



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 201946380 A

(43) 公開日：中華民國 108 (2019) 年 12 月 01 日

(21) 申請案號：108111025 (22) 申請日：中華民國 108 (2019) 年 03 月 28 日

(51) Int. Cl. : *H03H3/08 (2006.01)* *H03H9/02 (2006.01)*  
*H01L41/02 (2006.01)* *H01L41/22 (2013.01)*

(30) 優先權：2018/03/29 法國 1852750

(71) 申請人：法商佛雷克恩股份有限公司 (法國) FREC'N'SYS (FR)  
 法國

(72) 發明人：巴朗德拉 塞爾凡 BALLANDRAS, SYLVAIN (FR)；拉若許 蒂埃里 LAROCHE,  
 THIERRY (FR)

(74) 代理人：許世正

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：18 項 圖式數：11 共 50 頁

(54) 名稱

複合基板上的表面聲波裝置

(57) 摘要

本發明關於一種表面聲波裝置，包含基板、壓電層、電極層、以及梳狀電極。電極層位於壓電層和基板之間。梳狀電極形成於壓電上並包含具有間距  $p$  的多個電極元件，定義  $p=\lambda$ ，其中  $\lambda$  為施加相反電位到電極層和梳狀電極所產生之駐聲波的波長。其中壓電層包含位於電極元件之間的至少一區域，相較於電極元件下方的另一區域，至少一區域具有不同的至少一物理參數。本發明也關於製造此表面聲波裝置的方法。

The invention relates to a surface acoustic wave device comprising a base substrate, a piezoelectric layer and an electrode layer in between the piezoelectric layer and the base substrate, a comb electrode formed on the piezoelectric layer comprising a plurality of electrode means with a pitch  $p$ , defined as  $p=\lambda$ , with  $\lambda$  being the wavelength of the standing acoustic wave generated by applying opposite potentials to said electrode layer and comb electrode, characterized in that said piezoelectric layer comprises at least one region located in between the electrode means, in which at least one physical parameter is different compared to another region underneath the electrode means. The invention relates also to a method of fabrication for such surface acoustic wave device.

指定代表圖：

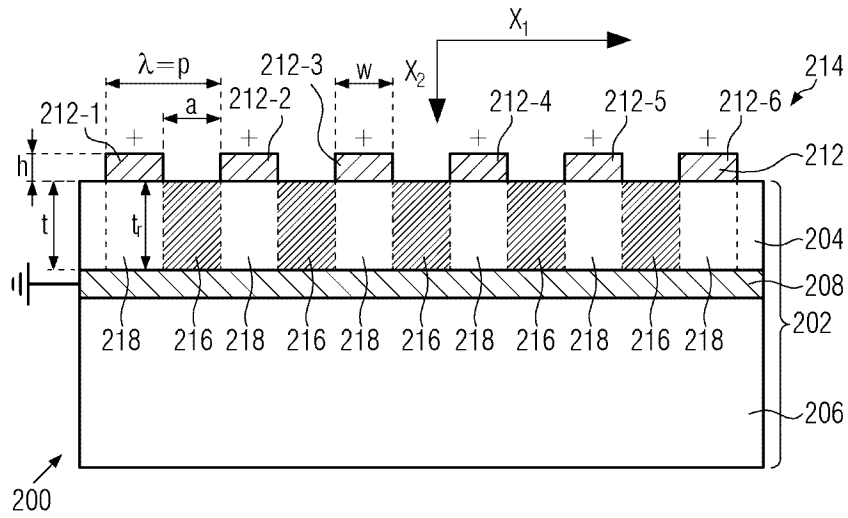


圖 2a

符號簡單說明：

200 . . . 表面聲波裝置

202 . . . 複合基板

204 . . . 壓電層

206 . . . 基板

208 . . . 電極層

212、

212\_1~212\_6 . . .

電極元件/電極指

214 . . . 轉換器結構

216 . . . 區域

218 . . . 電極指下的  
另一區域 $\lambda$  . . . 波長 $p$  . . . 間距 $a$  . . . 相鄰電極之間的  
距離 $X_1$  . . . 方向 $X_2$  . . . 方向 $w$  . . . 電極指寬度 $h$  . . . 電極指厚度 $t$  . . . 壓電層厚度

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 複合基板上的表面聲波裝置

【英文發明名稱】 SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICE ON  
COMPOSITE SUBSTRATE

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種表面聲波裝置以及一種製造表面聲波裝置的方法。

【先前技術】

【0002】 近年來，基於複合基板且作為濾波裝置的表面聲波 (surface acoustic wave, SAW) 裝置已展現了較佳的溫度特性和性能，特別是對於行動電話的應用而言。

【0003】 在典型的表面濾波 (SAW) 裝置中，會使用一個或多個交叉指狀轉換器 (inter-digitated transducer, IDT) 來利用特定物質的壓電效應 (piezoelectric effect)，而將聲波轉換為電力訊號，反之亦然。交叉指狀轉換器 (inter-digitated transducer, IDT) 包含具有相對的「尺梳 (comb)」，且交叉指狀金屬叉指 (metal finger) 設置於壓電基板。可藉由電性激發金屬叉指而在基板上建立表面聲波。相反地，可藉由傳遞於位在轉換器下的壓電基板材料的表面聲波，而在金屬叉指間產生電力訊號。

【0004】 然而，實際上這種表面聲波裝置的操作頻率限制為約 1 至 3GHz，因梳狀電極的電極間距  $p$  決定聲波波長  $\lambda$ ， $\lambda$  給定為  $p = \lambda/n$ ，其中  $n \geq 2$ ，通常  $n=2$ 。因此，當需要更高的操作頻率

時，實際上難以使梳狀電極更進一步微小化，此一方面係由於微影技術(lithography)的緣故，而另一方面則是由於電力損失的緣故。

【0005】 在第二諧波 SAW 裝置(second harmonic SAW device)中或薄膜體聲波共振器(film bulk acoustic wave resonator, FBAR)中，會使用非結構電極(FBAR)或只有一個梳狀電極(第二諧波 SAW)來代替具有反向電位之相對梳狀電極的交叉指狀轉換器結構。會使用位於壓電結構背面的反電極(counter-electrode)，而不是使用第二梳狀電極。此反電極通常接地(at mass)，而梳狀電極處於給定的電位。如專利文獻 US 6445265B1 所示，接著藉由令單一的梳狀轉換器作用於第二布拉格諧波(second Bragg harmonic)來激發聲波。當梳狀電極的間距  $p$  等於聲波波長  $\lambda$  時，可以獲得相位上的同調，相較於幾何形狀相同的傳統交叉指狀轉換器(相同的間距、相同的叉指數數量等等)，此方法可能可以得到兩倍的元件操作頻率  $f_r$ ，同時保持製造方面的穩健性。

【0006】 然而，在這種第二諧波 SAW 裝置中，由於第二諧波模式被激發，因此所產生的聲波為駐波(standing wave)。基於此種轉換器結構之 SAW 裝置的實現可能仰賴例如在縱向方向耦合漸逝波(evanescent wave)的可能性。因此，為了此種裝置所獲得的機電耦合係沒有效率的。另一種使用此原理來建構濾波裝置的方式在於使用 SAW 裝置作為所謂的梯形濾波器(ladder filter)的阻抗元件。在此情況下，SAW 裝置作為共振器而可以與其他依據最佳技術的共振器結合，藉以提供濾波功能。

【0007】 然而，由於轉換器結構所激發且對應於體積模式 (volume mode) 的非引導聲能 (non guided acoustic energy)，能量損失仍存在於此種轉換器。

【發明內容】

【0008】 因此本發明的目的為藉由使用新設計來提供設置於複合基板之第二諧波表面聲波裝置，進而克服這些缺點。

【0009】 本發明的目的由一種表面聲波裝置達成，此表面聲波裝置包含基板、壓電層和位於壓電層和基板之間的電極層，更包含形成於壓電層的梳狀電極，壓電層包含具有間距  $p$  的多個電極元件，定義  $p=\lambda$ ，且  $\lambda$  為駐聲波波長，駐聲波由施加相反電位於電極層和梳狀電極而產生，其特徵在於，壓電層包含至少一區域，至少一區域位於電極元件之間，相較於該壓電層中位於電極元件下方的另一區域，至少一區域具有不同的至少一物理參數。

【0010】 在先前技術中，第二諧波 SAW 裝置中，除了激發於壓電層厚度方向的駐波，也會激發橫向傳遞的聲波。這些橫向傳遞的聲波是所產生的駐聲波和體聲波之間耦合的結果。藉由位於電極元件之間的壓電層之至少一區域，相較於該壓電層中位於電極元件下方的另一區域，至少一區域具有不同的至少一物理參數，可以調整這兩種聲波之間的耦合來減少或甚至抑制不想要的效果。特別是，在壓電層中導聲波變得可行。

【0011】 根據本發明一變化實施例，在壓電層之至少一區域中不同的至少一物理參數為壓電層的彈性。藉由具有位於電極元

件之間的壓電層之至少一區域，相較於壓電層中為於電極元件下方的另一區域，壓電層之至少一區域中具有不同的至少一物理參數，因此可以調整體聲波和駐聲波的耦合，並獲得傳遞於縱向的漸逝聲波(*evanescent acoustic wave*)。

【0012】 根據本發明一變化實施例，在壓電層之至少一區域中不同的至少一物理參數為摻雜物濃度，特別是壓電層中 Ti 的摻雜物濃度。因此可以調整體聲波和駐聲播的耦合，並獲得傳遞於縱向的漸逝聲波(*evanescent acoustic wave*)。

【0013】 根據本發明一變化實施例，壓電層的至少一區域的厚度  $t_r$  小於壓電層的厚度  $t$ 。根據另一變化實施例，壓電層可以存在於電極元件朝向基板的下方。藉由電極元件之間具有較薄的壓電層或甚至完全移除壓電層，體聲波和駐聲波的耦合受到調整。甚至可以在縱向獲得漸逝聲波從而減少不想要的虛效應(*spurious effect*)。

【0014】 根據本發明一變化實施例，如上所述的表面聲波可以更包含布拉格反射鏡(*Bragg mirror*)，布拉格反射鏡位於壓電層下方。布拉格反射鏡減少朝向基板的能量損失，並可以增加對裝置結構的機械穩定性。

【0015】 根據本發明一變化實施例，位於壓電層和基板之間的電極層可以為布拉格反射鏡的一部份，特別是布拉格反射鏡的頂層。藉由使用頂層作為電極層，此裝置的製造製程可以減少。

【0016】 根據本發明一變化實施例，布拉格反射鏡可以包含

多個交流阻抗層。在此反射鏡中，對應於高低阻抗層之間不同阻抗的堆疊參數，例如層的厚度和層的阻抗比，可以控制及/或調整及/或改善反射鏡的反射率和頻率帶通。

**【0017】** 根據本發明一變化實施例，可以選擇壓電層的厚度以最佳化梳狀電極和電極層之間所產生的體聲波和駐聲波的耦合，位於次波長範圍內，特別是  $\lambda/2$  的數量級，更特別是  $\lambda/4$  的數量級或更少。因此當壓電層的厚度為轉換器結構波長的數量級或小於轉換器結構波長的數量級，特別是  $\lambda/2$  的數量級，更特別是  $\lambda/4$  的數量級或更低時，可以在壓電層中獲得導聲波(guided acoustic wave)。

**【0018】** 根據本發明一變化實施例，梳狀電極的尺寸由梳狀電極和電極層之間所產生的體聲波和駐聲波之間的耦合的最佳化所定義。體聲波和駐聲波之間的耦合使導波縱向傳遞於壓電層中。因此，藉由調整梳狀電極的結構特徵，可以改善此耦合並因此增加導波在壓電層中的傳遞。

**【0019】** 本發明的目標也藉由如請求項 10 之製造表面聲波裝置的方法來達成。方法包含下列步驟，(a)設置電極層於基板的頂部，(b)設置壓電層於電極層，以及(c)形成上梳狀電極於壓電層，其中在步驟(b)中壓電層被設置而包含設置至少一區域，至少一區域位於電極元件之間，相較於壓電層中位於電極元件下方的另一區域，至少一區域具有不同的至少一物理參數。

**【0020】** 根據本發明一變化實施例，步驟(b)可以包含蝕刻

(etching)步驟，以移除位於電極元件之間之壓電層的區域中部分或全部的壓電層。這使製造製程簡單化。

【0021】 根據本發明一變化實施例，步驟(b)包含在位於電極元件之間之壓電層的區域中進行原子種，特別是 Ti，的植入或擴散。根據另一變化實施例，步驟(b)包含在位於電極元件之間之壓電層的區域中進行質子交換。這能夠使用適用於壓電層的標準處理技術使得壓電層的區域內具有不同的壓電層物理參數。

【0022】 根據本發明一變化實施例，如上所述製造表面聲波裝置的方法更包含步驟(d)，於步驟(d)中，在設置壓電層的步驟之前先設置布拉格反射鏡(布拉格反射鏡)於基板或基板的上方。這使薄膜形成製程可以用以簡單並準確地形成於次波長範圍內的薄壓電層，薄膜形成製程如氣相沉積(vapor deposition)或濺鍍(sputtering)。

【0023】 根據本發明一變化實施例，布拉格反射鏡被設置而使得電極層為布拉格反射鏡的一部份。這可以藉由減少沉積的層數更簡化製造製程，而不損害反射鏡的性能和裝置的性能。

【0024】 根據本發明一變化實施例，如上所述之表面聲波裝置的製造方法的步驟(a)至(d)中至少一步驟為層轉移製程。舉例來說，可以使用 Smart Cut™ 方法，在熱退火(thermal annealing)的過程中藉由斷裂波(fracture wave)沿著予體基板交界面的傳遞進行予體基板在支撐基板上的層轉移，予體基板事先由離子植入(ion implantation)弱化。



