

【發明說明書】

【中文發明名稱】接合基板、彈性表面波元件、彈性表面波元件裝置以及接合基板的製造方法

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種利用彈性表面波的接合基板、彈性表面波元件、彈性表面波元件裝置以及接合基板的製造方法。

【先前技術】

【0002】 伴隨行動電話等移動體通信設備的進化，對彈性表面波（表面聲波（Surface Acoustic Wave；SAW））裝置亦要求高性能化。尤其是，為了高頻化、廣頻帶化而要求具有高速、高耦合的 SAW 模式及防止溫度變化所致的傳輸頻帶的移動的優異的溫度特性的 SAW 基板。

進而，洩漏彈性表面波（洩漏表面聲波（Leaky SAW）；亦稱為 LSAW 等）、縱型洩漏彈性表面波（Longitudinal-type Leaky SAW；亦稱為 LLSAW 等）具有優異的相位速度，且為對 SAW 裝置的高頻化有利的傳播模式之一。然而，就具有大的衰減傳播的方面而言存在課題。

【0003】 例如，專利文獻 1 中提出有如下技術：於在鈮酸鋰基板表面附近形成質子交換層後，僅於表層形成逆質子交換層，藉此減少 LLSAW 的體波放射引起的損失。

【0004】 非專利文獻 1、非專利文獻 2 中，作為 LLSAW 的低損

失化的方法，亦嘗試有基板方位、電極膜厚的最佳化。

【0005】 另外，關於溫度特性，例如，現狀是經常使用的鉍酸鋰的頻率變化的溫度係數為 $-35 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ ，鈮酸鋰為 $-79 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ ，頻率變動大。因此，需要減小頻率變化的溫度係數。

另一方面，ST-切割（Cut）晶體的溫度係數為 $0 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 而示出優異的特性，但於傳播速度或機電耦合係數方面，與鉍酸鋰或鈮酸鋰相比大幅劣化。

【0006】 專利文獻 2 中記載有：藉由有機薄膜層將 SAW 傳播基板與支撐基板接著而成的裝置。傳播基板例如為厚度 $30 \text{ }\mu\text{m}$ 的鉍酸鋰基板，將其與厚度 $300 \text{ }\mu\text{m}$ 的玻璃基板藉由厚度 $15 \text{ }\mu\text{m}$ 的有機接著劑而貼合。

【0007】 專利文獻 3 中亦記載有：利用接著劑將鉍酸鋰基板（厚度： $125 \text{ }\mu\text{m}$ ）與石英玻璃基板（厚度： $125 \text{ }\mu\text{m}$ ）貼合而成的 SAW 裝置。

【0008】 專利文獻 4 中報告有：關於鉍酸鋰基板與支撐基板的接著，藉由使有機接著層薄層化而改善溫度特性。

【0009】 然而，專利文獻 1 中，雖確認到 LLSAW 的體波放射引起的損失減少且傳播特性等格外地提高，但於提案結構中存在裝置的良率極其差的問題。

專利文獻 2、專利文獻 3 中均未記載改善溫度特性的具體資料。

專利文獻 4 中，雖藉由使有機接著層薄層化而改善溫度特

性，但即便如此亦未達到 15 ppm/°C ST-Cut 晶體的 0 ppm/°C，且因利用接著劑進行接合而存在良率差等問題。

【0010】 本申請案發明者等人明瞭於非專利文獻 3～非專利文獻 5 中，於晶體基板、與壓電基板的接合中，傳播衰減減小。

例如，非專利文獻 3 中，因為是彈性表面波（SAW）裝置而於 ST 切割晶體與 LiTaO₃（LT）的直接接合中使用非晶 SiO₂（ α -SiO₂）中間層進行接合。

非專利文獻 4 中提出有：對 AT 切割晶體接合 X 切割 31°Y 傳播鉍酸鋰、X 切割 36°Y 傳播鈮酸鋰而提高了機電耦合係數的 LLSAW。

非專利文獻 5 中，藉由 LiTaO₃ 或 LiNbO₃ 薄板與晶體基板的接合而謀求縱型洩漏彈性表面波的高耦合化。

[現有技術文獻]

[專利文獻]

【0011】 [專利文獻 1]日本專利特開 2013-30829 號公報

[專利文獻 2]日本專利特開 2001-53579 號公報

[專利文獻 3]日本專利特開 2006-42008 號公報

[專利文獻 4]日本專利特開 2011-87079 號公報

[非專利文獻]

【0012】 [非專利文獻 1]「使用第二洩漏模式的 GHz 頻帶表面聲波裝置（GHz-band surface acoustic wave devices using the second leaky mode）」，應用物理（Appl. Phys.）（vol. 36, no9B, pp. 6083-6087,

1997.)

[非專利文獻 2] 「 LiNbO_3 的縱波型洩漏彈性表面波的共振器特性-利用有限要素分析耦合法的的分析」信學會基礎·邊界學會大會 (A-195, p.196, 1996.)

[非專利文獻 3] 「2016 年電子封裝國際會議 (International Conference on Electronics Packaging (ICEP))」, 發行單位 日本電子封裝協會 (The Japan Institute of Electronics Packaging), 發行日 2016 年 4 月 20 日

[非專利文獻 4] 「2015 年度山梨大學工學部電氣電子工學科畢業論文發表會主旨集」, 發行單位 山梨大學工學部電氣電子工學科, 發行日 2016 年 2 月 16 日

[非專利文獻 5] 「2015 年度山梨大學工學部電氣電子工學科畢業論文發表會」, 舉辦日 2016 年 2 月 16 日

【發明內容】

【0013】 [發明所欲解決之課題]

明瞭於所述非專利文獻 3~非專利文獻 5 中機電耦合係數得到改善。然而, 彈性表面波元件需要頻率溫度特性優異, 且若未獲得良好的頻率溫度特性, 則需要設置溫度補償元件等來降低溫度依存性。非專利文獻 3~非專利文獻 5 中提出的 LLSAW 雖可見機電耦合係數的改善, 但頻率溫度特性的改善並不充分。

【0014】 且說, LLSAW 或 LSAW 中通常進行如下操作: 使晶體基板與壓電基板的方位於相同方向上一致並進行接合, 藉此獲得

機械性接合強度。若該方向並非相同方向而為交叉方向、且實施接合後進行的熱處理，則晶體基板的熱膨脹係數為正且壓電基板的熱膨脹係數為負，因此熱膨脹差進一步增強，因此認為容易產生兩基板間的剝離等。

【0015】 本申請案發明者等人進行了努力研究，結果發現藉由使晶體基板與壓電基板的方位於適當的方向上交叉而頻率溫度特性提高，並且關於機電耦合係數亦可獲得良好的特性。另外，亦一併發現於厚度相對較薄的壓電基板中，藉由在與晶體基板的接合面中進行共價鍵結而機械性接合強度沒有問題，且亦不會產生剝離等問題。

【0016】 本申請案發明是以所述情況為背景而成者，目的之一為提供一種具有機電耦合係數、頻率溫度特性均良好的特性的接合基板、彈性表面波元件、彈性表面波元件裝置以及接合基板的製造方法。

[解決課題之手段]

【0017】 本發明的接合基板中，第 1 形態的特徵在於包括：晶體基板、以及接合於所述晶體基板上且傳播彈性表面波的壓電基板，且於接合界面中藉由共價鍵結而接合，並且

所述晶體基板的方位與所述壓電基板的方位於接合面方向上在正交的方向側交叉。

【0018】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，包括晶體基板、以及接合於所述晶體基板上

且傳播彈性表面波的壓電基板，且於接合界面中藉由共價鍵結而接合，並且所述晶體基板的方位與所述壓電基板的方位於接合面方向上在 65 度～115 度的範圍內交叉。

【0019】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，所述壓電基板是用以激發洩漏彈性表面波。

【0020】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，於所述晶體基板與壓電基板之間具有非晶層，且所述非晶層的界面為所述接合界面。

【0021】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，所述非晶層為 100 nm 以下的厚度。

【0022】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，所述非晶層包含二氧化矽或氧化鋁。

【0023】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，所述壓電基板的厚度相對於彈性表面波的波長而言相當於 0.05 波長～1.0 波長。

【0024】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，所述晶體基板的厚度為 150 μm ～500 μm 。

