

(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2016-174328
(P2016-174328A)

(43) 公開日 平成28年9月29日(2016.9.29)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
H03H 3/02 (2006.01) H03H 3/02 C 5J108

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2015-54404 (P2015-54404)
(22) 出願日 平成27年3月18日 (2015.3.18)

(71) 出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(74) 代理人 100116665
弁理士 渡辺 和昭
(74) 代理人 100164633
弁理士 西田 圭介
(74) 代理人 100179475
弁理士 仲井 智至
(72) 発明者 山本 雄介
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 AA04 BB02 BB03 CC04 CC12
DD02 KK01 MM08 NA02

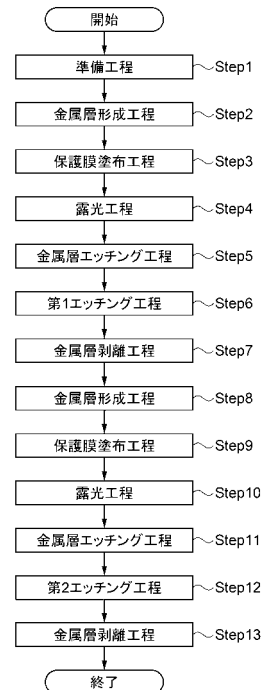
(54) 【発明の名称】 ウェーハの製造方法及びウェーハ

(57) 【要約】

【課題】ウェーハから振動素子を個片化可能なウェーハの製造方法及びウェーハを提供する。

【解決手段】本発明のウェーハの製造方法は、ウェーハとしての水晶基板10をエッチングして、薄肉部に対応する領域である第1領域20を形成すると共に、振動素子12の外形に対応する領域を薄肉部の深さ分だけ同時にハーフエッチングする第1エッチング工程と、ハーフエッチングされた外形に対応する領域をエッチングして個片の振動素子12の外形を形成する第2エッチング工程と、を含む。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

薄肉部と、前記薄肉部の外縁の一部を除いて前記外縁に一体化され、前記薄肉部よりも厚さが厚い厚肉部と、を含む複数の振動素子が、フレームに連結されているウェーハの製造方法であって、

ウェーハをエッチングして、前記薄肉部に対応する領域を形成すると共に、前記振動素子の外形に対応する領域を前記薄肉部の深さ分だけ同時にハーフエッチングする第 1 エッチング工程と、

前記ハーフエッチングされた外形に対応する領域をエッチングして個片の前記振動素子の外形を形成する第 2 エッチング工程と、

を含むことを特徴とするウェーハの製造方法。

10

【請求項 2】

厚み滑り振動で振動する振動領域を含む第 1 領域と、

前記第 1 領域の外縁に一体化され、前記第 1 領域よりも厚さが厚い第 2 領域と、
を含み、

前記第 1 領域の前記外縁は、

前記厚み滑り振動の振動方向と直交する一方の第 1 外縁及び他方の第 1 外縁と、

前記振動方向に沿った一方の第 2 外縁及び他方の第 2 外縁と、

を含み、

前記一方の第 1 外縁は、前記他方の第 1 外縁と前記振動方向に離間し、

20

前記一方の第 2 外縁は、前記他方の第 2 外縁と前記振動方向に直交する方向に離間し、

前記第 2 領域は、

前記一方の第 1 外縁に接続している第 1 厚肉部と、

前記一方の第 2 外縁に接続している第 2 厚肉部と、

前記第 1 厚肉部及び前記第 2 厚肉部に接続している第 3 厚肉部と

を含む振動素子が、

前記振動方向に直交する方向に沿って複数並んでおり、

第 1 の振動素子の前記第 2 厚肉部の前記一方の第 2 外縁側とは反対側の前記一方の第 2 外縁側と並行する外縁及び第 3 厚肉部が、隣に並んでいる第 2 の振動素子の前記第 1 領域の前記他方の第 2 外縁及び第 1 厚肉部と、長さ W の間隔で離間しているウェーハの製造方法であって、

30

ウェーハを準備する準備工程と、

前記ウェーハの表面に保護膜を塗布する保護膜塗布工程と、

前記振動方向に直交する方向に沿った長さが W、前記振動方向に沿った長さが前記振動素子の前記振動方向に沿った長さ以上である第 1 の開口と、前記第 1 領域に対応する第 2 の開口と、を含む開口部が、前記振動方向に直交する方向に沿って複数並んでいるマスクを用いて前記保護膜を露光する露光工程と、を含み、

前記ウェーハの厚さを t としたとき、

$$0.029 < (W / t^2) < 0.033$$

の関係を満たすことを特徴とするウェーハの製造方法。

40

【請求項 3】

請求項 2 に記載のウェーハの製造方法において、

前記ウェーハは、

水晶の結晶軸である、電気軸としての X 軸と、機械軸としての Y 軸と、光学軸としての Z 軸と、からなる直交座標系の前記 X 軸を回転軸として、前記 Z 軸を前記 Y 軸の - Y 方向へ + Z 側が回転するように傾けた軸を Z' 軸とし、前記 Y 軸を前記 Z 軸の + Z 方向へ + Y 側が回転するように傾けた軸を Y' 軸とし、前記 X 軸及び前記 Z' 軸を含む面を主面とし、前記 Y' 軸に沿った方向を厚さとする水晶基板であることを特徴とするウェーハの製造方法。

【請求項 4】

50

厚み滑り振動で振動する振動領域を含む第 1 領域と、
前記第 1 領域の外縁に一体化され、前記第 1 領域よりも厚さが厚い第 2 領域と、
を含み、

前記第 1 領域の前記外縁は、
前記厚み滑り振動の振動方向と直交する一方の第 1 外縁及び他方の第 1 外縁と、
前記振動方向に沿った一方の第 2 外縁及び他方の第 2 外縁と、

