極形成用の金属からなる段部 2 5 A , 2 5 B を同時に形成する電極および段部形成を行う。

## 【 0 0 4 1 】

詳述すると、図 4 ( a ) に示すように、凸部 5 A , 5 B が形成された水晶基材 1 の両面に、蒸着またはスパッタリングにより、ニッケルまたはクロムなどを下地層として、その上に例えば金を積層させた電極形成用の金属膜である金属膜 1 0 5 を成膜する。

次に、図 4 ( b ) に示すように、金属膜 1 0 5 上にフォトレジスト 9 8 を塗布してから、そのフォトレジスト 9 8 に、ガラス板 8 3 上に励振電極 ( 1 5 A ) パターン 8 6 A および段部 ( 2 5 A ) パターン 8 7 A が設けられたフォトマスク 8 2 A と、別のガラス板 8 3 上に励振電極 ( 1 5 B ) パターン 8 6 B および段部 ( 2 5 B ) パターン 8 7 B が設けられたフォトマスク 8 2 B を用いて励振電極 1 5 A , 1 5 B および段部 2 5 A , 2 5 B のそれぞれの形状を露光する ( 図 4 ( c ) を参照 ) 。

## 【 0 0 4 2 】

次に、図 4 ( d ) に示すように、フォトレジスト 9 8 を現像して露光された部分のフォトレジストを除去し、励振電極 ( 1 5 A ) パターン 9 8 A a および段部 ( 2 5 A ) パターン 9 8 A b と、励振電極 ( 1 5 B ) パターン 9 8 B a および段部 ( 2 5 B ) パターン 9 8 B b を得る。

## 【 0 0 4 3 】

次に、図 4 ( e ) に示すように、フォトレジストの励振電極 ( 1 5 A ) パターン 9 8 A a および段部 ( 2 5 A ) パターン 9 8 A b と、励振電極 ( 1 5 B ) パターン 9 8 B a およ

10

20

30

40

50



び段部(25B)パターン98Bbとをエッチングレジストとして金属膜(105)をエッチングした後、図4(f)に示すようにフォトレジストの励振電極(15A)パターン98Aaおよび段部(25A)パターン98Abと、励振電極(15B)パターン98Baおよび段部(25B)パターン98Bbとを剥離することにより、励振電極15Aおよび段部25Aと、励振電極15Bおよび段部25Bとを得る。

なお、図示は省略したが、上記の電極および段部形成工程では、励振電極15A, 15Bや段部25A, 25Bとともに、外部接続電極17A, 17B、およびそれらに対応させて接続する電極間配線16A, 16Bなどの他の電極や配線パターンも同時に形成される。

#### 【0044】

図2に戻り、次に、ステップS5に示すように、水晶基板のウェハから個々のATカット水晶振動片10を上記折り取り部で折り取って、個片のATカット水晶振動片10を得る個片化を実施し、一連のATカット水晶振動片10の製造工程を終了する。

#### 【0045】

上記実施形態のATカット水晶振動片10の製造方法によれば、凸部5A, 5Bおよびそれらの外周部分に設けられる段部25A, 25Bにより形成される断面階段形状を有することによって、厚みすべり振動の外周部への伝播を抑制するATカット水晶振動片10を製造することができる。

また、上記製造方法によれば、ATカット水晶振動片10の外形形成工程の後で、凸部5A, 5Bの形成を行う工順とすることにより、ATカット水晶振動片10の外形形成工程で用いた耐蝕膜を利用して、凸部5A, 5B用のエッチングレジストを形成することができるので効率がよい。

#### 【0046】

上記実施形態で説明したATカット水晶振動片およびその製造方法は、以下の変形例として実施することも可能である。

#### 【0047】

(変形例)

上記実施形態のATカット水晶振動片10では、水晶基材1をエッチング加工することにより形成した凸部5A, 5Bからなる段部一つと、電極形成用の金属からなる段部25A, 25Bとにより、三段の段部を有する断面階段形状を形成した。これに限らず、水晶基材をエッチング加工することにより形成する段部、および電極形成用の金属などを堆積させて形成する段部それぞれを複数設ける構成としてもよい。

図5は、水晶基材をエッチング加工することにより形成する段部、および電極形成用の金属などを堆積させて形成する段部それぞれを複数設けたATカット水晶振動片を模式的に説明する断面図である。また、図6は、本変形例のATカット水晶振動片の製造工程を説明するフローチャートである。