【0025】 本發明的目的也可以由包含如本發明任一變化實施例之表面聲波裝置的頻率濾波裝置來達成。

【0026】 參考附圖與以下描述可以理解本發明，其中圖中標號標示本發明之特徵。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0027】

圖 1a 和圖 1b 呈現根據先前之最佳技術且被稱為第二諧波表面聲波裝置的表面聲波裝置。

圖 2a 至圖 2e 呈現根據本發明第一實施例之表面聲波裝置。

圖 3a 和圖 3b 呈現根據本發明第二實施例之表面聲波裝置。

圖 4 呈現根據本發明第三實施例之表面聲波裝置。

圖 5a 呈現根據本發明第四實施例之表面聲波裝置。

圖 5b 呈現用於本發明第四實施例之特定示例的布拉格反射鏡的特徵。

圖 6a 和圖 6b 分別呈現用來模擬用於圖 5b 中之布拉格反射鏡的特定示例之體聲波裝置的體共振(bulk resonance)的諧波導納(harmonic admittance)和網格(mesh)。

圖 7 呈現根據本發明第二及第四實施例之特定示例的表面聲波裝置的激發模式的特徵。

圖 8 呈現根據本發明第二及第四實施例之特定示例的表面聲波裝置的激發模式的特徵。

圖 9 呈現根據本發明第二及第四實施例之特定示例的表面聲

波裝置的激發模式的特徵。

圖 10 為根據本發明第一到第三任一實施例之表面聲波裝置的製造方法的步驟示意圖。

圖 11 為根據本發明第一到第三任一實施例與第四實施例之結合的表面聲波裝置的製造方法的步驟示意圖。

### 【實施方式】

【0028】 圖 1a 為根據先前之最佳技術之表面聲波裝置 100。表面聲波裝置 100 包含聲波傳遞基板 102，聲波傳遞基板 102 包含基板 106 以及具有厚度  $t$  的壓電層 104。表面聲波裝置 100 也包含電極層 108，其中電極層 108 形成於基板 106 之上和壓電層 104 之下。電極層 108 接地。電極層 108 由任何適合的導體金屬形成，例如鋁、鋁合金或鎢。

【0029】 表面聲波裝置 100 更包含梳狀電極 110，其中梳狀電極 110 具有從對應導電部 114 延伸出的多個電極指 112。梳狀電極 110 和其對應導電部 114 由任何適合的導體金屬形成，例如鋁、鋁合金或鎢。

【0030】 轉換器結構 116 便因而存在於表面聲波裝置 100，其中表面聲波裝置 100 包含多個梳狀電極 110，其中梳狀電極 110 具有位於壓電層 104 上方的多個電極指 112 和位於壓電層 104 下方的電極層 108。

【0031】 應注意的是，相較於圖 1a 和圖 1b 中所示，轉換器通常具有更多數量的電極指。為了清楚描述整體概念，在圖示中

大量減少電極指實際上的數量。

【0032】 梳狀電極 110 的電極指 112 通常都具有基本上相同的長度  $l$ 、寬度  $w$  和厚度  $h$ (如圖 1b 所示)。在一變化實施例中，電極指 112 也可以為漸縮的。

【0033】 梳狀電極 110 的電極指 112 都連接到電位 118(在這裡為  $+V$ )，且轉換器結構 116 便因而由其電極間距  $p$  所定義，其中電極間距  $p$  對應於兩相鄰電極指之間的電極指邊緣到邊緣的距離，例如圖 1a 所示的 112\_2 和 112\_3。因所有電極指 112 連接到相同的電位  $+V$ ，所以轉換器結構 116 的電極間距  $p$  給定為  $p=\lambda$ ，而對應於布拉格條件(Bragg condition)的兩倍，或也稱為第二諧波模式(second harmonic mode)。對於交叉指狀轉換器結構(interdigitated transducer structure)而言，通常對應於先前之最佳技術中使用於 SAW 裝置的轉換器結構，布拉格條件給定為  $p=2\lambda$ 。

【0034】 圖 1b 為圖 1a 中之相同的表面聲波裝置 100 的側視圖，且圖 1b 繪示出梳狀電極 110 的電極指 112。轉換器結構 116 所實現於的聲波傳遞基板 102 與先前圖 1a 中所述相同。相較於圖 1a 具有相同標號的特徵並不再詳細描述，而是參考以上關於他們的描述。

【0035】 如圖 1a 和圖 1b 中所示使所有電極指 112 處於相同電位的幾何狀態中，無法在垂直於電極指 112 之縱向延伸  $l$  的方向  $X1$  產生電場，且因而無法依照通常的 IDT 操作模式與來自轉換器結構 116 的聲模(acoustic mode)耦合。

【0036】 藉由將電極層 108 放置於壓電層 104 下方而接地，電場 120 便會產生於電極指 112 和電極層 108 之間，即方向 X2，此對體聲波模式的機電耦合或壓電耦合是必要的，例如如同為了第二諧波 SAW 裝置所達成。因此轉換器結構 116 使聲波能激發於電場方向，也就是圖 1b 中的方向 X2。聲波的激發大多發生於壓電層 104 的大部分(bulk)(方向 X2)，並為駐聲波的形式。多個對應於頂部梳狀電極之各個電極指的單一共振器產生同步效應(synchronism effect)，這使導波以壓電層厚度和梳狀電極間距 p 一起給定的頻率發生於壓電層 104。

【0037】 由於轉換器結構 116 所激發且對應於體積模式(volume mode)的非引導聲能(non guided acoustic energy)，轉換器結構 116 存在能量損失，且所損失的能量逸入基板 106。當此轉換器結構使用於 SAW 裝置中，此效應會導致 SAW 裝置的效能不佳。

【0038】 因為薄的電極層 108 作為壓電層 104 和基板 106 之間的導電屏(conductive shield)，而使得壓電層 104 的電場線 120 受到限制，所以電極層 108 存在於壓電層 104 下方會減少基板 106 中部份的能量損失。

【0039】 圖 2a 至圖 2e 繪示根據本發明第一實施例之表面聲波裝置 200。表面聲波裝置 200 實現於複合基板 202，其中複合基板 202 包含壓電層 204 和基板 206。

【0040】 用於本發明第一實施例的基板 206 為矽基板，特別

是在與電極層 208 交界處包含有所謂的富阱層(trap-rich layer)的矽基板。除了矽，可以選擇其他具有高聲波傳遞速率的基板材料，例如鑽石、藍寶石、碳化矽(Silicon Carbide)或甚至是氮化鋁(Aluminium Nitride)。

【0041】 表面聲波裝置 200 也包含電極層 208，其中電極層 208 形成於基板 206 之上和壓電層 204 之下。電極層 208 接地。電極層 208 也可以連接到電位 +V 或 -V。電極層 208 由任何適合的導體金屬形成，例如鋁、鋁合金、鉬或鎢。

【0042】 表面聲波裝置 200 也包含如圖 2b 所示之具有多個電極元件 212 的梳狀電極 210。梳狀電極 210 和其各自的電極元件 212 由任何適合的導體金屬形成，例如鋁或鋁合金、鉬或鎢。在此實施例中，電極元件 212 具有電極指的外形。

【0043】 梳狀電極 210 的電極指 212 都具有基本上相同的長度  $l$ 、寬度  $w$  以及厚度  $h$ 。根據本實施例的變化實施例，電極指 212 可以具有不同的長度  $l$ 、寬度  $w$  和厚度  $h$ 。

【0044】 梳狀電極 210 的電極指 212 都連接到相同的電位 +V。梳狀電極 210 的電極指 212 也可以連接到 -V 或接地(未繪示)。

【0045】 因此轉換器結構 214 存在於表面聲波裝置 200，其中表面聲波裝置 200 包含梳狀電極 210，其中梳狀電極 210 具有位於壓電層 204 上方的多個電極指 212 和位於壓電層 204 下方的電極層 208。在一變化實施例中，具有多個電極指 212 的梳狀電極 210 埋在壓電層 204 中。

【0046】 在此實施例中，壓電層 204 為鈮酸鋰 (Lithium Niobate,  $\text{LiNbO}_3$ )、鉭酸鋰 (Lithium Tantalate,  $\text{LiTaO}_3$ ) 或其他任何適合的材料。形成於基板 206 上的壓電層 204 的厚度  $t$  與轉換器結構 214 的波長  $\lambda$  為相同的數量級，或是小於轉換器結構 214 的波長  $\lambda$ ，特別是  $\lambda/2$  的數量級，更特別是  $\lambda/4$  的數量級或更低。波長  $\lambda$  為產生於壓電層 204 中的表面聲波的波長。

【0047】 在本發明之變化實施例中，壓電層 204 也可以為多晶材料 (poly-crystalline material) 或磊晶材料 (epitaxy material)，以及氧化鋅 (Zinc Oxide,  $\text{ZnO}$ )、氮化鋁 (Aluminium Nitride,  $\text{AlN}$ )、鋁 鈦 氧化物 (Aluminium Scandium Nitride,  $\text{AlScN}$ ) 或氮化鎵 (Gallium Nitride,  $\text{GaN}$ )。

【0048】 轉換器結構 325 由其電極間距  $p$  定義，其中間距  $p$  對應於兩相鄰電極指之間的電極指邊緣到邊緣的距離，例如圖 2a 和圖 2b 所示的 212\_1 和 212\_2。因所有電極指 212 皆連接到相同的電位  $+V$ ，所以轉換器結構 214 的間距  $p$  給定為  $p=\lambda$ ，此對應於布拉格條件 (Bragg condition) 的兩倍，或也稱為第二諧波模式 (second harmonic mode)。當電極層 208 接地且梳狀電極 210 的電極指 212 連接到均勻的電壓  $+V$  時，這些第二諧波模式於壓電層 204 中被激發。

【0049】 此外，壓電層 204 包含區域 216，其中區域 216 位於壓電層 204 中並位於相鄰的多個電極指 212 之間，例如如圖 2a 所示從側面看及如圖 2b 所示從上面看的電極指 212\_1、212\_2 之間。

【0050】 如圖 2a 和圖 2b 所示，區域 216 的尺寸中，寬度  $w_r$  由兩相鄰電極指 212 之間的距離  $a$  所給定、高度  $t_r$  由壓電層 204 的厚度  $t$  所給定，且長度  $l_r$  由電極指的長度  $l$  所給定。

【0051】 根據本發明，相較於壓電層 204 的其餘區域，至少一區域 216 具有不同的至少一物理參數，特別是相對於位於電極指 212 下的另一區域 218。此物理參數可以為彈性、摻雜物濃度、厚度等等。

【0052】 在一變化實施例中，相較於壓電層 204 的其餘區域，區域 216 的不同的物理參數在區域 216 中變化。舉例來說，相較於壓電層 204 的其餘區域，一個區域 216 可以具有不同的彈性，而相較於壓電層 204 的其餘區域，另一個區域 216 可以具有不同的摻雜物濃度。

【0053】 在一變化實施例中，區域 216 的長度  $l_r$  可以短於或長於電極指 212 的長度  $l$ 。

【0054】 圖 2c 為一變化實施例，其中區域 216 的長度  $l_r$  短於電極指 212 的長度  $l$ 。

【0055】 在一變化實施例中，區域 216 的寬度  $w_r$  可以小於或大於兩個相鄰電極指 212 之間的距離  $a$ 。

【0056】 圖 2d 為一變化實施例，其中區域 216 的寬度  $w_r$  小於兩個相鄰電極指 212 之間的距離，例如電極指 212\_1、212\_2 之間的距離。

【0057】 在另一變化實施例中，區域 216 相對於彼此不具有

相同的特性。

【0058】 在圖 2e 中，壓電層 204 可以包含第一區域 216\_1 和第二區域 216\_2。第一區域 216\_1 的厚度  $t_{r1}$  與壓電層 204 的厚度  $t$  相同或幾乎相同，而第二區域 216\_2 的厚度  $t_{r2}$  小於壓電層 204 的厚度  $t$ 。另外或此外，第一區域 216\_1 和第二區域 216\_2 的寬度  $w_r$  及/或長度  $l_r$  及/或任何其他物理參數可以不同。此外，第一區域 216\_1 和第二區域 216\_2 可以形成週期圖案或非週期圖案。

【0059】 在另一變化實施例中，區域 216 可以具有如圖 2 所示的矩形幾何形狀，或三角形、菱形或任何其他形式。

【0060】 藉由在壓電層 204 中植入原子或離子種擴散製程可以調整壓電層 204 的物理參數。也可以使用質子交換製程或任何其他能夠局部改變壓電層 204 之至少一區域 216 中的物理參數的製程。

【0061】 表面聲波裝置 200 用以下方式運作。壓電層 204 響應施加於電極指 212 和下方電極層 208 之間的電壓而產生震動。聲波的激發大多發生於壓電層 204 的大部分(在方向 X2)，而這裡它實際上是指駐聲波。轉換器結構 214 的電極間距  $p$  定義為  $\lambda$ ，而  $\lambda$  為駐聲波的波長。這表示轉換器結構 214 於電極指 212 的帶通(bandpass)中以同步模式(synchronous mode)運作，但對應於第二布拉格諧波(second Bragg harmonic)。轉換器結構 214 的共振頻率為交叉指狀轉換器結構的共振頻率之兩倍。

【0062】 在縱向傳播方向 X1 和主體中的傳播方向 X2 之間的



壓電耦合，以及轉換器結構 214 之電極指的週期性，給予導聲波傳遞於壓電層 204 的可能性，亦即方向 X1 中的漸逝聲波 (evanescent acoustic wave)。實際上壓電耦合是指在所謂矢狀面 (sagittal plane) 中的一個方向上的激發與正交方向上的震動之耦合的壓電係數，其中矢狀面為在波極化所定義於的面。藉由改變區域 206 中之壓電層 204 的物理參數，因此可以改變並控制轉換器結構 214 中方向 X1 和方向 X2 的耦合。

