(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2017-135512
(P2017-135512A)
(43)公開日　平成29年8月3日(2017.8.3)

(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 6　ＯＬ　（全 24 頁）

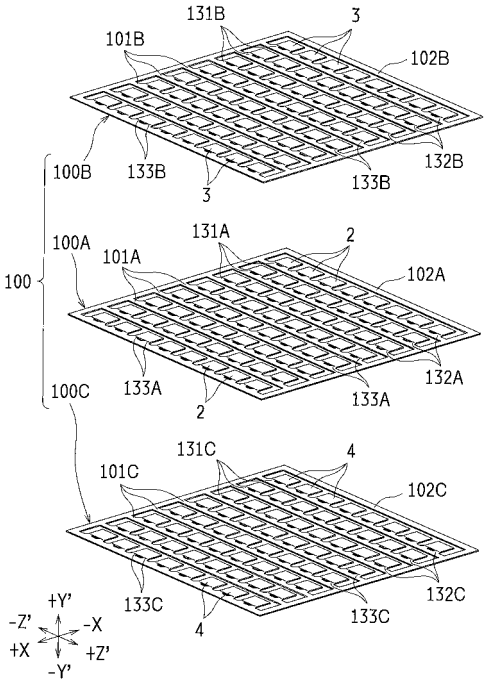
(21)出願番号　特願2016-12733(P2016-12733)
(22)出願日　平成28年1月26日(2016.1.26)

(71)出願人　000149734
株式会社大真空
兵庫県加古川市平岡町新在家字鴻野１３８９番地
(74)代理人　110000947
特許業務法人あーく特許事務所
(72)発明者　森本　賢周
兵庫県加古川市平岡町新在家字鴻野１３８９番地　株式会社大真空内

Ｆターム(参考)　5J108 BB02 BB03 CC04 CC08 CC11 DD02 EE03 EE04 EE07 EE13 FF11 GG03 GG14 KK01 KK04 MM11 NA02

(54)【発明の名称】水晶振動デバイスの製造方法

(57)【要約】
【課題】水晶振動デバイスのパッケージが複数、集合されたウエハから容易に個片化することが可能な水晶振動デバイスの製造方法を提供する。
【解決手段】積層工程では、第１封止部材用ウエハ１００Ｂと水晶振動板用ウエハ１００Ａと第２封止部材用ウエハ１００Ｃとを積層することによって、水晶振動子１０のパッケージ１２が複数、集合された水晶ウエハ１００を形成する。第１封止部材用ウエハ１００Ｂの第１、第２連結部１３１Ｂ，１３２Ｂと、水晶振動板用ウエハ１００Ａの第１、第２連結部１３１Ａ，１３２Ａと、第２封止部材用ウエハ１００Ｃの第１、第２連結部１３１Ｃ，１３２Ｃとが、平面視で略一致する位置に設けられている。個片化工程では、第１封止部材３の一辺側とは反対側の他辺側の箇所を押圧部材によって押圧することにより、水晶ウエハ１００から各パッケージ１２の折り取りを行う。
【選択図】図４



【特許請求の範囲】
【請求項１】
第１封止部材用ウエハ形成工程で形成された第１封止部材用ウエハと、水晶振動板用ウエハ形成工程で形成された水晶振動板用ウエハと、第２封止部材用ウエハ形成工程で形成された第２封止部材用ウエハとを積層することによって水晶ウエハを形成する積層工程と、前記水晶ウエハから水晶振動デバイスのパッケージの個片化を行う個片化工程とを有する水晶振動デバイスの製造方法であって、
前記第１封止部材用ウエハ形成工程では、平面視略矩形の複数の第１封止部材が集合され、且つ、各第１封止部材が、平面視で当該第１封止部材の一辺側に第１封止部材とは離間して設けられた第１封止部材用支持部に、第１、第２連結部を介して連結された前記第１封止部材用ウエハを形成し、
前記水晶振動板用ウエハ形成工程では、平面視略矩形の複数の水晶振動板が集合され、且つ、各水晶振動板が、平面視で当該水晶振動板の一辺側に水晶振動板とは離間して設けられた水晶振動板用支持部に、第１、第２連結部を介して連結された前記水晶振動板用ウエハを形成し、
前記第２封止部材用ウエハ形成工程では、平面視略矩形の複数の第２封止部材が集合され、且つ、各第２封止部材が、平面視で当該第２封止部材の一辺側に第２封止部材とは離間して設けられた第２封止部材用支持部に、第１、第２連結部を介して連結された前記第２封止部材用ウエハを形成し、
前記積層工程では、前記第１封止部材用ウエハの前記第１封止部材と、前記水晶振動板用ウエハの前記水晶振動板と、前記第２封止部材用ウエハの前記第２封止部材とを積層することによって、前記水晶振動デバイスの前記パッケージが複数、集合された前記水晶ウエハを形成し、
前記積層工程後の前記水晶ウエハでは、前記第１封止部材用ウエハの前記第１連結部と、前記水晶振動板用ウエハの前記第１連結部と、前記第２封止部材用ウエハの前記第１連結部とが、平面視で略一致する位置に設けられ、且つ、前記第１封止部材用ウエハの前記第２連結部と、前記水晶振動板用ウエハの前記第２連結部と、前記第２封止部材用ウエハの前記第２連結部とが、平面視で略一致する位置に設けられ、
前記個片化工程では、前記第１封止部材の前記一辺側とは反対側の他辺側の箇所を押圧部材によって押圧することにより、前記水晶ウエハから前記各パッケージの折り取りを行うことを特徴とする水晶振動デバイスの製造方法。
【請求項２】
請求項１に記載の水晶振動デバイスの製造方法において、
前記水晶振動板用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記支持部側の端部は、前記水晶振動板の一辺側の端部よりも、平面視での幅が大きくなっており、
前記第１封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記支持部側の端部は、前記第１封止部材の一辺側の端部よりも、平面視での幅が大きくなっており、
前記第２封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記支持部側の端部は、前記第２封止部材の一辺側の端部よりも、平面視での幅が大きくなっていることを特徴とする水晶振動デバイスの製造方法。
【請求項３】
請求項１または２に記載の水晶振動デバイスの製造方法において、
前記水晶振動板用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記水晶振動板の一辺の中央位置から遠い側の外側端縁は、前記水晶振動板の角部に連結され、
前記第１封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記第１封止部材の一辺の中央位置から遠い側の外側端縁は、前記第１封止部材の角部に連結され、
前記第２封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記第２封止部材の一辺の中央位置から遠い側の外側端縁は、前記第２封止部材の角部に連結されていることを特徴とする水晶振動デバイスの製造方法。
【請求項４】

請求項３に記載の水晶振動デバイスの製造方法において、
前記水晶振動板用ウエハの前記第１、第２連結部は、前記水晶振動板の一方の長辺側に設けられ、
前記第１封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部は、前記第１封止部材の一方の長辺側に設けられ、
前記第２封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部は、前記第２封止部材の一方の長辺側に設けられ、
前記個片化工程では、前記第１封止部材の他方の長辺の中央位置を押圧することを特徴とする水晶振動デバイスの製造方法。
【請求項５】
請求項４に記載の水晶振動デバイスの製造方法において、
前記水晶振動板用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記外側端縁は、平面視で、前記水晶振動板の他方の長辺の中央位置を通る直線に沿って設けられ、
前記第１封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記外側端縁は、平面視で、前記第１封止部材の他方の長辺の中央位置を通る直線に沿って設けられ、
前記第２封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記外側端縁は、平面視で、前記第２封止部材の他方の長辺の中央位置を通る直線に沿って設けられていることを特徴とする水晶振動デバイスの製造方法。
【請求項６】
請求項１～５のいずれか１つに記載の水晶振動デバイスの製造方法において、
前記水晶振動板用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記水晶振動板の一辺側の端部には、溝部が当該水晶振動板の一辺に沿って形成され、
前記第１封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記第１封止部材の一辺側の端部には、溝部が当該第１封止部材の一辺に沿って形成され、
前記第２封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記第２封止部材の一辺側の端部には、溝部が当該第２封止部材の一辺に沿って形成されていることを特徴とする水晶振動デバイスの製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、水晶振動デバイスの製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、各種電子機器の動作周波数の高周波化や、パッケージの小型化（特に低背化）が進んでいる。そのような高周波化やパッケージの小型化にともなって、水晶振動デバイス（例えば水晶振動子や水晶発振器等）も高周波化やパッケージの小型化への対応が求められている。
【０００３】
この種の水晶振動デバイスでは、その筐体が略直方体状のパッケージで構成されている。パッケージは、水晶からなる第１封止部材及び第２封止部材と、水晶からなり両主面に励振電極が形成された水晶振動板とによって構成される。第１封止部材と第２封止部材とが水晶振動板を介して積層して接合され、パッケージの内部（内部空間）に配された水晶振動板の励振電極が気密封止される（例えば、特許文献１参照）。以下、このような水晶振動デバイスの積層形態をサンドイッチ構造という。
【０００４】
ところで、この種の水晶振動デバイスは、製造過程において、パッケージが複数、集合されたウエハが作製され、ダイシング等により切断することによって、各パッケージに個片化される。また、従来では、水晶振動片が複数、集合されたウエハから、各水晶振動片を折り取ることによって個片化することが知られている（例えば、特許文献２参照）。
【先行技術文献】

【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開２０１０－２５２０５１号公報
【特許文献２】特開２００８－０９２５０５号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
しかし、上述したような水晶振動デバイスのパッケージが複数、集合されたウエハの状態から、折り取りの手法によって各パッケージを個片化することは、水晶振動板、第１封止部材、および第２封止部材のそれぞれをウエハから分離させる必要があり、従来では困難であった。
【０００７】
本発明は上述したような実情を考慮してなされたもので、水晶振動デバイスのパッケージが複数、集合されたウエハの状態から容易に個片化することが可能な水晶振動デバイスの製造方法を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
本発明は、上述の課題を解決するための手段を以下のように構成している。すなわち、本発明は、第１封止部材用ウエハ形成工程で形成された第１封止部材用ウエハと、水晶振動板用ウエハ形成工程で形成された水晶振動板用ウエハと、第２封止部材用ウエハ形成工程で形成された第２封止部材用ウエハとを積層することによって水晶ウエハを形成する積層工程と、前記水晶ウエハから水晶振動デバイスのパッケージの個片化を行う個片化工程とを有する水晶振動デバイスの製造方法であって、前記第１封止部材用ウエハ形成工程では、平面視略矩形の複数の第１封止部材が集合され、且つ、各第１封止部材が、平面視で当該第１封止部材の一辺側に第１封止部材とは離間して設けられた第１封止部材用支持部に、第１、第２連結部を介して連結された前記第１封止部材用ウエハを形成し、前記水晶振動板用ウエハ形成工程では、平面視略矩形の複数の水晶振動板が集合され、且つ、各水晶振動板が、平面視で当該水晶振動板の一辺側に水晶振動板とは離間して設けられた水晶振動板用支持部に、第１、第２連結部を介して連結された前記水晶振動板用ウエハを形成し、前記第２封止部材用ウエハ形成工程では、平面視略矩形の複数の第２封止部材が集合され、且つ、各第２封止部材が、平面視で当該第２封止部材の一辺側に第２封止部材とは離間して設けられた第２封止部材用支持部に、第１、第２連結部を介して連結された前記第２封止部材用ウエハを形成し、前記積層工程では、前記第１封止部材用ウエハの前記第１封止部材と、前記水晶振動板用ウエハの前記水晶振動板と、前記第２封止部材用ウエハの前記第２封止部材とを積層することによって、前記水晶振動デバイスの前記パッケージが複数、集合された前記水晶ウエハを形成し、前記積層工程後の前記水晶ウエハでは、前記第１封止部材用ウエハの前記第１連結部と、前記水晶振動板用ウエハの前記第１連結部と、前記第２封止部材用ウエハの前記第１連結部とが、平面視で略一致する位置に設けられ、且つ、前記第１封止部材用ウエハの前記第２連結部と、前記水晶振動板用ウエハの前記第２連結部と、前記第２封止部材用ウエハの前記第２連結部とが、平面視で略一致する位置に設けられ、前記個片化工程では、前記第１封止部材の前記一辺側とは反対側の他辺側の箇所を押圧部材によって押圧することにより、前記水晶ウエハから前記各パッケージの折り取りを行うことを特徴とする。
【０００９】
上記構成によれば、個片化工程において、各パッケージの水晶振動板、第１封止部材、及び第２封止部材のそれぞれに第１、第２連結部が設けられているので、第１、第２連結部において水晶振動板、第１封止部材、及び第２封止部材のそれぞれを容易に分離させることができる。したがって、水晶振動デバイスのパッケージが複数、集合された水晶ウエハから、各パッケージを折り取りによって容易に個片化することができる。
【００１０】