【0025】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，所述晶體基板為 AT 切割晶體基板或 ST 切割晶體基板。

【0026】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，所述壓電基板包含鉍酸鋰或鋰酸鋰。

【0027】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，所述壓電基板的厚度為 $0.1\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ 。

【0028】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，頻率溫度特性 (TCF) 為 $-20\ \text{ppm}/^\circ\text{C} \sim +5\ \text{ppm}/^\circ\text{C}$ ，耦合係數 (K^2) 為 5% 以上。

【0029】 本發明的彈性表面波元件中，第 1 形態的特徵在於：於所述形態的接合基板中的壓電基板的主表面上包括至少一個梳型電極。

【0030】 本發明的彈性表面波元件裝置中，第 1 形態的特徵在於：將所述形態的彈性表面波元件密封為封裝。

【0031】 本發明的接合基板的製造方法中，第 1 形態為將晶體基板與壓電基板接合而成的接合基板的製造方法，並且其特徵在於：

對晶體基板的接合面及壓電基板的接合面於減壓下照射紫外線，且所述晶體基板與所述壓電基板以彼此的方位於接合面方向上在正交的方向側交叉的狀態，於照射後，使晶體基板的接合面與壓電基板的接合面接觸，並對晶體基板與壓電基板於厚度方向上加壓，從而使所述接合面彼此接合。

【0032】 其他形態的接合基板的製造方法的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的製造方法的發明中，於所述加壓時，加熱至規定的溫度。

【0033】 其他形態的接合基板的製造方法的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的製造方法的發明中，所述晶體基板是利用

水熱合成法進行結晶成長並於任意方向上加以切出而成者。

【0034】 其他形態的接合基板的製造方法的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的製造方法的發明中，預先使非晶層介隔存在於所述晶體基板與壓電基板的接合面的其中一者或兩者上。

【0035】 其他形態的接合基板的製造方法的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的製造方法的發明中，所述非晶層是利用薄膜形成方法附著而成者。

[發明的效果]

【0036】 即，根據本發明，存在可獲得具有頻率溫度特性與機電耦合係數優異的特性的彈性表面波元件的效果。

【圖式簡單說明】

【0037】

圖 1 是表示本發明的一實施形態的接合基板的接合狀態的概略圖。

圖 2 是表示本發明的一實施形態的接合基板及彈性表面波元件的概略圖。

圖 3 是表示其他實施形態的接合基板及彈性表面波元件的概略圖。

圖 4 是表示本發明的一實施形態的接合基板的製造中所使用的接合處理裝置的概略圖。

圖 5A、圖 5B 是說明本發明的一實施形態的晶體基板與壓電基板的接合形態的圖。

圖 6 是表示本發明的一實施形態的彈性表面波裝置的概略圖。

圖 7 是表示本發明的一實施形態的 LN/AT90°X-Quartz 的 LSAW 的、相對於壓電基板厚度的相位速度、傳播衰減、TCF 與 K^2 的關係的圖表。

圖 8 是表示本發明的一實施形態的 LT/AT90°X-Quartz 的 LSAW 的、相對於壓電基板厚度的相位速度、傳播衰減、TCF 與 K^2 的關係的圖表。

圖 9 是表示本發明的一實施形態的 36°YX-LT/AT90°X-Quartz 的 LSAW 的粒子位移分佈的圖表。

圖 10 是表示本發明的一實施形態的利用 FEM 分析的 36°YX-LT/AT90°X-Quartz 上的 LSAW 共振特性（無限週期結構）的圖表。

圖 11 是表示本發明的一實施形態的交叉角度與相位速度的關係的圖。

圖 12 是表示本發明的一實施形態的交叉角度與相位速度的關係及交叉角度與機電耦合係數的關係的圖。

圖 13 是表示本發明的一實施形態的交叉角度與 TCF 的關係及交叉角度與機電耦合係數的關係的圖。

圖 14 是表示本發明的一實施形態的壓電基板的厚度與 TCF 及機電耦合係數的關係的圖。

【實施方式】

【0038】 以下，基於隨附圖式對本發明的一實施形態的接合基板及彈性表面波元件進行說明。

接合基板 5 是經由接合界面 4 並藉由共價鍵結將晶體基板 2 與壓電基板 3 接合。

晶體基板 2 較佳為具有 $150\ \mu\text{m} \sim 500\ \mu\text{m}$ 的厚度，壓電基板 3 較佳為具有相對於彈性表面波的波長而言相當於 0.05 波長 ~ 1.0 波長的厚度。再者，關於本發明，壓電基板的厚度進而理想的是相對於彈性表面波的波長而言為 0.05 波長 ~ 0.8 波長，進而更理想的是 0.05 波長 ~ 0.25 波長。

晶體基板 2 例如可使用利用水熱合成法進行結晶成長並於任意方向上加以切出而成者。壓電基板 3 可使用適宜的材料，例如可包含鉬酸鋰或鈮酸鋰。尤其是，可使用面方位為 36°Y 切割、 X 傳播的鉬酸鋰、或為 41°Y 切割、 X 傳播的鈮酸鋰。

【0039】 其中，如圖 1 所示，於接合時，設為晶體基板 2 的方位 2D 、與壓電基板 3 的方位 3D 於面方向上在直角方向側交叉的狀態而進行接合。所謂在直角方向側交叉，是指兩者的交叉角具有超過 45 度的角度。較佳為理想的是 65 度 ~ 115 度。藉由具有該交叉角度，將兩者接合而成的接合基板具有優異的頻率溫度特性與機電耦合係數。若偏離所述角度範圍，則無法獲得滿足所述兩特性的結果。具有所述交叉角的接合基板獲得 TCF 為 $-20\ \text{ppm}/^\circ\text{C} \sim +5\ \text{ppm}/^\circ\text{C}$ 、機電耦合係數 K^2 為 5% 以上的特性。

如圖 2 所示，藉由在接合基板 5 上設置梳形電極 10 而獲得彈

性表面波元件 1。再者，本發明中，方位表示面方位。該實施形態中，方位於 LT 的情況下表示 36°Y 切割面的 X 方向，於 LN 的情況下，表示 41°Y 切割面的 X 方向，於晶體基板的情況下表示 AT 或 ST 切割面的 X 方向。

【0040】 另外，如圖 3 所示，可製成於晶體基板 2 與壓電基板 3 之間介隔存在非晶層 6 的彈性表面波元件 1A。再者，對與所述實施形態相同的構成標註相同的符號並省略說明。該實施形態中，晶體基板 2、與壓電基板 3 亦是設為晶體基板 2 的方位、與壓電基板 3 的方位於面方向上在直角方向側交叉的狀態而進行接合。

該實施形態中，於介隔存在非晶層 6 的情況下，在非晶層 6 與晶體基板 2 之間存在接合界面，且於非晶層 6 的另一面側在非晶層 6 與壓電基板 3 之間存在接合界面。關於本發明，非晶層 6 的材質並無特別限定，可使用 SiO_2 或 Al_2O_3 等。另外，非晶層的厚度理想的是設為 100 nm 以下。

再者，非晶層 6 的形成中，以於晶體基板 2 或壓電基板 3 的表面形成薄膜的方式形成非晶層 6。另外，亦可設為於晶體基板 2 表面與壓電基板 3 表面兩者上形成非晶層者。

非晶層可利用已知的方法形成，可利用化學蒸鍍、或濺鍍等物理蒸鍍。

【0041】 其次，參照圖 4，對接合基板及彈性表面波元件的製造進行說明。

準備規定材料的晶體基板與壓電元件。再者，於在接合面上

形成非晶層的情況下，對設為形成對象的晶體基板與壓電元件的其中一者或兩者於接合面側進行成膜處理。成膜處理的方法並無特別限定，可使用真空蒸鍍法、濺鍍法等薄膜形成技術。例如，可利用電子迴旋共振（Electron Cyclotron Resonance）電漿成膜於接合面上形成 100 nm 以下的非晶層。該非晶膜可將膜密度形成得非常高，因此接合表面的活化程度大而產生更多的 OH 基。