#### 【0048】

図5において、ATカット水晶振動片50は、ATカットされた水晶ウェハを用いて形成された水晶基材41の両主面の相対向する位置に、平面視で矩形状を呈する第1の凸部46A, 46Bが形成され、さらに第1の凸部46A, 46Bの中央部の相対向する位置に第2の凸部45A, 45Bが形成された多段メサ構造を有している。

このような水晶基材41の多段メサ構造を有する外形は、フォトリソグラフィにより水晶基材41(水晶ウェハ)をエッチングすることにより精密に形成される。

#### 【0049】

水晶基材41の一方の第2の凸部45A上には励振電極55Aが設けられ、他方の第2の凸部45B上には励振電極55Bが設けられている。

なお、ATカット水晶振動片50の最も肉薄の外周部分の外周面47A, 47Bには、上記実施形態のATカット水晶振動片10と同様に励振電極55A, 55Bにそれぞれ対応した外部接続電極が設けられているが、図示を省略する。

#### 【0050】

10

20

30

40

50

また、ATカット水晶振動片50の一方の第2の凸部45Aの外周において、第1の凸部46A上および第2の凸部45Aの側壁には、第2の凸部45Aよりも厚みを少なくして形成された段部65Aが第2の凸部45Aの外周を縁取るように設けられている。すなわち、段部65Aは、ATカットされた水晶基材41において、第2の凸部45AのX軸（電気軸）側に対向する二辺側およびZ軸（光軸）側に対向する二辺側の四辺すべてに、第2の凸部45Aを取り囲むように設けられている。この段部65Aは、励振電極55A、55Bや外部接続電極などの電極形成用の金属材料と同じ材料からなりそれらと同時に形成されている。

同様に、他方の第2の凸部45Bの外周において、第1の凸部46B上および第2の凸部45Bの側壁には、電極形成用の金属材料からなり第2の凸部45Bよりも厚みを少なくして形成された段部65Bが第2の凸部45Bの外周を縁取るように設けられている。

10

#### 【0051】

さらに、ATカット水晶振動片50の一方の第1の凸部46Aの外周において、外周面47A上および第1の凸部46Aの側壁には、第1の凸部46Aよりも厚みを少なくして形成された電極形成用の金属材料からなる段部75Aが第1の凸部46Aの外周を縁取るように設けられている。

同様に、他方の第1の凸部46Bの外周において、外周面47B上および第1の凸部46Bの側壁には、第1の凸部46Bよりも厚みを少なくして形成された電極形成用の金属材料からなる段部75Bが第1の凸部46Bの外周を縁取るように設けられている。

#### 【0052】

20

以上、説明した構成のATカット水晶振動片50の断面において、励振電極55Aが形成された側には、水晶基材41の第2の凸部45A、第1の凸部46A上に第2の凸部45Aよりも少ない厚みで形成された段部65A、および外周面47A上に第1の凸部46Aよりも少ない厚みで形成された段部75Aにより、五つの段差を有する断面階段形状が形成されている。

同様に、ATカット水晶振動片50の断面において、励振電極55Bが形成された側には、水晶基材41の第2の凸部45B、第1の凸部46B上に第2の凸部45Bよりも少ない厚みで形成された段部65B、および外周面47B上に第1の凸部46Bよりも少ない厚みで形成された段部75Bにより、五つの段差を有する断面階段形状が形成されている。

30

これにより、ATカット水晶振動片50は、上記実施形態のATカット水晶振動片10に比して、平凸レンズ状のプラノコンベックス形状とより近似される断面形状を呈している。

#### 【0053】

次に、本変形例のATカット水晶振動片50の製造方法について説明する。なお、本変形例のATカット水晶振動片50の製造方法は、凸部形成工程が2回繰り返されること以外は、上記実施形態のATカット水晶振動片10の製造方法と同じため、説明を省略する。

#### 【0054】

図6において、ATカット水晶振動片50の製造方法では、まず、ステップS11に示すように、水晶ランバードからATカットにて切り出されたATカット水晶基板のウェハを、所望の厚さおよび表面状態になるように研磨加工するウェハの準備を行う。

40

#### 【0055】

次に、ステップS12に示すように、上記実施形態の外形形成工程（図2のステップS2）と同様に、フォトリソグラフィを用いたウェットエッチングにより、水晶基板のウェハに単数あるいは複数のATカット水晶振動片50の外形を形成する。