上記構成において、前記水晶振動板用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記支持部側の端部は、前記水晶振動板の一辺側の端部よりも、平面視での幅が大きくなっており、前記第１封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記支持部側の端部は、前記第１封止部材の一辺側の端部よりも、平面視での幅が大きくなっており、前記第２封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記支持部側の端部は、前記第２封止部材の一辺側の端部よりも、平面視での幅が大きくなっていてもよい。

【００１１】

上記構成によれば、個片化工程において、折り取りの際に発生する応力が、パッケージ（水晶振動板、第１封止部材、第２封止部材）の第１、第２連結部の内側端縁（第１、第２連結部のパッケージの一辺の中央位置から近い側の端縁）とパッケージの一辺との接続部に集中しやすくなっている。そこで、上記接続部を起点として水晶ウエハに破断を発生させ、この破断をパッケージの一辺に沿って略直線状に進行させることによって、パッケージの個片化を容易に行えるようにしている。したがって、パッケージの折り取りの際、第１連結部のパッケージの一辺側の端部において、パッケージを水晶ウエハから容易に分離させることができ、バリや、割れ、チッピング等の折り取り痕の発生を抑制して、パッケージの外観不良の発生を抑制することができる。

【００１２】

上記構成において、前記水晶振動板用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記水晶振動板の一辺の中央位置から遠い側の外側端縁は、前記水晶振動板の角部に連結され、前記第１封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記第１封止部材の一辺の中央位置から遠い側の外側端縁は、前記第１封止部材の角部に連結され、前記第２封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記第２封止部材の一辺の中央位置から遠い側の外側端縁は、前記第２封止部材の角部に連結されていてもよい。

【００１３】

上記構成によれば、個片化工程において、各パッケージの折り取りの際に発生する応力が、パッケージ（水晶振動板、第１封止部材、第２封止部材）の角部に集中しやすくなるため、第１、第２連結部の内側端縁とパッケージの一辺との上記接続部に発生した破断を、当該接続部からパッケージの角部に向けてスムーズに進行させることができ、水晶ウエハから各パッケージを容易に個片化することができる。

【００１４】

上記構成において、前記水晶振動板用ウエハの前記第１、第２連結部は、前記水晶振動板の一方の長辺側に設けられ、前記第１封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部は、前記第１封止部材の一方の長辺側に設けられ、前記第２封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部は、前記第２封止部材の一方の長辺側に設けられ、前記個片化工程では、前記第１封止部材の他方の長辺の中央位置を押圧してもよい。

【００１５】

上記構成によれば、個片化工程において、第１封止部材の他方の長辺の中央位置を押圧することによって、水晶ウエハから各パッケージを折り取りによって容易に個片化することができる。

【００１６】

上記構成において、前記水晶振動板用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記外側端縁は、平面視で、前記水晶振動板の他方の長辺の中央位置を通る直線に沿って設けられ、前記第１封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記外側端縁は、平面視で、前記第１封止部材の他方の長辺の中央位置を通る直線に沿って設けられ、前記第２封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記外側端縁は、平面視で、前記第２封止部材の他方の長辺の中央位置を通る直線に沿って設けられていてもよい。

【００１７】

上記構成によれば、個片化工程において、第１封止部材の他方の長辺の中央位置付近を押圧した場合、パッケージを変形させようとする力が、押圧箇所（パッケージの他方の長辺の中央位置）と、第１、第２連結部の支持部側への接続箇所（外側端縁の支持部側の端

縁）とを結ぶ直線（張力線）上に最も大きく作用すると考えられる。この張力線の外側の領域では、形状の乱れや、結晶の方位、状態、その他外的因子に影響される変形や破断が発生すると考えられ、この変形や破断は、想定外の位置及び方向に発生する可能性がある。しかし、上記構成では、第１、第２連結部のそれぞれの外側端縁が、平面視で、張力線に対応する上記直線に沿って設けられているので、折り取りのために破断が必要な箇所を全て張力線の内側の領域に含ませることができる。これにより、折り取りのために必要な箇所に限って破断を発生させることができ、パッケージの外観不良の発生を抑制することができる。

【００１８】

上記構成において、前記水晶振動板用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記水晶振動板の一辺側の端部には、溝部が当該水晶振動板の一辺に沿って形成され、前記第１封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記第１封止部材の一辺側の端部には、溝部が当該第１封止部材の一辺に沿って形成され、前記第２封止部材用ウエハの前記第１、第２連結部のそれぞれの前記第２封止部材の一辺側の端部には、溝部が当該第２封止部材の一辺に沿って形成されていてもよい。

【００１９】

上記構成によれば、個片化工程において、パッケージ（水晶振動板、第１封止部材、第２封止部材）の折り取りに必要な力を溝部によって小さくすることができ、折り取りの際にパッケージに加えられるダメージを小さくすることができる。

【発明の効果】

【００２０】

本発明によれば、個片化工程において、水晶振動デバイスのパッケージが複数、集合された水晶ウエハから、各パッケージを折り取りによって容易に個片化することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２１】

【図１】図１は、本実施の形態にかかる水晶振動子の製造方法の一例を示すフローチャートである。

【図２】図２は、図１の水晶振動子の製造方法における積層工程で形成された水晶ウエハの一例を示す概略平面図である。

【図３】図３は、図２の水晶ウエハの一部を拡大して示す図である。

【図４】図４は、図２の水晶ウエハを構成する第１封止部材用ウエハ、水晶振動板用ウエハ、及び第２封止部材用ウエハを示す分解斜視図である。

【図５】図５は、本実施の形態にかかる水晶振動子の製造方法によって製造された水晶振動子の一例を示す概略構成図である。

【図６】図６は、図５の水晶振動子の第１封止部材を示す概略平面図である。

【図７】図７は、図５の水晶振動子の第１封止部材を示す概略裏面図である。

【図８】図８は、図５の水晶振動子の水晶振動板を示す概略平面図である。

【図９】図９は、図５の水晶振動子の水晶振動板を示す概略裏面図である。

【図１０】図１０は、図５の水晶振動子の第２封止部材を示す概略平面図である。

【図１１】図１１は、図５の水晶振動子の第２封止部材を示す概略裏面図である。

【発明を実施するための形態】

【００２２】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【００２３】

本実施の形態にかかる水晶振動デバイスの製造方法について説明する前に、まず、水晶振動デバイスについて説明する。以下では、水晶振動デバイスの一例として、図５～図１１に示すような水晶振動子１０を挙げて説明する。

【００２４】

－水晶振動子－

図５に示すように、水晶振動子１０は、水晶振動板２と、水晶振動板２の第１励振電極

２２１（図８参照）を覆い、水晶振動板２の一主面２１１に形成された第１励振電極２２１を気密封止する第１封止部材３と、この水晶振動板２の他主面２１２に、水晶振動板２の第２励振電極２２２（図９参照）を覆い、第１励振電極２２１と対になって形成された第２励振電極２２２を気密封止する第２封止部材４とを備えている。水晶振動子１０では、第１封止部材３と第２封止部材４とが水晶振動板２を介して積層して接合されることによって、略直方体状のサンドイッチ構造のパッケージ１２が構成される。

【００２５】

水晶振動子１０では、水晶振動板２及び第１封止部材３が接合されるとともに、水晶振動板２及び第２封止部材４が接合されることで、パッケージ１２の内部空間１３が形成され、このパッケージ１２の内部空間１３に、水晶振動板２の両主面２１１，２１２に形成された第１励振電極２２１及び第２励振電極２２２を含む振動部２２が気密封止されている。水晶振動子１０は、例えば、１．０×０．８ｍｍのパッケージサイズであり、小型化と低背化とを図ったものである。また、小型化に伴い、パッケージ１２では、キャスタレーションを形成せずに、貫通孔（第１～第３貫通孔）を用いて電極の導通を図っている。

【００２６】

次に、サンドイッチ構造の水晶振動子１０の各構成について、図５～１１を用いて説明する。なお、ここでは、水晶振動板２と第１封止部材３と第２封止部材４が接合されていない夫々単体として構成されている各部材について説明を行う。

【００２７】

水晶振動板２は、図８，９に示すように、水晶からなる圧電基板であって、その両主面（一主面２１１、他主面２１２）が平坦平滑面（鏡面加工）として形成されている。水晶振動板２として、厚みすべり振動を行うＡＴカット水晶板が用いられている。図８，９に示す水晶振動板２では、水晶振動板２の両主面２１１，２１２が、ＸＺ′平面とされている。このＸＺ′平面において、水晶振動板２の短手方向（短辺方向）に平行な方向がＸ軸方向とされ、水晶振動板２の長手方向（長辺方向）に平行な方向がＺ′軸方向とされている。なお、ＡＴカットは、人工水晶の３つの結晶軸である電気軸（Ｘ軸）、機械軸（Ｙ軸）、及び光学軸（Ｚ軸）のうち、Ｚ軸に対してＸ軸周りに３５°１５′だけ傾いた角度で切り出す加工手法である。ＡＴカット水晶板では、Ｘ軸は水晶の結晶軸に一致する。Ｙ′軸及びＺ′軸は、水晶の結晶軸のＹ軸及びＺ軸からそれぞれ３５°１５′傾いた軸に一致する。Ｙ′軸方向及びＺ′軸方向は、ＡＴカット水晶板を切り出すときの切り出し方向に相当する。

【００２８】

水晶振動板２の両主面２１１，２１２に一対の励振電極（第１励振電極２２１、第２励振電極２２２）が形成されている。水晶振動板２は、略矩形に形成された振動部２２と、この振動部２２の外周を取り囲む外枠部２３と、振動部２２と外枠部２３とを連結する連結部（保持部）２４とを有しており、振動部２２と連結部２４と外枠部２３とが一体的に設けられた構成となっている。連結部２４は、振動部２２と外枠部２３との間の１箇所のみに設けられており、連結部２４が設けられていない箇所は空間（隙間）２２ｂになっている。また、図示していないが、振動部２２及び連結部２４は、外枠部２３よりも薄く形成されている。このような外枠部２３と連結部２４との厚みの違いにより、外枠部２３と連結部２４の圧電振動の固有振動数が異なることになり、連結部２４の圧電振動に外枠部２３が共鳴しにくくなる。

【００２９】

連結部２４は、振動部２２の＋Ｘ方向かつ－Ｚ′方向に位置する１つの角部２２ａのみから、－Ｚ′方向に向けて外枠部２３まで延びている（突出している）。このように、振動部２２の外周端部のうち、圧電振動の変位が比較的小さい角部２２ａに連結部２４が設けられているので、連結部２４を角部２２ａ以外の部分（辺の中央部）に設けた場合に比べて、連結部２４を介して圧電振動が外枠部２３に漏れることを抑制することができ、より効率的に振動部２２を圧電振動させることができる。また、連結部２４を２つ以上設けた場合に比べて、振動部２２に作用する応力を低減することができ、そのような応力に起