【0063】 圖 3 為根據本發明第二實施例之表面聲波裝置的側視圖(圖 3a)和頂視圖(圖 3b)。相較於第一實施例之表面聲波裝置 200，表面聲波裝置 300 包含經修改之壓電層 304，相較於第一實施例，壓電層 304 為唯一的不同之處。其他特徵皆相同因此將不再詳細描述而請參考上面的描述。

【0064】 表面聲波裝置 300 包含壓電層 304，其中壓電層 304 形成於電極層 208 和基板 206 上方。

【0065】 壓電層 304 與第一實施例之壓電層 204 具有相同的壓電材料。壓電層的厚度  $t$  為轉換器結構之波長  $\lambda$  的數量級或小於轉換器結構之波長  $\lambda$ ，特別是  $\lambda/2$  的數量級，更特別是  $\lambda/4$  的數量級或更低。

【0066】 壓電層 304 可以藉由層轉移製程或直接接合的方式接附到電極層 208 和基板 206。在一變化實施例中，薄的二氧化矽層(未繪示)可以設置於電極層 208 和基板 206 之間以提升接附效果。

【0067】 如同根據第一實施例之表面聲波裝置 200，如圖 3 所示，根據第二實施例之表面聲波裝置 300 包含梳狀電極 210，其中梳狀電極 210 具有多個電極指 212 並連接到一電位，而在這裡此電位為正電位。

【0068】 在本實施例中，壓電層 304 包含多個區域 306，其中在這些區域 306 中，壓電層 304 的厚度  $t_r$  小於壓電層 304 在其餘區域中的厚度  $t$ ，特別是相較於電極元件 212 下方的另一區域 308。如同第一實施例中的區域 216，區域 306 設置於兩相鄰電極指 212 之間，例如電極指 212\_1、212\_2 之間。在圖 3b 中，區域 306 具有寬度  $w_r$ 、長度  $l_r$  和厚度  $t_r$ ，區域 306 的尺寸中。寬度  $w_r$  由兩相鄰電極指 212 之間的距離  $a$  所給定且長度  $l_r$  由電極指 212 的長度  $l$  所給定。

【0069】 如圖 3a 所示，區域 306 的厚度  $t_r$  小於另一區域 308 中壓電層 304 的厚度  $t$ 。

【0070】 如同第一實施例，區域 306 的長度  $l_r$  可以短於或長於電極指 212 的長度  $l$ 。在一變化實施例中，區域 306 的寬度  $w_r$  可以小於或大於兩個相鄰電極指 212 之間的距離  $a$ 。在另一變化實施例中，這些區域 306 的尺寸可以在彼此之中變化。舉例來說，壓電層 304 可以包含具有不同厚度  $t_r$  的多個區域 306。

【0071】 在一變化實施例中，區域 306 可以具有如圖 3 所示的矩形幾何形狀，或三角形、菱形或任何其他形式。區域 306 的厚度  $t_r$  也可以在其寬度  $w_r$  範圍內變化。

【0072】 在所有電極指 212 具有不同的寬度和長度的尺寸的變化實施例中，這些區域 306 的尺寸也可以分別隨電極指 212 的尺寸而變化。

【0073】 在一變化實施例中，仍存在於區域 306 中的壓電層 304 可以具有一或多個修改過的物理參數，從而可以與根據第一實施例和其變化實施例的特徵結合。

【0074】 相較於壓電層 304 的厚度  $t$ ，可以藉由壓電層 304 的蝕刻製程(etching process)來降低區域 306 中之壓電層 304 的厚度  $t_r$ ，例如選擇性化學蝕刻或任何適合從壓電層 304 移除材料的其他製程。

【0075】 由於壓電層 304 中存在區域 306，且區域 306 中部分的壓電層 304 被移除，因此可以改變轉換器結構 314 中於方向 X1 和方向 X2 之間的耦合。

【0076】 藉由在區域 306 中改變壓電層 304 的厚度  $t_r$ ，可以因此改變並控制轉換器結構 314 中於方向 X1 和方向 X2 之間的耦合。

【0077】 圖 4 繪示本發明第三實施例，其中壓電層 304 僅位於或殘留於電極指 212 的下方。在相鄰的電極指 212 之間的區域中，壓電層 304 完全被移除，例如電極指 212\_1、212\_2 之間。

【0078】 在另一變化實施例中，至少僅部分兩相鄰電極指 212 之間的壓電層 304 可以完全被移除，因此壓電層 304 仍可以存在其他相鄰的電極指 212 之間。

【0079】 如同第二實施例，在壓電層 304 進行蝕刻製程以移除電極指 212 之間的壓電層 304，例如進行選擇性蝕刻或任何其他能夠移除壓電層 304 的製程。此外，表面聲波裝置 400 的複合基板 402 與第二實施例的複合基板 302 相同，其中複合基板 302 包含壓電層 304，而壓電層 304 形成於電極層 208 和基板 206 上。

【0080】 根據本發明進一步的變化實施例，一個、兩個或三個實施例的結合可以表現於壓電層中。因此，用於表面聲波裝置的複合基板 402 中的壓電層可以包含改變壓電層之物理參數的區域及/或壓電層厚度減少的區域及/或不存在壓電層的區域。

【0081】 藉由移除電極指 212 之間的壓電層 304，轉換器結構 314 中方向 X1 和方向 X2 的耦合可以被改變並調整。

【0082】 圖 5 呈現根據本發明第四實施例之表面聲波裝置。相較於第三實施例之表面聲波裝置 400 的複合基板 402，表面聲波裝置 500 包含不同的複合基板 502，此為本實施例與第三實施例唯一的不同之處。其他特徵都相同因此將不會再詳細描述，而是參考以上關於他們的描述。

【0083】 如同複合基板 402 及/或複合基板 302，表面聲波裝置 500 包含複合基板 502，其中複合基板 502 包含形成於電極層 208 和基板 206 上方的壓電層 304，但複合基板 502 更包含形成於基板 206 之上和壓電層 304 之下的聲鏡 504。

【0084】 聲鏡 504 包含多個堆疊的層狀結構 506 至 509，對應偶數標號的層狀結構 506 和 508 由第一材料組成，而對應奇數標

號的層狀結構 507 和 509 由第二材料組成。第一材料和第二材料具有不同的聲波阻抗(acoustic impedances)，而使得聲鏡 504 包含一疊高阻抗和低阻抗交替的層狀結構。聲鏡 504 也稱為布拉格反射鏡(Bragg mirror)。

【0085】 布拉格反射鏡 504 具有週期性重複的一對層狀結構，這一對層狀結構的厚度約為波長的四分之一，並具有交替的高/低阻抗層狀結構，藉以確保反射的進行。

【0086】 第一材料和第二材料可以選自鎢、鉬、鉍酸鋰(LiTaO<sub>3</sub>)、氧化鋁(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、氮化鋁(AlN)、鈮酸鋰(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)、任何氧化矽(SiO<sub>2</sub>)及氮化矽(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)的組合(被稱為氮氧化矽(silicon oxynitride)，記作 SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>，其中 x 和 y 控制化合物中各元素的數量)以及氧化鋅(ZnO)、鋁或二氧化矽(SiO<sub>2</sub>)。

【0087】 在一變化實施例中，第一材料和第二材料可以交換，而使得第一材料具有低阻抗且第二材料具有高阻抗。

【0088】 在一實際示例中，可使用由交替的鎢和鋁層狀結構形成的矽基板 206 和聲鏡 504。

【0089】 在此實施例中，聲鏡 504 表示為具有形成交替的高低阻抗疊層之四個層狀結構 506 至 509。但在另一變化實施例中，聲鏡 504 中形成交替高低阻抗疊層之層狀結構的數量也可以多於四或少於四。

【0090】 增加布拉格反射鏡的對數會增加反射鏡的反射率，且增加布拉格對(Bragg pairs)中的多種材料之間的阻抗比

(impedance ratio)會增加反射率和帶寬(bandwidth)。常用於疊層材料的選擇例如為二氧化鈦(Titanium Dioxide)和二氧化矽(Silica)。

【0091】 圖 5b 實際上繪示本發明之特定示例的布拉格反射鏡的特徵，其示出布拉格反射鏡之反射效應(reflection effect)的模數和相位。

【0092】 對於此特定示例，表面聲波裝置的複合基板包含厚度為 1.5 微米( $\mu\text{m}$ )的 C 軸取向(C-axis oriented)的氮化鋁(Aluminium Nitride)層，和厚度為 100 奈米(nm)的下部電極。布拉格反射鏡包含交替且各為 500 奈米(nm)厚並沉積於藍寶石基板上的鉬(Molybdenum)和二氧化矽(Silica)或熔融石英(fused quartz)。基板也可以為矽基板。

【0093】 由此反射鏡達到的反射功能可以使用整個疊層的格林函數(Green's function)來計算。因為氮化鋁層不能激發剪力波(shear wave)，所以在此僅考慮垂直於基板的縱向波。如圖 5b 所示，使用三又二分之一個週期會產生有效的反射效果。從 2 十億赫茲(GHz)到 4.3GHz 的反射幾乎為完全的( $|R| \sim 1$ )。較小的阻帶(stop band)也可以被達成。

【0094】 疊層的厚度例如選擇來促進轉換器結構 514 中唯一的模式，以確保基於此種轉換器結構 514 之表面聲波裝置 500 的頻譜純度(spectral purity)。

【0095】 在此實施例的變化實施例中，聲鏡 504 中堆疊的層狀結構 506-509 之其中一者形成電極層 208。特別是，聲鏡 504 的

頂部的層狀結構 506 形成電極層 208。在此情況下，聲鏡 504 的頂部的層狀結構 506 較佳地以具有高聲波阻抗的金屬(例如鎢)組成。

【0096】 如同第一實施例，壓電層 304 響應施加於轉換器的電極指 212 和下方的電極層 208 之間的電壓而產生震動。聲波的激發大多發生於壓電層 304 的大部分，這裡其實際上是指駐聲波。此外，體聲波的存在也導致寄生模式(parasitic mode)為壓電層 304 中的非導向模式(non guided mode)。

【0097】 因額外增加預設模式(default mode)，所以壓電層 304 和聲鏡 504 的結合產生多模式的性質。簡單的壓電層 304 可以導出多種模式，例如所謂的藍姆波(Lamb wave)或剪力板模式(shear plate mode)。在滿足引導條件的情況下，這些模式都可以藉由轉換器結構 514 耦合。根據本發明，壓電層 304 和聲鏡 504 被排列而減少這些額外模式的作用，進而促進轉換器結構 514 中唯一的模式，藉以確保表面聲波裝置 500 的頻譜純度，且其他模式的頻率遠高於常用模式的頻率藉以防止頻譜汙染(spectral pollution)。

【0098】 事實上，對於給定的體聲波(bulk acoustic wave, BAW)金屬壓電金屬(metal-piezoelectric-metal)結構而言，根據壓電層晶體位向，不只可以產生純壓縮波(compressional wave)，也可以產生剪力波(shear wave)或準剪力波(quasi shear wave)，且剪力波或準剪力波也可以由轉換器區域中的反射鏡反射，從而產生寄生模式。適應性的反射鏡之設計目的在於選擇反射鏡的多個部分以利

於壓縮波的反射，並讓其他模式通過基板。設置適當的吸收層(有機聚合物所構成)於基板下方將可以吸收這些波，並因此顯著地減少他們對共振器反應的作用。

【0099】 根據本發明，壓電層 304 和聲鏡 504 被排列而減少額外的模式，進而促進轉換器結構中的唯一模式，藉以確保表面聲波裝置 500 的頻譜純度。為此，壓電層 304 的厚度被選擇而使得激發模式以所欲之頻帶震動並被引導於壓電層 304 中，且因聲鏡 504 的存在而沒有機會逸散入基板 206。

【0100】 其他的方法是最佳化聲鏡 504 疊層的厚度以促進轉換器結構中的唯一模式，並實現此模式的有效反射係數。因此聲鏡 504 從基板 206 聲學上地隔離於電極指 212 和電極層 208 之間產生的震動。

【0101】 根據本發明一變化實施例，壓電層 304 也可以根據任何關於上述第一至第三實施例之變化實施例來實現。

【0102】 圖 6a 呈現圖 5b 中之布拉格反射鏡的特定示例之體聲波裝置的計算諧波導納，其係使用圖 6b 所示的網格結構計算。

【0103】 對於此特定示例，一維體聲波共振器包含 100nm 的上部電極、1.5 $\mu$ m 的氮化鋁(AlN)層和 100nm 的下部電極。布拉格反射鏡包含交替且各為 500nm 厚的鉬(Molybdenum)和二氧化矽(Silica)或熔融石英(fused quartz)層。

【0104】 圖 6b 呈現用於模擬體共振(bulk resonance)的網格圖。上部電極標注為 1 且下部電極標注為 2，而週期邊界條件標注為



3 和 4。布拉格反射鏡標注為 5，且位於下部電極的下邊緣。圖 6b 也示出包含於標注 1 和標注 2 之間的壓電層的晶體位向之軸 X、Y、Z。網格尺寸的高為  $1.7\mu\text{m}$  且寬為  $2.5\mu\text{m}$ 。

【0105】 考慮用於兩種不同邊界條件的網格來計算諧波導納 (harmonic admittance)。第一個邊界條件在於考慮網格各側的空氣，其在共振器邊緣產生全反射。第二個邊界條件在於應用邊界積分法 (boundary integral method) 來模擬在下部電極背面的布拉格反射鏡的影響。對於此兩種條件而言，不考慮機械損失或介電損失，在布拉格反射鏡配置的情況下唯一的損失來源是本體內的聲波輻射。

【0106】 如圖 6b 所示，布拉格反射鏡的存在會提高頻率但會減少機電耦合。

【0107】 對於空氣支援 (air backed) 的裝置而言，發現壓電層的耦合為 5.8%，而在布拉格反射鏡的情況下僅計算為 4.7%。

【0108】 圖 7a 為用於模擬由設置於複合基板上的電極柵 (electrode grating) 所組成之基本結構的網格圖。此網格中的標號與圖 6b 中之網格的標號相同。網格尺寸的高為  $1.7\mu\text{m}$  且寬為  $2.5\mu\text{m}$ 。

