



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I703818 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 09 月 01 日

(21)申請案號：106124163

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 07 月 19 日

(51)Int. Cl. : **H03H3/08 (2006.01)****H03H9/25 (2006.01)**

(30)優先權：2016/07/20 日本

2016-142219

2016/10/06 日本

2016-198110

2017/04/28 日本

2017-089665

(71)申請人：日商信越化學工業股份有限公司(日本) SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD. (JP)
日本

(72)發明人：秋山昌次 AKIYAMA, SHOJI (JP)；丹野雅行 TANNO, MASAYUKI (JP)；白井省三 SHIRAI, SHOZO (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

JP 2001-53579A

JP 2015-228637A

US 5446330

US 8866365B2

審查人員：陳明德

申請專利範圍項數：24 項 圖式數：24 共 52 頁

(54)名稱

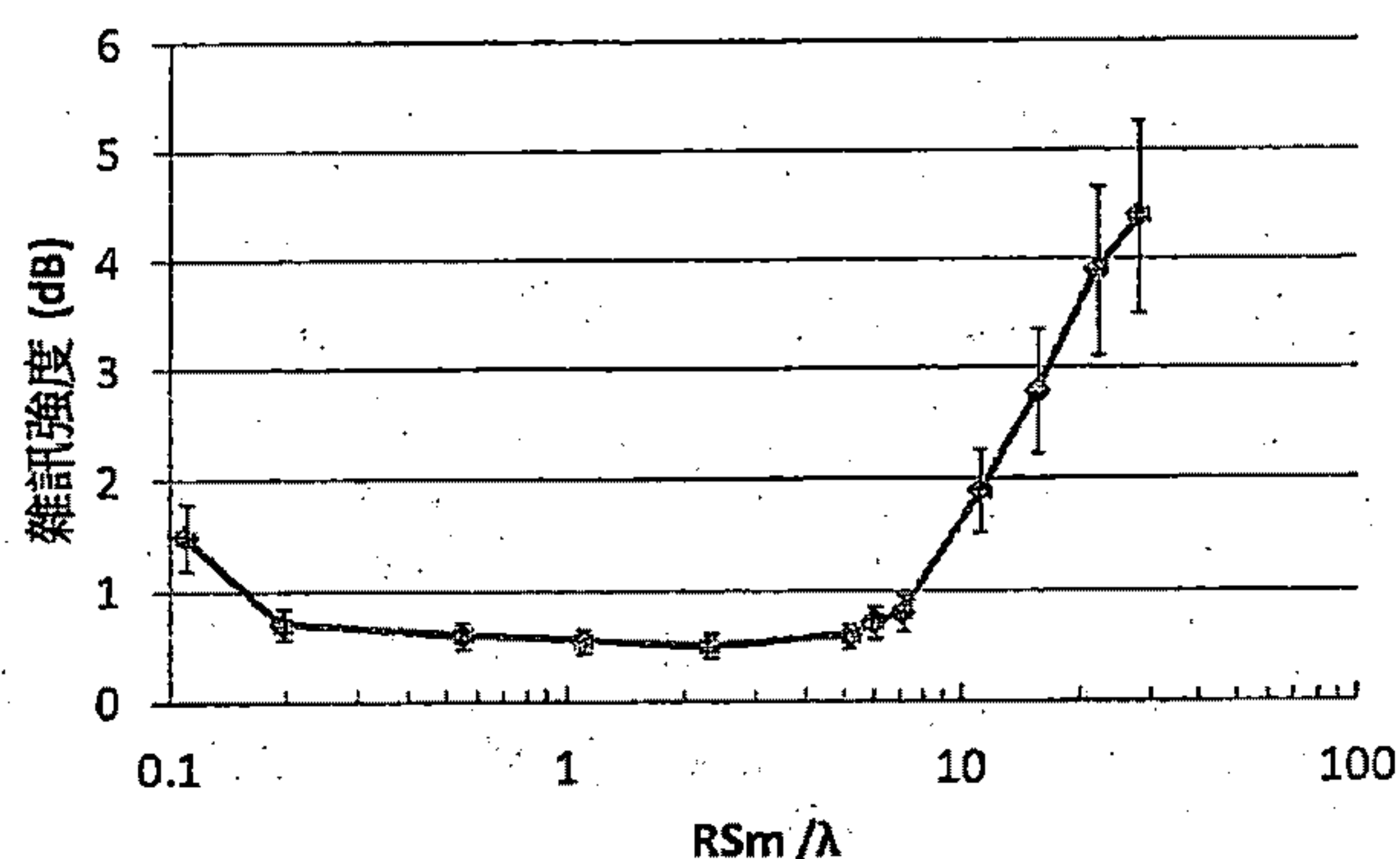
表面聲波裝置用複合基板及其之製造方法與使用此複合基板之表面聲波裝置

(57)摘要

本發明係提供一種可降低由壓電結晶膜與支撐基板之接合界面上之波的反射所造成之雜訊(spurious)，溫度特性良好且為高性能之表面聲波裝置用複合基板。表面聲波裝置用複合基板，其係包含壓電單結晶基板與支撐基板而構成之表面聲波裝置用複合基板，其特徵為：壓電單結晶基板與該支撐基板之接合界面上，至少壓電單結晶基板與支撐基板中任一者具有凹凸構造，此凹凸構造的剖面曲線上之要素的平均長度 RSm 與使用作為表面聲波裝置時之表面聲波的波長 λ 之比，為 0.2 以上 7.0 以下。

指定代表圖：

第 1 圖



I703818

【發明摘要】

【中文發明名稱】

表面聲波裝置用複合基板及其之製造方法與使用此複合基板之表面聲波裝置

【中文】

本發明係提供一種可降低由壓電結晶膜與支撐基板之接合界面上之波的反射所造成之雜訊（spurious），溫度特性良好且為高性能之表面聲波裝置用複合基板。表面聲波裝置用複合基板，其係包含壓電單結晶基板與支撐基板而構成之表面聲波裝置用複合基板，其特徵為：壓電單結晶基板與該支撐基板之接合界面部上，至少壓電單結晶基板與支撐基板中任一者具有凹凸構造，此凹凸構造的剖面曲線上之要素的平均長度 RS_m 與使用作為表面聲波裝置時之表面聲波的波長 λ 之比，為0.2以上7.0以下。