を含み、

前記一方の第 1 外縁は、前記他方の第 1 外縁と前記振動方向に離間し、
前記一方の第 2 外縁は、前記他方の第 2 外縁と前記振動方向に直交する方向に離間し、
前記第 2 領域は、

10

前記一方の第 1 外縁に接続している第 1 厚肉部と、
前記一方の第 2 外縁に接続している第 2 厚肉部と、
前記第 1 厚肉部及び前記第 2 厚肉部に接続している第 3 厚肉部と

を含む振動素子が、

前記振動方向に直交する方向に沿って複数並んでいるウェーハであって、

第 1 の振動素子の前記第 2 厚肉部の前記一方の第 2 外縁側とは反対側の前記一方の第 2 外縁側と並行する外縁及び第 3 厚肉部と、隣に並んでいる第 2 の振動素子の前記第 1 領域の前記他方の第 2 外縁及び第 1 厚肉部と、の間隔の長さを W 、

前記ウェーハの厚さを t 、

としたとき、

20

$$0.029 < (W / t^2) < 0.033$$

の関係を満たすことを特徴とするウェーハ。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のウェーハにおいて、

前記ウェーハは、

水晶の結晶軸である、電気軸としての X 軸と、機械軸としての Y 軸と、光学軸としての Z 軸と、からなる直交座標系の前記 X 軸を回転軸として、前記 Z 軸を前記 Y 軸の $-Y$ 方向へ $+Z$ 側が回転するように傾けた軸を Z' 軸とし、前記 Y 軸を前記 Z 軸の $+Z$ 方向へ $+Y$ 側が回転するように傾けた軸を Y' 軸とし、前記 X 軸及び前記 Z' 軸を含む面を主面とし、前記 Y' 軸に沿った方向を厚さとする水晶基板であることを特徴とするウェーハ。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ウェーハの製造方法及びウェーハに関する。

【背景技術】

【0002】

主振動である厚み滑り振動を励振する AT カット水晶振動子は、小型化、高周波数化に適し、且つ周波数温度特性が優れた三次曲線を呈するので、発振器、電子機器などの多方面で使用されている。特に、近年では伝送通信機器や OA 機器の処理速度の高速化、あるいは通信データや処理量の大容量化が進むのに伴い、それに用いられる基準周波数信号源としての AT カット水晶振動子に対し高周波化の要求が強まっている。そのため、厚み滑り振動で励振する振動部分の厚みを薄くすることにより、高周波化を図っている。

40

【0003】

特許文献 1 には、薄肉の矩形状の振動部と、振動部の 3 辺に接続して設けられた厚肉部と、を有する逆メサ構造で高周波化を図っている水晶振動素子を、ウェットエッチング工法により、逆メサ部を形成した後に、素子外形を加工して個片化して製造する圧電基板の製造方法が開示されている。特許文献 2 には、薄肉の矩形状の振動部と、振動部の 2 辺に接続して設けられた厚肉部と、を有する逆メサ構造の圧電振動素子及びその製造方法が開示されている。特許文献 3 には、薄肉の矩形状の振動部と、振動部の 2 辺に接続して設けられた厚肉部とを有し、更に、厚肉部の一部を斜めにカットした逆メサ構造の振動素子及

50

びその製造方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-203700号公報

【特許文献2】特開2013-042440号公報

【特許文献3】特開2014-138413号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1～3に記載の水晶振動素子の製造方法では、ウェーハ上に並んでいる複数の水晶振動素子の隣り合う2つの水晶振動素子の間隔によっては、2つの水晶振動素子の間に水晶のエッチング異方性に起因した r 面等の結晶面による残渣が生じ、個片化できないという課題があった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

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、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

【0007】

[適用例1] 本適用例に係るウェーハの製造方法は、薄肉部と、前記薄肉部の外縁の一部を除いて前記外縁に一体化され、前記薄肉部よりも厚さが厚い厚肉部と、を含む複数の振動素子が、フレームに連結されているウェーハの製造方法であって、ウェーハをエッチングして、前記薄肉部に対応する領域を形成すると共に、前記振動素子の外形に対応する領域を前記薄肉部の深さ分だけ同時にハーフエッチングする第1エッチング工程と、前記ハーフエッチングされた外形に対応する領域をエッチングして個片の前記振動素子の外形を形成する第2エッチング工程と、を含むことを特徴とする。

【0008】

本適用例によれば、振動素子の外形を形成する第2エッチング工程の前に、第1エッチング工程において、薄肉部を形成するエッチングと共に、個片化するための厚肉部の一部を同時にハーフエッチングするため、第2エッチング工程でエッチングする時間が多くなり、ウェーハ材料のエッチング異方性に起因した結晶面によるエッチング残渣の発生を低減し、振動素子を個片化することができる。

【0009】

[適用例2] 本適用例に係るウェーハの製造方法は、厚み滑り振動で振動する振動領域を含む第1領域と、前記第1領域の外縁に一体化され、前記第1領域よりも厚さが厚い第2領域と、を含み、前記第1領域の前記外縁は、前記厚み滑り振動の振動方向と直交する一方の第1外縁及び他方の第1外縁と、前記振動方向に沿った一方の第2外縁及び他方の第2外縁と、を含み、前記一方の第1外縁は、前記他方の第1外縁と前記振動方向に離間し、前記一方の第2外縁は、前記他方の第2外縁と前記振動方向に直交する方向に離間し、前記第2領域は、前記一方の第1外縁に接続している第1厚肉部と、前記一方の第2外縁に接続している第2厚肉部と、前記第1厚肉部及び前記第2厚肉部に接続している第3厚肉部とを含む振動素子が、前記振動方向に直交する方向に沿って複数並んでおり、第1の振動素子の前記第2厚肉部の前記一方の第2外縁側とは反対側の前記一方の第2外縁側と並行する外縁及び第3厚肉部が、隣に並んでいる第2の振動素子の前記第1領域の前記他方の第2外縁及び第1厚肉部と、長さ W の間隔で離間しているウェーハの製造方法であって、ウェーハを準備する準備工程と、前記ウェーハの表面に保護膜を塗布する保護膜塗布工程と、前記振動方向に直交する方向に沿った長さが W 、前記振動方向に沿った長さが前記振動素子の前記振動方向に沿った長さ以上である第1の開口と、前記第1領域に対応する第2の開口と、を含む開口部が、前記振動方向に直交する方向に沿って複数並んでいるマスクを用いて前記保護膜を露光する露光工程と、を含み、前記ウェーハの厚さを t と