因する圧電振動の周波数シフトを低減して圧電振動の安定性を向上させることができる。

【００３０】

振動部２２の一主面側に第１励振電極２２１が設けられ、振動部２２の他主面側に第２励振電極２２２が設けられている。第１励振電極２２１、第２励振電極２２２には、外部電極端子（一外部電極端子４３１、他外部電極端子４３２）に接続するための引出電極（第１引出電極２２３、第２引出電極２２４）が接続されている。第１引出電極２２３は、第１励振電極２２１から引き出され、連結部２４を経由して、外枠部２３に形成された接続用接合パターン２７に繋がっている。第２引出電極２２４は、第２励振電極２２２から引き出され、連結部２４を経由して、外枠部２３に形成された接続用接合パターン２８に繋がっている。このように、連結部２４の一主面側に第１引出電極２２３が形成され、連結部２４の他主面側に第２引出電極２２４が形成されている。第１励振電極２２１及び第１引出電極２２３は、例えば一主面２１１上に物理的気相成長させて形成された下地ＰＶＤ膜と、この下地ＰＶＤ膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極ＰＶＤ膜とからなる。第２励振電極２２２及び第２引出電極２２４は、例えば他主面２１２上に物理的気相成長させて形成された下地ＰＶＤ膜と、この下地ＰＶＤ膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極ＰＶＤ膜とからなる。

【００３１】

水晶振動板２の両主面２１１，２１２には、水晶振動板２を第１封止部材３及び第２封止部材４に接合するための振動側封止部２５が夫々設けられている。水晶振動板２の一主面２１１の振動側封止部２５に、第１封止部材３に接合するための振動側第１接合パターン２５１が形成されている。また、水晶振動板２の他主面２１２の振動側封止部２５に、第２封止部材４に接合するための振動側第２接合パターン２５２が形成されている。振動側第１接合パターン２５１及び振動側第２接合パターン２５２は、上述した外枠部２３に設けられており、平面視で環状に形成されている。振動側第１接合パターン２５１及び振動側第２接合パターン２５２は、水晶振動板２の両主面２１１，２１２の外周縁に近接するように設けられている。水晶振動板２の一対の第１励振電極２２１、第２励振電極２２２は、振動側第１接合パターン２５１及び振動側第２接合パターン２５２とは電気的に接続されていない。

【００３２】

振動側第１接合パターン２５１は、例えば一主面２１１上に物理的気相成長させて形成された下地ＰＶＤ膜２５１１と、下地ＰＶＤ膜２５１１上に物理的気相成長させて積層形成された電極ＰＶＤ膜２５１２とからなる。振動側第２接合パターン２５２は、例えば他主面２１２上に物理的気相成長させて形成された下地ＰＶＤ膜２５２１と、下地ＰＶＤ膜２５２１上に物理的気相成長させて積層形成された電極ＰＶＤ膜２５２２とからなる。つまり、振動側第１接合パターン２５１と振動側第２接合パターン２５２とは、同一構成からなり、複数の層が両主面２１１，２１２の振動側封止部２５上に積層して構成され、その最下層側からＴｉ層（もしくはＣｒ層）とＡｕ層とが蒸着形成されている。このように、振動側第１接合パターン２５１と振動側第２接合パターン２５２とでは、下地ＰＶＤ膜２５１１，２５２１が単一の材料（Ｔｉ（もしくはＣｒ））からなり、電極ＰＶＤ膜２５１２，２５２２が単一の材料（Ａｕ）からなり、下地ＰＶＤ膜２５１１，２５２１よりも電極ＰＶＤ膜２５１２，２５２２の方が厚い。また、水晶振動板２の一主面２１１に形成された第１励振電極２２１と振動側第１接合パターン２５１とは同一厚みを有し、第１励振電極２２１と振動側第１接合パターン２５１との表面が同一金属からなり、水晶振動板２の他主面２１２に形成された第２励振電極２２２と振動側第２接合パターン２５２とは同一厚みを有し、第２励振電極２２２と振動側第２接合パターン２５２との表面が同一金属からなる。また、振動側第１接合パターン２５１と振動側第２接合パターン２５２は、非Ｓｎパターンである。

【００３３】

また、水晶振動板２には、図８，９に示すように、一主面２１１と他主面２１２との間を貫通する１つの貫通孔（第１貫通孔２６）が形成されている。第１貫通孔２６は、水晶

振動板２の外枠部２３に設けられている。第１貫通孔２６は、第２封止部材４の接続用接合パターン４５３に繋がるものである。

【００３４】

第１貫通孔２６には、図５，８，９に示すように、一主面２１１と他主面２１２とに形成された電極の導通を図るための貫通電極２６１が、第１貫通孔２６の内壁面に沿って形成されている。そして、第１貫通孔２６の中央部分は、一主面２１１と他主面２１２との間を貫通した中空状態の貫通部分２６２となる。第１貫通孔２６の外周囲には、接続用接合パターン２６４，２６５が形成されている。接続用接合パターン２６４，２６５は、水晶振動板２の両主面２１１，２１２に設けられている。

【００３５】

水晶振動板２の一主面２１１に形成された第１貫通孔２６の接続用接合パターン２６４は、外枠部２３において、Ｘ軸方向に沿って延びている。また、水晶振動板２の一主面２１１には、第１引出電極２２３に繋がる接続用接合パターン２７が形成されており、この接続用接合パターン２７も、外枠部２３において、Ｘ軸方向に沿って延びている。接続用接合パターン２７は、振動部２２（第１励振電極２２１）を挟んで、接続用接合パターン２６４とはＺ´軸方向の反対側に設けられている。つまり、振動部２２のＺ´軸方向の両側に、接続用接合パターン２７，２６４が設けられている。

【００３６】

同様に、水晶振動板２の他主面２１２に形成された第１貫通孔２６の接続用接合パターン２６５は、外枠部２３において、Ｘ軸方向に沿って延びている。また、水晶振動板２の他主面２１２には、第２引出電極２２４に繋がる接続用接合パターン２８が形成されており、この接続用接合パターン２８も、外枠部２３において、Ｘ軸方向に沿って延びている。接続用接合パターン２８は、振動部２２（第２励振電極２２２）を挟んで、接続用接合パターン２６５とはＺ´軸方向の反対側に設けられている。つまり、振動部２２のＺ´軸方向の両側に、接続用接合パターン２８，２６５が設けられている。

【００３７】

接続用接合パターン２７，２８，２６４，２６５は、振動側第１接合パターン２５１，振動側第２接合パターン２５２と同様の構成であり、振動側第１接合パターン２５１、振動側第２接合パターン２５２と同一のプロセスで形成することができる。具体的には、接続用接合パターン２７，２８，２６４，２６５は、例えば水晶振動板２の両主面２１１，２１２上に物理的気相成長させて形成された下地ＰＶＤ膜と、当該下地ＰＶＤ膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極ＰＶＤ膜とからなる。

【００３８】

水晶振動子１０では、第１貫通孔２６及び接続用接合パターン２７，２８，２６４，２６５は、平面視で内部空間１３の内方（接合材１１ａ，１１ｂの内周面の内側）に形成される。内部空間１３は、平面視で振動側第１接合パターン２５１及び振動側第２接合パターン２５２の内方（内側）に形成される。内部空間１３の内方とは、後述する接合材１１ａ，１１ｂ上を含まずに厳密に接合材１１ａ，１１ｂの内周面の内側のことをいう。第１貫通孔２６及び接続用接合パターン２７，２８，２６４，２６５は、振動側第１接合パターン２５１及び振動側第２接合パターン２５２とは電気的に接続されていない。

【００３９】

第１封止部材３は、図６，７に示すように、水晶により形成された略直方体状の基板であり、この第１封止部材３の他主面３１２（水晶振動板２に接合する面）は平坦平滑面（鏡面加工）として形成されている。本実施の形態では、第１封止部材３として、上述した水晶振動板２と同様のＡＴカット水晶板が用いられている。

【００４０】

第１封止部材３の他主面３１２には、水晶振動板２に接合するための封止側第１封止部３２が設けられている。封止側第１封止部３２には、水晶振動板２に接合するための封止側第１接合パターン３２１が形成されている。封止側第１接合パターン３２１は、平面視で環状に形成されている。封止側第１接合パターン３２１は、第１封止部材３の他主面３

１２の外周縁に近接するように設けられている。封止側第１接合パターン３２１は、第１封止部材３の封止側第１封止部３２上の全ての位置において同一幅とされる。

【００４１】

この封止側第１接合パターン３２１は、例えば第１封止部材３上に物理的気相成長させて形成された下地ＰＶＤ膜３２１１と、下地ＰＶＤ膜３２１１上に物理的気相成長させて積層形成された電極ＰＶＤ膜３２１２とからなる。なお、下地ＰＶＤ膜３２１１には、Ｔｉ（もしくはＣｒ）が用いられ、電極ＰＶＤ膜３２１２にはＡｕが用いられている。また、封止側第１接合パターン３２１は、非Ｓｎパターンである。具体的には、封止側第１接合パターン３２１は、複数の層が他主面３１２の封止側第１封止部３２上に積層して構成され、その最下層側からＴｉ層（もしくはＣｒ層）とＡｕ層とが蒸着形成されている。

【００４２】

第１封止部材３の他主面３１２、つまり、水晶振動板２との対向面には、水晶振動板２の接続用接合パターン２６４，２７と接合される接続用接合パターン３５，３６が形成されている。接続用接合パターン３５，３６は、第１封止部材３の短辺方向（図７のＸ軸方向）に方向に沿って延びている。接続用接合パターン３５，３６は、第１封止部材３の長辺方向（図７のＺ´軸方向）に所定の間隔を隔てて設けられており、接続用接合パターン３５，３６のＺ´軸方向の間隔は、水晶振動板２の接続用接合パターン２６４，２７のＺ´軸方向の間隔（図８参照）と略同じになっている。接続用接合パターン３５，３６は、配線パターン３３を介して互いに接続されている。配線パターン３３は、接続用接合パターン３５，３６の間に設けられている。配線パターン３３は、Ｚ´軸方向に沿って延びている。配線パターン３３は、水晶振動板２の接続用接合パターン２６４，２７とは接合されないようになっている。

【００４３】

接続用接合パターン３５，３６及び配線パターン３３は、封止側第１接合パターン３２１と同様の構成であり、封止側第１接合パターン３２１と同一のプロセスで形成することができる。具体的には、接続用接合パターン３５，３６及び配線パターン３３は、例えば第１封止部材３の他主面３１２上に物理的気相成長させて形成された下地ＰＶＤ膜と、当該下地ＰＶＤ膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極ＰＶＤ膜とからなる。

【００４４】

水晶振動子１０では、接続用接合パターン３５，３６及び配線パターン３３は、平面視で内部空間１３の内方（接合材１１ａ，１１ｂの内周面の内側）に形成される。接続用接合パターン３５，３６及び配線パターン３３は、封止側第１接合パターン３２１とは電気的に接続されていない。

【００４５】

第２封止部材４は、図１０，１１に示すように、水晶により形成された略直方体状の基板であり、この第２封止部材４の一主面４１１（水晶振動板２に接合する面）は平坦平滑面（鏡面加工）として形成されている。本実施の形態では、第２封止部材４として、上述した水晶振動板２と同様のＡＴカット水晶板が用いられている。

【００４６】

第２封止部材４の一主面４１１には、水晶振動板２に接合するための封止側第２封止部４２が設けられている。封止側第２封止部４２には、水晶振動板２に接合するための封止側第２接合パターン４２１が形成されている。封止側第２接合パターン４２１は、平面視で環状に形成されている。封止側第２接合パターン４２１は、第２封止部材４の一主面４１１の外周縁に近接するように設けられている。封止側第２接合パターン４２１は、第２封止部材４の封止側第２封止部４２上の全ての位置において同一幅とされる。