【0109】 對於此特定示例，表面聲波裝置的複合基板包含厚度為 1.5 微米 ( $\mu\text{m}$ ) 的 C 軸取向 (C-axis oriented) 的氮化鋁 (Aluminium Nitride) 層，和厚度為 100 奈米 (nm) 的下部電極。布拉格反射鏡 5 包含交替且各為 500 奈米 (nm) 厚並沉積於藍寶石基板

上的鉬(Molybdenum)和二氧化矽(Silica)或熔融石英(fused quartz)。基板也可以為矽基板。上部電極的厚度為 100 奈米(nm)。

【0110】 圖 7a 中的網格圖表示表面聲波裝置之複合基板的側視圖，且僅示出表面聲波裝置中的一個上部電極指 1，並示出在電極指各側的壓電層之部分。這使壓電層表示為延伸於電極指 1 的兩側。這裡的激發仍位於上部電極(電極指)和下部電極之間，並在二次諧波狀態下位於「表面」引導模式(surface guided mode)和體聲波模式之間。

【0111】 圖 7b 所示之裝置的諧波導納示出多模式的特徵，且這些模式接近 2.7GHz 和 2.87GHz。兩種主要模式彼此非常靠近但相位相反。

【0112】 圖 7c 和圖 7d 分別示出接近 2.7GHz 和 2.87GHz 之模式的外形。他們與橢圓極化模式相當，且橢圓極化模式也稱為傳遞於勻相半空間(homogeneous half space)的晶體基板之上之雷利波(Rayleigh wave)。根據邊界條件，模式的外形對應於駐波型(standing wave regime)。

【0113】 圖 8a 至圖 8c 示出網格結構中的模式變形外形，而圖 8d 示出根據本發明第二實施例，在圖 7 之特定情況且當移除電極指之間的部分壓電層時，表面聲波第二諧波模式中運作的激發模式的諧波導納。同樣地，僅示出一個電極指。

【0114】 可以從圖 8a 至圖 8c 的網格圖看到，相較於圖 7 之網格圖，進行在這些電極指之間之壓電層的部分蝕刻使得這些電

極指之間之壓電層的厚度小於壓電層的厚度，在此為  $1.7\mu\text{m}$ 。這些電極指之間之壓電層的部分蝕刻造成圖 8a 至圖 8c 中壓電層中的階梯形狀，圖 8a 至圖 8c 僅示出一個電極指的側視圖，且在電極指的各側中，壓電層的部分蝕刻所進行於的部分區域。同樣地，網格尺寸與圖 7 的網格尺寸相同，即高為  $1.7\mu\text{m}$  且寬為  $2.5\mu\text{m}$ 。

【0115】 如圖 8d 所示，電極指之間的壓電材料的中間蝕刻深度產生模數的增加，且存在有接近  $2.2\text{GHz}$ 、接近  $2.48\text{GHz}$  和接近  $2.62\text{GHz}$  的三個模式。此外，三個模式之中沒有一種模式達到高於一種體聲波 (BAW) 裝置之機電耦合係數  $k_s^2$  (electromechanical coupling coefficient) 的值。圖 8a 至圖 8c 分別示出這三種模式的外形。

【0116】 圖 9 示出根據本發明第二和第三實施例之對於圖 7 所示之複合基板的特定示例來說，當改變電極指之間的壓電層的深度時激發模式的變化。圖 9 的網格尺寸與圖 7 的網格尺寸相同。

【0117】 從圖 8 到從圖 9a 開始增加蝕刻深度，再直到圖 9c 可看出壓電層的蝕刻深度為有變化的，其中圖 8 示出小的蝕刻深度，因此較厚的 AlN 層存在於電極指之間，圖 9a 於圖 8 所示的電極指之間具有較薄的 AlN 層，而圖 9c 所示之電極指之間的 AlN 層達到完全蝕刻。

【0118】 可以看到當蝕刻深度接近整層壓電材料的厚度時，相較於如圖 8d 所示之情況，分布模式受到改善。如圖 9b 和圖 9d 所示，對於接近  $2.4\text{GHz}$  的一個主要模式之模數隨著少量寄生模

式的減少確實被達成。

【0119】 此外，機電耦合係數  $k_s^2$  隨著電極指之間的壓電材料的蝕刻深度變化。事實上，相較於圖 8d 中接近 2.4GHz 的相同模式的機電耦合係數  $k_s^2$ ，如圖 9b 和圖 9d 所示之接近 2.4GHz 的主要模式的機電耦合係數  $k_s^2$  明顯增加。

【0120】 圖 10 示出根據本發明上述任意之一個、兩個或三個實施例之表面聲波裝置的製造方法之步驟示意圖。

【0121】 製造方法包含步驟(a)，於步驟(a)中，設置電極層 608 於基板 606 的頂部。基板 606 為矽基板，或任何其他具有高聲波傳遞速率的基板材料，例如鑽石、藍寶石、碳化矽 (Silicon Carbide) 或甚至氮化鋁 (Aluminium Nitride)。電極層 608 可以由任何適合的導體金屬製成，例如鋁或鋁合金或鎢。

【0122】 下個步驟(b)包含於電極層 608 形成具有厚度  $t$  的壓電層 610。舉例來說，壓電層 610 可以是鈮酸鋰 (Lithium Niobate,  $\text{LiNbO}_3$ ) 或鉭酸鋰 (Lithium Tantalate,  $\text{LiTaO}_3$ )。形成於電極層 608 之壓電層 610 的厚度  $t$  可以為波長的數量級，特別是小於波長。壓電層 610 也可以是多晶材料 (poly-crystalline material) 或磊晶材料 (epitaxy material)，以及氧化鋅 (Zinc Oxide,  $\text{ZnO}$ )、氮化鋁 (Aluminium Nitride,  $\text{AlN}$ )、鋁銦氮化物 (Aluminium Scandium Nitride,  $\text{AlScN}$ ) 或氮化鎵 (Gallium Nitride,  $\text{GaN}$ ) 以及任何此種氮化物材料的組合。

【0123】 在一變化實施例中，薄的二氧化矽層 (未繪示) 可以在

形成壓電層 610 之前設置於電極層 608。一層分子接合物也可以在形成電極層 608 之前設置於基板 606 及/或在形成壓電層 610 之前設置於電極層 608，藉以優化接附作用。

【0124】 此外，可以加入更進一步的處理步驟，例如將至少一基板 606 和其他層狀結構進行拋光。

【0125】 根據步驟(c)，使用層沉積法和圖案化步驟的結合將上梳狀電極 612 形成於壓電層 610。上梳狀電極 612 包含多個電極元件 614。上梳狀電極 612 和其各自的電極元件 614 由任何適合的導體金屬形成，例如鋁、鋁合金、鉬或鎢。

【0126】 此方法更包含改變壓電層 610 的步驟(d)。此步驟可以如圖所示在步驟(c)之後進行，但也可以在步驟(c)之前進行。

【0127】 根據本發明第一變化實施例(1)，改變壓電層 610 的步驟(d)包含在壓電層 610 之特定區域 616 中改變壓電層 610 的至少一物理參數。

【0128】 此步驟包含原子種 618，特別是 Ti，的植入或擴散，以改變壓電層 610 中電極元件 614 之間的壓電層 610 之區域 616 的原子種濃度。

【0129】 根據一變化實施例，改變壓電層 610 的步驟(d)可以包含質子交換製程(proton exchange process)622，藉以改變物理參數，其中物理參數為位於電極元件 614 之間壓電層 610 之區域 616 的壓電層 610 的折射率。

【0130】 鈮酸鋰(Lithium Niobate)中的質子交換涉及以氫離

子或質子( $H^+$ )取代鋰離子( $Li^+$ )。此取代產生折射率的改變，因此形成波導(waveguide)。質子交換是用來在鈮酸鋰(Lithium Niobate,  $LiNbO_3$ )和鉭酸鋰(Lithium Tantalate,  $LiTaO_3$ )中形成光學波導的方法。

【0131】 質子交換製程包含來自有機質子源的基本質子交換，和退火後製程(annealing post processing)，其中退火後製程涉及單獨加熱樣品以重新分布鋰離子和氫離子。

【0132】 藉由改變在區域 616 中的壓電層 610 的物理參數，由於所進行的製程，區域 616 中之壓電層 610 的厚度  $t$  也可以輕微減少。

【0133】 根據此方法的第二變化實施例(2)，改變壓電層 610 的步驟(d)包含減少電極元件 614 之間的區域 616 中之壓電層 610 的厚度  $t_r$  的步驟。因此，在區域 616 中之壓電層的厚度  $t_r$  小於位於電極元件 614 之下且朝向基板 606 之另一區域 624 中之壓電層 610 的厚度  $t$ 。

【0134】 為了移除位於電極元件 614 之間的壓電層 610 之區域 616 中的部分壓電層 610，此步驟包含蝕刻步驟 626，或包含任何其他可以降低電極元件 614 之間的壓電層 610 之厚度  $t$  的製程。電極指 614 可以做為遮罩(mask)。

【0135】 根據此方法的第三變化實施例(3)，改變壓電層 610 的步驟(d)包含完全移除壓電層 610 的區域 616 中之壓電層 610 的步驟，而使得沒有壓電層 610 存在於電極層 608 之上方。如同先

前的變化實施例，進行蝕刻步驟 626，例如在所謂之濕或乾的電漿加強蝕刻條件下(wet or dry-plasma-enhanced etch condition)執行的選擇性化學蝕刻步驟或任何可以移除壓電層 610 的製程。

【0136】 圖 11 為根據本發明第四實施例和其變化實施例之表面聲波裝置的轉換器結構之製造方法的步驟示意圖。

【0137】 此方法如圖 10 所示，但另外包含在形成壓電層 610 的步驟之前設置布拉格反射鏡於基板 606 或基板 606 上方的步驟。因此，圖 11c 至圖 11e 所示之步驟對應於圖 10b 至圖 10d 所示之步驟。

【0138】 在圖 11a 中，布拉格反射鏡 704 設置於基板 606 上。布拉格反射鏡 704 係由沉積交替阻抗的四個層狀結構 706 至 709 之疊層所形成。

【0139】 在另一變化實施例中，聲鏡 704 中形成交替高低阻抗的疊層之層狀結構的數量也可以多於四或少於四。層狀結構 706 至 709 的材料可以為鎢、鉬、鉬酸鋰( $\text{LiTaO}_3$ )、氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、氮化鋁( $\text{AlN}$ )、鈮酸鋰( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )、任何氧化矽( $\text{SiO}_2$ )及氮化矽( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )的組合(被稱為氮氧化矽(silicon oxy-nitride)，記作  $\text{SiO}_x\text{N}_y$ ，其中  $x$  和  $y$  控制化合物中各元素的數量)以及氧化鋅( $\text{ZnO}$ )、鋁或二氧化矽( $\text{SiO}_2$ )。

【0140】 在此實施例的一變化實施例中，至少一層狀結構 706 至 709 也可以包含聚合物材料。

【0141】 此步驟更包含步驟(b)，在步驟(b)中，例如藉由層沉

積法或層轉移法來於聲鏡 704 的頂部設置電極層 608。電極層 608 也可以為布拉格反射鏡 704 的最後一層。

【0142】 在此實施例的一變化實施例中，製造布拉格反射鏡 704 的步驟(a)也包含形成電極層 608 的步驟，而使得電極層 608 形成布拉格反射鏡 704 的一部分。特別是，電極層 608 是布拉格反射鏡 704 中頂部的層狀結構 706。在一變化實施例中，只要能用於電性連接電，電極層 608 可以是布拉格反射鏡 704 中除了頂層 706 之外的另外一個層狀結構。

【0143】 在此實施例的一變化實施例中，上述方法的至少一步驟為層轉移製程。舉例來說，層轉移製程的步驟包含將包含壓電層的第一基板轉移到第二基板。層轉移製程的步驟包含直接接合的步驟或藉由沉積在第一基板及/或第二基板的介電層來接合的步驟，其中介電層可以由二氧化矽製成。層轉移製程的步驟也可以包含植入(implantation)步驟，以界定壓電層內的分離區域，而使得相較於第一基板上的壓電層的厚度，轉移到第二基板的壓電層的厚度可以降低。

【0144】 根據一變化實施例，第二基板包含電極層，而使得層轉移製程的步驟包含藉由直接接合，或透過沉積在第一基板及/或第二基板的介電層而直接接合，來將壓電層接合到電極層，其中介電層可以由二氧化矽製成。

【0145】 因此，以上述方法所獲得的最後裝置 716、718、720 實際上對應於圖 10 中的最後裝置 620、628、630，他們的差異僅



在於布拉格反射鏡 704 設置於基板 606 或基板 606 上方並設置在電極層 608 之下。

【0146】 已描述本發明的多個實施例。然而，應理解在不脫離申請專利範圍下可以做出多種修改和加強。

### 【符號說明】

#### 【0147】

100、200、300、400、500 表面聲波裝置

102 聲波傳遞基板

202、302、402、502 複合基板

104、204、304、610 壓電層

106、206、606 基板

108、208、608 電極層

110、210、612 梳狀電極

112、112\_1~112\_5、212、212\_1~212\_6、614 電極元件/電極指

114 導電部

116、214、314、414、514 轉換器結構

118 電位

120 電場/電場線

216、306、616 區域

218、308、406、624 電極指下的另一區域

504、704 聲鏡/布拉格反射鏡

506~509、706~709 層狀結構

618 原子種

622 質子交換製程

620、628、630、716、718、720 裝置

$\lambda$  波長

p 間距

a 相鄰電極之間的距離

X1 方向

X2 方向

w 電極指寬度

h 電極指厚度

t 壓電層厚度

$w_r$  區域寬度

$l_r$  區域長度

$t_r$  區域厚度



201946380

**【發明摘要】**

**【中文發明名稱】** 複合基板上的表面聲波裝置  
**【英文發明名稱】** SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICE ON COMPOSITE SUBSTRATE

**【中文】**

本發明關於一種表面聲波裝置，包含基板、壓電層、電極層、以及梳狀電極。電極層位於壓電層和基板之間。梳狀電極形成於壓電上並包含具有間距  $p$  的多個電極元件，定義  $p=\lambda$ ，其中  $\lambda$  為施加相反電位到電極層和梳狀電極所產生之駐聲波的波長。其中壓電層包含位於電極元件之間的至少一區域，相較於電極元件下方的另一區域，至少一區域具有不同的至少一物理參數。本發明也關於製造此表面聲波裝置的方法。

**【英文】**

The invention relates to a surface acoustic wave device comprising a base substrate, a piezoelectric layer and an electrode layer in between the piezoelectric layer and the base substrate, a comb electrode formed on the piezoelectric layer comprising a plurality of electrode means with a pitch  $p$ , defined as  $p=\lambda$ , with  $\lambda$  being the wavelength of the standing acoustic wave generated by applying opposite potentials to said electrode layer and comb electrode, characterized in that said piezoelectric layer comprises at least one region located in between the electrode means, in which at least one physical parameter is different compared to another region underneath the electrode means. The invention relates also

to a method of fabrication for such surface acoustic wave device.