【0042】 所準備的晶體基板 2 與壓電基板 3 是設置於密閉結構的處理裝置 20 內。圖中僅記載晶體基板 2。

處理裝置 20 連接有真空泵 21 而將處理裝置 20 內減壓至例如 10 Pa 以下。於處理裝置 20 內導入放電氣體且於處理裝置 20 內利用放電裝置 22 進行放電而產生紫外線。放電可藉由使用施加高頻電壓的方法等來進行。

晶體基板 2 與壓電基板 3 是以能夠照射到紫外線的狀態進行設置，並且對接合面照射紫外線而謀求活化。再者，於在晶體基板 2 與壓電基板 3 的其中一者或兩者上形成有非晶層的情況下，將非晶層的表面作為接合面而進行紫外線照射。

【0043】 進行了紫外線照射的晶體基板 2 與壓電基板 3 是以如下方式進行接合：設為晶體基板 2 的方位、與壓電基板 3 的方位於面方向上在直角方向側交叉的狀態而使接合面接觸，加熱至常溫或 200°C 以內的溫度並對兩者間施加壓力。壓力可施加 10 Pa，處理時間可設為 5 分鐘～4 小時左右。其中，關於本發明，壓力或處理時間並無特別限定。

藉由所述處理，晶體基板 2 與壓電基板 3 於接合界面中確實地藉由共價鍵結耦合，且以彼此的方位在直角方向側交叉的狀態進行接合。

【0044】 圖 5A、圖 5B 是表示晶體基板 2 與壓電基板 3 的接合面的狀態的圖。

圖 5A 表示藉由紫外線照射而接合面活化從而於表面形成有 OH 基的狀態。圖 5B 表示使基板彼此接觸並進行加壓·升溫而進行接合的狀態。於接合時，OH 基發揮作用而基板彼此進行共價鍵結。剩餘的 H₂O 於加熱時被排除至外部。

【0045】 藉由所述步驟獲得接合基板。對於接合基板，於壓電基板 3 的主表面上如圖 1 所示般圖案形成梳形電極 10。梳形電極 10 的形成方法並無特別限定，可使用適宜的方法。另外，梳形電極 10 的形狀亦可選擇適宜的形狀。藉由所述步驟獲得彈性表面波元件 1。彈性波的傳播方向設為沿著壓電基板 3 的方位的方向。

如圖 6 所示，彈性表面波元件 1 是設置於封裝 31 內並與未圖示的電極連接且由蓋 32 密封而可作為彈性表面波裝置 30 而提供。

[實施例 1]

【0046】 以下，對本發明的實施例進行說明。

基於所述實施形態而獲得接合基板，於壓電基板的主表面上以 LSAW 的傳播方向為 X 方向的方式設置 SAW 共振器。

該例中，作為壓電基板，使用面方位為 36°Y 切割 X 傳播鉍酸鋰及面方位為 41°Y 切割 X 傳播鈮酸鋰。另外，晶體基板使用對

利用水熱合成法進行結晶育成而成者以厚度 250 μm 於 AT-Cut 方向或 ST-Cut 方向上進行切出而成者。

對經接合的樣品藉由研磨使鈮酸鋰側變薄。

對所獲得的接合基板利用拉伸試驗（相對於晶圓面垂直地拉伸）的方法進行接合強度的測定。結果，判明獲得 5 MPa 以上（以單位面積換算）的接合強度，進而獲得產生體破壞的優異的接合強度。

【0047】 將晶體基板與壓電基板接合後，對使壓電基板變薄的試樣計算 LSAW 的相位速度與機電耦合係數、頻率溫度特性。再者，於計算時，使用日本學術振興會彈性波元件技術第 150 委員會·編著的「彈性波裝置技術」中所記載的櫛引（Kushibiki）等人的晶體常數（p.83）、櫛引（Kushibiki）等人的鈮酸鋰（以下設為 LN）常數、鈮酸鋰（以下設為 LT）常數（p.377）。

具有傳播衰減的 LSAW 的分析是基於山之內（Yamanouchi）等人的方法，且對於層結構的分析是使用法內爾（Farnell）與艾德勒（Adler）的方法。該些分析中，於邊界條件下對彈性波動方程式與電荷守恆式數值性地求解，藉此對層結構上傳播的 LSAW 的相位速度與傳播衰減進行分析。

求出自由表面（Free）的相位速度 v_f 、以及使薄板的表面電性短路時（金屬化（Metallized））的相位速度 v_m ，並利用 $K^2=2 \times (v_f - v_m) / v_f$ 求出 K^2 。另外，將傳播方向的線膨脹係數假設為晶體支撐基板的線膨脹係數，並計算出短路表面的頻率溫度係數

(Temperature Coefficient of Frequency ; TCF)。

【0048】 因晶體的各向異性大，因此認為接合時的傳播特性大幅依存於晶體的傳播方向。計算出 AT-切割晶體上的相對於就 X 軸而言的傳播角的 LSAW 的相位速度，結果得知 LSAW 於 0° X 傳播、及 90° X 傳播中為最高速。於該些傳播方位中，具有與 LN/LT 單質的最大的相位速度差，因此可期待粒子位移的集中效果。

圖 7 與圖 8 中分別示出藉由所述分析而獲得的將 41° YX-LN 薄板與 36° YX-LT 薄板和 AT 切割 90° X-晶體（ 90 度的交叉角度，以後相同）接合時的 LSAW 的（a）相位速度、（b）傳播衰減、（c）TCF 與 K^2 的計算值。橫軸為以波長 λ 而標準化的 LN、LT 薄板的板厚 h/λ 。得知於任一情況下，均隨著板厚增加而自晶體單質的相位速度逐漸靠近 LN/LT 單質的相位速度。若著眼於 K^2 計算值，則於任一情況下，均存在可獲得比單質的值大的 K^2 的板厚。本申請案發明中，作為板厚的較佳的範圍，設為具有相對於彈性表面波的波長而言相當於 0.05 波長 \sim 1.0 波長的厚度，於該範圍內示出比 LT·LN 單質的 TCF 良好的值。另外，關於 K^2 ，對於 LN 單質而言 h/λ 為 0.08 以上、且對於 LT 單質而言 h/λ 為 0.04 以上而超出，若考慮到該些，則更理想的是將板厚 h/λ 設為 $0.05\sim 0.8$ 。

【0049】 於 41° YX-LN 薄板的情況下，板厚 h/λ 為 0.19 時示出單質的 1.5 倍（ 23.9% ）的 K^2 ，且計算出其板厚的傳播衰減為 0.002 dB/ λ 以下，短路表面的 TCF 為 -55 ppm/ $^\circ$ C。另一方面，於 36° YX-LT 薄板的情況下，板厚 h/λ 為 0.17 時同時示出零的 TCF 與 11.9% 的

K^2 (單質的 2.3 倍)。得知其板厚的傳播衰減為 $0.0002 \text{ dB}/\lambda$ 以下，可獲得高穩定、高耦合、低損失的基板結構。

為了研究以上般的高耦合化的要因而計算出相對於 LSAW 的深度方向的粒子位移分佈。計算中使用所述分析。關於 $36^\circ\text{YX-LT/AT}90^\circ\text{X-Quartz}$ 上的 LSAW，將短路表面中的 SH 成分 (u_2) 的位移分佈示於圖 9 中。位移是以表面的值而標準化。得知接合結構的位移分佈與 LT 單質的位移分佈相比較而集中於表面附近，且標準化板厚越薄集中效果越高。

【0050】 其次，使用有限要素法 (Finite Element Method, FEM) 分析形成於 LT/晶體接合結構上的 IDT 型共振器 ($\lambda=8.0 \mu\text{m}$ ，交叉寬度 $W=25 \lambda$) 的 LSAW 的共振特性。分析軟體使用菲美特 (Femtet) (村田軟體 (murata software) 股份有限公司製造)。作為分析模型，將支撐基板的板厚設為 10λ ，並且對於 1 週期量的 IDT 的兩側假設週期邊界條件 (無限週期結構)，對於底面假設完全匹配層。

圖 10 表示 $36^\circ\text{YX-LT/AT}90^\circ\text{X-Quartz}$ 結構上的 LSAW 的分析例。LT 板厚為 0.15λ ，電極 A1 膜厚為 0.09λ 。接合結構中，獲得 126 dB 的導納比，與 LT 單質的 72 dB 相比格外地提高。共振 Q 是自 LT 單質的 1350 增大一位數至 12050。比頻帶寬度亦自 LT 單質的 4.4% 增加至 5.7%。