【００４７】

この封止側第２接合パターン４２１は、例えば第２封止部材４上に物理的気相成長させて形成された下地ＰＶＤ膜４２１１と、下地ＰＶＤ膜４２１１上に物理的気相成長させて積層形成された電極ＰＶＤ膜４２１２とからなる。なお、下地ＰＶＤ膜４２１１には、Ｔｉ（もしくはＣｒ）が用いられ、電極ＰＶＤ膜４２１２にはＡｕが用いられている。また

、封止側第２接合パターン４２１は、非Ｓｎパターンである。具体的には、封止側第２接合パターン４２１は、複数の層が他主面４１２の封止側第２封止部４２上に積層して構成され、その最下層側からＴｉ層（もしくはＣｒ層）とＡｕ層とが蒸着形成されている。

【００４８】

また、第２封止部材４の他主面４１２（水晶振動板２に面しない外方の主面）には、外部に電気的に接続する一対の外部電極端子（一外部電極端子４３１、他外部電極端子４３２）が設けられている。一外部電極端子４３１、他外部電極端子４３２は、図５，１１に示すように第２封止部材４の他主面４１２の平面視長手方向両端に夫々位置する。これら一対の外部電極端子（一外部電極端子４３１、他外部電極端子４３２）は、例えば他主面４１２上に物理的気相成長させて形成された下地ＰＶＤ膜４３１１，４３２１と、下地ＰＶＤ膜４３１１，４３２１上に物理的気相成長させて積層形成された電極ＰＶＤ膜４３１２，４３２２とからなる。一外部電極端子４３１及び他外部電極端子４３２は、第２封止部材４の他主面４１２のうち１／３以上の領域を夫々占めている。

【００４９】

第２封止部材４には、図５，１０，１１に示すように、一主面４１１と他主面４１２との間を貫通する２つの貫通孔（第２貫通孔４５、第３貫通孔４６）が形成されている。第２貫通孔４５は、一外部電極端子４３１及び水晶振動板２の接続用接合パターン２６５に繋がるものである。第３貫通孔４６は、他外部電極端子４３２及び水晶振動板２の接続用接合パターン２８に繋がるものである。

【００５０】

第２貫通孔４５、第３貫通孔４６には、図５，１０，１１に示すように、一主面４１１と他主面４１２とに形成された電極の導通を図るための貫通電極４５１，４６１が、第２貫通孔４５、第３貫通孔４６の内壁面夫々に沿って形成されている。そして、第２貫通孔４５、第３貫通孔４６の中央部分は、一主面４１１と他主面４１２との間を貫通した中空状態の貫通部分４５２，４６２となる。第２貫通孔４５、第３貫通孔４６夫々の外周囲には、接続用接合パターン４５３，４６３が形成されている。

【００５１】

接続用接合パターン４５３，４６３は、第２封止部材４の一主面４１１に設けられており、水晶振動板２の接続用接合パターン２６５，２８と接合される。接続用接合パターン４５３，４６３は、第２封止部材４の短辺方向（図１０のＸ軸方向）に方向に沿って延びている。接続用接合パターン４５３，４６３は、第２封止部材４の長辺方向（図１０のＺ´軸方向）に所定の間隔を隔てて設けられており、接続用接合パターン４５３，４６３のＺ´軸方向の間隔は、水晶振動板２の接続用接合パターン２６５，２８のＺ´軸方向の間隔（図９参照）と略同じになっている。

【００５２】

接続用接合パターン４５３，４６３は、封止側第２接合パターン４２１と同様の構成であり、封止側第２接合パターン４２１と同一のプロセスで形成することができる。具体的には、接続用接合パターン４５３，４６３は、例えば第２封止部材４の一主面４１１上に物理的気相成長させて形成された下地ＰＶＤ膜と、当該下地ＰＶＤ膜上に物理的気相成長させて積層形成された電極ＰＶＤ膜とからなる。

【００５３】

水晶振動子１０では、第２貫通孔４５、第３貫通孔４６及び接続用接合パターン４５３，４６３は、平面視で内部空間１３の内方に形成されている。第２貫通孔４５、第３貫通孔４６及び接続用接合パターン４５３，４６３は、封止側第２接合パターン４２１とは電気的に接続されていない。また、一外部電極端子４３１、他外部電極端子４３２も、封止側第２接合パターン４２１とは電気的に接続されていない。

【００５４】

上記構成の水晶振動板２、第１封止部材３、及び第２封止部材４を含む水晶振動子１０では、水晶振動板２と第１封止部材３とが振動側第１接合パターン２５１及び封止側第１接合パターン３２１を重ね合わせた状態で拡散接合され、水晶振動板２と第２封止部材４

とが振動側第２接合パターン２５２及び封止側第２接合パターン４２１を重ね合わせた状態で拡散接合されて、図５に示すサンドイッチ構造のパッケージ１２が製造される。これにより、パッケージ１２の内部空間１３、つまり、振動部２２の収容空間が気密封止される。

【００５５】

そして、振動側第１接合パターン２５１及び封止側第１接合パターン３２１自身が拡散接合後に生成される接合材１１ａ（図５参照）となり、この接合材１１ａによって水晶振動板２と第１封止部材３とが接合される。振動側第２接合パターン２５２及び封止側第２接合パターン４２１自身が拡散接合後に生成される接合材１１ｂとなり、この接合材１１ｂによって水晶振動板２と第２封止部材４とが接合される。接合材１１ａ，１１ｂは、平面視で環状に形成され、平面視で略一致する位置に設けられている。つまり、接合材１１ａ，１１ｂの内周縁が略一致する位置に設けられ、接合材１１ａ，１１ｂの外周縁が略一致する位置に設けられている。

【００５６】

水晶振動板２の第１、第２励振電極２２１，２２２から一外部電極端子４３１、他外部電極端子４３２までの配線がいずれも、平面視で、封止部としての接合材１１ａ，１１ｂの内方に設けられている。接合材１１ａ，１１ｂは、平面視で、外縁形状及び内縁形状が略矩形に形成されており、パッケージ１２の外周縁に近接するように形成されている。これにより、水晶振動板２の振動部２２のサイズを大きくすることが可能になっている。なお、接合材１１ａ，１１ｂの内周縁と、振動部２２及び外枠部２３の間の空間２２ｂとの距離は、パッケージ１２の短辺側のほうが、長辺側よりも大きくなっている。

【００５７】

また、この際、上述した接続用接合パターン同士も重ね合わせられた状態で拡散接合される。具体的には、水晶振動板２の接続用接合パターン２６４及び第１封止部材３の接続用接合パターン３５が拡散接合される。水晶振動板２の接続用接合パターン２７及び第１封止部材３の接続用接合パターン３６が拡散接合される。また、水晶振動板２の接続用接合パターン２６５及び第２封止部材４の接続用接合パターン４５３が拡散接合される。水晶振動板２の接続用接合パターン２８及び第２封止部材４の接続用接合パターン４６３が拡散接合される。

【００５８】

そして、接続用接合パターン２６４及び接続用接合パターン３５自身が拡散接合後に生成される接合材１４ａ（図５参照）となり、この接合材１４ａによって水晶振動板２と第１封止部材３とが接合される。接続用接合パターン２７及び接続用接合パターン３６自身が拡散接合後に生成される接合材１４ｂとなり、この接合材１４ｂによって水晶振動板２と第１封止部材３とが接合される。また、接続用接合パターン２６５及び接続用接合パターン４５３自身が拡散接合後に生成される接合材１４ｃとなり、この接合材１４ｃによって水晶振動板２と第２封止部材４とが接合される。接続用接合パターン２８及び接続用接合パターン４６３自身が拡散接合後に生成される接合材１４ｄとなり、この接合材１４ｄによって水晶振動板２と第２封止部材４とが接合される。これらの接合材１４ａ～１４ｄは、貫通孔の貫通電極と接合材１４ａ～１４ｄとを導通させる役割、及び接合箇所を気密封止する役割を果たす。なお、接合材１４ａ～１４ｄは、平面視で封止部としての接合材１１ａ，１１ｂよりも内方に設けられるため、図５では破線で示している。

【００５９】

－水晶振動デバイスの製造方法－

次に、本実施の形態にかかる水晶振動デバイスの製造方法について、図１～４を参照して説明する。ここでは、水晶振動デバイスの製造方法の一例として、上述した水晶振動子１０（図５～図１１参照）の製造方法について説明する。

【００６０】

本実施の形態にかかる水晶振動子１０の製造方法は、図１に示すように、第１封止部材用ウエハ形成工程（ＳＴ１１）で形成された第１封止部材用ウエハと、水晶振動板用ウエ

ハ形成工程（ＳＴ１２）で形成された水晶振動板用ウエハと、第２封止部材用ウエハ形成工程（ＳＴ１３）で形成された第２封止部材用ウエハとを積層することによって、図２に示すような水晶ウエハ（ウエハの積層体）１００を形成する積層工程（ＳＴ１４）と、水晶ウエハ１００から水晶振動子１０のパッケージ１２の個片化を行う個片化工程（ＳＴ１５）とを有する。なお、第１封止部材用ウエハ形成工程、水晶振動板用ウエハ形成工程、及び第２封止部材用ウエハ形成工程の順序は特に限定されない。第１封止部材用ウエハ形成工程、水晶振動板用ウエハ形成工程、及び第２封止部材用ウエハ形成工程を並行して行ってもよい。

【００６１】

ここで、水晶ウエハ１００について、図２～４を参照して説明する。水晶ウエハ１００は、図４に示すように、第１封止部材用ウエハ１００Ｂと、水晶振動板用ウエハ１００Ａと、第２封止部材用ウエハ１００Ｃとが積層された積層体として構成されている。

【００６２】

水晶ウエハ１００は、図２に示すように、水晶振動子１０のパッケージ１２が複数、集合された構成になっている。図２の例では、水晶ウエハ１００において、平面視略矩形に形成された複数のパッケージ１２がマトリックス状に配列されており、縦方向（図２のＸ軸方向）及び横方向（図２のＺ´軸方向）にそれぞれ８つのパッケージ１２が配列され、合計６４のパッケージ１２が備えられている。なお、パッケージ１２の数は一例であって、上記の数に限定されるものではない。

【００６３】

水晶ウエハ１００は、複数のパッケージ１２を支持するための支持部（桟部）１０１を備えている。支持部１０１は、水晶ウエハ１００のＺ´軸方向に沿って延びている。支持部１０１の両端部は、水晶ウエハ１００のフレーム部（外枠部）１０２に一体的に連結されている。支持部１０１は、水晶ウエハ１００のＸ軸方向に所定の間隔を隔てて複数（図２では８つ）設けられている。フレーム部１０２は、平面視で一辺が開放された略矩形の枠体であって、略「コ」字状に形成されている。フレーム部１０２の開放された一辺に対応する箇所に支持部１０１が設けられており、この支持部１０１とフレーム部１０２とによって環状の枠体が一体的に形成されるようになっている。

【００６４】

支持部１０１には、複数（図２では８つ）のパッケージ１２が支持されている。パッケージ１２は、水晶ウエハ１００のＺ´軸方向に所定の間隔を隔てて配列されている。支持部１０１は、平面視でパッケージ１２の一辺側に設けられている。本実施の形態では、支持部１０１は、パッケージ１２の一方の長辺側（図２の＋Ｘ方向側）に設けられている。

【００６５】

パッケージ１２は、連結部（折り取り部）を介して支持部１０１に連結されている。連結部は、水晶ウエハ１００のＺ´軸方向に所定の間隔を隔てて設けられた第１、第２連結部１３１，１３２を含む構成となっている。第１、第２連結部１３１，１３２は、平面視でパッケージ１２の一方の長辺１２ａから支持部１０１まで延びている。つまり、第１、第２連結部１３１，１３２の一端側（図２の－Ｘ方向側）がパッケージ１２の一方の長辺に連結され、第１、第２連結部１３１，１３２の他端側（図２の＋Ｘ方向側）が支持部１０１に連結されている。パッケージ１２は、第１、第２連結部１３１，１３２のみによって、水晶ウエハ１００の支持部１０１に支持されている。つまり、平面視で、パッケージ１２の外周縁は、第１、第２連結部１３１，１３２が連結された箇所を除いて、空間（隙間）に面している。