10

20

30

40

50

したとき、 $0.029 < (W/t^2) < 0.033$ の関係を満たすことを特徴とする。

【0010】

本適用例によれば、隣り合う振動素子の対向する外縁の間隔の長さ W をウェーハの厚さ t に対して、 $0.029 < (W/t^2) < 0.033$ の関係を満たす長さとする開口部を有するマスクを用いて露光し、エッチングパターンを形成した後に、第1エッチング工程で、隣り合う振動素子の間をエッチングする。こうすることにより、第2エッチング工程において、隣り合う振動素子の間をエッチングする時間を多くすることができ、隣り合う振動素子の間に生じるウェーハ材料のエッチング異方性に起因した結晶面（ r 面）による残渣を低減し、振動素子を個片化することができる。なお、 (W/t^2) が 0.029 より小さい場合には、間隔が狭くなるので、一方の外縁から発生した結晶面（ r 面）が他方の外縁と繋がり、エッチング速度が著しく遅くなり、第2エッチング工程においても貫通することができず、振動素子を個片化することができない。また、 (W/t^2) が 0.033 より大きい場合には、間隔が広くなるので、一方の外縁から発生した結晶面（ r 面）が他方の外縁と繋がる前に、第2エッチング工程において貫通することができ、振動素子を容易に個片化することができるが、振動素子の取り数が減るため、低コスト化が図れない。

10

【0011】

[適用例3] 上記適用例に記載のウェーハの製造方法において、前記ウェーハは、水晶の結晶軸である、電気軸としての X 軸と、機械軸としての Y 軸と、光学軸としての Z 軸と、からなる直交座標系の前記 X 軸を回転軸として、前記 Z 軸を前記 Y 軸の $-Y$ 方向へ $+Z$ 側が回転するように傾けた軸を Z' 軸とし、前記 Y 軸を前記 Z 軸の $+Z$ 方向へ $+Y$ 側が回転するように傾けた軸を Y' 軸とし、前記 X 軸及び前記 Z' 軸を含む面を主面とし、前記 Y' 軸に沿った方向を厚さとする水晶基板であることが好ましい。

20

【0012】

本適用例によれば、小型化、高周波数化に適し、且つ周波数温度特性に優れた振動素子を製造することができる。

【0013】

[適用例4] 本適用例に係るウェーハは、厚み滑り振動で振動する振動領域を含む第1領域と、前記第1領域の外縁に一体化され、前記第1領域よりも厚さが厚い第2領域と、を含み、前記第1領域の前記外縁は、前記厚み滑り振動の振動方向と直交する一方の第1外縁及び他方の第1外縁と、前記振動方向に沿った一方の第2外縁及び他方の第2外縁と、を含み、前記一方の第1外縁は、前記他方の第1外縁と前記振動方向に離間し、前記一方の第2外縁は前記他方の第2外縁と前記振動方向に直交する方向に離間し、前記第2領域は、前記一方の第1外縁に接続している第1厚肉部と、前記一方の第2外縁に接続している第2厚肉部と、前記第1厚肉部及び前記第2厚肉部に接続している第3厚肉部とを含む振動素子が、前記振動方向に直交する方向に沿って複数並んでいるウェーハであって、第1の振動素子の前記第2厚肉部の前記一方の第2外縁側とは反対側の前記一方の第2外縁側と並行する外縁及び第3厚肉部と、隣に並んでいる第2の振動素子の前記第1領域の前記他方の第2外縁及び第1厚肉部と、の間隔の長さを W 、前記ウェーハの厚さを t 、としたとき、 $0.029 < (W/t^2) < 0.033$ の関係を満たすことを特徴とする。

30

40

【0014】

本適用例によれば、 (W/t^2) が $0.029 < (W/t^2) < 0.033$ の関係を満たしているので、隣り合う振動素子において、一方の外縁から発生した結晶面が他方の外縁と繋がることによる個片化不良を低減し且つウェーハからの取り数を増やし低コストの振動素子を得ることができる。

【0015】

[適用例5] 上記適用例に記載のウェーハにおいて、前記ウェーハは、水晶の結晶軸である、電気軸としての X 軸と、機械軸としての Y 軸と、光学軸としての Z 軸と、からなる直交座標系の前記 X 軸を回転軸として、前記 Z 軸を前記 Y 軸の $-Y$ 方向へ $+Z$ 側が回転するように傾けた軸を Z' 軸とし、前記 Y 軸を前記 Z 軸の $+Z$ 方向へ $+Y$ 側が回転するよう

50

に傾けた軸を Y' 軸とし、前記 X 軸及び前記 Z' 軸を含む面を主面とし、前記 Y' 軸に沿った方向を厚さとする水晶基板であることが好ましい。

【0016】

本適用例によれば、小型化、高周波数化に適し、且つ周波数温度特性に優れた振動素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の一実施形態に係る振動素子が形成されたウェーハの概略平面図。