【指定代表圖】第(1)圖。
【代表圖之符號簡單說明】無

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

表面聲波裝置用複合基板及其之製造方法與使用此複合基板之表面聲波裝置

【技術領域】

[0001] 本發明係關於將壓電單結晶膜基板與支撐基板接合之表面聲波裝置用複合基板及其之製造方法與使用此複合基板之表面聲波裝置。

【先前技術】

[0002] 近年來，以智慧型手機為代表之移動體通訊的市場中，通訊量急遽地增大。為了對應於此，必須增加通訊頻道數，以表面聲波裝置為首之各種零件，逐漸必須達到小型化、高性能化。

[0003] 表面聲波（Surface Acoustic Wave：SAW）裝置的材料，係廣泛地使用壓電材料之鉭酸鋰（Lithium Tantalate：LT）或鈮酸鋰（Lithium Niobate：LN）。此等材料，具有較大的電機械耦合係數，可達到裝置的廣波段化，另一方面，其溫度穩定性低，而存在因溫度變化使可對應之頻率移位的問題。此係由鉭酸鋰或鈮酸鋰具有極高的熱膨脹係數者所造成。

[0004] 為了解決此問題，係有人提出將熱膨脹係數小的材料貼合於鉭酸鋰或鈮酸鋰，並將壓電材料側薄化至

數 μm ~數十 μm 之複合基板。此複合基板，係藉由貼合藍寶石或矽等之熱膨脹係數小的材料來抑制壓電材料的熱膨脹，以改善溫度特性者（非專利文獻1）。第21圖顯示作為參考之各種材料的熱膨脹係數。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[0005]

[非專利文獻1] 使用在智慧型手機的RF前端之Saw-Duplexer的溫度補償技術、電波新聞 High Technology 2012年11月8日

[非專利文獻2] “A study on Temperature-Compensated Hybrid Substrates for Surface Acoustic Wave Filters”, 2010 IEEE International Ultrasonic Symposium Proceedings, page 637-640.

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

[0006] 然而，於上述複合基板中，乃存在著於較通過波段高之頻率中，產生被稱為雜訊或紋波之雜波的問題。此雜訊是由壓電結晶膜與支撐基板之接合界面上之波的反射者所造成。

[0007] 第22圖及第23圖為顯示使用由Si基板與厚度 $20\mu\text{m}$ 的LT基板所構成之複合基板而製作之4段梯式濾波器的S11（反射特性）與S12（插入損耗）之圖表。第23圖

中，於較通過波段高之頻率中，觀察到插入損耗之值變小之處，第22圖中，於該頻率中，產生S11的雜訊。在此，將雜訊的山與谷之差定義為強度（amplitude）。

[0008] 為了解決此問題，已提出有數種方法。非專利文獻2中，顯示一種使用1000號的研磨砂輪，將LT的貼合面粗化使得算術平均粗糙度Ra成為300nm，並藉由接著劑與支撐基板接合，藉此降低雜訊強度之方法。

[0009] 然而，本發明者們對非專利文獻2所記載之方法進行探討，結果發現到即使是同等程度的算術平均粗糙度Ra，在構成為複合基板時之雜訊強度亦不同。第24圖為顯示將同等程度的Ra之LT基板與矽基板貼合，並測定雜訊之結果。根據此結果，即使是同等程度的Ra，雜訊強度亦大幅地不同，所以可考量為另有與Ra不同之要素對雜訊強度的降低帶來重要的影響。

[0010] 因此，本發明者們更進一步探討後，發現到於壓電單結晶基板與支撐基板之接合界面部上之凹凸構造的週期與表面聲波的波長之比，為降低複合基板的雜訊用之重要要素，因而完成本發明。

在此，以凹凸構造的剖面曲線上之要素的平均長度RSm來評估凹凸構造的週期。

[0011] 因此，本發明之目的在於提供一種可降低由壓電結晶膜與支撐基板之接合界面上之波的反射所造成之雜訊，溫度特性良好且為高性能之表面聲波裝置用複合基板及其之製造方法與使用此複合基板之表面聲波裝置。

[用以解決課題之手段]

[0012] 亦即，本發明之表面聲波裝置用複合基板，其係包含壓電單結晶基板與支撐基板而構成之表面聲波裝置用複合基板，其特徵為：壓電單結晶基板與支撐基板之接合界面部上，至少壓電單結晶基板與支撐基板中任一者具有凹凸構造，此凹凸構造的剖面曲線上之要素的平均長度 RS_m 與使用作為表面聲波裝置時之表面聲波的波長 λ 之比，為0.2以上7.0以下。

[0013] 本發明之凹凸構造的剖面曲線上之算術平均粗糙度 R_a ，較佳為100nm以上，壓電單結晶基板與支撐基板之接合界面部上，於壓電單結晶基板與支撐基板之間存在有中介層，且較佳係至少含有 SiO_2 、 $SiO_{2\pm 0.5}$ 、a-Si、p-Si、a-SiC、 Al_2O_3 中任一者作為該中介層。

[0014] 本發明之複合基板，較佳係至少含有熱氧化二氧化矽或是在800℃以上的溫度下施以熱處理後之二氧化矽，作為中介層。

[0015] 中介層的厚度，較佳為使用作為表面聲波裝置時之表面聲波的波長 λ 之1.2倍以下。此外，壓電單結晶基板的厚度，較佳為使用作為表面聲波裝置時之表面聲波的波長 λ 之1.0倍以上3.5倍以下。

[0016] 本發明之支撐基板，較佳為矽、玻璃、石英、氧化鋁、藍寶石、碳化矽、氮化矽中任一種，該支撐基板為具有凹凸構造之矽基板時，凹凸構造較佳為金字塔

形狀。

[0017] 本發明之壓電單結晶基板，較佳為鉮酸鋰單結晶基板或鉬酸鋰單結晶基板，且較佳係結晶方位為旋轉 $36^{\circ}\text{Y}\sim 49^{\circ}\text{Y}$ 之旋轉Y切割鉮酸鋰單結晶基板，或是以 $25\text{ppm}\sim 150\text{ppm}$ 的濃度摻雜有Fe之鉮酸鋰單結晶基板。

[0018] 此外，本發明之壓電單結晶基板，涵蓋該厚度方向，Li濃度概略呈一致，此時，Li與Ta或Nb之比率較佳為 $\text{Li}:\text{Ta}=50-\alpha:50+\alpha$ 或是 $\text{Li}:\text{Nb}=50-\alpha:50+\alpha$ ， α 為 $-1.0<\alpha<2.5$ 的範圍。