#### 【0056】

次に、ステップS13およびステップS14に示すように、上記実施形態の凸部形成工程（図2のステップS3、および図3を参照）と同様に、フォトリソグラフィを用いて第1の凸部46A、46B、および第2の凸部45A、45Bの形成をこの順に行う。具体

50

的には、ステップ S 1 2 の外形形成工程でエッチングマスクとして用いた耐蝕膜を剥離せずに残して利用し、その耐蝕膜をエッチングマスクとしてフォトリソグラフィを二回繰り返すことにより、第 1 の凸部 4 6 A , 4 6 B と、第 2 の凸部 4 5 A , 4 5 B とを順次形成する。

【 0 0 5 7 】

次に、ステップ S 1 5 に示すように、スパッタリングや蒸着などの気相堆積法やフォトリソグラフィを用いて、励振電極 5 5 A , 5 5 B 、外部接続電極、およびそれらに対応させて接続する電極間配線などの電極や配線と、それらの電極形成用の金属からなる段部 6 5 A , 6 5 B および段部 7 5 A , 7 5 B を同時に形成する電極および段部形成を行う。

【 0 0 5 8 】

そして、ステップ S 1 6 に示すように、水晶基板のウェハから個々の A T カット水晶振動片 5 0 を切り離して個片の A T カット水晶振動片 5 0 を得る個片化を実施し、一連の A T カット水晶振動片 5 0 の製造工程を終了する。

【 0 0 5 9 】

上記変形例の A T カット水晶振動片 5 0 によれば、第 1 の凸部 4 6 A , 4 6 B および第 2 の凸部 4 5 A , 4 5 B の 2 つの凸部と、その 2 つの凸部それぞれの外周に設けられる段部 7 5 A , 7 5 B および段部 6 5 A , 6 5 B とにより、五つの段差を有する断面階段形状が形成されている。これにより、加工時間を長く要する凸部形成のみによって断面階段形状を形成した場合に比して、効率的に、より平凸レンズ状のプラノコンベックス形状に近似される断面形状を形成することができる。

したがって、A T カット水晶振動片 5 0 の中央部から外周部に向かっての厚みすべり振動の伝播を減衰させることにより、振動の外周部への伝播をより効果的に抑制することが可能な A T カット水晶振動片 5 0 を提供することができる。

【 0 0 6 0 】

以上、発明者によってなされた本発明の実施の形態について具体的に説明したが、本発明は上記した実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の変更を加えることが可能である。

【 0 0 6 1 】

例えば、上記実施形態および変形例では、A T カットされた水晶基材 1 , 4 1 の両主面に凸部および段部を設けることにより、平凸レンズ状のプラノコンベックス形状に近似される断面形状の A T カット水晶振動片 1 0 , 5 0 を形成した。これに限らず、水晶基材の一方の主面側に凸部および段部を設ける構成としても、振動片の中央部から外周部に向かっての厚みすべり振動の伝播を減衰させる効果を奏する。

【 0 0 6 2 】

また、上記実施形態の A T カット水晶振動片 1 0 の製造方法では、外形形成工程の後に、凸部形成工程を行う工順を説明した。これに限らず、外形形成工程の前に凸部形成工程を行う工順としても、上記実施形態の A T カット水晶振動片 1 0 を製造することは可能である。

【 0 0 6 3 】

また、上記実施形態および変形例では、段部 2 5 A , 2 5 B または段部 6 5 A , 6 5 B , 7 5 A , 7 5 B を、励振電極や外部接続電極などの電極形成用の金属材料を用いて、それらの電極と同時に形成した。これに限らず、例えば、液状またはペースト状の樹脂やガラスなどを堆積させて成膜する方法により形成される他の材料の堆積物からなる段部であってもよい。

【 0 0 6 4 】

また、上記実施形態および変形例では、凸部 5 A , 5 B または第 1 の凸部 4 6 A , 4 6 B あるいは第 2 の凸部 4 5 A , 4 5 B などの凸部の外周部分の略全周に、段部 2 5 A , 2 5 B または段部 6 5 A , 6 5 B , 7 5 A , 7 5 B を設けた。これに限らず、A T カットされた水晶基材 1 , 4 1 において、凸部の少なくとも X 軸（電気軸）側に対向する二辺側に段部が設けられているだけでもよい。これによっても、A T カット水晶振動片における厚