【図2】水晶基板と水晶の結晶軸との関係を説明する図。

【図3】図1中のA部を拡大したウェーハの概略平面図。

【図4】図3中のB-B線の概略断面図。

【図5】図3中のC-C線の概略断面図。

【図6】間隔の長さWと振動素子分割の良否との関係を示す図。

【図7】本発明の一実施形態に係るウェーハの製造方法を示す工程図。

【図8】(a)~(f)図7に示す主要な工程毎の図3におけるD-D線での概略断面図。

【図9】(g)~(l)図7に示す主要な工程毎の図3におけるD-D線での概略断面図。

【図10】本発明の一実施形態に係るマスクの概略平面図。

【図11】振動素子の外形を形成するマスクの概略平面図。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下に示す各図においては、各構成要素を図面上で認識され得る程度の大きさとするため、各構成要素の寸法や比率を実際の構成要素とは適宜に異ならせて記載する場合がある。

【0019】

<ウェーハ>

本発明の一実施形態に係るウェーハの一例として、逆メサ構造の振動素子12を形成した水晶基板を挙げ、その概略構成について、図1~図5を参照して説明する。なお、以降の水晶基板10や振動素子12の概略構成を説明する図では、説明の便宜上、互いに直交する3つの軸として、X軸、Y'軸及びZ'軸を図示しており、その図示した矢印の先端側を「+側」、基端側を「-側」としている。また、X軸に平行な方向を「X軸方向」と言い、Y'軸に平行な方向を「Y'軸方向」と言い、Z'軸に平行な方向を「Z'軸方向」と言う。

図1は、本発明の一実施形態に係る振動素子が形成されたウェーハの概略平面図である。図2は、ATカット水晶基板と水晶の結晶軸との関係を説明する図である。図3は、図1中のA部を拡大したウェーハの概略平面図である。図4は、図3中のB-B線の概略断面図である。図5は、図3中のC-C線の概略断面図である。

【0020】

ウェーハとしての水晶基板10は、板状であり、図1に示すように、複数の振動素子12が連結部14を介してフレームとしての枠部16及び外周枠部18に連結して形成されている。水晶基板10に形成されている振動素子12は、第1領域20と、第1領域20より厚さが厚い第2領域22と、を有しており、第2領域22と連結部14とが連結している。また、複数の振動素子12は、連結部14が連結されている方向(X軸方向)と交差する方向(Z'軸方向)に並び、長さWの間隔で配置されている。なお、並んで配置されている両端側の振動素子12は外周枠部18と長さWの間隔で配置されている。また、振動素子12を個片化するとき、連結部14で折り取ることで個片化する。

【0021】

水晶基板10は、図2に示すように、水晶の結晶軸である、電気軸としてのX軸と、機械軸としてのY軸と、光学軸としてのZ軸と、からなる直交座標系のX軸を回転軸として

10

20

30

40

50

、Z軸をY軸の-Y方向へ+Z側が所定の角度 回転するように傾けた軸をZ'軸とする。また、Y軸をZ軸の+Z方向へ+Y側が所定の角度 回転するように傾けた軸をY'軸とする。X軸及びZ'軸を含む面を主面とし、Y'軸に沿った方向を厚さとする。本実施形態の水晶基板10は、XZ'面をX軸の回りに所定の角度 回転させた平面に沿って切り出された「回転Yカット水晶基板」であり、たとえば $\theta = 35^\circ 15'$ だけ回転させた平面に沿って切り出された場合の基板は「ATカット水晶基板」という。このような水晶基板10を用いることにより優れた温度特性を有する振動素子12を得ることができる。なお、水晶基板10の主振動は厚み滑り振動であり、X軸方向に振動する。

【0022】

次に、図3～図5を参照し、水晶基板10に設けられている振動素子12を説明する。

振動素子12は、厚み滑り振動で振動する振動領域を含む第1領域20と、第1領域20の外縁に一体化され、第1領域20よりも厚さが厚い第2領域22と、を含んでいる。矩形の第1領域20の外縁は、振動方向(X軸方向)と直交し、振動方向に離間して配置される一方の第1外縁24a及び他方の第1外縁24bと、振動方向に沿って、振動方向と直交する方向(Z'軸方向)に離間して配置される一方の第2外縁26a及び他方の第2外縁26bと、を含んでいる。第2領域22は、一方の第1外縁24aに接続している第1厚肉部28と、一方の第2外縁26aに接続している第2厚肉部30と、第1厚肉部28及び第2厚肉部30に接続している第3厚肉部32と、を含んでいる。

【0023】

振動方向に直交する方向(Z'軸方向)に沿って複数並んでいる振動素子12は、第1の振動素子12aの第2厚肉部30の一方の第2外縁26a側とは反対側の一方の第2外縁26a側と並行する外縁と第3厚肉部32とによる外縁40と、隣に並んでいる第2の振動素子12bの第1領域20の他方の第2外縁26bと第1厚肉部28とによる外縁42と、を長さWの間隔で配置されている。

【0024】

次に、振動方向に直交する方向(Z'軸方向)に沿って並んでいる振動素子12間の間隔の長さWと水晶基板10の厚さtとの関係について、図6を参照し説明する。

図6は、間隔の長さWと振動素子分割の良否との関係を示す図である。

振動素子12間の間隔の長さWと水晶基板10の厚さtとの最適値を見出すために、以下の実験を行った。振動素子12間の間隔の長さWを $180\mu\text{m} \sim 210\mu\text{m}$ の範囲で設計した第1エッチング工程用のマスクを用い、後述するウェーハの製造方法により、厚さ $80\mu\text{m}$ の水晶基板10をエッチング加工して振動素子12を水晶基板10に形成した。その後、水晶基板10の枠部16(外周枠部18)から振動素子12が折り取れるか又は水晶のエッチング異方性に起因した結晶面(r面)が生じることによって発生するエッチング残渣E1(図8(e)参照)が残っていないかを評価した。図6中の良否とは、エッチング残渣E1が残り振動素子12が折り取れない場合を「x」とし、エッチング残渣が無く振動素子12が折り取れた場合を「○」として示している。