【0051】 其次，藉由第 0047 段中記載的所述分析求出 41°YX-LN 或 36°YX-LT 與 AT 切割晶體基板的方位的偏移所致的相位速度的變化，並示於圖 11 中。

如根據圖 11 而明瞭般，相位速度於 AT 切割晶體基板與 LN 或 LT 的交叉角度為 0 度與 90 度時為最大，隨著該角度分開而相位速度變小。

其次，於 h/λ 為 0.15 的 36°YX-LT 、與 ST 切割晶體基板的接合基板中，藉由所述分析算出使接合中的方位角度差變化時的相位速度與機電耦合係數的變化，並示於圖 12 中。得知分別於方位交叉角度為 0 度或 90 度時示出最大的數值，但為了獲得 5% 以上的機電耦合係數 K^2 而理想的是 30 度以內或 65 度~115 度的交叉角度。再者，5% 的機電耦合係數為 LT 單質中獲得的 K^2 ，使壓電基板與晶體複合的優點為機電耦合係數為 5% 以上。

【0052】 其次，關於將 36°YX-LT 與 AT 切割晶體基板以交叉角度 0 度接合而成者、與以交叉角度 90 度耦合而成者，藉由所述分析算出 TCF 與機電耦合係數，並將該結果示出圖 13 中。

如根據圖 13 的右圖而明瞭般，交叉角度為 0 度、90 度的接合基板於適當的厚度下均具有高的機電耦合係數。關於壓電基板的厚度 h/λ ，作為 TCF 超出 0° 的範圍，可列舉 0.05~0.25。

另一方面，關於 TCF，交叉角度為 90 度的接合基板藉由適當規定厚度而獲得 TCF 為 $0 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 的結果，但交叉角度為 0 度者即便於 TCF 為最小的情況下亦為 $-10 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 左右，且頻率溫度特性與交叉角度為 90 度者相比明顯劣化。因此，為了獲得 TCF、機電耦合係數兩者均優異的特性，晶體基板與壓電基板需要於接合面方向上在正交的方向側交叉。

【0053】 關於交叉角度為 90 度的耦合基板，匯總 TCF 與機電耦合係數而示於圖 14。如根據該圖得知般，得知為了獲得更良好的 TCF 與機電耦合係數，理想的是恰當地規定壓電基板的 h/λ 。於該圖的情況下，藉由將 h/λ 設為 0.05~1.0 的範圍，可於頻率溫度特性、耦合特性的兩者中獲得更理想的結果。

【0054】 以上，對本發明基於所述實施形態及實施例進行了說明，本發明的範圍並不限定於所述說明內容，只要不脫離本發明的範圍，則可對所述實施形態及實施例進行適宜變更。

[產業上的可利用性]

【0055】 本發明可於 SAW 共振器、SAW 濾波片、高性能壓電感測器、體聲波（Bulk Acoustic Wave，BAW）裝置等中利用。

【符號說明】

【0056】

- 1：彈性表面波元件
- 1A：彈性表面波元件
- 2：晶體基板
- 2D：晶體基板的方位
- 3：壓電基板
- 3D：壓電基板的方位
- 4：接合界面
- 5：接合基板
- 6：非晶層

- 10：梳形電極
- 20：處理裝置
- 21：真空泵
- 22：放電裝置
- 30：彈性表面波裝置
- 31：封裝
- 32：蓋



201906204

【發明摘要】

【中文發明名稱】接合基板、彈性表面波元件、彈性表面波元件裝置以及接合基板的製造方法

【中文】

加快彈性表面波元件的相位速度且獲得高的機械機電耦合係數與優異的頻率溫度特性。包括晶體基板、以及接合於所述晶體基板上且傳播彈性表面波的壓電基板，且於接合界面中藉由共價鍵結而接合，並且所述晶體基板的方位與所述壓電基板的方位於接合面方向上在正交的方向側交叉。

【指定代表圖】圖 1。

【代表圖之符號簡單說明】

2：晶體基板

2D：晶體基板的方位

3：壓電基板

3D：壓電基板的方位

4：接合界面

5：接合基板

【特徵化學式】

無

【發明申請專利範圍】

【第 1 項】一種接合基板，其特徵在於包括：晶體基板、以及接合於所述晶體基板上且傳播彈性表面波的壓電基板，且於接合界面中藉由共價鍵結而接合，並且

所述晶體基板的方位與所述壓電基板的方位於接合面方向上在正交的方向側交叉。

【第 2 項】一種接合基板，其特徵在於包括：晶體基板、以及接合於所述晶體基板上且傳播彈性表面波的壓電基板，且於接合界面中藉由共價鍵結而接合，並且

所述晶體基板的方位與所述壓電基板的方位於接合面方向上在 65 度～115 度的範圍內交叉。

【第 3 項】如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述的接合基板，其中所述壓電基板是用以激發洩漏彈性表面波。

【第 4 項】如申請專利範圍第 1 項至第 3 項中任一項所述的接合基板，其中於所述晶體基板與所述壓電基板之間具有非晶層，且所述非晶層的界面為所述接合界面。

【第 5 項】如申請專利範圍第 4 項所述的接合基板，其中所述非晶層為 100 nm 以下的厚度。

【第 6 項】如申請專利範圍第 4 項或第 5 項所述的接合基板，其中所述非晶層包含二氧化矽或氧化鋁。

【第 7 項】如申請專利範圍第 1 項至第 6 項中任一項所述的接合基板，其中所述壓電基板的厚度相對於所述彈性表面波的波長而

言相當於 0.05 波長～1.0 波長。

【第 8 項】如申請專利範圍第 1 項至第 7 項中任一項所述的接合基板，其中所述晶體基板的厚度為 150 μm ～500 μm 。

【第 9 項】如申請專利範圍第 1 項至第 8 項中任一項所述的接合基板，其中所述晶體基板為 AT 切割晶體基板或 ST 切割晶體基板。

【第 10 項】如申請專利範圍第 1 項至第 7 項中任一項所述的接合基板，其中所述壓電基板包含鉍酸鋰或鈮酸鋰。

【第 11 項】如申請專利範圍第 10 項所述的接合基板，其中所述壓電基板的厚度為 0.1 μm ～100 μm 。

【第 12 項】如申請專利範圍第 1 項至第 11 項中任一項所述的接合基板，其中頻率溫度特性 TCF 為 $-20 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ ～ $+5 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ ，耦合係數 K^2 為 5%以上。

【第 13 項】一種彈性表面波元件，其特徵在於：於如申請專利範圍第 1 項至第 12 項中任一項所述的接合基板中的壓電基板的主表面上包括至少一個梳型電極。

【第 14 項】一種彈性表面波元件裝置，其特徵在於：將如申請專利範圍第 13 項所述的彈性表面波元件密封為封裝。

【第 15 項】一種接合基板的製造方法，其為將晶體基板與壓電基板接合而成的接合基板的製造方法，並且所述製造方法的特徵在於：

對所述晶體基板的接合面及所述壓電基板的接合面於減壓下照射紫外線，且所述晶體基板與所述壓電基板以彼此的方位於接

合面方向上在正交的方向側交叉的狀態，於照射後，使所述晶體基板的接合面與所述壓電基板的接合面接觸，並對所述晶體基板與所述壓電基板於厚度方向上加壓，從而使所述接合面彼此接合。

【第 16 項】如申請專利範圍第 15 項所述的接合基板的製造方法，其中於所述加壓時，加熱至規定的溫度。

【第 17 項】如申請專利範圍第 15 項或第 16 項所述的接合基板的製造方法，其中所述晶體基板是利用水熱合成法進行結晶成長並於任意方向上加以切出而成者。

【第 18 項】如申請專利範圍第 15 項至第 17 項中任一項所述的接合基板的製造方法，其中預先使非晶層介隔存在於所述晶體基板與壓電基板的接合面的其中一者或兩者上。

【第 19 項】如申請專利範圍第 18 項所述的接合基板的製造方法，其中所述非晶層是利用薄膜形成方法附著而成者。

【發明說明書】

【中文發明名稱】接合基板、彈性表面波元件、彈性表面波元件裝置以及接合基板的製造方法

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種利用彈性表面波的接合基板、彈性表面波元件、彈性表面波元件裝置以及接合基板的製造方法。