【００６６】

第１、第２連結部１３１，１３２は、同様の構成になっており、平面視で、パッケージ１２の中心を通りパッケージ１２の長辺１２ａに垂直な直線（例えば、後述する直線Ｌ１）に対して略線対称な形状になっている。以下では、第１連結部１３１について代表して説明することとし、第２連結部１３２についての説明を省略する。

【００６７】

図３に示すように、第１連結部１３１は、支持部１０１側の端部１３１ａの幅（Ｚ´軸方向の幅）Ｗ１１が、パッケージ１２の長辺１２ａ側の端部１３１ｂの幅（Ｚ´軸方向の幅）Ｗ１２よりも大きくなっている（Ｗ１１＞Ｗ１２）。第１連結部１３１の端縁（端辺）１３１ｃ，１３１ｄのうち、外側端縁１３１ｃ、つまり、パッケージ１２の長辺１２ａの中央位置１２ｃから遠い側（図３の－Ｚ´方向側）の端縁は、平面視でパッケージ１２の角部（頂点）１２ｅに連結されている。そして、第１連結部１３１の外側端縁１３１ｃにおいて、支持部１０１側の端縁１３１ｅが、パッケージ１２の長辺１２ａ側の端縁１３１ｆよりも、平面視で外側（図３の－Ｚ´方向側）へ向けて突出されている。言い換えれば、支持部１０１側の端縁１３１ｅが、パッケージ１２の長辺１２ａ側の端縁１３１ｆよりも、平面視で上記中央位置１２ｃを通り長辺１２ａに垂直な直線Ｌ１から遠い位置に設けられている。支持部１０１側の端縁１３１ｅと上記直線Ｌ１との距離Ｗ１３が、長辺１２ａ側の端縁１３１ｆと上記直線Ｌ１との距離Ｗ１４よりも大きくなっている（Ｗ１３＞Ｗ１４）。

【００６８】

本実施の形態では、第１連結部１３１の外側端縁１３１ｃは、上記直線Ｌ１に対し傾斜する直線に沿って設けられている。詳細には、外側端縁１３１ｃは、平面視で、パッケージ１２の他方の長辺１２ｂの中央位置１２ｄを通る直線Ｌ２に沿って設けられている。この場合、直線Ｌ２は、パッケージ１２の他方の長辺１２ｂの中央位置１２ｄと、上述したパッケージ１２の角部１２ｅとを通る直線になっている。第１連結部１３１において、パッケージ１２の短辺を支持部１０１側へ延長した直線よりも外側（図３の－Ｚ´方向側）に突出された部分が、略三角形に形成されている。なお、外側端縁１３１ｃの全体を直線Ｌ２に沿って形成してもよいが、外側端縁１３１ｃのうち支持部１０１側の部分を曲線状に形成していてもよい。

【００６９】

第１連結部１３１の内側端縁１３１ｄ、つまり、パッケージ１２の長辺１２ａの中央位置１２ｃから近い側（図３の＋Ｚ´方向側）の端縁は、支持部１０１側の端縁１３１ｇが、パッケージ１２の長辺１２ａ側の端縁１３１ｈよりも、平面視で内側（図３の＋Ｚ´方向側）へ向けて突出されている。言い換えれば、支持部１０１側の端縁１３１ｇが、パッケージ１２の長辺１２ａ側の端縁１３１ｈよりも、平面視で上記直線Ｌ１に近い位置に設けられている。支持部１０１側の端縁１３１ｇと上記直線Ｌ１との距離Ｗ１５が、長辺１２ａ側の端縁１３１ｈと上記直線Ｌ１との距離Ｗ１６よりも小さくなっている（Ｗ１５＜Ｗ１６）。

【００７０】

本実施の形態では、第１連結部１３１の内側端縁１３１ｄは、曲線状に形成されている。具体的には、内側端縁１３１ｄにおいて、支持部１０１側の端縁１３１ｇと、長辺１２ａ側の端縁１３１ｈとの間の部分、言い換えれば、両端部以外の部分は、角が設けられていない形状（角のない形状）になっている。この場合、内側端縁１３１ｄは、上記直線Ｌ１上に中心を有する円弧の一部になっている。内側端縁１３１ｄとパッケージ１２の長辺１２ａとの接続部１２ｆにおいて、内側端縁１３１ｄの接線とパッケージ１２の長辺１２ａとのなす角θ１が、９０度未満であることが好ましい。なお、内側端縁１３１ｄは、直線状（例えば、外側端縁１３１ｃと対称な形状）であってもよく、あるいは、複数の円弧が組み合わされた波形の形状であってもよい。

【００７１】

また、第１連結部１３１のパッケージ１２側の端部１３１ｂには、溝部（凹部）１３３が形成されている。溝部１３３は、パッケージ１２の長辺１２ａに沿って設けられている。つまり、溝部１３３は、水晶ウエハ１００のＺ´軸方向に沿って延びている。溝部１３３は、内側端縁１３１ｄとパッケージ１２の長辺１２ａとの接続部１２ｆからパッケージ１２の角部１２ｅに向けて（図３の－Ｚ´方向側に向けて）延びている。本実施の形態では、溝部１３３は、パッケージ１２の角部１２ｅまで到達しておらず、溝部１３３は、パッケージ１２の角部１２ｅと間隔を隔てて設けられている。つまり、溝部１３３は、パッ

ケージ１２の角部１２ｅまで到達しておらず、パッケージ１２の角部１２ｅの近傍は、溝部が形成されない部分になっている。なお、溝部１３３がパッケージ１２の角部１２ｅまで到達していてもよい。

【００７２】

上述したように、水晶ウエハ１００は、第１封止部材用ウエハ１００Ｂと、水晶振動板用ウエハ１００Ａと、第２封止部材用ウエハ１００Ｃとが積層された構成となっている（図４参照）。水晶振動板用ウエハ１００Ａ、第１封止部材用ウエハ１００Ｂ、及び第２封止部材用ウエハ１００Ｃは、平面視では、上述した水晶ウエハ１００（図２参照）と同様の形状になっている。

【００７３】

水晶振動板用ウエハ１００Ａは、図４に示すように、上述した水晶振動板２（図８，９参照）が複数、集合された構成になっている。図４の例では、水晶振動板用ウエハ１００Ａにおいて、複数の水晶振動板２がマトリックス状に配列されており、縦方向（図４のＸ軸方向）及び横方向（図４のＺ´軸方向）にそれぞれ８つの水晶振動板２が配列され、合計６４の水晶振動板２が備えられている。そして、水晶振動板用ウエハ１００Ａにおいては、上述した水晶ウエハ１００の場合と同様に、水晶振動板２が、第１、第２連結部１３１Ａ，１３２Ａによって支持部１０１Ａに支持されている。支持部１０１Ａの両端部は、フレーム部１０２Ａに一体的に連結されている。第１、第２連結部１３１Ａ，１３２Ａの水晶振動板２側の端部には、溝部（スリット）１３３Ａ，１３３Ａが形成されている。溝部１３３Ａ，１３３Ａは、水晶振動板用ウエハ１００Ａの両面に形成されていることが好ましいが、少なくとも片面に形成されていればよい。なお、水晶振動板用ウエハ１００Ａの各水晶振動板２には、上述した振動部２２や外枠部２３、第１励振電極２２１、第２励振電極２２２や、振動側第１接合パターン２５１、振動側第２接合パターン２５２、第１貫通孔２６等が形成されているが、図４では図示を省略している。

【００７４】

第１封止部材用ウエハ１００Ｂは、図４に示すように、上述した第１封止部材３（図６，７参照）が複数、集合された構成になっている。図４の例では、第１封止部材用ウエハ１００Ｂにおいて、複数の第１封止部材３がマトリックス状に配列されており、縦方向（図４のＸ軸方向）及び横方向（図４のＺ´軸方向）にそれぞれ８つの第１封止部材３が配列され、合計６４の第１封止部材３が備えられている。そして、第１封止部材用ウエハ１００Ｂにおいては、上述した水晶ウエハ１００の場合と同様に、第１封止部材３が、第１、第２連結部１３１Ｂ，１３２Ｂによって支持部１０１Ｂに支持されている。支持部１０１Ｂの両端部は、フレーム部１０２Ｂに一体的に連結されている。第１、第２連結部１３１Ｂ，１３２Ｂの第１封止部材３側の端部には、溝部１３３Ｂ，１３３Ｂが形成されている。溝部１３３Ｂ，１３３Ｂは、第１封止部材用ウエハ１００Ｂの両面に形成されていることが好ましいが、少なくとも片面に形成されていればよい。なお、第１封止部材用ウエハ１００Ｂの各第１封止部材３には、上述した封止側第１接合パターン３２１、配線パターン３３、接続用接合パターン３５，３６等が形成されているが、図４では図示を省略している。

【００７５】

第２封止部材用ウエハ１００Ｃは、図４に示すように、上述した第２封止部材４（図１０，１１参照）が複数、集合された構成になっている。図４の例では、第２封止部材用ウエハ１００Ｃにおいて、複数の第２封止部材４がマトリックス状に配列されており、縦方向（図４のＸ軸方向）及び横方向（図４のＺ´軸方向）にそれぞれ８つの第２封止部材４が配列され、合計６４の第２封止部材４が備えられている。そして、第２封止部材用ウエハ１００Ｃにおいては、上述した水晶ウエハ１００の場合と同様に、第２封止部材４が、第１、第２連結部１３１Ｃ，１３２Ｃによって支持部１０１Ｃに支持されている。支持部１０１Ｃの両端部は、フレーム部１０２Ｃに一体的に連結されている。第１、第２連結部１３１Ｃ，１３２Ｃの第２封止部材４側の端部には、溝部１３３Ｃ，１３３Ｃが形成されている。溝部１３３Ｃ，１３３Ｃは、第２封止部材用ウエハ１００Ｃの両面に形成されて

いることが好ましいが、少なくとも片面に形成されていればよい。なお、第２封止部材用ウエハ１００Ｃの各第２封止部材４には、上述した封止側第２接合パターン４２１、一外部電極端子４３１、他外部電極端子４３２、第２貫通孔４５、第３貫通孔４６等が形成されているが、図４では図示を省略している。

【００７６】

そして、第１封止部材用ウエハ１００Ｂと第２封止部材用ウエハ１００Ｃとが水晶振動板用ウエハ１００Ａを介して積層して接合されることによって、図２に示すように、サンドイッチ構造の水晶振動子１０のパッケージ１２が複数、集合された水晶ウエハ１００が形成される。この場合、水晶ウエハ１００の第１、第２連結部１３１，１３２は、第１封止部材用ウエハ１００Ｂの第１、第２連結部１３１Ｂ，１３２Ｂと、水晶振動板用ウエハ１００Ａの第１、第２連結部１３１Ａ，１３２Ａと、第２封止部材用ウエハ１００Ｃの第１、第２連結部１３１Ｃ，１３２Ｃとが積層された構成になっている。第１封止部材用ウエハ１００Ｂの第１、第２連結部１３１Ｂ，１３２Ｂ、水晶振動板用ウエハ１００Ａの第１、第２連結部１３１Ａ，１３２Ａ、及び第２封止部材用ウエハ１００Ｃの第１、第２連結部１３１Ｃ，１３２Ｃは、上述した水晶ウエハ１００の第１、第２連結部１３１，１３２と同様の構成になっている（図３参照）。第１封止部材用ウエハ１００Ｂの第１、第２連結部１３１Ｂ，１３２Ｂ、水晶振動板用ウエハ１００Ａの第１、第２連結部１３１Ａ，１３２Ａ、及び第２封止部材用ウエハ１００Ｃの第１、第２連結部１３１Ｃ，１３２Ｃは、平面視で略一致する位置に設けられている。