【指定代表圖】 圖 2a。

【代表圖之符號簡單說明】

200 表面聲波裝置

202 複合基板

204 壓電層

206 基板

208 電極層

212、212\_1~212\_6 電極元件/電極指

214 轉換器結構

216 區域

218 電極指下的另一區域

$\lambda$  波長

p 間距

a 相鄰電極之間的距離

X1 方向

X2 方向

w 電極指寬度

h 電極指厚度

t 壓電層厚度

【特徵化學式】

無。

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種表面聲波裝置，包含：

一基板；

一壓電層；以及

一電極層，該電極層位於該壓電層和該基板之間；

一梳狀電極形成於該壓電層並包含多個電極元件，該些電極元件具有一間距  $p$ ，定義  $p=\lambda$ ，且  $\lambda$  為在該電極層和該梳狀電極施加相反電位所產生的駐聲波的波長，

其特徵在於，

該壓電層包含至少一區域，該至少一區域位於該些電極元件之間，相較於該壓電層中位於該些電極元件下方的另一區域，該至少一區域具有不同的至少一物理參數。

【第2項】 如請求項 1 所述之表面聲波裝置，其中在該壓電層之該至少一區域中不同的該至少一物理參數為該壓電層的彈性。

【第3項】 如請求項 1 或 2 所述之表面聲波裝置，其中在該壓電層之該至少一區域中不同的該至少一物理參數為摻雜物濃度，特別是該壓電層中 Ti 的摻雜物濃度。

【第4項】 如請求項 1 至 3 中任一項所述之表面聲波裝置，其中該壓電層的該至少一區域的厚度  $t_r$  小於該壓電層的厚度  $t$ 。

【第5項】 如請求項 4 所述之表面聲波裝置，其中該壓電層僅位於該些電極元件朝向該基板的下方。

【第6項】如上述請求項所述之表面聲波裝置，更包含位於該壓電層下的一布拉格反射鏡(Bragg mirror)。

【第7項】如請求項 6 所述之表面聲波裝置，其中位於該壓電層和該基板之間的該電極層是該布拉格反射鏡(Bragg mirror)的一部份，特別是該布拉格反射鏡的一頂層。

【第8項】如請求項 6 或 7 所述之表面聲波裝置，其中該布拉格反射鏡(Bragg mirror)包含多個交流阻抗層。

【第9項】如上述請求項之表面聲波裝置，其中該壓電層的厚度  $t$  由該梳狀電極和該電極層所產生的體聲波和駐聲波之間的耦合的最佳化所定義，且該壓電層的厚度為駐聲波波長  $\lambda$  的數量級或小於駐聲波的波長  $\lambda$ ，特別是  $\lambda/2$  的數量級，更特別是  $\lambda/4$  的數量級或更低。

【第10項】如上述請求項之表面聲波裝置，其中該梳狀電極的尺寸由該梳狀電極所產生的體聲波和駐聲波之間的耦合的最佳化所定義。

【第11項】一種製造表面聲波裝置的方法，包含以下步驟：

- (a)設置一電極層於一基板的頂部；
- (b)設置一壓電層於該電極層；
- (c)形成一上梳狀電極層於該壓電層；

其中在步驟(b)中，該壓電層被設置而包含至少一區域，該至少一區域位於多個電極元件之間，相較於該壓電層中位於該

些電極元件下方的另一區域，該至少一區域具有不同的至少一物理參數。

【第12項】如請求項 11 所述之製造表面聲波裝置的方法，其中步驟(b)包含一蝕刻(etching)步驟，以移除位於該些電極元件之間之該壓電層的該區域中部分或全部的該壓電層。

【第13項】如請求項 11 或 12 所述之製造表面聲波裝置的方法，其中步驟(b)包含在位於該些電極元件之間之該壓電層的該區域中進行原子種，特別是 Ti，的植入或擴散。

【第14項】如請求項 11 至 13 中任一項所述之製造表面聲波裝置的方法，其中步驟(b)包含在位於該些電極元件之間之該壓電層的該區域中進行質子交換。

【第15項】如請求項 11 至 14 中任一項所述之製造表面聲波裝置的方法，更包含一步驟(d)，於步驟(d)中，在設置該壓電層的步驟之前先設置一布拉格反射鏡(布拉格反射鏡)於該基板或該基板的上方。

【第16項】如請求項 15 所述之製造表面聲波裝置的方法，其中該布拉格反射鏡被設置而使得該電極層為該布拉格反射鏡的一部份。

【第17項】如請求項 11 至 14 中任一項所述之製造表面聲波裝置的方法，其中步驟(a)至(d)中至少一步驟為一層轉移製程。

【第18項】一種頻率濾波裝置，包含如請求項 1 至 10 中之任意結合的表面聲波裝置。

【發明圖式】

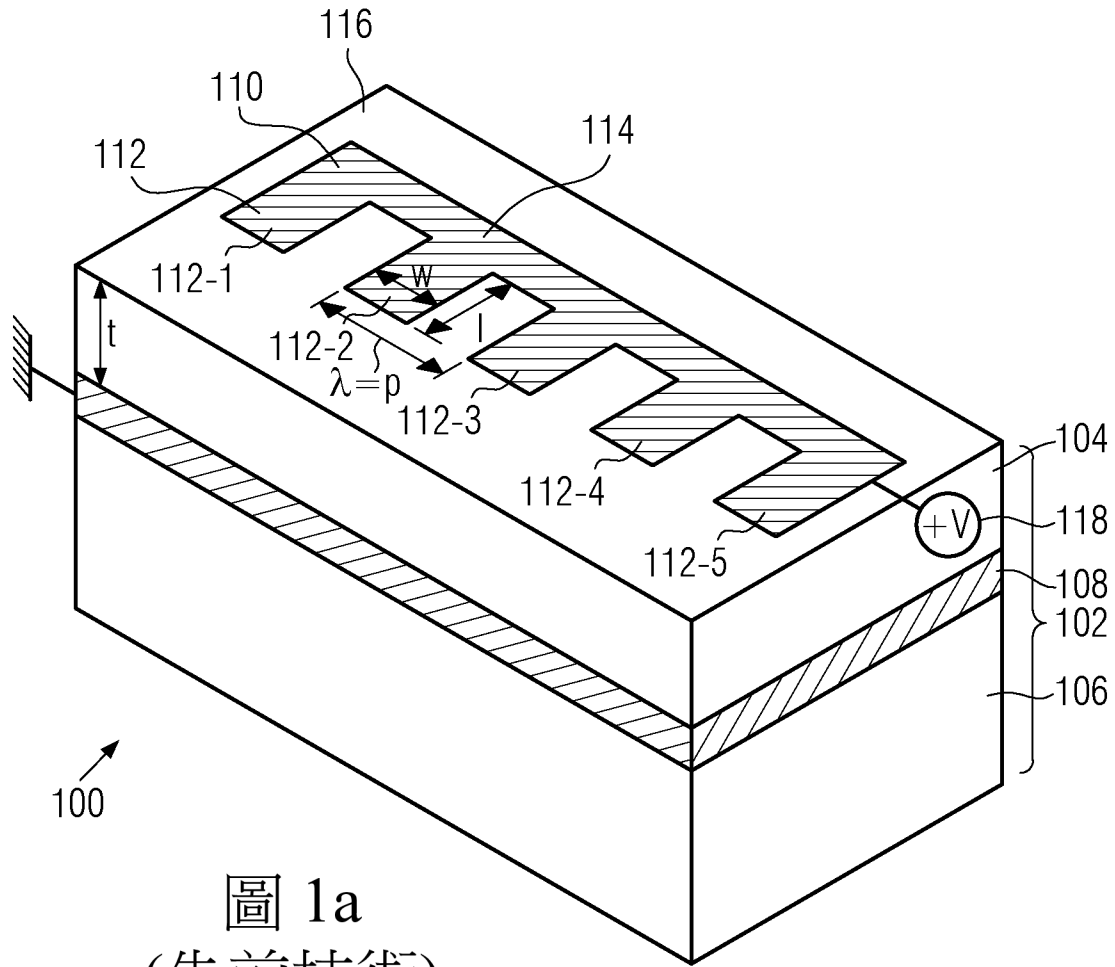


圖 1a  
(先前技術)

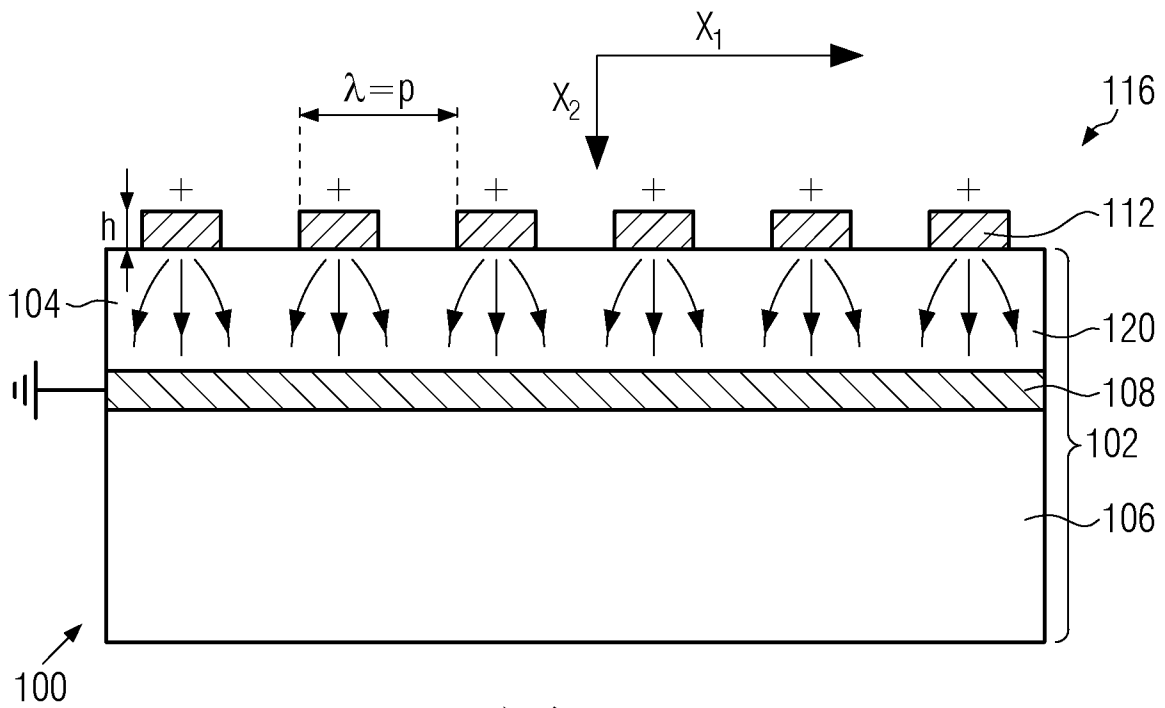


圖 1b  
(先前技術)