【先前技術】

【0002】 伴隨行動電話等移動體通信設備的進化，對彈性表面波（表面聲波（Surface Acoustic Wave；SAW））裝置亦要求高性能化。尤其是，為了高頻化、廣頻帶化而要求具有高速、高耦合的 SAW 模式及防止溫度變化所致的傳輸頻帶的移動的優異的溫度特性的 SAW 基板。

進而，洩漏彈性表面波（洩漏表面聲波（Leaky SAW）；亦稱為 LSAW 等）、縱型洩漏彈性表面波（Longitudinal-type Leaky SAW；亦稱為 LLSAW 等）具有優異的相位速度，且為對 SAW 裝置的高頻化有利的傳播模式之一。然而，就具有大的衰減傳播的方面而言存在課題。

【0003】 例如，專利文獻 1 中提出有如下技術：於在鈮酸鋰基板表面附近形成質子交換層後，僅於表層形成逆質子交換層，藉此減少 LLSAW 的體波放射引起的損失。

【0004】 非專利文獻 1、非專利文獻 2 中，作為 LLSAW 的低損

失化的方法，亦嘗試有基板方位、電極膜厚的最佳化。

【0005】 另外，關於溫度特性，例如，現狀是經常使用的鉍酸鋰的頻率變化的溫度係數為 $-35 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ ，鈮酸鋰為 $-79 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ ，頻率變動大。因此，需要減小頻率變化的溫度係數。

另一方面，ST-切割（Cut）晶體的溫度係數為 $0 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 而示出優異的特性，但於傳播速度或機電耦合係數方面，與鉍酸鋰或鈮酸鋰相比大幅劣化。

【0006】 專利文獻 2 中記載有：藉由有機薄膜層將 SAW 傳播基板與支撐基板接著而成的裝置。傳播基板例如為厚度 $30 \text{ }\mu\text{m}$ 的鉍酸鋰基板，將其與厚度 $300 \text{ }\mu\text{m}$ 的玻璃基板藉由厚度 $15 \text{ }\mu\text{m}$ 的有機接著劑而貼合。

【0007】 專利文獻 3 中亦記載有：利用接著劑將鉍酸鋰基板（厚度： $125 \text{ }\mu\text{m}$ ）與石英玻璃基板（厚度： $125 \text{ }\mu\text{m}$ ）貼合而成的 SAW 裝置。

【0008】 專利文獻 4 中報告有：關於鉍酸鋰基板與支撐基板的接著，藉由使有機接著層薄層化而改善溫度特性。

【0009】 然而，專利文獻 1 中，雖確認到 LLSAW 的體波放射引起的損失減少且傳播特性等格外地提高，但於提案結構中存在裝置的良率極其差的問題。

專利文獻 2、專利文獻 3 中均未記載改善溫度特性的具體資料。

專利文獻 4 中，雖藉由使有機接著層薄層化而改善溫度特

性，但即便如此亦為 15 ppm/°C 並未達到 ST-Cut 晶體的 0 ppm/°C，且因利用接著劑進行接合而存在良率差等問題。

【0010】 本申請案發明者等人明瞭於非專利文獻 3～非專利文獻 5 中，於晶體基板、與壓電基板的接合中，傳播衰減減小。

例如，非專利文獻 3 中，因為是彈性表面波（SAW）裝置而於 ST 切割晶體與 LiTaO₃（LT）的直接接合中使用非晶 SiO₂（ α -SiO₂）中間層進行接合。

非專利文獻 4 中提出有：對 AT 切割晶體接合 X 切割 31°Y 傳播鉍酸鋰、X 切割 36°Y 傳播鈮酸鋰而提高了機電耦合係數的 LLSAW。

非專利文獻 5 中，藉由 LiTaO₃ 或 LiNbO₃ 薄板與晶體基板的接合而謀求縱型洩漏彈性表面波的高耦合化。

[現有技術文獻]

[專利文獻]

【0011】 [專利文獻 1]日本專利特開 2013-30829 號公報

[專利文獻 2]日本專利特開 2001-53579 號公報

[專利文獻 3]日本專利特開 2006-42008 號公報

[專利文獻 4]日本專利特開 2011-87079 號公報

[非專利文獻]

【0012】 [非專利文獻 1]「使用第二洩漏模式的 GHz 頻帶表面聲波裝置（GHz-band surface acoustic wave devices using the second leaky mode）」，應用物理（Appl. Phys.）（vol. 36, no9B, pp. 6083-6087,

1997.)

[非專利文獻 2] 「LiNbO₃ 的縱波型洩漏彈性表面波的共振器特性-利用有限要素分析耦合法的的分析」信學會基礎·邊界學會大會 (A-195, p.196, 1996.)

[非專利文獻 3] 「2016 年電子封裝國際會議 (International Conference on Electronics Packaging (ICEP))」, 發行單位 日本電子封裝協會 (The Japan Institute of Electronics Packaging), 發行日 2016 年 4 月 20 日

[非專利文獻 4] 「2015 年度山梨大學工學部電氣電子工學科畢業論文發表會主旨集」, 發行單位 山梨大學工學部電氣電子工學科, 發行日 2016 年 2 月 16 日

[非專利文獻 5] 「2015 年度山梨大學工學部電氣電子工學科畢業論文發表會」, 舉辦日 2016 年 2 月 16 日

【發明內容】

【0013】 [發明所欲解決之課題]

明瞭於所述非專利文獻 3~非專利文獻 5 中機電耦合係數得到改善。然而, 彈性表面波元件需要頻率溫度特性優異, 且若未獲得良好的頻率溫度特性, 則需要設置溫度補償元件等來降低溫度依存性。非專利文獻 3~非專利文獻 5 中提出的 LLSAW 雖可見機電耦合係數的改善, 但頻率溫度特性的改善並不充分。

【0014】 且說, LLSAW 或 LSAW 中通常進行如下操作: 使晶體基板與壓電基板的方位於相同方向上一致並進行接合, 藉此獲得

機械性接合強度。若該方向並非相同方向而為交叉方向、且實施接合後進行的熱處理，則晶體基板的熱膨脹係數為正且壓電基板的熱膨脹係數為負，因此熱膨脹差進一步增強，因此認為容易產生兩基板間的剝離等。

【0015】 本申請案發明者等人進行了努力研究，結果發現藉由使晶體基板與壓電基板的方位於適當的方向上交叉而頻率溫度特性提高，並且關於機電耦合係數亦可獲得良好的特性。另外，亦一併發現於厚度相對較薄的壓電基板中，藉由在與晶體基板的接合面中進行共價鍵結而機械性接合強度沒有問題，且亦不會產生剝離等問題。

【0016】 本申請案發明是以所述情況為背景而成者，目的之一為提供一種具有機電耦合係數、頻率溫度特性均良好的特性的接合基板、彈性表面波元件、彈性表面波元件裝置以及接合基板的製造方法。

[解決課題之手段]

【0017】 本發明的接合基板中，第 1 形態的特徵在於包括：晶體基板、以及接合於所述晶體基板上且傳播彈性表面波的壓電基板，且於接合界面中藉由共價鍵結而接合，並且

所述晶體基板的方位與所述壓電基板的方位於接合面方向上在正交的方向側交叉。

【0018】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，包括晶體基板、以及接合於所述晶體基板上

且傳播彈性表面波的壓電基板，且於接合界面中藉由共價鍵結而接合，並且所述晶體基板的方位與所述壓電基板的方位於接合面方向上在 65 度～115 度的範圍內交叉。

【0019】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，所述壓電基板是用以激發洩漏彈性表面波。

【0020】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，於所述晶體基板與壓電基板之間具有非晶層，且所述非晶層的界面為所述接合界面。

【0021】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，所述非晶層為 100 nm 以下的厚度。

【0022】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，所述非晶層包含二氧化矽或氧化鋁。

【0023】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，所述壓電基板的厚度相對於彈性表面波的波長而言相當於 0.05 波長～1.0 波長。

【0024】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，所述晶體基板的厚度為 150 μm ～500 μm 。

【0025】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，所述晶體基板為 AT 切割晶體基板或 ST 切割晶體基板。