10

20

30

40

50

みすべり振動の外周部への伝播はA Tカットされた水晶基材1, 41のX軸側に主に起こるので、厚みすべり振動の外周部への伝播を効果的に抑えることができる。

【0065】

また、上記変形例のA Tカット水晶振動片50では、第1の凸部46A, 46Bと第2の凸部45A, 45Bとの2つの凸部と、各凸部の外周部分に設けられた段部75A, 75Bおよび段部65A, 65Bとにより、平凸レンズ状のプラノコンベックス形状により近似な断面階段形状を形成した。これに限らず、三つ以上の凸部を設け、各凸部の外周部分に段部を形成する構成としてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0066】

10

【図1】(a)は、本実施形態にかかる水晶振動片としてのA Tカット水晶振動片を模式的に説明する平面図、(b)は、(a)のA - A線断面図、(c)は、(a)のB - B線断面図、(d)は、(b)のD部の部分拡大断面図。

【図2】本実施形態のA Tカット水晶振動片の製造工程を説明するフローチャート。

【図3】本実施形態のA Tカット水晶振動片の製造方法のうち、凸部形成工程と電極および段差形成工程の製造過程を具体的に説明する水晶振動片の模式断面図。

【図4】本実施形態のA Tカット水晶振動片の製造方法のうち、凸部形成工程と電極および段差形成工程の製造過程を具体的に説明する水晶振動片の模式断面図。

【図5】A Tカット水晶振動片の変形例を模式的に説明する断面図

【図6】変形例のA Tカット水晶振動片の製造方法を説明するフローチャート。

20

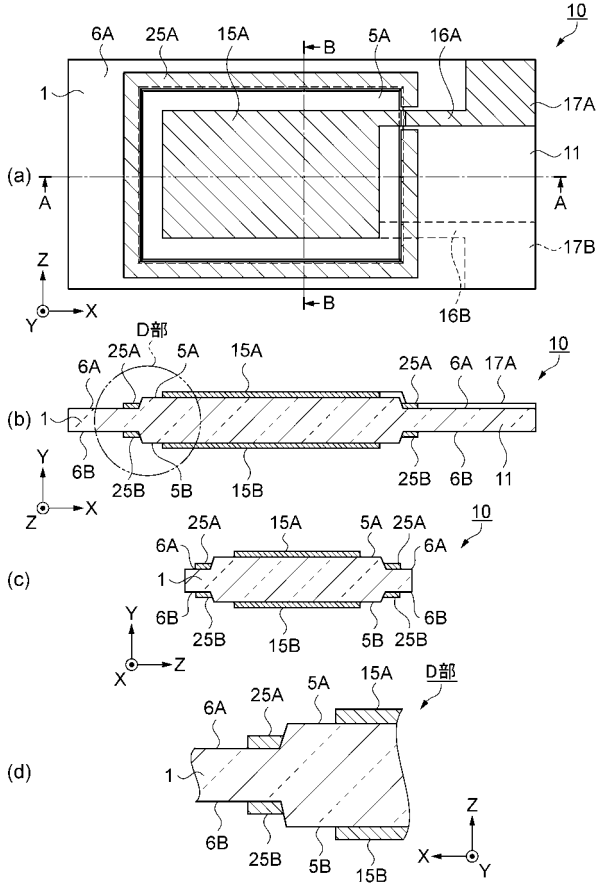
【符号の説明】

【0067】

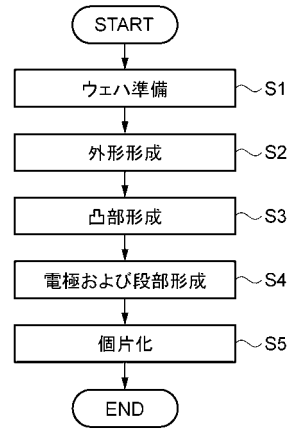
1, 41...水晶基材、5A, 5B...凸部、6A, 6B, 47A, 47B...外周面、10, 50...A Tカット水晶振動片、11...支持部、15A, 15B, 55A, 55B...励振電極、16A, 16B...電極間配線、17A, 17B...外部接続電極、25A, 25B, 65A, 65B, 75A, 75B...段部、45A, 45B...第2の凸部、46A, 46B...第1の凸部、80A, 80B, 82A, 82B...フォトマスク、85A, 85B, 95A, 95B, 97A, 97B...凸部パターン、86A, 86B, 98Aa, 98Ba...励振電極パターン、87A, 87B, 98Ab, 98Bb...段部パターン、95...耐蝕膜、97, 98...フォトレジスト、105...金属膜。