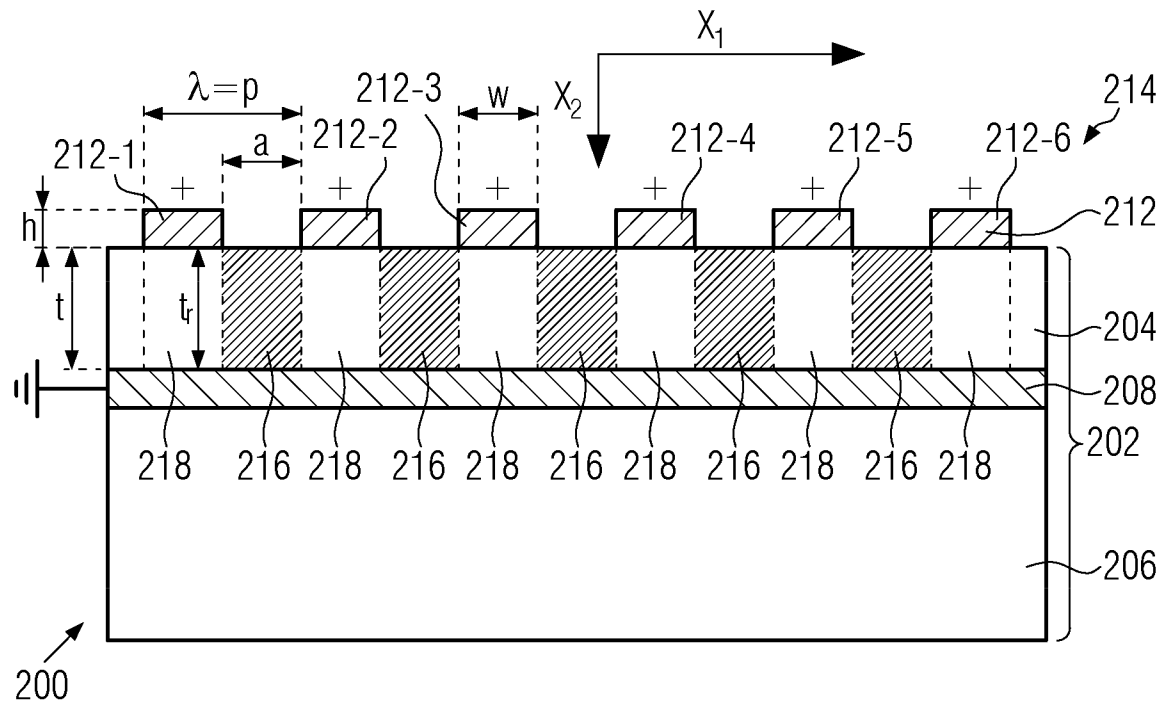


圖 2a

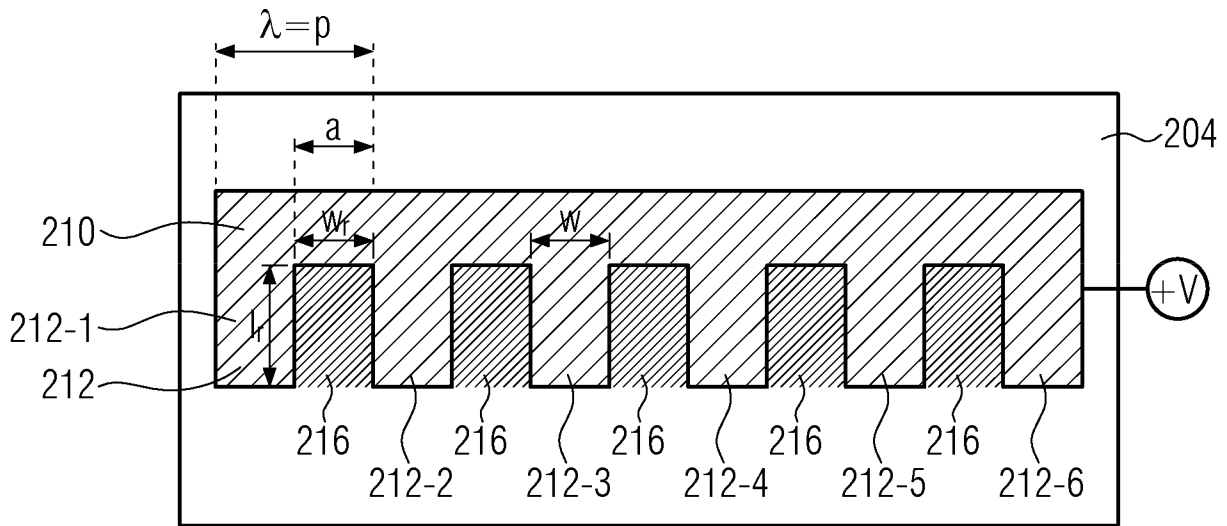


圖 2b

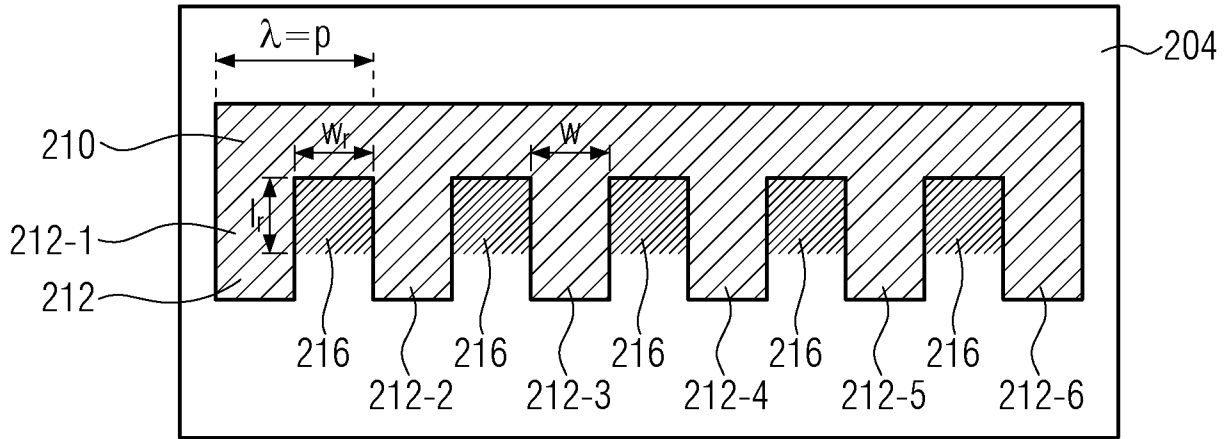


圖 2c

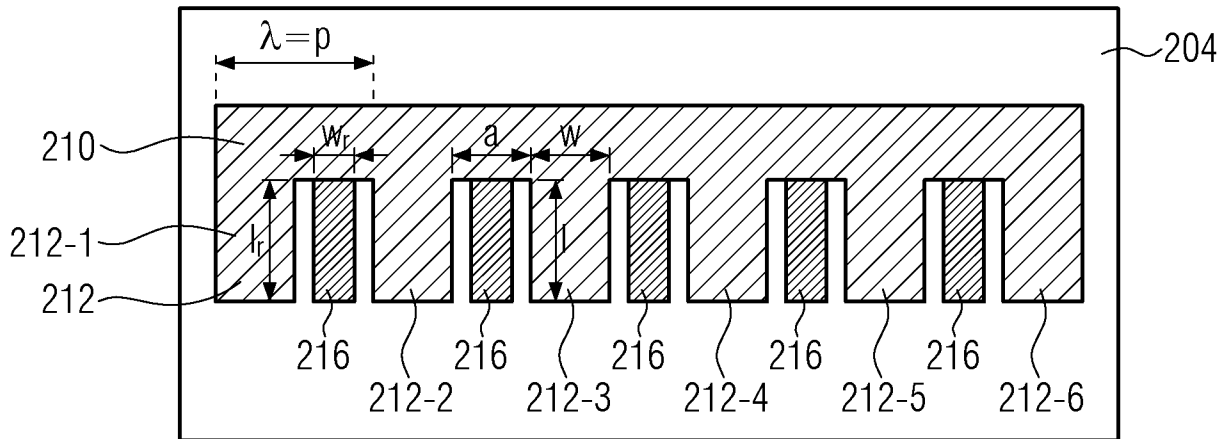


圖 2d

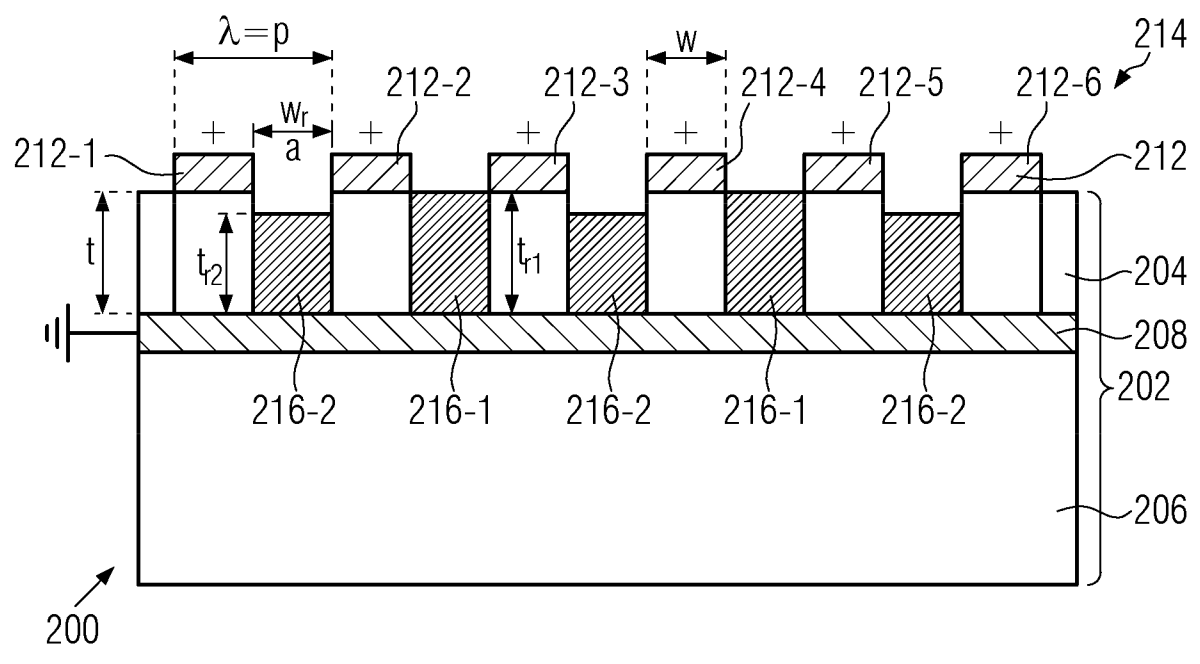


圖 2e

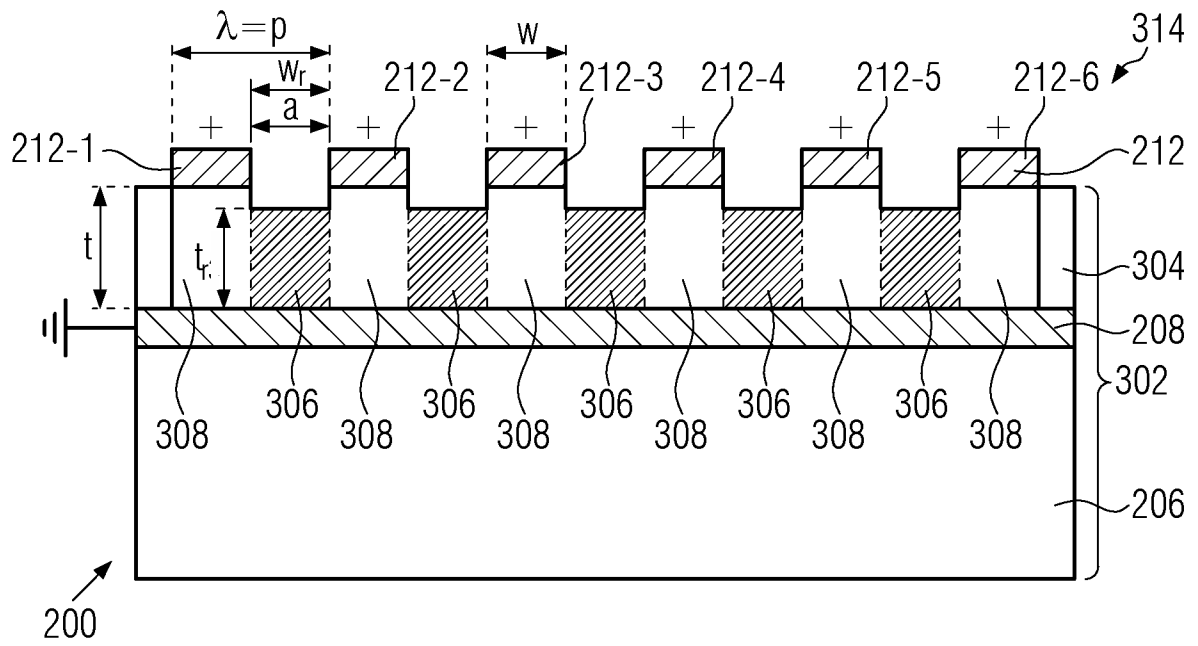


圖 3a

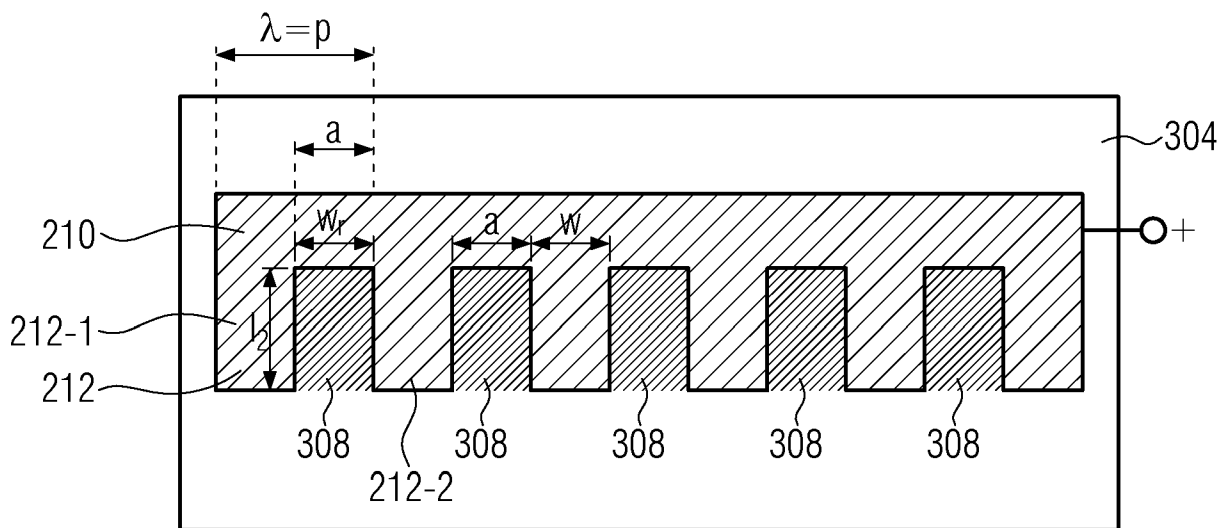


圖 3b