【0026】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，所述壓電基板包含鉍酸鋰或鋰酸鋰。

【0027】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，所述壓電基板的厚度為 $0.1\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ 。

【0028】 其他形態的接合基板的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的發明中，頻率溫度特性（TCF）為 $-20\ \text{ppm}/^\circ\text{C} \sim +5\ \text{ppm}/^\circ\text{C}$ ，耦合係數（ K^2 ）為 5%以上。

【0029】 本發明的彈性表面波元件中，第 1 形態的特徵在於：於所述形態的接合基板中的壓電基板的主表面上包括至少一個梳型電極。

【0030】 本發明的彈性表面波元件裝置中，第 1 形態的特徵在於：將所述形態的彈性表面波元件密封為封裝。

【0031】 本發明的接合基板的製造方法中，第 1 形態為將晶體基板與壓電基板接合而成的接合基板的製造方法，並且其特徵在於：

對晶體基板的接合面及壓電基板的接合面於減壓下照射紫外線，且所述晶體基板與所述壓電基板以彼此的方位於接合面方向上在正交的方向側交叉的狀態，於照射後，使晶體基板的接合面與壓電基板的接合面接觸，並對晶體基板與壓電基板於厚度方向上加壓，從而使所述接合面彼此接合。

【0032】 其他形態的接合基板的製造方法的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的製造方法的發明中，於所述加壓時，加熱至規定的溫度。

【0033】 其他形態的接合基板的製造方法的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的製造方法的發明中，所述晶體基板是利用

水熱合成法進行結晶成長並於任意方向上加以切出而成者。

【0034】 其他形態的接合基板的製造方法的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的製造方法的發明中，預先使非晶層介隔存在於所述晶體基板與壓電基板的接合面的其中一者或兩者上。

【0035】 其他形態的接合基板的製造方法的發明的特徵在於：於所述形態的接合基板的製造方法的發明中，所述非晶層是利用薄膜形成方法附著而成者。

[發明的效果]

【0036】 即，根據本發明，存在可獲得具有頻率溫度特性與機電耦合係數優異的特性的彈性表面波元件的效果。

【圖式簡單說明】

【0037】

圖 1 是表示本發明的一實施形態的接合基板的接合狀態的概略圖。

圖 2 是表示本發明的一實施形態的接合基板及彈性表面波元件的概略圖。

圖 3 是表示其他實施形態的接合基板及彈性表面波元件的概略圖。

圖 4 是表示本發明的一實施形態的接合基板的製造中所使用的接合處理裝置的概略圖。

圖 5A、圖 5B 是說明本發明的一實施形態的晶體基板與壓電基板的接合形態的圖。

圖 6 是表示本發明的一實施形態的彈性表面波元件裝置的概略圖。

圖 7 是表示本發明的一實施形態的 LN/AT90°X-Quartz 的 LSAW 的、相對於壓電基板厚度的相位速度、傳播衰減、TCF 與 K^2 的關係的圖表。

圖 8 是表示本發明的一實施形態的 LT/AT90°X-Quartz 的 LSAW 的、相對於壓電基板厚度的相位速度、傳播衰減、TCF 與 K^2 的關係的圖表。

圖 9 是表示本發明的一實施形態的 36°YX-LT/AT90°X-Quartz 的 LSAW 的粒子位移分佈的圖表。

圖 10 是表示本發明的一實施形態的利用 FEM 分析的 36°YX-LT/AT90°X-Quartz 上的 LSAW 共振特性（無限週期結構）的圖表。

圖 11 是表示本發明的一實施形態的交叉角度與相位速度的關係的圖。

圖 12 是表示本發明的一實施形態的交叉角度與相位速度的關係及交叉角度與機電耦合係數的關係的圖。

圖 13 是表示本發明的一實施形態的交叉角度與 TCF 的關係及交叉角度與機電耦合係數的關係的圖。

圖 14 是表示本發明的一實施形態的壓電基板的厚度與 TCF 及機電耦合係數的關係的圖。

【實施方式】

【0038】 以下，基於隨附圖式對本發明的一實施形態的接合基板及彈性表面波元件進行說明。

接合基板 5 是經由接合界面 4 並藉由共價鍵結將晶體基板 2 與壓電基板 3 接合。

晶體基板 2 較佳為具有 $150\ \mu\text{m} \sim 500\ \mu\text{m}$ 的厚度，壓電基板 3 較佳為具有相對於彈性表面波的波長而言相當於 0.05 波長 ~ 1.0 波長的厚度。再者，關於本發明，壓電基板的厚度進而理想的是相對於彈性表面波的波長而言為 0.05 波長 ~ 0.8 波長，進而更理想的是 0.05 波長 ~ 0.25 波長。

晶體基板 2 例如可使用利用水熱合成法進行結晶成長並於任意方向上加以切出而成者。壓電基板 3 可使用適宜的材料，例如可包含鉍酸鋰或鈮酸鋰。尤其是，可使用面方位為 36°Y 切割、 X 傳播的鉍酸鋰、或為 41°Y 切割、 X 傳播的鈮酸鋰。

【0039】 其中，如圖 1 所示，於接合時，設為晶體基板 2 的方位 2D 、與壓電基板 3 的方位 3D 於面方向上在直角方向側交叉的狀態而進行接合。所謂在直角方向側交叉，是指兩者的交叉角具有超過 45 度的角度。較佳為理想的是 65 度 ~ 115 度。藉由具有該交叉角度，將兩者接合而成的接合基板具有優異的頻率溫度特性與機電耦合係數。若偏離所述角度範圍，則無法獲得滿足所述兩特性的結果。具有所述交叉角的接合基板獲得 TCF 為 $-20\ \text{ppm}/^\circ\text{C} \sim +5\ \text{ppm}/^\circ\text{C}$ 、機電耦合係數 K^2 為 5% 以上的特性。

如圖 2 所示，藉由在接合基板 5 上設置梳形電極 10 而獲得彈

性表面波元件 1。再者，本發明中，方位表示面方位。該實施形態中，方位於 LT 的情況下表示 36° Y 切割面的 X 方向，於 LN 的情況下，表示 41° Y 切割面的 X 方向，於晶體基板的情況下表示 AT 或 ST 切割面的 X 方向。

【0040】 另外，如圖 3 所示，可製成於晶體基板 2 與壓電基板 3 之間介隔存在非晶層 6 的彈性表面波元件 1A。再者，對與所述實施形態相同的構成標註相同的符號並省略說明。該實施形態中，晶體基板 2、與壓電基板 3 亦是設為晶體基板 2 的方位、與壓電基板 3 的方位於面方向上在直角方向側交叉的狀態而進行接合。

該實施形態中，於介隔存在非晶層 6 的情況下，在非晶層 6 與晶體基板 2 之間存在接合界面，且於非晶層 6 的另一面側在非晶層 6 與壓電基板 3 之間存在接合界面。關於本發明，非晶層 6 的材質並無特別限定，可使用 SiO_2 或 Al_2O_3 等。另外，非晶層的厚度理想的是設為 100 nm 以下。

再者，非晶層 6 的形成中，以於晶體基板 2 或壓電基板 3 的表面形成薄膜的方式形成非晶層 6。另外，亦可設為於晶體基板 2 表面與壓電基板 3 表面兩者上形成非晶層者。

非晶層可利用已知的方法形成，可利用化學蒸鍍、或濺鍍等物理蒸鍍。

【0041】 其次，參照圖 4，對接合基板及彈性表面波元件的製造進行說明。

準備規定材料的晶體基板與壓電元件。再者，於在接合面上

形成非晶層的情況下，對設為形成對象的晶體基板與壓電元件的其中一者或兩者於接合面側進行成膜處理。成膜處理的方法並無特別限定，可使用真空蒸鍍法、濺鍍法等薄膜形成技術。例如，可利用電子迴旋共振（Electron Cyclotron Resonance）電漿成膜於接合面上形成 100 nm 以下的非晶層。該非晶膜可將膜密度形成得非常高，因此接合表面的活化程度大而產生更多的 OH 基。