【００７７】

また、水晶ウエハ１００の溝部１３３，１３３は、第１封止部材用ウエハ１００Ｂの少なくとも片面に形成された溝部１３３Ｂ，１３３Ｂ、水晶振動板用ウエハ１００Ａの少なくとも片面に形成された溝部１３３Ａ，１３３Ａ、及び第２封止部材用ウエハ１００Ｃの少なくとも片面に形成された溝部１３３Ｃ，１３３Ｃを含む構成になっている。第１封止部材用ウエハ１００Ｂの溝部１３３Ｂ，１３３Ｂ、水晶振動板用ウエハ１００Ａの溝部１３３Ａ，１３３Ａ、及び第２封止部材用ウエハ１００Ｃの溝部１３３Ｃ，１３３Ｃは、上述した水晶ウエハ１００の溝部１３３，１３３と同様の構成になっている。

【００７８】

次に、図１に例示する水晶振動子１０の製造方法の各工程について説明する。

【００７９】

第１封止部材用ウエハ形成工程（ＳＴ１１）は、図４に示すような第１封止部材用ウエハ１００Ｂを形成する工程である。第１封止部材用ウエハ１００Ｂは、上述したように、平面視略矩形の複数の第１封止部材３が集合された構成になっており、具体的には、各第１封止部材３が、平面視で第１封止部材３の一辺側に当該第１封止部材３とは離間して設けられた支持部１０１Ｂに、第１、第２連結部１３１Ｂ，１３２Ｂを介して連結された構成になっている。

【００８０】

第１封止部材用ウエハ形成工程では、水晶素板（ＡＴカット水晶板）に、例えば、ウェットエッチングを行うことによって、第１封止部材用ウエハ１００Ｂの各第１封止部材３、支持部１０１Ｂ、フレーム部１０２Ｂ、第１、第２連結部１３１Ｂ，１３２Ｂ、及び溝部１３３Ｂ，１３３Ｂを形成する。また、各第１封止部材３において、例えば、真空蒸着やスパッタリング、イオンプレーティング、ＭＢＥ、レーザーアブレーションなどのＰＶＤ法（例えば、フォトリソグラフィ等の加工におけるパターンニング用の膜形成法）により下地ＰＶＤ膜や電極ＰＶＤ膜を形成することで、封止側第１接合パターン３２１、接続用接合パターン３５，３６、及び配線パターン３３を形成する。ここで、各第１封止部材３の他主面３１２の封止側第１接合パターン３２１、接続用接合パターン３５，３６、及び配線パターン３３を同一の構成とすることができ、この場合、同一のプロセスで封止側第１接合パターン３２１、接続用接合パターン３５，３６、及び配線パターン３３を一括して形成することができる。

【００８１】

水晶振動板用ウエハ形成工程（ＳＴ１２）は、図４に示すような水晶振動板用ウエハ１００Ａを形成する工程である。水晶振動板用ウエハ１００Ａは、上述したように、平面視略矩形の複数の水晶振動板２が集合された構成になっており、具体的には、各水晶振動板２が、平面視で水晶振動板２の一辺側に当該水晶振動板２とは離間して設けられた支持部１０１Ａに、第１、第２連結部１３１Ａ，１３２Ａを介して連結された構成になっている。

【００８２】

水晶振動板用ウエハ形成工程では、水晶素板（ＡＴカット水晶板）に、例えば、ウェットエッチングを行うことによって、水晶振動板用ウエハ１００Ａの各水晶振動板２、支持部１０１Ａ、フレーム部１０２Ａ、第１、第２連結部１３１Ａ，１３２Ａ、及び溝部１３３Ａ，１３３Ａを形成する。各水晶振動板２において、例えば、ウェットエッチングを行うことによって、振動部２２と外枠部２３との間の空間２２ｂ、及び第１貫通孔２６を形成する。

【００８３】

また、各水晶振動板２において、例えば、真空蒸着やスパッタリング、イオンプレーティング、ＭＢＥ、レーザーアブレーションなどのＰＶＤ法（例えば、フォトリソグラフィ等の加工におけるパターンニング用の膜形成法）により下地ＰＶＤ膜や電極ＰＶＤ膜を形成することで、第１励振電極２２１、第２励振電極２２２、第１引出電極２２３、第２引出電極２２４、振動側第１接合パターン２５１、振動側第２接合パターン２５２、及び接続用接合パターン２７，２８，２６４，２６５を形成する。ここで、各水晶振動板２の一主面２１１の第１励振電極２２１、第１引出電極２２３、振動側第１接合パターン２５１、及び接続用接合パターン２７，２６４を同一の構成とすることができ、この場合、同一のプロセスで第１励振電極２２１、第１引出電極２２３、振動側第１接合パターン２５１、及び接続用接合パターン２７，２６４を一括して形成することができる。同様に、各水晶振動板２の他主面２１２の第２励振電極２２２、第２引出電極２２４、振動側第２接合パターン２５２、及び接続用接合パターン２８，２６５を同一の構成とすることができ、この場合、同一のプロセスで第２励振電極２２２、第２引出電極２２４、振動側第２接合パターン２５２、及び接続用接合パターン２８，２６５を一括して形成することができる。

【００８４】

第２封止部材用ウエハ形成工程（ＳＴ１３）は、図４に示すような第２封止部材用ウエハ１００Ｃを形成する工程である。第２封止部材用ウエハ１００Ｃは、上述したように、平面視略矩形の複数の第２封止部材４が集合された構成になっており、具体的には、各第２封止部材４が、平面視で第２封止部材４の一辺側に当該第２封止部材４とは離間して設けられた支持部１０１Ｃに、第１、第２連結部１３１Ｃ，１３２Ｃを介して連結された構成になっている。

【００８５】

第２封止部材用ウエハ形成工程では、水晶素板（ＡＴカット水晶板）に、例えば、ウェットエッチングを行うことによって、第２封止部材用ウエハ１００Ｃの各第２封止部材４、支持部１０１Ｃ、フレーム部１０２Ｃ、第１、第２連結部１３１Ｃ，１３２Ｃ、及び溝部１３３Ｃ，１３３Ｃを形成する。各第２封止部材４において、例えば、ウェットエッチングを行うことによって、第２貫通孔４５及び第３貫通孔４６を形成する。

【００８６】

また、各第２封止部材４において、例えば、真空蒸着やスパッタリング、イオンプレーティング、ＭＢＥ、レーザーアブレーションなどのＰＶＤ法（例えば、フォトリソグラフィ等の加工におけるパターンニング用の膜形成法）により下地ＰＶＤ膜や電極ＰＶＤ膜を形成することで、封止側第２接合パターン４２１、一外部電極端子４３１、他外部電極端子４３２、及び接続用接合パターン４５３，４６３を形成する。ここで、各第２封止部材４の一主面４１１の封止側第２接合パターン４２１、及び接続用接合パターン４５３，４６３を同一の構成とすることができ、この場合、同一のプロセスで封止側第２接合パター

ン４２１、及び接続用接合パターン４５３，４６３を一括して形成することができる。
【００８７】
積層工程（ＳＴ１４）は、第１封止部材用ウエハ形成工程（ＳＴ１１）で形成された第１封止部材用ウエハ１００Ｂと、水晶振動板用ウエハ形成工程（ＳＴ１２）で形成された水晶振動板用ウエハ１００Ａと、第２封止部材用ウエハ形成工程（ＳＴ１３）で形成された第２封止部材用ウエハ１００Ｃとを積層することによって、水晶ウエハ１００を形成する工程である。つまり、積層工程では、第１封止部材用ウエハ１００Ｂの各第１封止部材３と、水晶振動板用ウエハ１００Ａの各水晶振動板２と、第２封止部材用ウエハ１００Ｃの各第２封止部材４とを積層する。
【００８８】
具体的には、水晶振動板用ウエハ１００Ａの各水晶振動板２の振動側第１接合パターン２５１と、第１封止部材用ウエハ１００Ｂの各第１封止部材３の封止側第１接合パターン３２１とを重ね合わせた状態で拡散接合させ、水晶振動板用ウエハ１００Ａの各水晶振動板２の振動側第２接合パターン２５２と、第２封止部材用ウエハ１００Ｃの各第２封止部材４の封止側第２接合パターン４２１とを重ね合わせた状態で拡散接合させる。
【００８９】
また、水晶振動板用ウエハ１００Ａの各水晶振動板２の接続用接合パターン２６４と、第１封止部材用ウエハ１００Ｂの各第１封止部材３の接続用接合パターン３５とを拡散接合させる。水晶振動板用ウエハ１００Ａの各水晶振動板２の接続用接合パターン２７と、第１封止部材用ウエハ１００Ｂの各第１封止部材３の接続用接合パターン３６とを拡散接合させる。水晶振動板用ウエハ１００Ａの各水晶振動板２の接続用接合パターン２６５と、第２封止部材用ウエハ１００Ｃの各第２封止部材４の接続用接合パターン４５３とを拡散接合させる。水晶振動板用ウエハ１００Ａの各水晶振動板２の接続用接合パターン２８と、第２封止部材用ウエハ１００Ｃの各第２封止部材４の接続用接合パターン４６３とを拡散接合させる。
【００９０】
なお、積層工程では、第１封止部材用ウエハ１００Ｂの各第１封止部材３と、水晶振動板用ウエハ１００Ａの各水晶振動板２とを接合した後に、水晶振動板用ウエハ１００Ａの各水晶振動板２と、第２封止部材用ウエハ１００Ｃの各第２封止部材４とを接合してもよいし、あるいは、水晶振動板用ウエハ１００Ａの各水晶振動板２と、第２封止部材用ウエハ１００Ｃの各第２封止部材４とを接合した後に、第１封止部材用ウエハ１００Ｂの各第１封止部材３と、水晶振動板用ウエハ１００Ａの各水晶振動板２とを接合してもよい。
【００９１】
上記の積層工程により、略直方体状の水晶振動子１０のパッケージ１２が複数、集合された水晶ウエハ１００が形成される。各パッケージ１２において、第１封止部材３と水晶振動板２とは、１．００μｍ以下のギャップを有し、第２封止部材４と水晶振動板２とは、１．００μｍ以下のギャップを有する。つまり、第１封止部材３と水晶振動板２との間の接合材１１の厚みが、１．００μｍ以下であり、第２封止部材４と水晶振動板２との間の接合材１１の厚みが、１．００μｍ以下（具体的には、本実施の形態のＡｕ－Ａｕ接合では０．１５μｍ～１．００μｍ）である。なお、比較として、Ｓｎを用いた従来の金属ペースト封止材では、５μｍ～２０μｍとなる。
【００９２】
積層工程後の水晶ウエハ１００では、第１封止部材用ウエハ１００Ｂの各第１封止部材３の第１連結部１３１Ｂと、水晶振動板用ウエハ１００Ａの各水晶振動板２の第１連結部１３１Ａと、第２封止部材用ウエハ１００Ｃの各第２封止部材４の第１連結部１３１Ｃとが、平面視で略一致する位置に設けられている。第１封止部材用ウエハ１００Ｂの各第１封止部材３の第２連結部１３２Ｂと、水晶振動板用ウエハ１００Ａの各水晶振動板２の第２連結部１３２Ａと、第２封止部材用ウエハ１００Ｃの各第２封止部材４の第２連結部１３２Ｃとが、平面視で略一致する位置に設けられている。
【００９３】

個片化工程（ＳＴ１５）では、水晶ウエハ１００の各パッケージ１２の第１封止部材３を、例えば棒状の押圧部材によって押圧することにより、水晶ウエハ１００から各パッケージ１２を折り取って（分離させて）、パッケージ１２を個片化させる。この際、パッケージ１２（第１封止部材３）の第１、第２連結部１３１，１３２が設けられた箇所とは反対側の箇所を押圧することが好ましい。具体的には、パッケージ１２の他方の長辺１２ｂの中央位置１２ｄ（図３参照）を押圧することが好ましい。