30

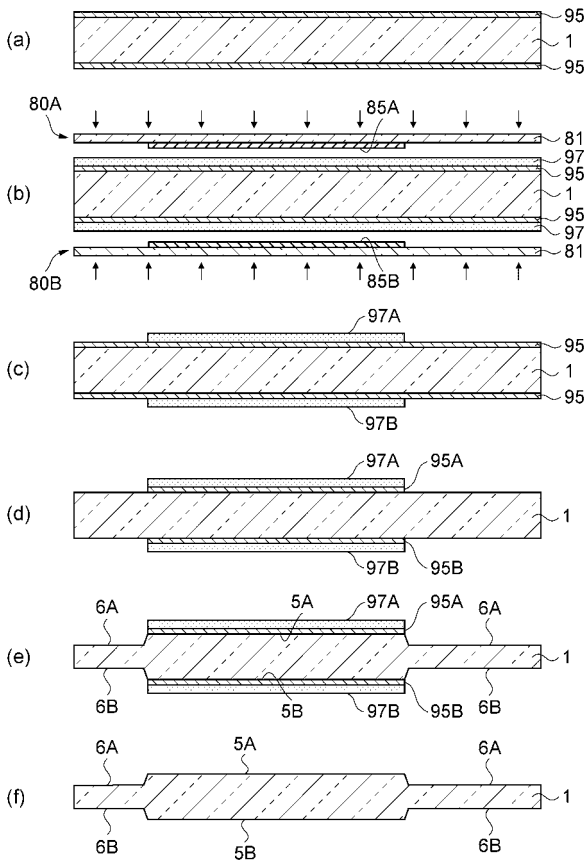
【 図 1 】



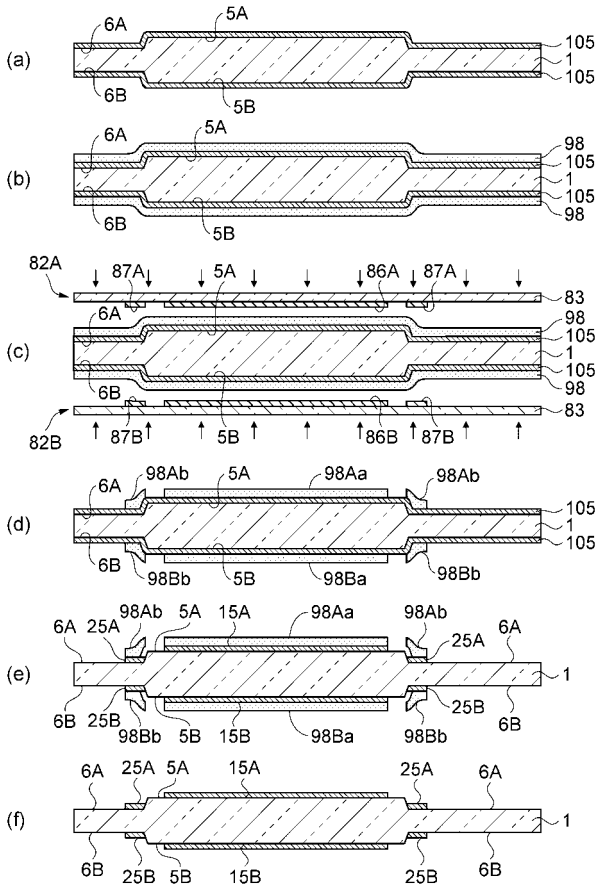
【 図 2 】



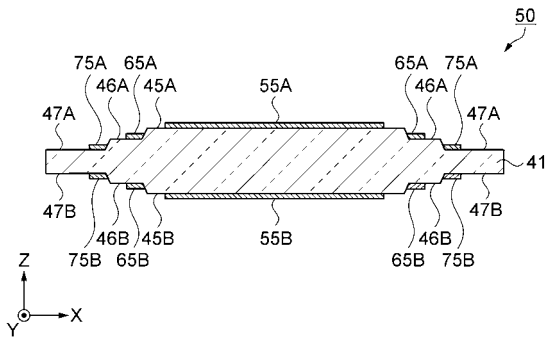
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