【0042】 所準備的晶體基板 2 與壓電基板 3 是設置於密閉結構的處理裝置 20 內。圖中僅記載晶體基板 2。

處理裝置 20 連接有真空泵 21 而將處理裝置 20 內減壓至例如 10 Pa 以下。於處理裝置 20 內導入放電氣體且於處理裝置 20 內利用放電裝置 22 進行放電而產生紫外線。放電可藉由使用施加高頻電壓的方法等來進行。

晶體基板 2 與壓電基板 3 是以能夠照射到紫外線的狀態進行設置，並且對接合面照射紫外線而謀求活化。再者，於在晶體基板 2 與壓電基板 3 的其中一者或兩者上形成有非晶層的情況下，將非晶層的表面作為接合面而進行紫外線照射。

【0043】 進行了紫外線照射的晶體基板 2 與壓電基板 3 是以如下方式進行接合：設為晶體基板 2 的方位、與壓電基板 3 的方位於面方向上在直角方向側交叉的狀態而使接合面接觸，加熱至常溫或 200°C 以內的溫度並對兩者間施加壓力。壓力可施加 10 Pa，處理時間可設為 5 分鐘～4 小時左右。其中，關於本發明，壓力或處理時間並無特別限定。

藉由所述處理，晶體基板 2 與壓電基板 3 於接合界面中確實地藉由共價鍵結耦合，且以彼此的方位在直角方向側交叉的狀態進行接合。

【0044】 圖 5A、圖 5B 是表示晶體基板 2 與壓電基板 3 的接合面的狀態的圖。

圖 5A 表示藉由紫外線照射而接合面活化從而於表面形成有 OH 基的狀態。圖 5B 表示使基板彼此接觸並進行加壓·升溫而進行接合的狀態。於接合時，OH 基發揮作用而基板彼此進行共價鍵結。剩餘的 H₂O 於加熱時被排除至外部。

【0045】 藉由所述步驟獲得接合基板。對於接合基板，於壓電基板 3 的主表面上如圖 2 或圖 3 所示般圖案形成梳形電極 10。梳形電極 10 的形成方法並無特別限定，可使用適宜的方法。另外，梳形電極 10 的形狀亦可選擇適宜的形狀。藉由所述步驟獲得彈性表面波元件 1。彈性波的傳播方向設為沿著壓電基板 3 的方位的方向。

如圖 6 所示，彈性表面波元件 1 是設置於封裝 31 內並與未圖示的電極連接且由蓋 32 密封而可作為彈性表面波元件裝置 30 而提供。

[實施例 1]

【0046】 以下，對本發明的實施例進行說明。

基於所述實施形態而獲得接合基板，於壓電基板的主表面上以 LSAW 的傳播方向為 X 方向的方式設置 SAW 共振器。

該例中，作為壓電基板，使用面方位為 36°Y 切割 X 傳播鈿酸鋰及面方位為 41°Y 切割 X 傳播鈿酸鋰。另外，晶體基板使用對利用水熱合成法進行結晶育成而成者以厚度 $250\ \mu\text{m}$ 於 AT-Cut 方向或 ST-Cut 方向上進行切出而成者。

對經接合的樣品藉由研磨使鈿酸鋰側變薄。

對所獲得的接合基板利用拉伸試驗（相對於晶圓面垂直地拉伸）的方法進行接合強度的測定。結果，判明獲得 $5\ \text{MPa}$ 以上（以單位面積換算）的接合強度，進而獲得產生體破壞的優異的接合強度。

【0047】 將晶體基板與壓電基板接合後，對使壓電基板變薄的試樣計算 LSAW 的相位速度與機電耦合係數、頻率溫度特性。再者，於計算時，使用日本學術振興會彈性波元件技術第 150 委員會·編著的「彈性波裝置技術」中所記載的櫛引（Kushibiki）等人的晶體常數（p.83）、櫛引（Kushibiki）等人的鈿酸鋰（以下設為 LN）常數、鈿酸鋰（以下設為 LT）常數（p.377）。

具有傳播衰減的 LSAW 的分析是基於山之內（Yamanouchi）等人的方法，且對於層結構的分析是使用法內爾（Farnell）與艾德勒（Adler）的方法。該些分析中，於邊界條件下對彈性波動方程式與電荷守恆式數值性地求解，藉此對層結構上傳播的 LSAW 的相位速度與傳播衰減進行分析。

求出自由表面（Free）的相位速度 v_f 、以及使薄板的表面電性短路時（金屬化（Metallized））的相位速度 v_m ，並利用 $K^2=2\times$

$(v_f - v_m) / v_f$ 求出 K^2 。另外，將傳播方向的線膨脹係數假設為晶體支撐基板的線膨脹係數，並計算出短路表面的頻率溫度係數 (Temperature Coefficient of Frequency ; TCF)。

【0048】 因晶體的各向異性大，因此認為接合時的傳播特性大幅依存於晶體的傳播方向。計算出 AT-切割晶體上的相對於就 X 軸而言的傳播角的 LSAW 的相位速度，結果得知 LSAW 於 $0^\circ X$ 傳播、及 $90^\circ X$ 傳播中為最高速。於該些傳播方位中，具有與 LN/LT 單質的最大的相位速度差，因此可期待粒子位移的集中效果。

圖 7 與圖 8 中分別示出藉由所述分析而獲得的將 $41^\circ YX$ -LN 薄板與 $36^\circ YX$ -LT 薄板和 AT 切割 $90^\circ X$ -晶體 (90 度的交叉角度，以後相同) 接合時的 LSAW 的 (a) 相位速度、(b) 傳播衰減、(c) TCF 與 K^2 的計算值。橫軸為以波長 λ 而標準化的 LN、LT 薄板的板厚 h/λ 。得知於任一情況下，均隨著板厚增加而自晶體單質的相位速度逐漸靠近 LN/LT 單質的相位速度。若著眼於 K^2 計算值，則於任一情況下，均存在可獲得比單質的值大的 K^2 的板厚。本申請案發明中，作為板厚的較佳的範圍，設為具有相對於彈性表面波的波長而言相當於 0.05 波長 ~ 1.0 波長的厚度，於該範圍內示出比 LT·LN 單質的 TCF 良好的值。另外，關於 K^2 ，對於 LN 單質而言 h/λ 為 0.08 以上、且對於 LT 單質而言 h/λ 為 0.04 以上而超出，若考慮到該些，則更理想的是將板厚 h/λ 設為 0.05 ~ 0.8。

【0049】 於 $41^\circ YX$ -LN 薄板的情況下，板厚 h/λ 為 0.19 時示出單質的 1.5 倍 (23.9%) 的 K^2 ，且計算出其板厚的傳播衰減為 0.002

dB/ λ 以下，短路表面的 TCF 為 -55 ppm/ $^{\circ}$ C。另一方面，於 36 $^{\circ}$ YX-LT 薄板的情況下，板厚 h/λ 為 0.17 時同時示出零的 TCF 與 11.9%的 K^2 (單質的 2.3 倍)。得知其板厚的傳播衰減為 0.0002 dB/ λ 以下，可獲得高穩定、高耦合、低損失的基板結構。

為了研究以上般的高耦合化的要因而計算出相對於 LSAW 的深度方向的粒子位移分佈。計算中使用所述分析。關於 36 $^{\circ}$ YX-LT/AT90 $^{\circ}$ X-Quartz 上的 LSAW，將短路表面中的 SH 成分 (u_2) 的位移分佈示於圖 9 中。位移是以表面的值而標準化。得知接合結構的位移分佈與 LT 單質的位移分佈相比較而集中於表面附近，且標準化板厚越薄集中效果越高。

【0050】 其次，使用有限要素法 (Finite Element Method, FEM) 分析形成於 LT/晶體接合結構上的 IDT 型共振器 ($\lambda=8.0 \mu\text{m}$ ，交叉寬度 $W=25 \lambda$) 的 LSAW 的共振特性。分析軟體使用菲美特 (Femtet) (村田軟體 (murata software) 股份有限公司製造)。作為分析模型，將支撐基板的板厚設為 10λ ，並且對於 1 週期量的 IDT 的兩側假設週期邊界條件 (無限週期結構)，對於底面假設完全匹配層。

圖 10 表示 36 $^{\circ}$ YX-LT/AT90 $^{\circ}$ X-Quartz 結構上的 LSAW 的分析例。LT 板厚為 0.15λ ，電極 Al 膜厚為 0.09λ 。接合結構中，獲得 126 dB 的導納比，與 LT 單質的 72 dB 相比格外地提高。共振 Q 是自 LT 單質的 1350 增大一位數至 12050。比頻帶寬度亦自 LT 單質的 4.4% 增加至 5.7%。