[0019] 再者，本發明之壓電單結晶基板，涵蓋該厚度方向可具有Li濃度為不同之範圍，此時，較佳為與支撐基板之接合界面部側的Li濃度，較相反側表面的Li濃度大，或是與支撐基板之接合界面部側之Li與Ta或Nb之比率，為 $\text{Li}:\text{Ta}=50-\alpha:50+\alpha$ 或是 $\text{Li}:\text{Nb}=50-\alpha:50+\alpha$ ， α 為 $-1.0<\alpha<2.5$ 的範圍。

[0020] 接著，本發明之表面聲波裝置用複合基板之製造方法，其特徵為至少包含：於壓電單結晶基板及/或支撐基板的表面設置凹凸構造之步驟，以及於該凹凸構造上設置中介層之步驟；且同時包含：將設置在壓電單結晶基板上之中介層與支撐基板接合之步驟，或將設置在支撐基板上之中介層與壓電單結晶基板接合之步驟，或是將設置在壓電單結晶基板上之中介層與設置在支撐基板上之中介層接合之步驟中任一項；此時，較佳係包含將中介層的表面鏡面化之步驟。

[0021] 此外，本發明之表面聲波裝置用複合基板之製造方法，其特徵為至少包含：藉由濕式蝕刻於支撐基板的表面設置凹凸構造之步驟，以及以具有該凹凸構造之基板表面成為接合界面之方式與壓電單結晶基板接合之步驟，此時，於設置凹凸構造之步驟中，較佳係藉由濕式蝕刻，於由單晶矽所構成之支撐基板的表面，設置金字塔形狀的凹凸構造。

[0022] 再者，本發明之製造方法中，該壓電單結晶基板，較佳係涵蓋該厚度方向具有Li濃度為不同之範圍，從至少一者的基板表面至任意深度為止，Li濃度概略呈一致，將此壓電單結晶基板與支撐基板接合，並且以殘留Li濃度成為概略呈一致之部分的至少一部分，或是僅殘留Li濃度成為概略呈一致之部分之方式，去除接合面之相反側的壓電單結晶基板表層。此外，此時Li濃度成為概略呈一致之部分，較佳為準化學計量（pseudo-stoichiometry）組成。

[發明之效果]

[0023] 根據本發明，可提供一種可降低由壓電結晶膜與支撐基板之接合界面上之波的反射所造成之雜訊，溫度特性良好且為高性能之表面聲波裝置用複合基板及其之製造方法與使用此複合基板之表面聲波裝置。

【圖式簡單說明】

[0024]

第1圖為表示實施例1之雜訊強度與 RS_m/λ 的關係之圖表。

第2圖為形成有金字塔形狀的凹凸構造之Si基板之依據AFM所測得的剖面分布。

第3圖為形成有金字塔形狀的凹凸構造之Si基板之SEM觀察圖像。

第4圖為表示實施例2之雜訊強度與 RS_m/λ 之關係之圖表。

第5圖為表示實施例3之雜訊強度與 RS_m/λ 之關係之圖表。

第6圖為表示實施例5之LT基板的厚度與雜訊強度之關係之圖表。

第7圖為表示實施例5之LT基板的厚度與 Q_{max} 之關係之圖表。

第8圖為表示實施例5之LT基板的厚度與TCF的平均值之關係之圖表。

第9圖為表示實施例5之LT基板的厚度與剝離起始溫度之關係之圖表。

第10圖為顯示實施例5中所使用之LT基板的拉曼分布之圖表。

第11圖為實施例5之複合基板的接合界面部附近之剖面SEM圖像。

第12圖為顯示使用實施例5之複合基板所製作之4段梯

式濾波器的S11（反射特性）之圖表。

第13圖為顯示使用實施例5之複合基板所製作之4段梯式濾波器的S12（插入損耗）之圖表。

第14圖為表示實施例5之雜訊強度與 RS_m/λ 的關係之圖表。

第15圖為顯示使用實施例5之複合基板所製作之共振件的輸入阻抗波形之圖表。

第16圖為顯示將壓電單結晶基板1及支撐基板2之兩者的表面粗面化（形成凹凸構造），並於此形成無機材料6作為中介層，同時進行鏡面化而製作複合基板之一樣態之圖。

第17圖為顯示僅將壓電單結晶基板1的表面粗面化（形成凹凸構造），並於此形成無機材料6作為中介層，同時進行鏡面化而製作複合基板之一樣態之圖。

第18圖為顯示僅將壓電單結晶基板1的表面粗面化（形成凹凸構造），並於此形成接著劑5作為中介層而製作複合基板之一樣態之圖。

第19圖為顯示僅將支撐基板2的表面粗面化，並於此形成無機材料6作為中介層，同時進行鏡面化而製作複合基板之一樣態之圖。

第20圖為顯示本發明之複合基板的接合界面部構造的各種樣態之圖。

第21圖為比較各材料的熱膨脹係數之圖表。

第22圖為顯示使用由Si基板與厚度 $20\mu\text{m}$ 的LT基板所

構成之複合基板而製作之4段梯式濾波器的S11（反射特性）之圖表。

第23圖為顯示使用由Si基板與厚度20 μ m的LT基板所構成之複合基板而製作之4段梯式濾波器的S12（插入損耗）之圖表。

第24圖為使用同等程度的Ra之LT基板時之雜訊強度的比較。

【實施方式】

[0025] 以下詳細說明本發明之實施形態，惟本發明並不限定於此等。本發明係關於包含壓電單結晶基板1與支撐基板2而構成之表面聲波裝置用複合基板及其之製造方法與使用此複合基板之表面聲波裝置。此外，本發明之複合基板，較佳為貼合壓電單結晶基板1與支撐基板2之樣態，貼合的方法並無限定。

[0026] 壓電單結晶基板1與支撐基板2之貼合（接合）方法，可使用一般所知的方法，例如可藉由常溫接合法或接著劑來接合。進行常溫接合時之表面活化處理，例如可藉由臭氧水處理、UV臭氧處理、離子束處理、或電漿處理等來進行。

[0027] 在此，壓電單結晶基板1與支撐基板2可直接接合，但由於至少壓電單結晶基板1與支撐基板2中任一者具有凹凸構造，所以實際上較佳於兩者之間設置中介層3。

[0028] 中介層3，可將丙烯酸接著劑、環氧接著劑、聚矽氧接著劑等之接著劑5，或是 SiO_2 、a-Si、p-Si、a-SiC、 Al_2O_3 等之無機材料6，構成為中介層。惟於實際的裝置中，從可靠度的觀點來看，難以使用含有有機成分之接著劑。此外，構成為中介層之無機材料，不需如 $\text{SiO}_{2\pm 0.5}$ 般之嚴格的化學計量組成。