【0025】

図6より、振動素子12間の間隔の長さWが $185\mu\text{m}$ 以下では、エッチング残渣E1が残り振動素子12が折り取れず、間隔の長さWが $190\mu\text{m}$ 以上では、エッチング残渣が無く振動素子12が折り取れることが判明した。つまり、 (W/t^2) を0.029より大きくするとエッチング残渣E1が残らず、振動素子12を容易に個片化することができる。なお、 (W/t^2) を0.033より大きくすると、間隔が広くなり振動素子12の取り数が減るため、低コスト化が図れないという問題を生じる。

従って、 (W/t^2) が $0.029 < (W/t^2) < 0.033$ の関係を満たしていると、隣り合う振動素子12において、水晶のエッチング異方性に起因した結晶面(r面)が生じることによって発生するエッチング残渣E1による個片化不良を低減し且つウェーハからの取り数を増やし低コストの振動素子12を得ることができる。

【0026】

<ウェーハの製造方法>

10

20

30

40

50

次に、本発明の一実施形態に係るウェーハの製造方法の一例として、逆メサ構造の振動素子12を形成した水晶基板の製造方法を挙げ、図7～図11を参照して説明する。

図7は、本発明の一実施形態に係るウェーハの製造方法を示す工程図である。図8(a)～図8(f)は、図7に示す主要な工程毎の図3におけるD-D線での概略断面図である。図9(g)～図9(l)は、図7に示す主要な工程毎の図3におけるD-D線での概略断面図である。図10は、本発明の一実施形態に係るマスクの概略平面図である。図11は、振動素子の外形を形成するマスクの概略平面図である。

【0027】

逆メサ構造の振動素子12を形成した水晶基板10の製造方法は、図7に示すように、ウェーハを準備する準備工程と、振動領域となる薄肉状の第1領域20と隣り合う振動素子12の間の領域とをハーフエッチングして形成する金属層形成工程(Step1)～第1エッチング工程(Step5)と、金属層剥離工程(Step6)と、振動素子12の外形(第1領域20及び第2領域22)をエッチングして形成する金属層形成工程(Step7)～第2エッチング工程(Step11)と、金属層剥離工程(Step12)と、を含んでいる。

10

【0028】

まず、振動領域となる薄肉部に対応する第1領域20をエッチングにより形成すると共に、隣り合う振動素子12の外形に対応する領域を薄肉部の深さ分だけ同時にハーフエッチングする第1エッチング工程までを行う。

20

【0029】

<準備工程(Step1)>

準備工程(Step1)では、ウェーハとしての水晶基板10を準備する。

【0030】

<金属層形成工程(Step2)>

次に、金属層形成工程(Step2)では、水晶基板10の表裏の両主面に、第1エッチング工程(Step6)において保護マスクとなる金属層50を形成する。図8(a)は、水晶基板10に金属層50を形成した後の概略断面図である。金属層50は、真空蒸着法やスパッタリング法などで成膜できる。金属層50の材料としては、例えば、フッ酸系のエッチング溶液に耐性の強い金(Au)、白金(Pt)などを使用することができる。なお、水晶基板10と金属層50との密着性を高めるための密着層(図示せず)が設けられていてもよい。密着層としては、クロム(Cr)、ニッケルクロム(NiCr)合金、ニッケル(Ni)などを使用することができる。

30

【0031】

<保護膜塗布工程(Step3)>

保護膜塗布工程(Step3)では、保護膜としてのレジスト52を例えばコーター装置などを使用して金属層50が形成された水晶基板10の表裏の両主面に均一に塗布する。図8(b)は、水晶基板10の金属層50上にレジスト52を塗布した後の概略断面図である。なお、本実施形態では、ポジ型のレジスト52を一例として挙げ説明する。

【0032】

<露光工程(Step4)>

次に、露光工程(Step4)では、振動素子12の第1領域20を形成するための露光を行う。図8(c)は、マスク60を介してレジスト52を露光している概略断面図である。水晶基板10に塗布されたレジスト52に、例えば、コンタクトライナー、プロキシミティライナーなどの露光装置を用いマスク60を介して、水晶基板10の一方の主面側から露光する。

40

【0033】

ここで、本発明の一実施形態に係るフォトマスクであるマスク60について、図10を参照して説明する。

図10は、マスク60に設けられた開口部62パターンと共に、後述する第2エッチング工程(Step12)において、形成される振動素子12の外形を破線で示している。

50

マスク60は、振動方向に直交する方向（Z'軸方向）に沿った長さがW、振動方向（X軸方向）に沿った長さが振動素子12の振動方向に沿った長さ以上である第1の開口64と、振動素子12の第1領域20に対応する第2の開口66と、を含む開口部62のパターンが振動方向に直交する方向に沿って複数並んでいる。なお、本実施形態では、ポジ型のレジスト52を用いているため、レジスト52を残す領域は、光が透過しないように、光を遮断するパターンが設けられている。

【0034】

<金属層エッチング工程（Step5）>

次に、金属層エッチング工程（Step5）では、光が照射された領域のレジスト52を現像した後に、金属層50をエッチングし、マスク60に示す開口部62パターン（図10参照）を水晶基板10の一方の主面に形成する。図8（d）は、レジスト52及び金属層50を形成した後の概略断面図である。レジスト52及び金属層50によって、エッチングを施さない領域を保護することができる。

10

【0035】

<第1エッチング工程（Step6）>

第1エッチング工程（Step6）では、パターンングされたレジスト52と金属層50を保護用マスクとして、レジスト52と金属層50から露出した水晶基板10をフッ酸系のエッチング溶液を用いてウェットエッチングする。図8（e）は、エッチング後の概略断面図である。振動素子12の主振動である厚み滑り振動は、周波数が振動領域の板厚に対して反比例し、板厚が薄くなればなるほど、周波数が高くなる。例えば、図2で示す角度が $35^{\circ}15'$ であるA tカット水晶基板の場合には、板厚が $10\mu\text{m}$ の場合に、周波数が 167MHz となり、板厚が $5\mu\text{m}$ の場合に、周波数が 334MHz となる。そのため、所望の周波数を得るためには、振動領域となる部分を所望の板厚になるまでエッチングし薄くする。なお、事前にエッチング速度を測定しておき、算出した所定の時間エッチングすることにより、所望の周波数を有する振動素子12を得ることができる。