【0051】 其次，藉由第 0047 段中記載的所述分析求出 41 $^{\circ}$ YX-LN

或 36°YX-LT 與 AT 切割晶體基板的方位的偏移所致的相位速度的變化，並示於圖 11 中。

如根據圖 11 而明瞭般，相位速度於 AT 切割晶體基板與 LN 或 LT 的交叉角度為 0 度與 90 度時為最大，隨著該角度分開而相位速度變小。

其次，於 h/λ 為 0.15 的 36°YX-LT 、與 ST 切割晶體基板的接合基板中，藉由所述分析算出使接合中的方位角度差變化時的相位速度與機電耦合係數的變化，並示於圖 12 中。得知分別於方位交叉角度為 0 度或 90 度時示出最大的數值，但為了獲得 5% 以上的機電耦合係數 K^2 而理想的是 30 度以內或 65 度 \sim 115 度的交叉角度。再者， 5% 的機電耦合係數為 LT 單質中獲得的 K^2 ，使壓電基板與晶體複合的優點為機電耦合係數為 5% 以上。

【0052】 其次，關於將 36°YX-LT 與 AT 切割晶體基板以交叉角度 0 度接合而成者、與以交叉角度 90 度接合而成者，藉由所述分析算出 TCF 與機電耦合係數，並將該結果示出圖 13 中。

如根據圖 13 的右圖而明瞭般，交叉角度為 0 度、 90 度的接合基板於適當的厚度下均具有高的機電耦合係數。關於壓電基板的厚度 h/λ ，作為 TCF 超出 0° 的範圍，可列舉 $0.05\sim 0.25$ 。

另一方面，關於 TCF ，交叉角度為 90 度的接合基板藉由適當規定厚度而獲得 TCF 為 $0 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 的結果，但交叉角度為 0 度者即便於 TCF 為最小的情況下亦為 $-10 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 左右，且頻率溫度特性與交叉角度為 90 度者相比明顯劣化。因此，為了獲得 TCF 、機電

耦合係數兩者均優異的特性，晶體基板與壓電基板需要於接合面方向上在正交的方向側交叉。

【0053】 關於交叉角度為 90 度的接合基板，匯總 TCF 與機電耦合係數而示於圖 14。如根據該圖得知般，得知為了獲得更良好的 TCF 與機電耦合係數，理想的是恰當地規定壓電基板的 h/λ 。於該圖的情況下，藉由將 h/λ 設為 0.05~1.0 的範圍，可於頻率溫度特性、耦合特性的兩者中獲得更理想的結果。

【0054】 以上，對本發明基於所述實施形態及實施例進行了說明，本發明的範圍並不限定於所述說明內容，只要不脫離本發明的範圍，則可對所述實施形態及實施例進行適宜變更。

[產業上的可利用性]

【0055】 本發明可於 SAW 共振器、SAW 濾波片、高功能壓電感測器、體聲波（Bulk Acoustic Wave，BAW）裝置等中利用。

【符號說明】

【0056】

1：彈性表面波元件

1A：彈性表面波元件

2：晶體基板

2D：晶體基板的方位

3：壓電基板

3D：壓電基板的方位

4：接合界面

- 5：接合基板
- 6：非晶層
- 10：梳形電極
- 20：處理裝置
- 21：真空泵
- 22：放電裝置
- 30：彈性表面波元件裝置
- 31：封裝
- 32：蓋



【發明摘要】

【中文發明名稱】接合基板、彈性表面波元件、彈性表面波元件裝置以及接合基板的製造方法

【中文】

加快彈性表面波元件的相位速度且獲得高的機電耦合係數與優異的頻率溫度特性。包括晶體基板、以及接合於所述晶體基板上且傳播彈性表面波的壓電基板，且於接合界面中藉由共價鍵結而接合，並且所述晶體基板的方位與所述壓電基板的方位於接合面方向上在正交的方向側交叉。

【指定代表圖】圖 1。

【代表圖之符號簡單說明】

2：晶體基板

2D：晶體基板的方位

3：壓電基板

3D：壓電基板的方位

4：接合界面

5：接合基板

【特徵化學式】

無

【發明申請專利範圍】

【第 1 項】一種接合基板，其特徵在於包括：晶體基板、以及接合於所述晶體基板上且傳播彈性表面波的壓電基板，且於接合界面中藉由共價鍵結而接合，並且

所述晶體基板的方位與所述壓電基板的方位於接合面方向上在正交的方向側交叉。

【第 2 項】一種接合基板，其特徵在於包括：晶體基板、以及接合於所述晶體基板上且傳播彈性表面波的壓電基板，且於接合界面中藉由共價鍵結而接合，並且

所述晶體基板的方位與所述壓電基板的方位於接合面方向上在 65 度～115 度的範圍內交叉。

【第 3 項】如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述的接合基板，其中所述壓電基板是用以激發洩漏彈性表面波。

【第 4 項】如申請專利範圍第 1 項至第 3 項中任一項所述的接合基板，其中於所述晶體基板與所述壓電基板之間具有非晶層，且所述非晶層的界面為所述接合界面。

【第 5 項】如申請專利範圍第 4 項所述的接合基板，其中所述非晶層為 100 nm 以下的厚度。

【第 6 項】如申請專利範圍第 4 項或第 5 項所述的接合基板，其中所述非晶層包含二氧化矽或氧化鋁。

【第 7 項】如申請專利範圍第 1 項至第 6 項中任一項所述的接合基板，其中所述壓電基板的厚度相對於所述彈性表面波的波長而

言相當於 0.05 波長～1.0 波長。

【第 8 項】如申請專利範圍第 1 項至第 7 項中任一項所述的接合基板，其中所述晶體基板的厚度為 150 μm ～500 μm 。

【第 9 項】如申請專利範圍第 1 項至第 8 項中任一項所述的接合基板，其中所述晶體基板為 AT 切割晶體基板或 ST 切割晶體基板。

【第 10 項】如申請專利範圍第 1 項至第 7 項中任一項所述的接合基板，其中所述壓電基板包含鉭酸鋰或鈮酸鋰。

【第 11 項】如申請專利範圍第 10 項所述的接合基板，其中所述壓電基板的厚度為 0.1 μm ～100 μm 。

【第 12 項】如申請專利範圍第 1 項至第 11 項中任一項所述的接合基板，其中頻率溫度特性 TCF 為 -20 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ ～+5 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ ，耦合係數 K^2 為 5%以上。

【第 13 項】一種彈性表面波元件，其特徵在於：於如申請專利範圍第 1 項至第 12 項中任一項所述的接合基板中的壓電基板的主表面上包括至少一個梳型電極。

【第 14 項】一種彈性表面波元件裝置，其特徵在於：將如申請專利範圍第 13 項所述的彈性表面波元件密封為封裝。

【第 15 項】一種接合基板的製造方法，其為將晶體基板與壓電基板接合而成的接合基板的製造方法，並且所述製造方法的特徵在於：

對所述晶體基板的接合面及所述壓電基板的接合面於減壓下照射紫外線，且所述晶體基板與所述壓電基板以彼此的方位於接

合面方向上在正交的方向側交叉的狀態，於照射後，使所述晶體基板的接合面與所述壓電基板的接合面接觸，並對所述晶體基板與所述壓電基板於厚度方向上加壓，從而使所述接合面彼此接合。

【第 16 項】如申請專利範圍第 15 項所述的接合基板的製造方法，其中於所述加壓時，加熱至規定的溫度。

【第 17 項】如申請專利範圍第 15 項或第 16 項所述的接合基板的製造方法，其中所述晶體基板是利用水熱合成法進行結晶成長並於任意方向上加以切出而成者。

【第 18 項】如申請專利範圍第 15 項至第 17 項中任一項所述的接合基板的製造方法，其中預先使非晶層介隔存在於所述晶體基板的接合面與所述壓電基板的接合面的其中一者或兩者上。

【第 19 項】如申請專利範圍第 18 項所述的接合基板的製造方法，其中所述非晶層是利用薄膜形成方法附著而成者。