[0029] 於壓電單結晶基板1與支撐基板2之接合界面部4上，壓電單結晶基板1與支撐基板2中任一者或兩者具有凹凸構造之複合基板，例如可經由第16圖至第19圖所示之步驟來製作。第16圖為顯示壓電單結晶基板1與支撐基板2兩者具有凹凸構造之複合基板之製作方法，第17圖及第18圖為顯示壓電單結晶基板1具有凹凸構造之複合基板之製作方法，第19圖為顯示支撐基板2具有凹凸構造之複合基板之製作方法。

[0030] 於製作時，於第16圖至第19圖中任一情形時，均首先準備具有粗面（凹凸構造）之壓電單結晶基板1及/或支撐基板2。此等可藉由接著劑5來接合，但較佳係設置無機材料6的中介層來接合。此時，於壓電單結晶基板1及/或支撐基板2的粗面（凹凸構造）上，使 SiO_2 等堆積。

[0031] 使 SiO_2 等堆積之方法，例如可使用PE-CVD法（Plasma enhanced chemical vapor deposition：電漿強化化學氣相成長法）或以濺鍍為代表之PVD法（Physical vapor deposition：物理氣相成長法）。此外，可將烷氧化

矽烷等之矽烷、六甲基二矽氮烷等之矽氮烷、全氫聚矽氮烷等之聚矽氮烷、聚矽氧油等之聚矽氧低聚物或此等之溶液塗佈於晶圓上，並藉由熱處理使其硬化。

[0032] 於高溫下使 SiO_2 等堆積時，由於在返回室溫時會有翹曲或龜裂之問題，故較佳是在接近於室溫之溫度下形成中介層3。若使步驟溫度成為 70°C 以下，則可將基板的翹曲抑制至可吸附於真空吸附盤之程度。具體而言，較佳係使用室溫CVD法或磁控濺鍍等。

此外，當中介層3含有多量的氫或水等之雜質時，會產生被稱為排氣之揮發成分，使可靠度降低，故須盡可能形成高純度的中介層。

[0033] 如此，於壓電單結晶基板1及/或支撐基板2的粗面（凹凸構造）上，使無機材料6的中介層堆積後，研磨表面以進行鏡面化。然後，例如在經由第16圖所示之製作步驟，將設置在壓電單結晶基板1上之無機材料6的中介層的鏡面與設置在支撐基板2上之無機材料6的中介層的鏡面貼合時，如第20圖（A）所示，可得到壓電單結晶基板1與支撐基板2兩者具有凹凸構造之複合基板。

[0034] 此外，如第17圖所示，當僅於壓電單結晶基板1的表面形成凹凸構造，於此形成無機材料6的中介層，同時進行鏡面化，並與支撐基板2的鏡面貼合時，如第20圖（B）所示，可得到於壓電單結晶基板1與支撐基板2之接合界面部4上，壓電單結晶基板1具有凹凸構造之複合基板。

此時，如第18圖所示，亦可使用接著劑5作為中介層而得到複合基板。再者，如第19圖所示，當僅於支撐基板2的表面形成凹凸構造3，於此形成無機材料6的中介層，同時進行鏡面化，並與壓電單結晶基板1的鏡面貼合時，如第20圖（C）所示，可得到於接合界面部4上，支撐基板2具有凹凸構造之複合基板。

[0035] 當構成為僅有壓電單結晶基板1與支撐基板2中任一者具有凹凸構造之複合基板時，若於熱膨脹係數更接近於中介層3的材料之基板材料上設置凹凸構造，則在將中介層3堆積於基板的凹凸構造上時，容易抑制龜裂或翹曲的產生。

[0036] 中介層3，可為由同一種或不同種材料所形成之多層結構，中介層3中，較佳係含有熱氧化二氧化矽、及/或在800℃以上的溫度下施以熱處理後之二氧化矽。

[0037] 當使用矽基板作為支撐基板2時，可藉由各種方法來形成適合於用作為中介層3之二氧化矽。例如在氧氣環境中，在800~1100℃下對矽基板施以熱處理，藉此可於矽基板表面上形成1nm~1μm左右的熱氧化二氧化矽。

[0038] 此外，藉由CVD法或PVD法使二氧化矽堆積於基板上，並在800℃以上的溫度下施以熱處理，可形成如此之二氧化矽。此外，亦可塗佈有機矽化合物，並在800℃以上的溫度下施以熱處理。

[0039] 即使在壓電單結晶基板1或支撐基板2不具有凹凸構造的情況，亦可於該表面設置中介層，尤其於支撐

基板2上，不論是否有凹凸構造，較佳係設置熱氧化二氧化矽、及/或在800℃以上的溫度下施以熱處理後之二氧化矽，作為中介層。

[0040] 設置在壓電單結晶基板1的表面之中介層3，由於壓電單結晶的載體溫度，或是與中介層3之熱膨脹係數的差，而難以在高溫下進行熱處理。因此，於包含加熱冷卻等操作之後續步驟中，會產生排氣，而有在貼合界面上產生剝離之疑慮。

[0041] 然而，上述二氧化矽為緊密且雜質少，可吸收某程度的量之氣體。因此，即使從設置在壓電單結晶基板1的表面之中介層3產生排氣，若於中介層3中包含熱氧化二氧化矽或在800℃以上的溫度下施以熱處理後之二氧化矽，則可吸收此氣體，因此可抑制剝離的產生。

[0042] 使中介層3堆積於壓電單結晶基板1及/或支撐基板2的凹凸構造上時，為了埋填凹凸構造，較佳係以凹凸構造的最低位置為基準，堆積為較最大高度粗糙度Rz更厚。

[0043] 最大高度粗糙度Rz，為基準長度下之輪廓（粗度）曲線上之山高Rp的最大值與谷深Rv的最大值之和，由JIS B 0601：2001及ISO 4287：1997所規定。可使用原子力顯微鏡（Atomic Force Microscope：AFM）等來測定。