【００９４】

本実施の形態によれば、個片化工程において、水晶振動子１０のパッケージ１２が複数、集合された水晶ウエハ１００から、各パッケージ１２を折り取りによって容易に個片化することができる。以下、この点について説明する。

【００９５】

個片化工程では、水晶ウエハ１００の各パッケージ１２の第１、第２連結部１３１，１３２が設けられた箇所とは反対側の箇所を押圧することにより、パッケージ１２が個片化されるようになっている。この際、各パッケージ１２の水晶振動板２、第１封止部材３、及び第２封止部材４のそれぞれに第１、第２連結部１３１Ａ，１３２Ａ，１３１Ｂ，１３２Ｂ，１３１Ｃ，１３２Ｃが設けられているので、第１、第２連結部１３１Ａ，１３２Ａ，１３１Ｂ，１３２Ｂ，１３１Ｃ，１３２Ｃにおいて水晶振動板２、第１封止部材３、及び第２封止部材４のそれぞれを容易に分離させることができる。具体的には、水晶振動板用ウエハ１００Ａの第１、第２連結部１３１Ａ，１３２Ａと水晶振動板２との接続箇所、つまり、水晶振動板２の一方の長辺において、水晶振動板２と第１、第２連結部１３１Ａ，１３２Ａとを分離させることができる。同様に、第１封止部材用ウエハ１００Ｂの第１、第２連結部１３１Ｂ，１３２Ｂと第１封止部材３との接続箇所、つまり、第１封止部材３の一方の長辺において、第１封止部材３と第１、第２連結部１３１Ｂ，１３２Ｂとを分離させることができる。第２封止部材用ウエハ１００Ｃの第１、第２連結部１３１Ｃ，１３２Ｃと第２封止部材４との接続箇所、つまり、第２封止部材４の一方の長辺において、第２封止部材４と第１、第２連結部１３１Ｃ，１３２Ｃとを分離させることができる。したがって、水晶ウエハ１００から各パッケージ１２を折り取りによって容易に個片化することができる。

【００９６】

また、個片化工程での折り取りの際、押圧による応力が、水晶ウエハ１００の第１連結部１３１（第２連結部１３２についても同様）の内側端縁１３１ｄとパッケージ１２の長辺１２ａとの接続部１２ｆに最も集中しやすくなっている。そこで、本実施の形態では、接続部１２ｆを起点として水晶ウエハ１００に破断を発生させ、この破断を水晶ウエハ１００のＺ´軸方向に沿って略直線状に進行させることによって、パッケージ１２の個片化を容易に行えるようにしている。

【００９７】

本実施の形態では、第１連結部１３１の支持部１０１側の端部１３１ａの幅Ｗ１１が、パッケージ１２（水晶振動板２、第１封止部材３、第２封止部材４）の長辺１２ａ側の端部１３１ｂの幅Ｗ１２よりも大きくなっており、第１連結部１３１の外側端縁１３１ｃにおいて、支持部１０１側の端縁１３１ｅが、パッケージ１２の長辺１２ａ側の端縁１３１ｆよりも、平面視でパッケージ１２の長辺１２ａの中央位置１２ｃから遠い位置に設けられている。また、第１連結部１３１の長辺１２ａ側の端部１３１ｂに、Ｚ´軸方向に延びる溝部１３３が設けられている。これにより、個片化工程において、接続部１２ｆを起点として発生した破断を水晶ウエハ１００のＺ´軸方向に沿ってスムーズに進行させ、パッケージ１２を水晶ウエハ１００から容易に分離させることができ、割れ、チッピング等の折り取り痕の発生を抑制して、パッケージ１２の外観不良の発生を抑制することができる。

【００９８】

また、溝部１３３によって、パッケージ１２（水晶振動板２、第１封止部材３、第２封止部材４）の折り取りに必要な押圧力（加圧力）を小さくすることができ、個片化工程で

の折り取りの際にパッケージ１２に加えられるダメージを小さくすることができる。この場合、第１封止部材用ウエハ１００Ｂの両面に溝部１３３Ｂ，１３３Ｂを形成し、水晶振動板用ウエハ１００Ａの両面に溝部１３３Ａ，１３３Ａを形成し、さらに、第２封止部材用ウエハ１００Ｃの両面に溝部１３３Ｃ，１３３Ｃを形成することによって、折り取りの際のパッケージ１２のダメージをより小さくすることができる。

【００９９】

また、溝部１３３が水晶ウエハ１００のＸ軸方向に垂直な方向（この場合、Ｚ´軸方向）に沿って形成されており、溝部１３３がパッケージ１２（水晶振動板２、第１封止部材３、第２封止部材４）の角部１２ｅと間隔を隔てて設けられているので、ウェットエッチングによって溝部１３３を形成する場合、水晶ウエハ１００の異方性によるパッケージ１２の角部１２ｅの欠損（面取り）を抑制することができる。

【０１００】

また、第１連結部１３１の内側端縁１３１ｄが、両端部以外の部分が角のない形状とされているので、内側端縁１３１ｄとパッケージ１２（水晶振動板２、第１封止部材３、第２封止部材４）の長辺１２ａとの接続部１２ｆに折り取りの際の応力を確実に集中させることができ、水晶ウエハ１００の破断を接続部１２ｆにおいて確実に発生させることができる。

【０１０１】

また、第１、第２連結部１３１，１３２が、パッケージ１２（水晶振動板２、第１封止部材３、第２封止部材４）の＋Ｘ方向側の長辺１２ａに設けられているので、ウェットエッチングを行う際、水晶ウエハ１００の異方性によって水晶振動板２の振動部２２（図８参照）の＋Ｘ方向側の角部に欠損（面取り）が発生することを抑制できる。つまり、第１、第２連結部１３１，１３２がパッケージ１２の－Ｘ方向側の長辺１２ｂに設けられる場合に比べて、振動部２２をより矩形に近い形状に形成することができる。

【０１０２】

ここで、個片化工程において、パッケージ１２の他方の長辺１２ｂの中央位置１２ｄ付近を押圧した場合、パッケージ１２を変形させようとする力が、押圧箇所（ここでは、パッケージ１２の長辺１２ｂの中央位置１２ｄ）と、第１、第２連結部１３１，１３２の支持部１０１側への接続箇所（ここでは、外側端縁１３１ｃの支持部１０１側の端縁１３１ｅ）とを結ぶ直線（ここでは、直線Ｌ２）上に最も大きく作用すると考えられる。そして、直線（張力線）の内側の領域では、押圧に起因する変形や、それに伴った破断（破壊）が発生すると考えられ、上述したように、接続部１２ｆを起点として破断を発生させ、水晶ウエハ１００のＺ´軸方向に沿って略直線状に破断を進行させることが可能である。つまり、張力線の内側の領域では、押圧に起因する破断等をある程度コントロールすることが可能である。一方、張力線の外側の領域では、形状の乱れや、結晶の方位、状態、その他外的因子に影響される変形や破断（破壊）が発生すると考えられ、この変形や破断は、上述した張力線の内側の領域とは異なり、想定外の位置及び方向に発生する可能性があり、コントロールすることが困難と考えられる。

【０１０３】

本実施の形態では、第１連結部１３１（第２連結部１３２についても同様）の外側端縁１３１ｃが、平面視で、上記張力線に対応する直線Ｌ２に沿って設けられているので、折り取りのために破断が必要な箇所、具体的には、パッケージ１２（水晶振動板２、第１封止部材３、第２封止部材４）の角部１２ｅと接続部１２ｆとの間の箇所を全て張力線（直線Ｌ２）の内側の領域に含ませることができる。これにより、折り取りのために必要な箇所に限って破断を発生させることができ、パッケージ１２の外観不良の発生を抑制することができる。

【０１０４】

上記実施の形態では、水晶振動デバイスを水晶振動子としたが、水晶振動子以外の水晶振動デバイス（例えば水晶発振器）にも本発明を適用することが可能である。

【０１０５】

また、上記実施形態では、第１、第２連結部１３１，１３２をパッケージ１２（水晶振動板２、第１封止部材３、第２封止部材４）の長辺１２ａ側に設けたが、パッケージ１２の短辺側に第１、第２連結部を設ける構成としてもよい。

【０１０６】

本発明は、その精神や主旨または主要な特徴から逸脱することなく、他のいろいろな形で実施することができる。そのため、上述の実施の形態はあらゆる点で単なる例示にすぎず、限定的に解釈してはならない。本発明の範囲は特許請求の範囲によって示すものであって、明細書本文には、なんら拘束されない。さらに、特許請求の範囲の均等範囲に属する変形や変更は、全て本発明の範囲内のものである。

【産業上の利用可能性】

【０１０７】

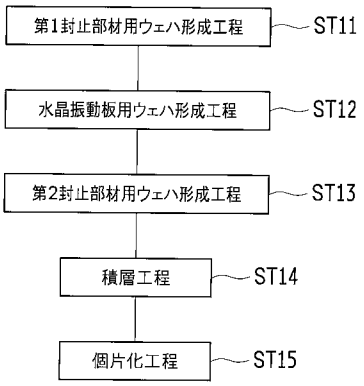
本発明は、水晶振動子や、水晶発振器等の水晶振動デバイスの製造方法に利用可能である。

【符号の説明】

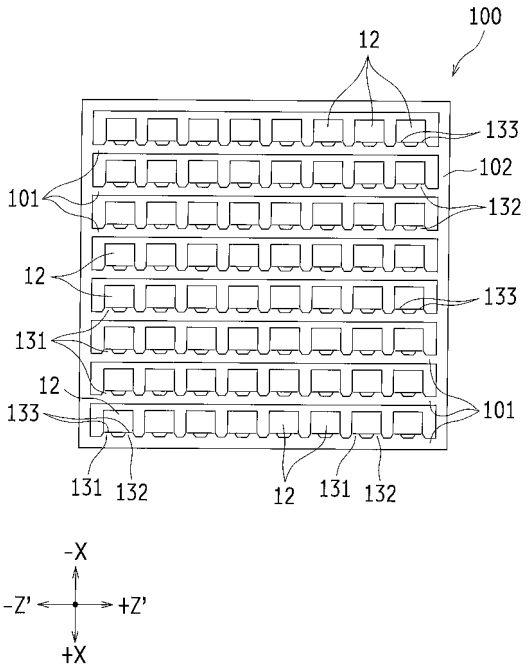
【０１０８】

１００　水晶ウエハ
１０　水晶振動子
１２　パッケージ
１００Ａ　水晶振動板用ウエハ
２　水晶振動板
１０１Ａ　支持部
１３１Ａ　第１連結部
１３２Ａ　第２連結部
１３３Ａ　溝部
１００Ｂ　第１封止部材用ウエハ
３　第１封止部材
１０１Ｂ　支持部
１３１Ｂ　第１連結部
１３２Ｂ　第２連結部
１３３Ｂ　溝部
１００Ｃ　第２封止部材用ウエハ
４　第２封止部材
１０１Ｃ　支持部
１３１Ｃ　第１連結部
１３２Ｃ　第２連結部
１３３Ｃ　溝部