20

【0036】

なお、エッチング中には、図8（e）に示すように、水晶のエッチング異方性に起因した結晶面（r面）によるエッチング残渣E1が発生する。エッチング残渣E1は隣り合う振動素子12の間に生じ、隣り合う振動素子12の間隔が狭いと一方振動素子12の外縁から発生した結晶面（r面）が他方の振動素子12の外縁と繋がり、エッチング速度が著しく遅くなる。そのため、後述する第2エッチング工程（Step12）において、エッチング残渣E1により隣り合う振動素子12の間を外形形状に貫通することができなくなり、振動素子12を水晶基板10の枠部16及び外周枠部18から個片化することができない。また、例えエッチング残渣E1を破損し個片化したとしても、第2領域22の外縁にエッチング残渣E1の一部が繋がっているため、その後パッケージに実装する際に、エッチング残渣E1がパッケージの側壁に接触してしまい上手く実装することができない。よって、水晶基板10の厚さをtとしたとき、マスク60における間隔の長さWとの関係を $0.029 < (W/t^2) < 0.033$ とする必要がある。

30

【0037】

<金属層剥離工程（Step7）>

金属層剥離工程（Step7）では、所望の周波数となる板厚までエッチングした後に、レジスト52と金属層50とを剥離する。図8（f）は、レジスト52及び金属層50を剥離した後の概略断面図である。なお、レジスト52の剥離方法としては、レジスト剥離剤を用いたウェットエッチング法や、オゾンやプラズマを用いたドライエッチング法などを用いることができる。また、金属層50の剥離方法としては、金属層50に用いた材料に反応する反応性ガスなどを用いたドライエッチング法や、金属層50に用いた材料を腐食溶解する液体に浸漬させるウェットエッチング法などを用いる。

40

【0038】

次に、ハーフエッチングされた振動素子12の外形に対応する領域をエッチングして振動素子12を個片の外形とする第2エッチング工程を行い、水晶基板10に振動素子12

50

を形成する。

【0039】

<金属層形成工程 (Step 8)>

金属層形成工程 (Step 8) では、マスク 60 に設けられた開口部 62 パターンをエッチングした水晶基板 10 の表裏の両主面に、第 2 エッチング工程 (Step 12) において保護マスクとなる金属層 50 を形成する。図 9 (g) は、水晶基板 10 に金属層 50 を形成した後の概略断面図である。金属層 50 は、真空蒸着法やスパッタリング法などで成膜できる。金属層形成工程 (Step 1) と同様に、金属層 50 の材料としては、例えば、フッ酸系のエッチング溶液に耐性の強い金 (Au)、白金 (Pt) などを使用することができる。なお、水晶基板 10 と金属層 50 との密着性を高めるための密着層 (図示せず) が設けられていてもよい。密着層としては、クロム (Cr)、ニッケルクロム (NiCr) 合金、ニッケル (Ni) などを使用することができる。

10

【0040】

<保護膜塗布工程 (Step 9)>

保護膜塗布工程 (Step 9) では、保護膜としてのレジスト 52 を例えばコーター装置などを使用して金属層 50 が形成された水晶基板 10 の表裏の両主面に均一に塗布する。図 9 (h) は、水晶基板 10 の金属層 50 上にレジスト 52 を塗布した後の概略断面図である。なお、本実施形態では、レジスト塗布工程 (Step 3) と同様に、ポジ型のレジスト 52 を一例として挙げ説明する。

20

【0041】

<露光工程 (Step 10)>

次に、露光工程 (Step 10) では、振動素子 12 の外形形状を形成するための露光を行う。図 9 (i) は、マスク 70 を介してレジスト 52 を露光している概略断面図である。水晶基板 10 に塗布されたレジスト 52 に、例えば、コンタクトアライナー、プロキシミティアライナーなどの両面露光装置を用いマスク 70 を介して、水晶基板 10 の表裏の両主面側から同時に露光する。

ここで、振動素子 12 の外形形状を形成するためのフォトマスクであるマスク 70 について、図 11 を参照して説明する。

図 11 は、振動素子 12 の外形形状を形成するための外形パターンが振動方向に直交する方向 (Z' 軸方向) に沿って複数並んでいる。なお、本実施形態では、レジスト塗布工程 (Step 8) で用いたポジ型のレジスト 52 と同様に、ポジ型のレジスト 52 を用いているため、レジスト 52 を残す領域は、光が透過しないように、光を遮断するパターンが設けられている。

30

【0042】

<金属層エッチング工程 (Step 11)>

次に、金属層エッチング工程 (Step 11) では、光が照射された領域のレジスト 52 を現像した後に、金属層 50 をエッチングし、マスク 70 に示す外形パターンを水晶基板 10 の両主面に形成する。図 9 (j) は、レジスト 52 及び金属層 50 による外形パターンを形成した後の概略断面図である。レジスト 52 及び金属層 50 によって、エッチングを施さない領域を保護することができる。

40

【0043】

<第 2 エッチング工程 (Step 12)>

第 2 エッチング工程 (Step 12) では、外形をパターンニングされたレジスト 52 と金属層 50 を保護用マスクとして、レジスト 52 と金属層 50 から露出した水晶基板 10 をフッ酸系のエッチング溶液を用いてウェットエッチングする。図 9 (k) は、エッチング後の概略断面図である。エッチングは振動素子 12 の外形が貫通するまで行う。また、エッチング残渣 E1 が生じていた領域も水晶基板 10 の両主面側からエッチングすることにより貫通し、振動素子 12 の個片化を容易に行うことができる。また、水晶基板 10 の厚さを t とし、隣り合う振動素子 12 間の間隔の長さを W としたとき、 $0.029 < (W/t^2) < 0.033$ を満足する関係としてあるため、水晶のエッチング異方性に起因し