[0044] 此外，中介層3的厚度較小者，Q值較大，溫度特性亦提升，且耐熱性亦優異，故較佳。特佳為使用作

為表面聲波裝置時之表面聲波的波長 λ 之1.0倍以下的厚度。在此之中介層的厚度，於凹凸構造中，是以輪廓（粗度）曲線的平均線為基準。中介層之厚度較大時，由於壓電基板與支撐基板之熱膨脹差，尤其在中介層的外周部附近，可能產生較大的剪切應力而成為剝離的原因。

[0045] 壓電單結晶基板1及/或支撐基板2之至少任一者所具有之凹凸構造，該輪廓（粗度）曲線上之要素的平均長度 RS_m 與使用作為表面聲波裝置時之表面聲波的波長 λ 之比，為0.2以上7.0以下。

[0046] 在此，凹凸構造的輪廓（粗度）曲線上之要素的平均長度 RS_m ，可使用AFM等來測定，由JIS B 0601：2001及ISO 4287：1997所規定之粗度曲線要素的平均長度 RS_m 。

[0047] RS_m ，係以下述數學式（1）所表示，為基準長度下之粗度曲線要素的長度 X_s 之平均。

$$RS_m = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{si} \quad (1)$$

[0048] 此時，必須辨識出判斷為山及谷之最小高度及最小長度。可辨識之最小高度的標準值，設為最大高度粗糙度 R_z 的10%。此外，可辨識之最小長度的標準值，設為基準長度的1%。以同時滿足此兩項條件之方式來決定山及谷，並求取粗度曲線要素的平均長度，可得到 RS_m 。

[0049] 使用作為表面聲波裝置時之表面聲波的波長 λ ，是藉由輸入於複合基板（表面聲波裝置）之電訊號的頻率與表面波（漏波）的速度來決定。表面波的速度，因

材料的不同而不同， LiTaO_3 中，約為 4000m/s 。因此，從使用 LiTaO_3 作為壓電單結晶基板1之複合基板中，製造 2GHz 的表面聲波裝置時，表面聲波的波長 λ 約為 $2\mu\text{m}$ 。

此外，製造 800MHz 的表面聲波裝置時，表面聲波的波長 λ 約為 $5\mu\text{m}$ 。

[0050] 本發明中，凹凸構造的剖面曲線上之要素的平均長度 RSm 與使用作為表面聲波裝置時之表面聲波的波長 λ 之比，以 RSm/λ 表示，此值若為 0.2 以上 7.0 以下，則可有效地降低雜訊。

[0051] 凹凸構造的剖面曲線上之算術平均粗糙度 Ra ，並無特別限定， Ra 過小時，可考量其無法充分得到降低雜訊之效果，所以 Ra 較佳為 100nm 以上。

此外， Ra 過大時，設置中介層3時會耗費時間或成本，且亦難以均一地研磨表面，製造面上較不佳，所以 Ra 較佳為 1000nm 以下。

[0052] 於壓電單結晶基板1及/或支撐基板2的表面形成凹凸構造之方法，並無特別限定。可以成為目的之表面粗糙度之方式，選擇研磨材料或研磨砂輪來施以研磨，或是使用乾式/濕式蝕刻。

[0053] 尤其當將支撐基板2構成為矽單結晶基板，並於此基板上形成凹凸構造時，較佳係進行採用鹼液之濕式蝕刻。將 (100) 方位的矽基板浸漬在 NaOH 或 KOH 等之強鹼液中並以超音波等進行處理，藉此使異向性蝕刻進行，而得到金字塔形狀的凹凸構造。藉由改變溫度或浸漬時

間，可容易地控制金字塔形狀的大小。

[0054] 本發明，只要是雜訊為其課題之表面聲波裝置用複合基板，則不論壓電材料的種類為何皆可適用，惟壓電單結晶基板1較佳為具有較大的電機械耦合係數之鉍酸鋰單結晶基板或鉬酸鋰單結晶基板。

[0055] 尤其當使用鉍酸鋰單結晶基板作為壓電單結晶基板1時，較佳係使用結晶方位為旋轉 36°Y ~ 49°Y 之旋轉Y切割鉍酸鋰單結晶基板。

[0056] 鉍酸鋰單結晶基板或鉬酸鋰單結晶基板，可使用涵蓋該厚度方向，Li濃度概略呈一致者，該Li濃度可構成為概略共熔配比組成或準化學計量組成。概略共熔配比組成的壓電單結晶基板，可從柴氏長晶法（Czochralski Method）等之一般所知的方法相對容易地製作出，從此點來看為佳，惟Li與Ta或Nb之比率為 $\text{Li}:\text{Ta}=50-\alpha:50+\alpha$ 或是 $\text{Li}:\text{Nb}=50-\alpha:50+\alpha$ ，且 α 為 $-1.0<\alpha<2.5$ 的範圍之準化學計量組成的壓電單結晶基板，由於顯示高機械耦合係數與優異的溫度特性，故較佳。

[0057] 將壓電單結晶基板的Li濃度構成為準化學計量組成時，可使用以一般所知的雙重坩堝法所製作之準化學計量組成的壓電單結晶基板，亦可藉由以下的方法來得到。

[0058] 亦即，其係對從柴氏長晶法等之一般所知的方法所得之概略共熔配比組成的壓電單結晶基板，施以使Li從基板表面往內部擴散之氣相處理之方法。具體而

言，例如將鉭酸鋰單結晶基板埋入於以 Li_3TaO_4 為主成分之粉體內，並施以熱處理而進行。

[0059] 藉由此處理，可得到準化學計量組成的壓電單結晶基板，但為了將基板全體構成為準化學計量組成，必須施以相對較長時間的氣相處理，有時亦會產生基板的翹曲或破裂之問題。

[0060] 此時，藉由相對較短時間的氣相處理，而得到涵蓋該厚度方向具有Li濃度為不同之範圍之壓電單結晶基板。然後於此壓電單結晶基板中，若從基板表面至任意的深度為止之Li濃度為準化學計量組成，則將該壓電單結晶基板貼合於支撐基板，並以殘留準化學計量組成的部分之方式，去除剩餘的壓電單結晶基板，如此可得到壓電單結晶基板的Li濃度涵蓋厚度方向概略呈一致之準化學計量組成的複合基板。

[0061] 再者，鉭酸鋰單結晶基板或鉬酸鋰單結晶基板，亦可使用涵蓋該厚度方向具有Li濃度為不同之範圍者。

[0062] 此時，若使壓電單結晶基板之與支撐基板之接合界面部側的Li濃度，較相反側表面的Li濃度大，則聲波動能集中於Li濃度小之區域，可增大由複合基板所構成之共振件的Q值，故較佳。