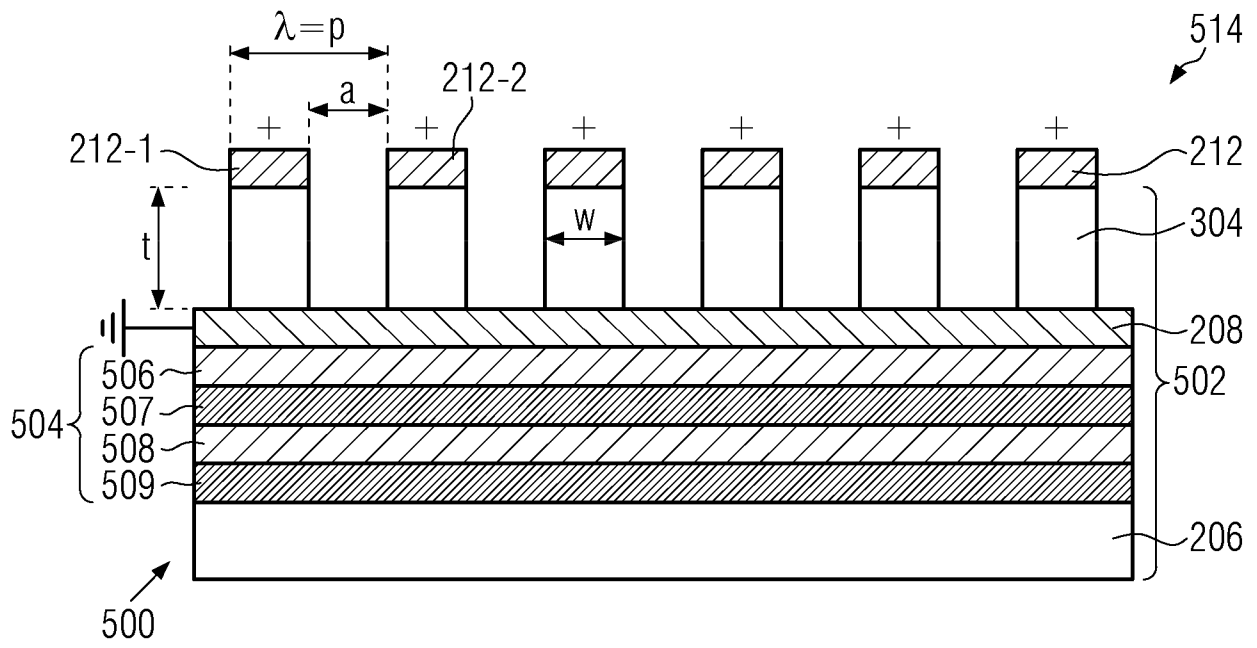


圖 5a

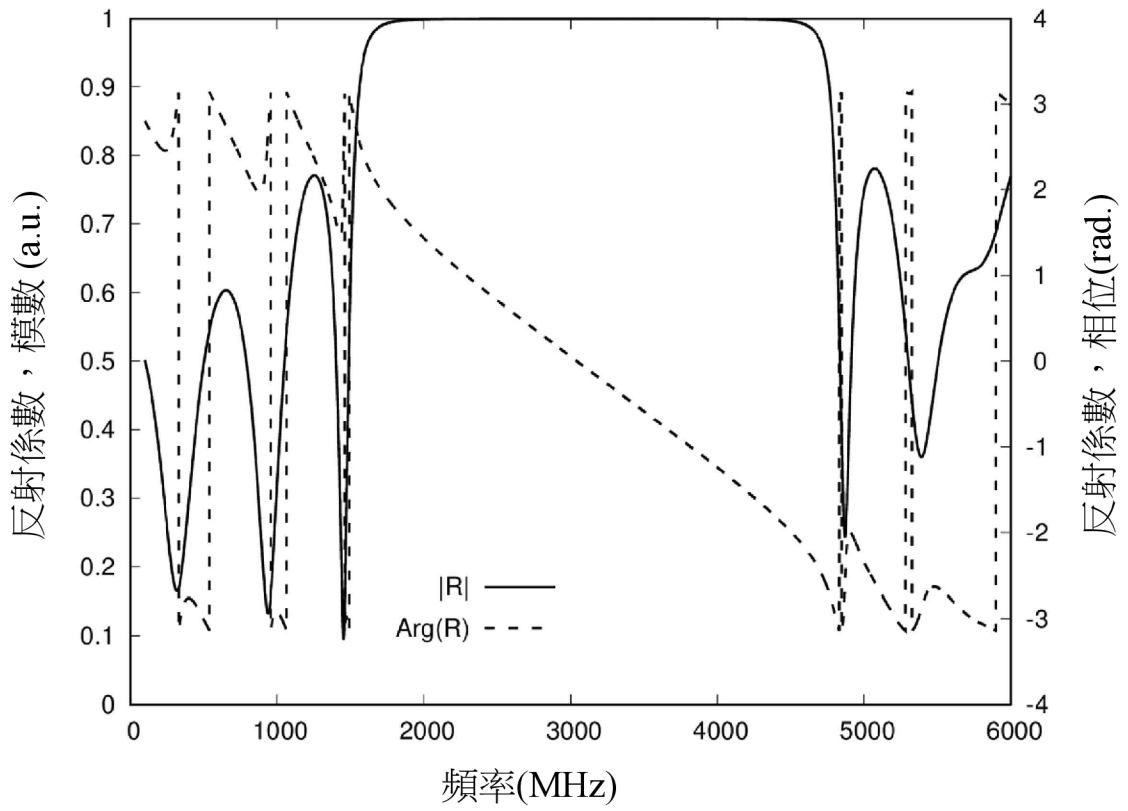


圖 5b

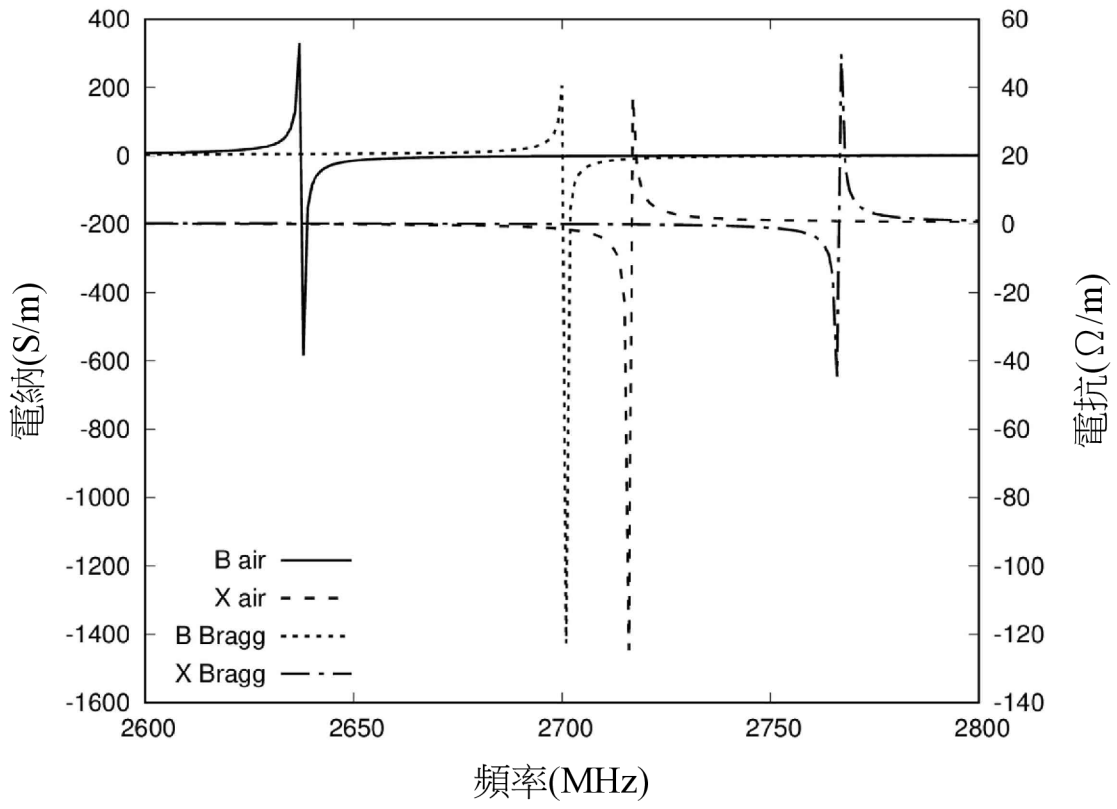


圖 6a

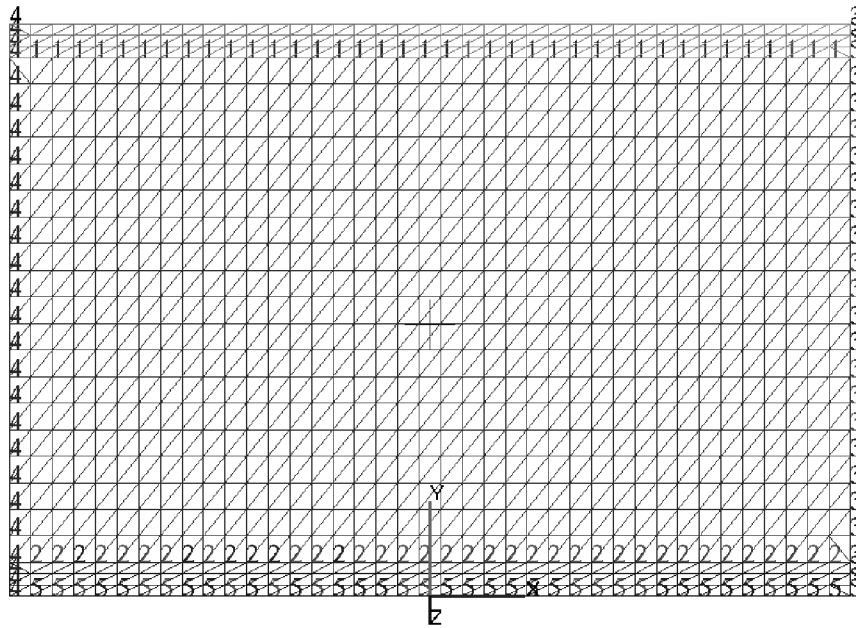
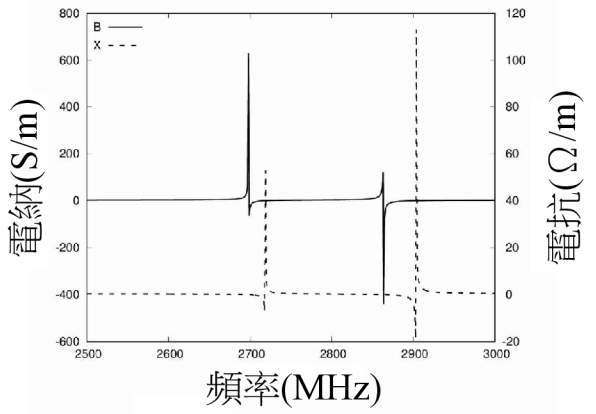
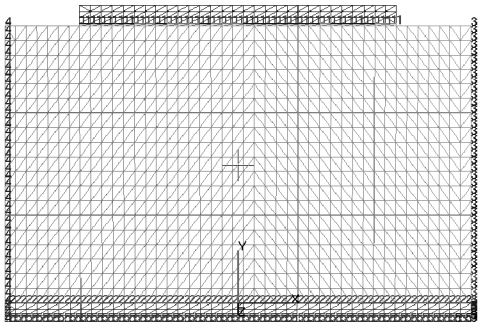
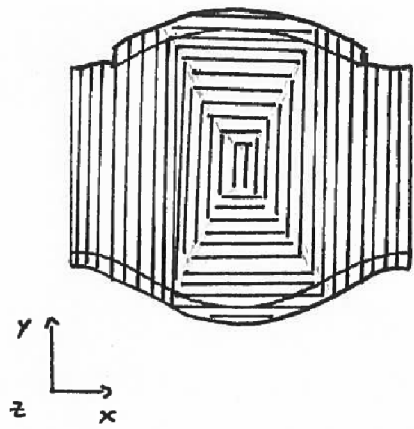


圖 6b

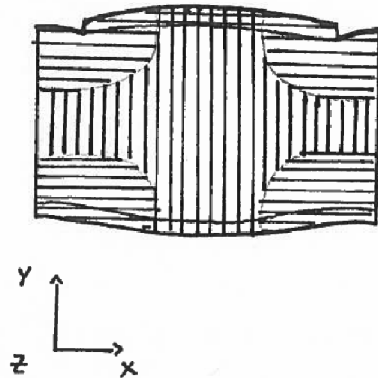


a)

b)



c)



d)