50

た結晶面（r面）によるエッチング残渣E1の発生を低減し、振動素子12を容易に個片化することができる。

【0044】

<金属層剥離工程（Step13）>

金属層剥離工程（Step13）では、レジスト52を剥離した後に、金属層50を剥離する。図9（1）は、レジスト52及び金属層50を剥離した後の概略断面図である。なお、レジスト52の剥離方法としては、レジスト剥離剤を用いたウェットエッチング法や、オゾンやプラズマを用いたドライエッチング法などを用いることができる。また、金属層50の剥離方法としては、金属層50に用いた材料に反応する反応性ガスなどを用いたドライエッチング法や、金属層50に用いた材料を腐食溶解する液体に浸漬させるウェットエッチング法などを用いる。

10

【0045】

以上の工程を経て、複数の振動素子12が形成された水晶基板10が得られる。その後、フォトリソグラフィ技術などにより電極を形成後、水晶基板10の枠部16及び外周枠部18から個片化することで、振動素子12が完成する。

【0046】

本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法、及び結果が同一の構成、あるいは目的及び効果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成または同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

20

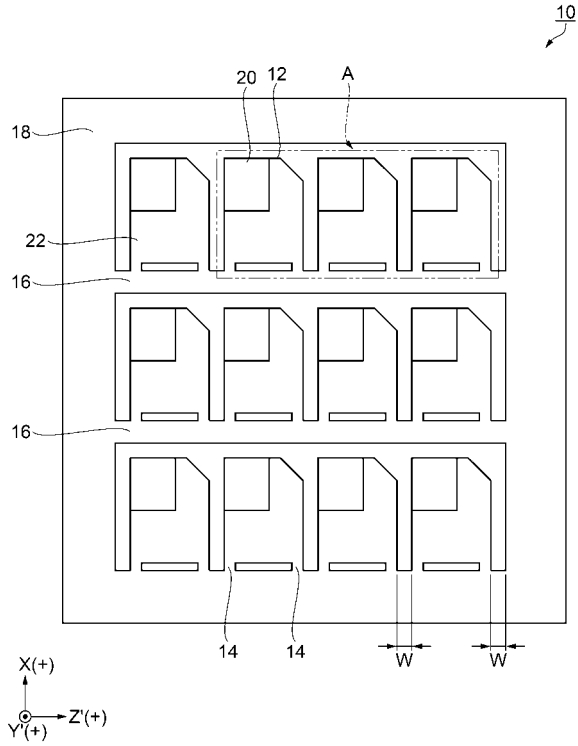
【符号の説明】

【0047】

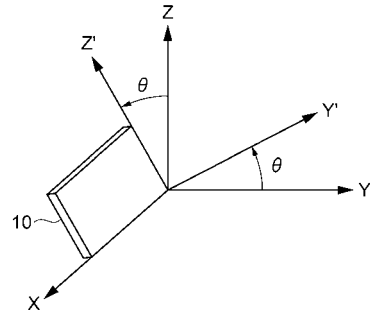
10...ウェーハとしての水晶基板、12...振動素子、14...連結部、16...フレームとしての枠部、18...フレームとしての外周枠部、20...第1領域、22...第2領域、24a...一方の第1外縁、24b...他方の第1外縁、26a...一方の第2外縁、26b...他方の第2外縁、28...第1厚肉部、30...第2厚肉部、32...第3厚肉部、40...外縁、42...外縁、50...金属層、52...保護膜としてのレジスト、60...マスク、62...開口部、64...第1の開口、66...第2の開口、70...マスク、E1...エッチング残渣、W...間隔の長さ。