此外，壓電單結晶基板之與支撐基板之接合界面部側上之Li與Ta或Nb之比率，可構成為 $\text{Li} : \text{Ta} = 50 - \alpha : 50 + \alpha$ 或是 $\text{Li} : \text{Nb} = 50 - \alpha : 50 + \alpha$ ， α 為 $-1.0 < \alpha < 2.5$ 的範圍之準化學

計量組成。

[0063] 涵蓋該厚度方向具有Li濃度為不同之範圍之壓電單結晶基板，與上述相同，可藉由對概略共熔配比組成的壓電單結晶基板施以使Li從基板表面往內部擴散之氣相處理而得到。然後，將此壓電單結晶基板貼合於支撐基板，並以使Li濃度較壓電單結晶基板之與支撐基板之接合界面部側的Li濃度小之面暴露出之方式，去除剩餘的壓電單結晶基板，如此可得到壓電單結晶基板的Li濃度涵蓋厚度方向具有不同之範圍之複合基板。

[0064] 此外，用作為壓電單結晶基板之鉭酸鋰單結晶基板，亦可以25ppm~150ppm的濃度摻雜有Fe。摻雜有Fe之鉭酸鋰單結晶基板，由於Li擴散速度提升約2成，所以可提升伴隨著Li擴散處理之例如藉由上述手法來製作複合基板時之生產性，故較佳。此外，由於可縮短Li擴散處理時間，所以亦可抑制基板的翹曲或破裂之產生。

[0065] 關於鉭酸鋰單結晶基板及鉬酸鋰單結晶基板的Li濃度，可藉由一般所知的方法來測定，例如可藉由拉曼分光法來評估。關於鉭酸鋰單結晶基板，為人所知者，係於拉曼移位峰值的半值寬與Li濃度（ $\text{Li}/(\text{Li}+\text{Ta})$ 之值）之間，具有大致呈線形之關係。因此，若使用表示此關係之式子，則可評估氧化物單結晶基板之任意位置上的組成。

[0066] 拉曼移位峰值的半值寬與Li濃度之關係式，可藉由測定該組成為已知且Li濃度為不同之數個試樣的拉

曼半值寬而得到，惟若拉曼測定條件相同，亦可使用文獻等中之已知的關係式。

[0067] 例如關於鉭酸鋰單結晶，可使用下述數學式（2）（參考2012 IEEE International Ultrasonics Symposium Proceedings, Page(s): 1252-1255）。

$$Li / (Li + Ta) = (53.15 - 0.5 FWHM1) / 100 \quad (2)$$

在此，「FWHM1」為 600cm^{-1} 附近之拉曼移位峰值的半值寬。測定條件的詳細內容請參考文獻。

[0068] 此外，支撐基板2並無特別限定，較佳為熱膨脹係數相對於所接合之壓電材料較小之材料，較佳為矽、玻璃、石英、氧化鋁、藍寶石、碳化矽、氮化矽中任一種。

[0069] 貼合壓電單結晶基板1與支撐基板2之複合基板，可進一步藉由研削、研磨等之任意方法來薄化壓電單結晶。此時，當壓電單結晶基板1的厚度過大時，與支撐基板2之貼合所帶來之熱膨脹的抑制效果小，而有溫度特性的劣化或翹曲的增大之疑慮。因此，複合基板中之壓電單結晶基板1的厚度，較佳為 $100\mu\text{m}$ 以下，尤佳為 $80\mu\text{m}$ 以下。

[0070] 此外，壓電單結晶基板1的厚度小者，係有雜訊強度小，提升溫度特性，耐熱性亦優異之傾向，故較佳。

[0071] 再者，若將壓電單結晶基板1的厚度，形成為使用作為表面聲波裝置時之表面聲波的波長 λ 之1.0倍以上

3.5倍以下，雖與中介層的厚度相依，但可增大Q值，故較佳，更佳為1.5倍以上3.0倍以下。

[0072] 如上述般，當壓電單結晶基板1的厚度為使用作為表面聲波裝置時之表面聲波的波長 λ 之1.0倍以上3.5倍以下時，若中介層的厚度為表面聲波的波長 λ 之1.2倍以下，則具有至約250℃之耐熱性，故較佳，更佳為1.0倍以下。

[0073] 若使用此表面聲波裝置用複合基板來製作表面聲波裝置，則可構成雜訊少且溫度特性良好之表面聲波裝置。

[實施例]

[0074] 以下更具體說明本發明之實施例。

[0075]

<實施例1>

實施例1中，首先準備算術平均粗糙度Ra為同等程度（ $Ra=300nm\pm10\%$ ）且RSm為不同的具有凹凸構造之複數片LT基板。各LT基板的凹凸構造，係使用不同的游離研磨材料進行研磨而形成。

[0076] 接著於LT基板之具有凹凸構造之面上，使用電漿CVD法在35℃下使SiO₂堆積10 μ m左右後，研磨堆積有SiO₂之面以進行鏡面化。

[0077] 然後於SiO₂鏡面及成為支撐基板之Si基板鏡面之兩者，施以電漿表面活化並貼合，然後研磨LT基板以薄

化至 $20\mu\text{m}$ 為止，藉此製作複合基板。

[0078] 此外，於所製作之複合基板的LT基板側表面，藉由濺鍍使厚度 $0.4\mu\text{m}$ 的Al成膜，然後藉由微影技術來形成電極，藉此製作出波長約 $5\mu\text{m}$ 之由並聯共振件2段與串聯共振件4段所構成之4段梯式濾波器。此時，微影技術的曝光，使用g射線的步進曝光機，Al的蝕刻，使用 Cl_2 、 BCl_3 、 N_2 、 CF_4 的混合氣體。

[0079] 最後，使用網路分析器，測定所製作之4段梯式濾波器的S11（反射特性）與S12（插入損耗）。然後，以觀測到之雜訊的山與谷的差作為雜訊強度來進行評估。

[0080] 第1圖為顯示從各複合基板所製作之4段梯式濾波器的評估結果。橫軸為 RSm/λ ， $\lambda=5\mu\text{m}$ 。此外，縱軸為雜訊強度。

[0081] 根據此結果，可得知當 RSm/λ 之值為0.2以上7.0以下時，可有效地降低雜訊。此可考量為當顯示凹凸構造的週期之 RSm 過大時，不易引起由接合界面的凹凸所形成之波的散射，另一方面，當 RSm 過小時，具有該波長之波不易受到凹凸的影響之故。