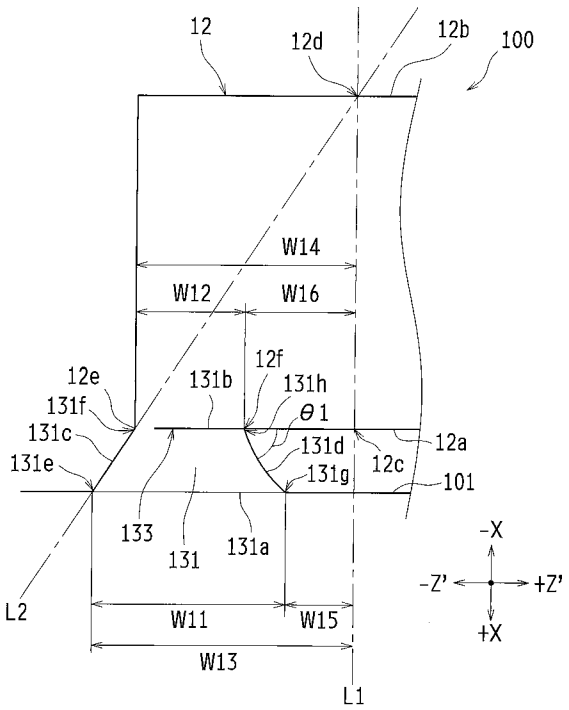
【図１】


第1封止部材用ウェハ形成工程
ST11
水晶振動板用ウェハ形成工程
ST12
第2封止部材用ウェハ形成工程
ST13
積層工程
ST14
個片化工程
ST15

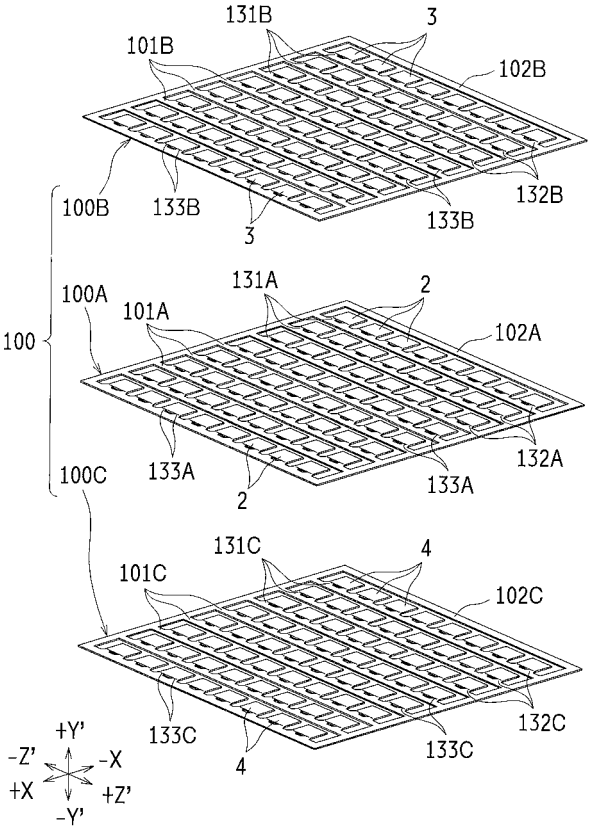
【図２】


100
12
133
102
101
132
12
133
131
12
101
133
131
132
12
131
132
-X
-Z'
+Z'
+X

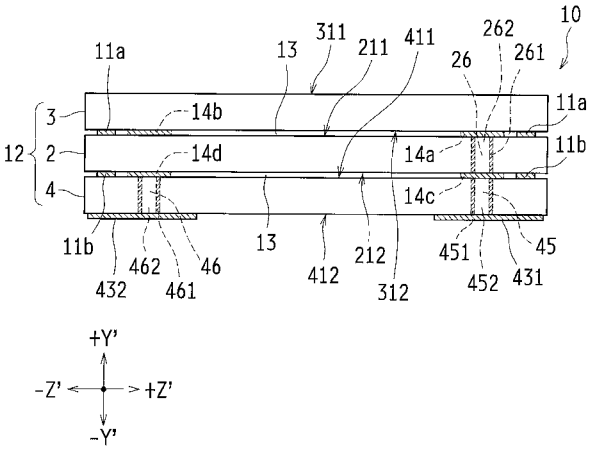
【図３】


12
12d
12b
100
W14
W12
W16
12e
131f
131c
131e
131b
12f
131h
θ1
131d
131g
12c
12a
101
133
131
131a
L2
W11
W15
W13
L1
-X
-Z'
+Z'
+X

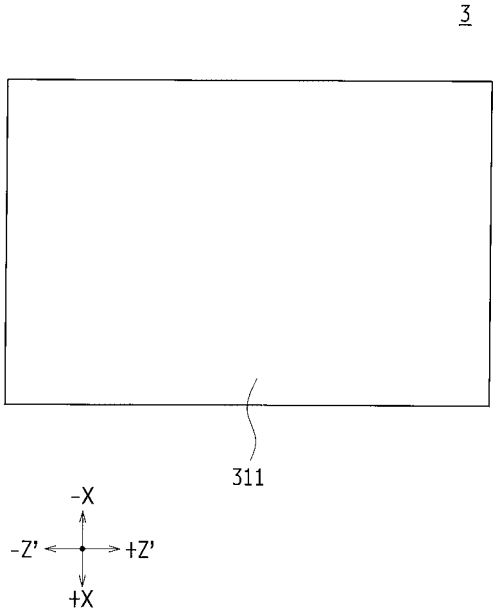
【図４】


131B
3
101B
102B
100B
133B
132B
3
133B
100
100A
131A
2
101A
102A
132A
133A
2
133A
100C
131C
4
101C
102C
132C
133C
4
133C
+Y'
-Z'
-X
+X
+Z'
-Y'

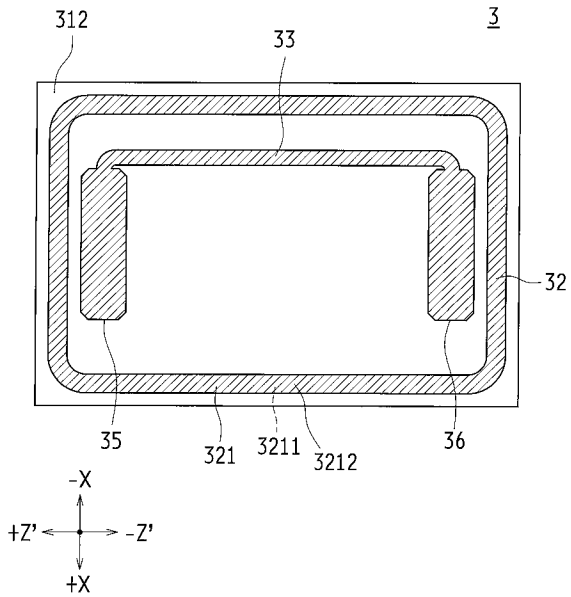
【図５】


10
11a
13
311
211
411
26
262
261
11a
3
14b
12
2
14d
14a
11b
4
14c
11b
462
46
13
412
212
312
451
452
45
431
432
461
+Y'
-Z'
+Z'
-Y'

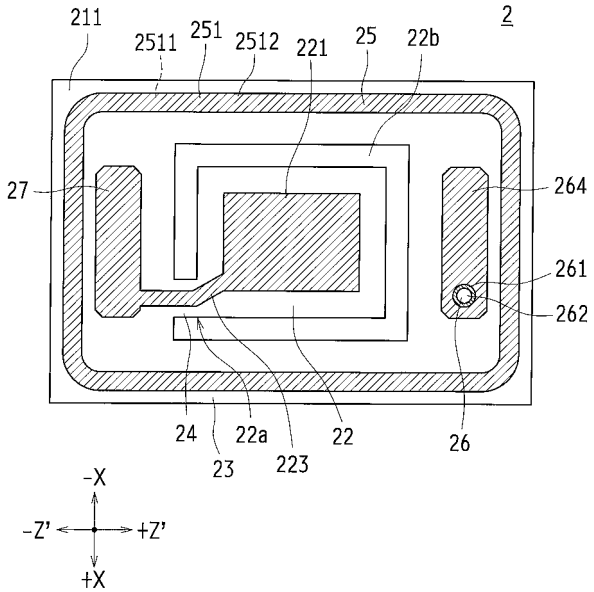
【図６】


3
311
-X
-Z'
+Z'
+X

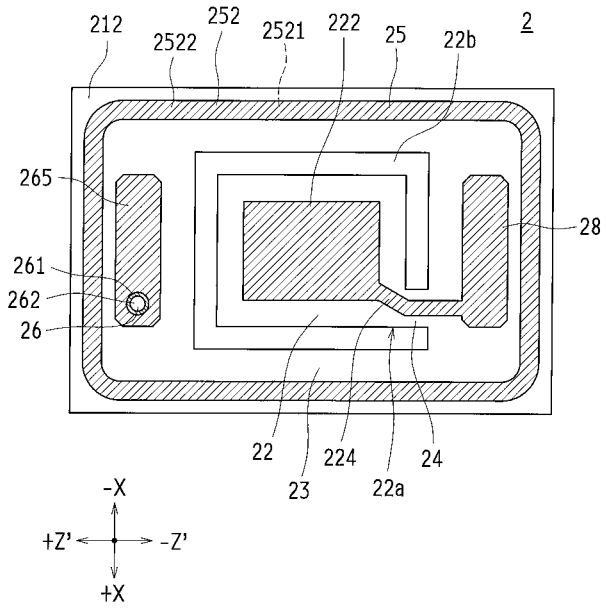
【図７】


312
33
3
32
35
321
3211
3212
36
-X
+Z'
-Z'
+X

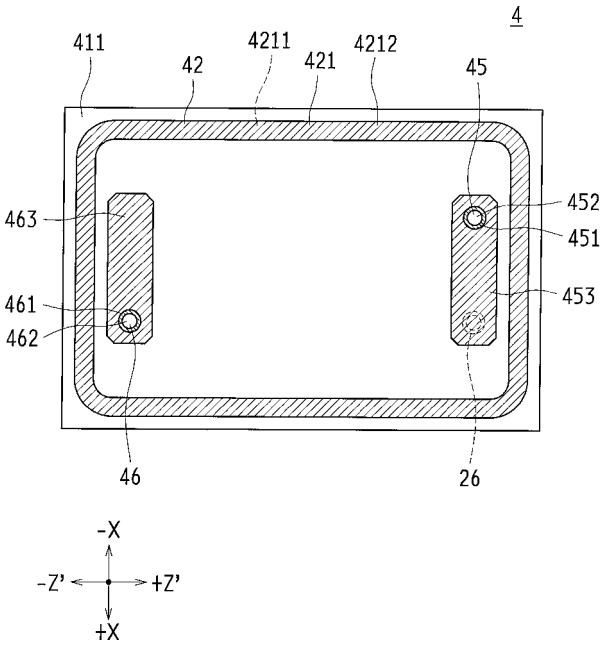
【図８】


211
2511
251
2512
221
25
22b
2
27
264
261
262
24
22a
22
26
23
223
-X
-Z'
+Z'
+X

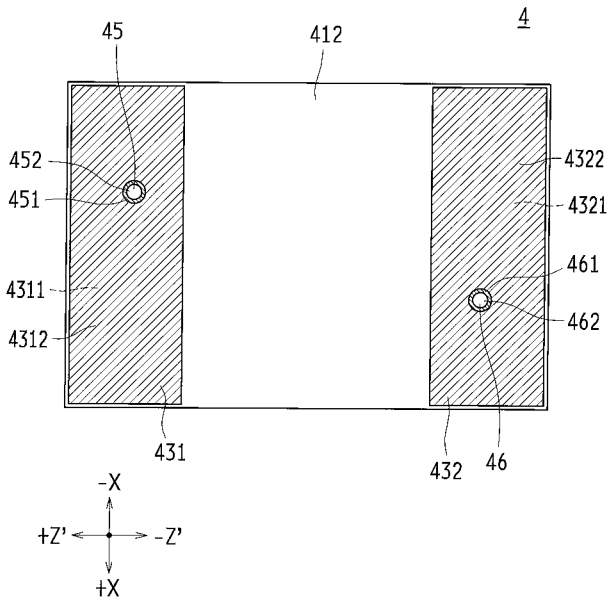
【図９】


212
2522
252
2521
222
25
22b
2
265
28
261
262
26
22
23
224
22a
24
-X
+Z'
-Z'
+X

【図１０】


4
411
42
4211
421
4212
45
463
452
451
461
453
462
46
26
-X
-Z'
+Z'
+X

【図１１】


4
45
412
452
451
4322
4321
461
4311
462
4312
431
432
46
-X
+Z'
-Z'
+X