30

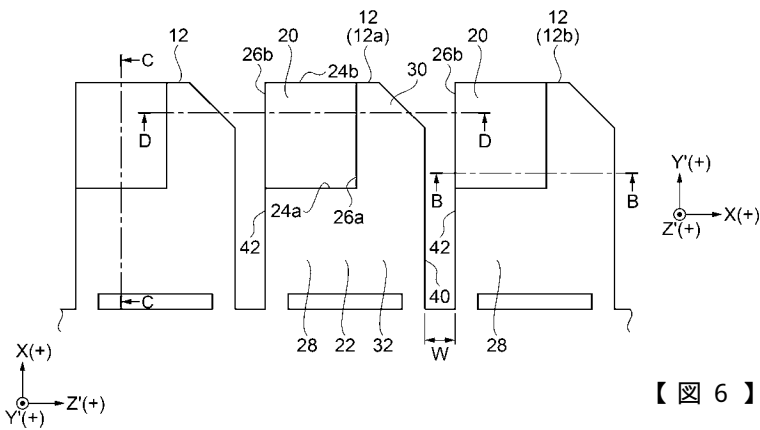
【 図 1 】



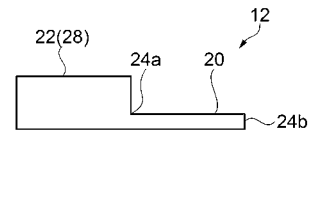
【 図 2 】



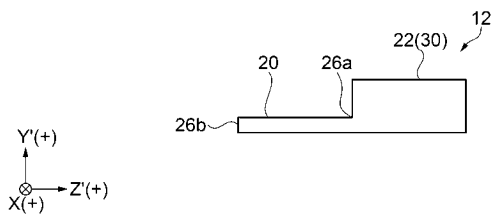
【 図 3 】



【 図 5 】



【 図 4 】

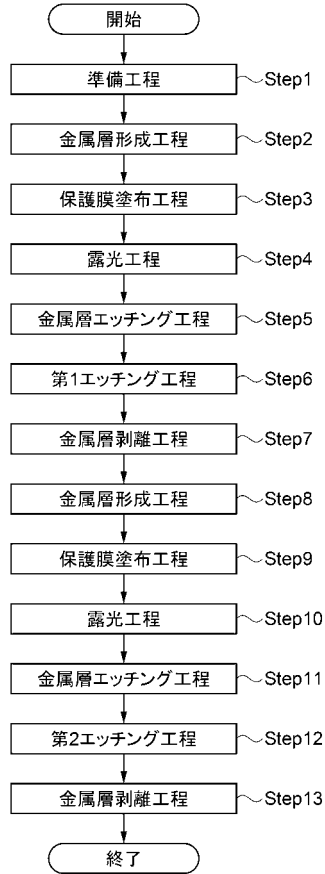


【 図 6 】

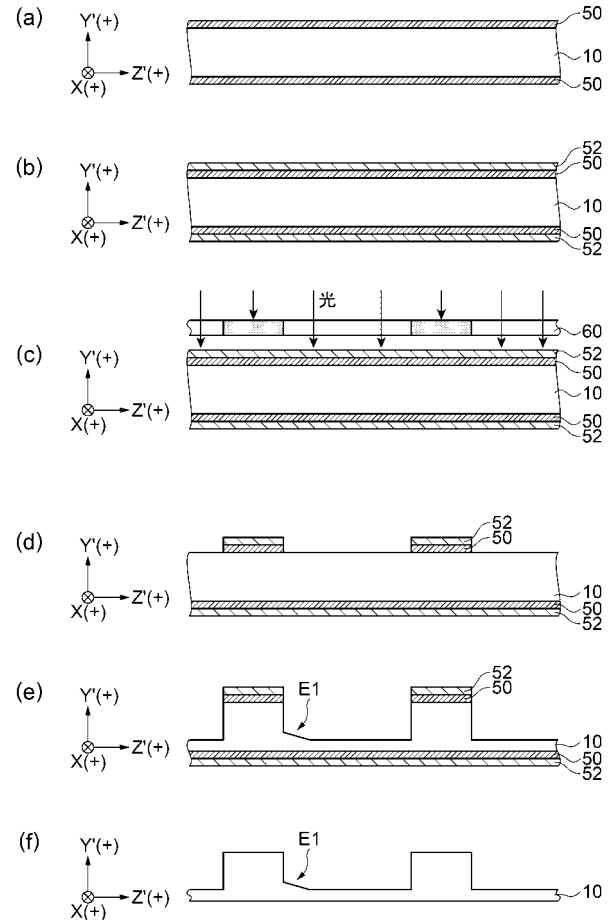
t = 80 μm

W [μm]	180	185	190	195	200	205	210
W / t ²	0.028	0.029	0.030	0.030	0.031	0.032	0.033
良否	×	×	○	○	○	○	○

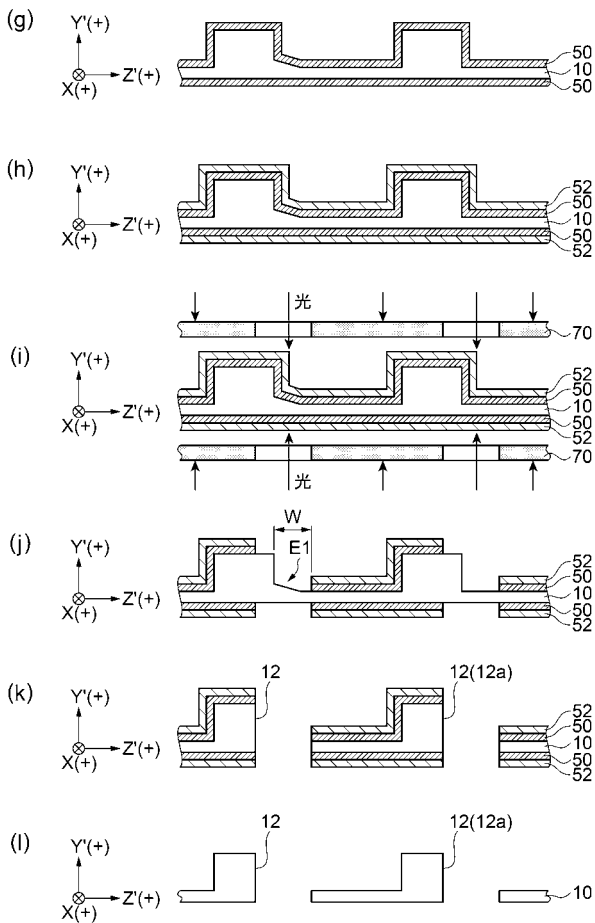
【 図 7 】



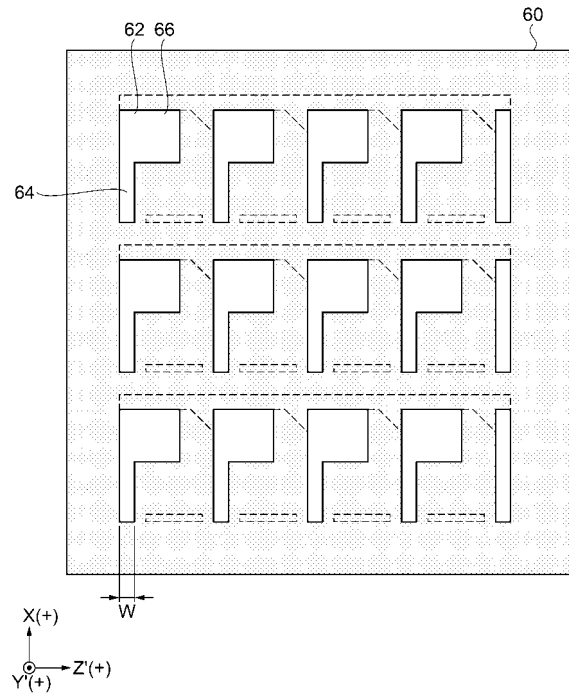
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 1 1 】