[0082] 此外，使用同一複合基板來製作波長約 $2\mu\text{m}$ 的4段梯式濾波器並進行評估後，顯示出與波長約 $5\mu\text{m}$ 時為相同之傾向。

[0083] 此外，複合基板中，將 RSm/λ 之值為0.2之晶圓切割為2mm見方，於 200°C 的加熱板與金屬製的冷卻承載台之間來回行進（於加熱板與冷卻承載台上分別保持30

秒)，藉此調查耐熱性試驗。於來回行進第5次時，於周圍觀察到剝離。根據此結果，可得知實施例1之複合基板具有某種程度的耐熱性。

[0084]

<實施例1'>

實施例1'中，首先準備算術平均粗糙度Ra為同等程度（ $Ra=300nm\pm 10\%$ ）且RSm為不同的具有凹凸構造之複數片LT基板。各LT基板的凹凸構造，係使用不同的游離研磨材料進行研磨而形成。

[0085] 接著於LT基板之具有凹凸構造之面上，使用電漿CVD法在 $35^{\circ}C$ 下使 SiO_2 堆積 $10\mu m$ 左右後，研磨堆積有 SiO_2 之面以進行鏡面化。

[0086] 於氧氣環境中，以 $850^{\circ}C$ 對成為支撐基板之Si基板施以熱處理，藉此於Si基板表面形成熱氧化二氧化矽。此時，係準備熱氧化二氧化矽的厚度為 $100nm$ 、 $250nm$ 、 $500nm$ 者。

[0087] 然後於 SiO_2 鏡面及形成於Si基板表面之熱氧化二氧化矽之兩者，施以電漿表面活化並貼合，然後研磨LT基板以薄化至 $20\mu m$ 為止，藉此製作複合基板。

[0088] 使用所製作之複合基板來製作4段梯式濾波器並進行評估後，顯示出與實施例1時為相同之傾向。

[0089] 此外，複合基板中，將 RSm/λ 之值為0.2之晶圓切割為 $2mm$ 見方，於 $200^{\circ}C$ 的加熱板與金屬製的冷卻承載台之間來回行進（於加熱板與冷卻承載台上分別保持30

秒)，藉此調查耐熱性試驗。進行了來回行進100次為止，不論熱氧化二氧化矽的厚度為何，皆未觀察到剝離。對照該結果與實施例1中的耐熱性試驗結果，可得知藉由在成為支撐基板之Si基板的表面上設置熱氧化二氧化矽，可顯著提升複合基板的耐熱性。

[0090]

<實施例2>

實施例2中，首先準備算術平均粗糙度Ra為同等程度（ $Ra=300nm\pm10\%$ ）且RSm為不同的具有凹凸構造之複數片Si基板。各Si基板的凹凸構造，是藉由採用鹼液之濕式蝕刻來形成，並改變溫度與浸漬時間來控制凹凸構造。藉此得到形成有金字塔形狀的凹凸構造之Si基板。形成有金字塔形狀的凹凸構造之Si基板之依據AFM所測得的剖面分布與SEM觀察圖像，分別如第2圖及第3圖所示。

[0091] 接著於Si基板之具有凹凸構造之面上，使用電漿CVD法在 $35^{\circ}C$ 下使 SiO_2 堆積 $10\mu m$ 左右後，研磨堆積有 SiO_2 之面以進行鏡面化。

[0092] 然後於 SiO_2 鏡面及成為壓電單結晶基板之LT基板鏡面之兩者，施以電漿表面活化並貼合，然後研磨LT基板以薄化至 $20\mu m$ 為止，而製作複合基板。

[0093] 此外，於所製作之複合基板的LT基板側表面，藉由濺鍍使厚度 $0.4\mu m$ 的Al成膜，然後藉由微影技術來形成電極，藉此製作出波長約 $5\mu m$ 之由並聯共振件2段與串聯共振件4段所構成之4段梯式濾波器。此時，微影技

術的曝光，使用g射線的步進曝光機，Al的蝕刻，使用 Cl_2 、 BCl_3 、 N_2 、 CF_4 的混合氣體。

[0094] 最後，使用網路分析器，測定所製作之4段梯式濾波器的S11（反射特性）與S12（插入損耗）。然後，以觀測到之雜訊的山與谷的差作為雜訊強度來進行評估。

[0095] 第4圖為顯示從各複合基板所製作之4段梯式濾波器的評估結果。橫軸為 RS_m/λ ， $\lambda=5\mu\text{m}$ 。此外，縱軸為雜訊強度。

[0096] 根據此結果，可得知當 RS_m/λ 之值為0.2以上7.0以下時，可有效地降低雜訊。

[0097] 此外，使用同一複合基板來製作波長約 $2\mu\text{m}$ 的4段梯式濾波器並進行評估後，顯示出與波長約 $5\mu\text{m}$ 時為相同之傾向。

[0098]

<實施例3>

實施例3中，首先準備算術平均粗糙度Ra為同等程度（ $\text{Ra}=300\text{nm}\pm 10\%$ ）且 RS_m 為不同的具有凹凸構造之複數片LT基板與Si基板。與各LT基板之凹凸構造，係使用不同的游離研磨材料進行研磨而形成。此外，各Si基板的凹凸構造，是藉由採用鹼液之濕式蝕刻來形成，並改變溫度與浸漬時間來控制凹凸構造。藉此得到形成有金字塔形狀的凹凸構造之Si基板。

[0099] 接著於LT基板及Si基板之具有凹凸構造之面上，使用電漿CVD法在 35°C 下使 SiO_2 堆積 $10\mu\text{m}$ 左右後，研

磨堆積有 SiO_2 之面以進行鏡面化。

[0100] 然後，於形成於LT基板及Si基板上之 SiO_2 鏡面，施以電漿表面活化並貼合，然後研磨LT基板以薄化至 $20\mu\text{m}$ 為止，藉此製作出複合基板。在此，係貼合 RSm 幾乎為同等程度之LT基板與Si基板。

[0101] 此外，於所製作之複合基板的LT基板側表面，藉由濺鍍使厚度 $0.4\mu\text{m}$ 的Al成膜，然後藉由微影技術來形成電極，藉此製作出波長約 $5\mu\text{m}$ 之由並聯共振件2段與串聯共振件4段所構成之4段梯式濾波器。此時，微影技術的曝光，使用g射線的步進曝光機，Al的蝕刻，使用 Cl_2 、 BCl_3 、 N_2 、 CF_4 的混合氣體。