圖 7



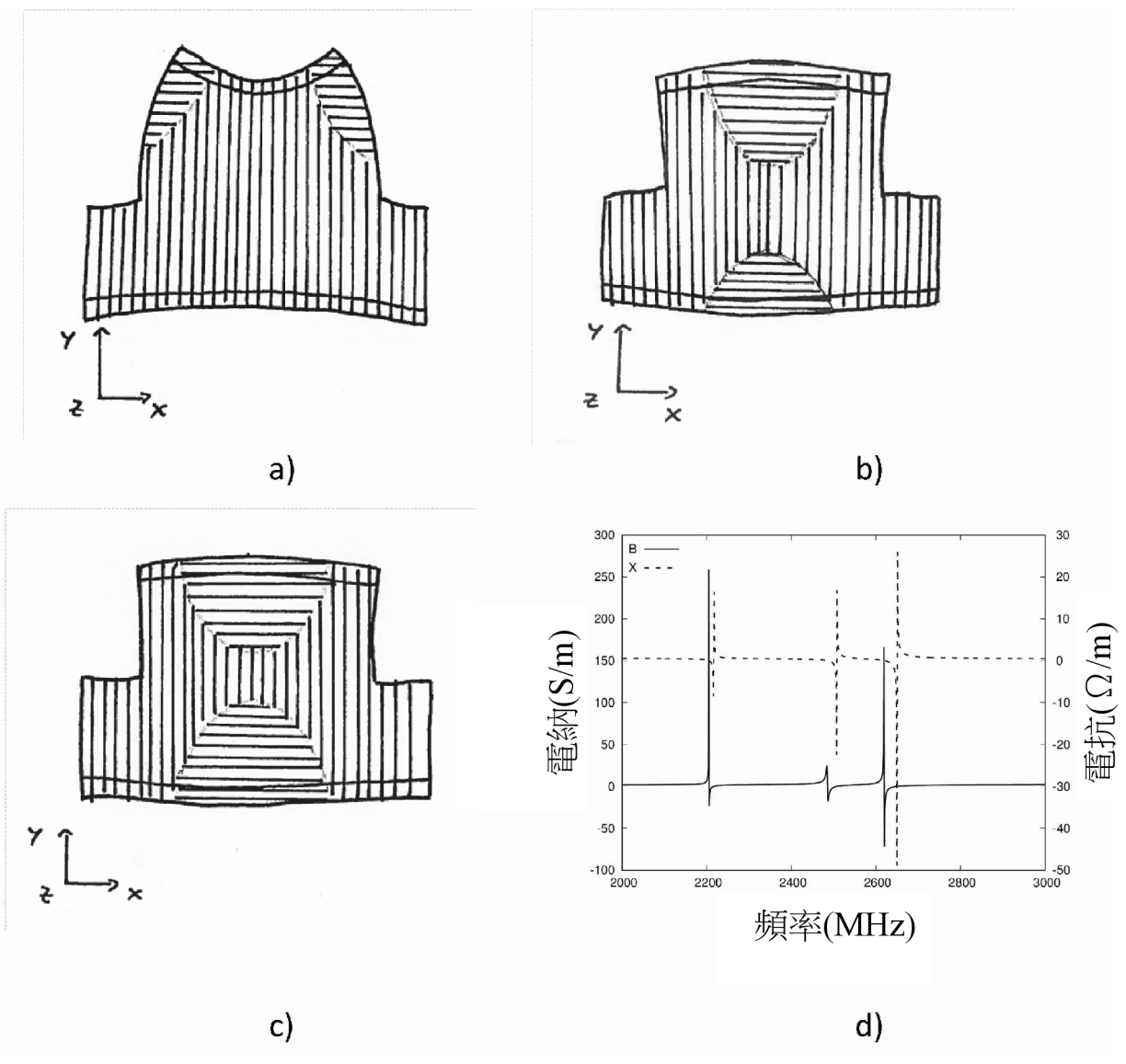


圖 8

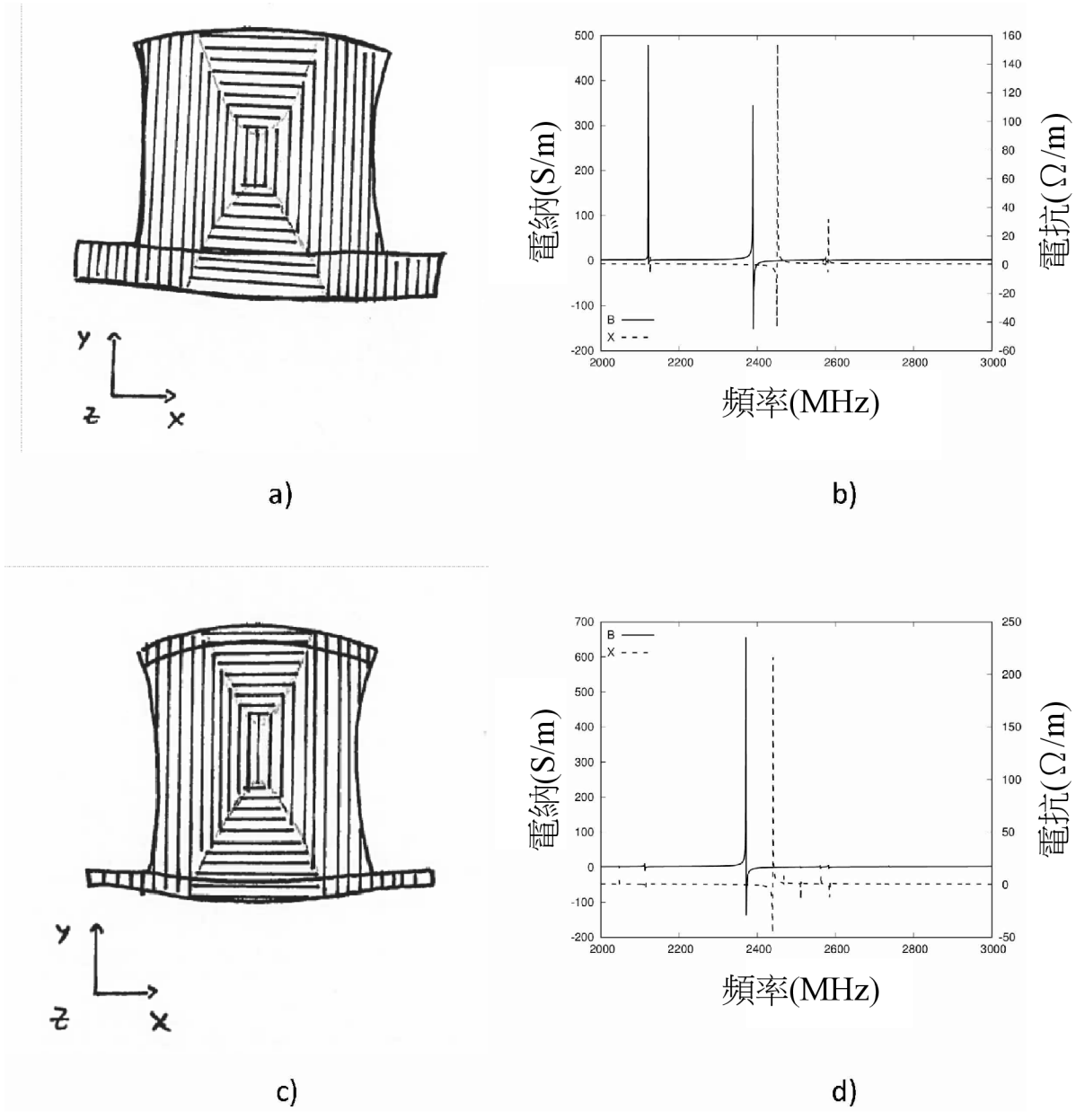


圖 9

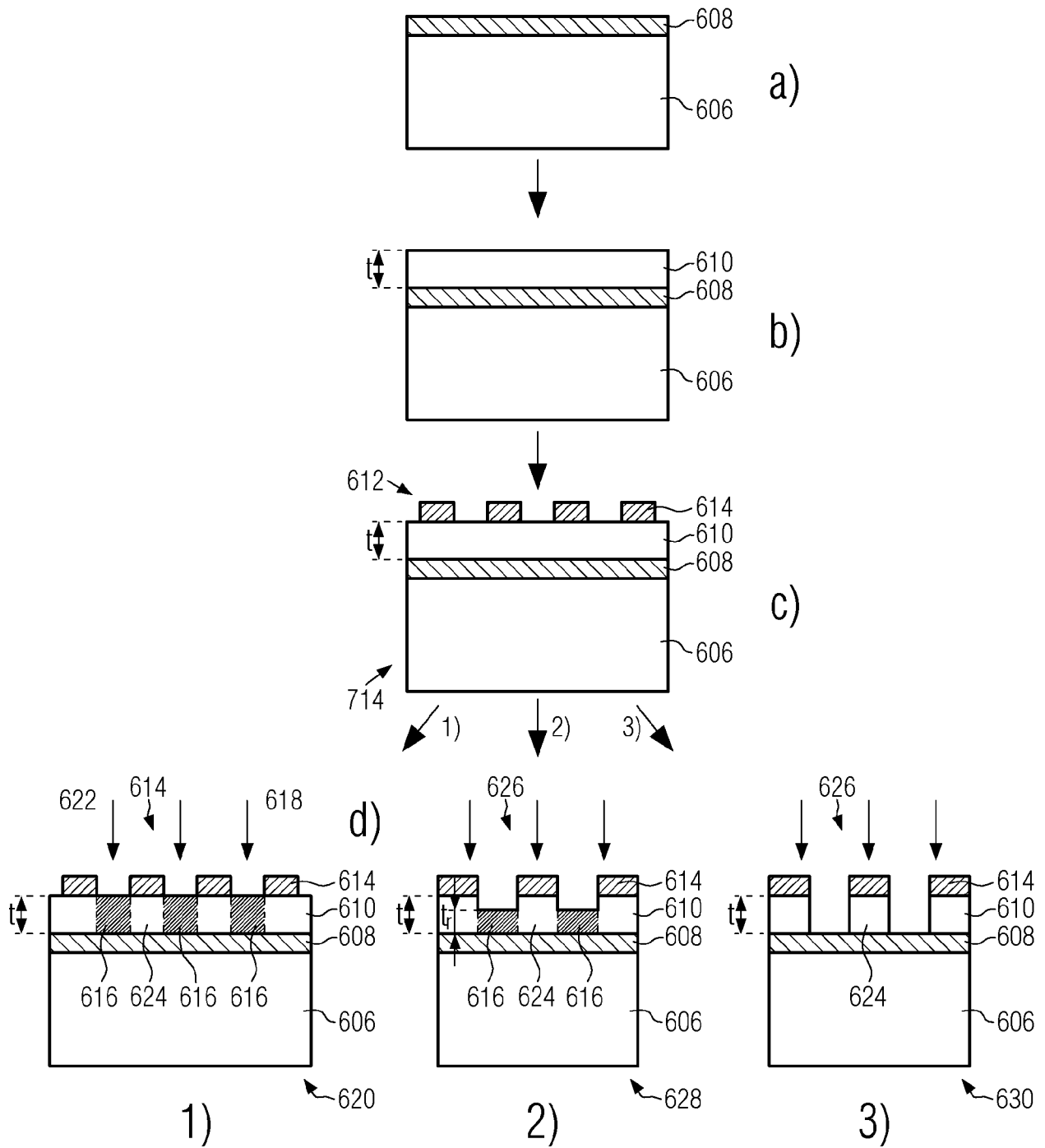


圖 10

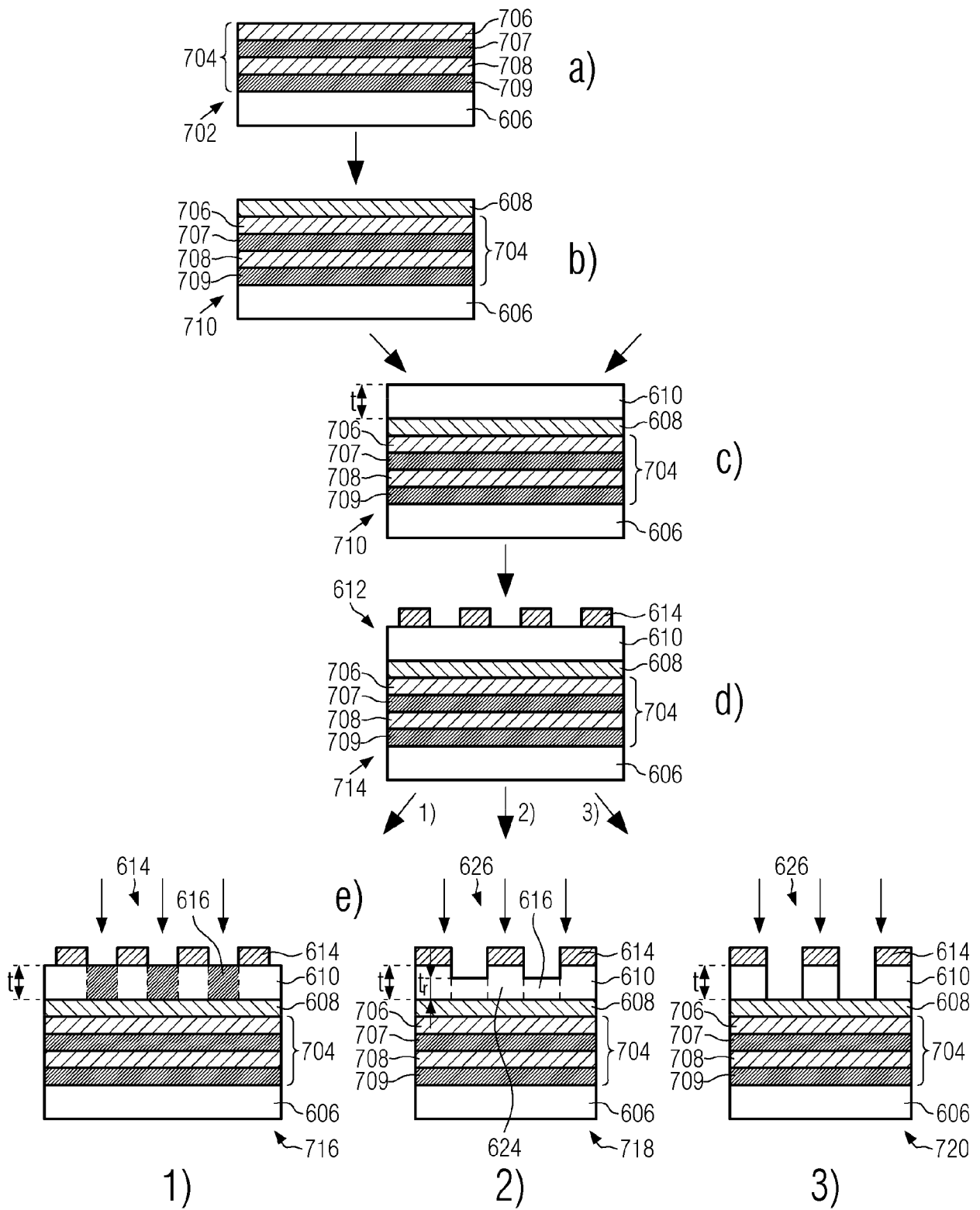


圖 11