[0102] 最後，使用網路分析器，測定所製作之4段梯式濾波器的 S_{11} （反射特性）與 S_{12} （插入損耗）。然後，以觀測到之雜訊的山與谷的差作為雜訊強度來進行評估。

[0103] 第5圖為顯示從各複合基板所製作之4段梯式濾波器的評估結果。橫軸為 RSm/λ ， $\lambda=5\mu\text{m}$ 。此外，縱軸為雜訊強度。

[0104] 根據此結果，可得知當 RSm/λ 之值為0.2以上7.0以下時，可有效地降低雜訊。此評估所使用之 RSm ，為兩基板之 RSm 的平均值。

[0105] 此外，使用同一複合基板來製作波長約 $2\mu\text{m}$ 的4段梯式濾波器並進行評估後，顯示出與波長約 $5\mu\text{m}$ 時為相同之傾向。

[0106]

<實施例 4>

實施例 4 中，係針對實施例 1 至 3，將 LT 基板改為 LN 基板來製作複合基板。使用此等複合基板來製作 4 段梯式濾波器並進行評估後，顯示出與實施例 1 至 3 時為相同之傾向。

[0107]

<實施例 5>

實施例 5 中，首先準備算術平均粗糙度 R_a 與 R_{Sm} 為同等程度的具有凹凸構造之複數片 LT 基板（ $R_a=300\text{nm}\pm 10\%$ 、 $R_{Sm}=3\mu\text{m}\pm 10\%$ 、 $R_z=2.0\mu\text{m}\pm 10\%$ ）。在此，LT 基板的凹凸構造，係使用游離研磨材料進行研磨而形成。

[0108] 接著於 LT 基板之具有凹凸構造之面上，使用電漿 CVD 法在 35°C 下使 SiO_2 堆積 $10\mu\text{m}$ 左右後，研磨堆積有 SiO_2 之面以進行鏡面化。

此時，因應不同 LT 基板來改變研磨量，使得 SiO_2 的厚度成為 $1.5\mu\text{m}\sim 9.5\mu\text{m}$ 。

[0109] 於氧氣環境中，以 850°C 對成為支撐基板之 Si 基板施以熱處理，藉此於 Si 基板表面形成 500nm 的熱氧化二氧化矽。

[0110] 然後於 SiO_2 鏡面及形成於 Si 基板表面之熱氧化二氧化矽之兩者，施以電漿表面活化並貼合，然後研磨 LT 基板而製作複合基板。此時，因應不同基板來改變研磨量，使得 LT 基板的厚度成為 $5\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ 。

[0111] 使用所製作之複合基板，來製作將表面聲波

的波長構成為 $5\mu\text{m}$ 之 4 段梯式濾波器及共振件並進行評估。

[0112] 測定所製作之 4 段梯式濾波器的 S_{11} （反射特性）與 S_{12} （插入損耗）。然後，以觀測到之雜訊的山與谷的差作為雜訊強度來進行評估。

[0113] 第 6 圖為顯示從 LT 基板的厚度為 $5\mu\text{m}$ （1.0 波長）~ $25\mu\text{m}$ （5.0 波長）、中介層（ SiO_2 與熱氧化二氧化矽）的厚度為 $2\mu\text{m}$ （0.4 波長）~ $10\mu\text{m}$ （2.0 波長）之各複合基板所製作之 4 段梯式濾波器的評估結果。橫軸為 LT 基板的厚度，縱軸為雜訊強度。

[0114] 根據此結果，不論 LT 基板的厚度或中介層的厚度為何，雜訊強度皆可抑制在較低的 1.0dB 以下。

[0115] 接著藉由下述數學式（3）來求取所製作之共振件的 Q 值（參考 2010 IEEE International Ultrasonics Symposium Proceedings, Page(s): 861-863）。在此， ω 為角頻率， $\tau(f)$ 為群延遲時間， Γ 為以網路分析器所測定之反射係數。

[0116]

$$Q(f) = \omega * \tau(f) * |\Gamma| / (1 - |\Gamma|^2) \quad (3)$$

[0117] 第 7 圖為顯示對從 LT 基板的厚度為 $5\mu\text{m}$ （1.0 波長）~ $25\mu\text{m}$ （5.0 波長）、中介層（ SiO_2 與熱氧化二氧化矽）的厚度為 $2\mu\text{m}$ （0.4 波長）~ $10\mu\text{m}$ （2.0 波長）之各複合基板所製作之共振件，評估其 Q 值之結果。橫軸為 LT 基板的厚度，縱軸為 Q 值的最大值（ Q_{max} ）。

[0118] 根據此結果，可得知中介層的厚度愈小，Q值愈大。此外，將LT基板的厚度構成為未達1.5波長或超過3.0波長時，Q值有降低之傾向。

[0119] 第8圖為顯示對所製作之各共振件，評估20℃~85℃的溫度範圍內之共振頻率與反共振頻率的頻率溫度係數（TCF）之結果。橫軸為LT基板的厚度，縱軸為TCF的平均值。

[0120] 根據此結果，不論LT基板的厚度或中介層的厚度為何，TCF的平均值皆可抑制在較低的15.0ppm/℃以下。此外，LT基板的厚度為3.0波長以下時，中介層的厚度愈小，TCF的平均值有愈小之傾向。

[0121] 第9圖為顯示對LT基板的厚度為5 μm （1.0波長）~25 μm （5.0波長）、中介層（SiO₂與熱氧化二氧化矽）的厚度為2 μm （0.4波長）~10 μm （2.0波長）之各複合基板，於烤爐中進行加熱並調查LT基板開始剝離之溫度之結果。橫軸為LT基板的厚度，縱軸為LT基板的剝離起始溫度。

[0122] 根據此結果，可得知LT基板的厚度愈小，且中介層的厚度愈小，則剝離起始溫度愈高，耐熱性愈優異。

[0123]

<實施例6>

實施例6中，首先將施以單一極化處理後之概略共熔配比組成（Li：Ta=48.5：51.5）的4吋直徑LT單結晶錠切

片，並以厚度成為 $370\mu\text{m}$ 之方式來切割旋轉 42°Y 切割的LT基板。然後，可視需要進行研光步驟，以將切片晶圓的面粗糙度調整成算術平均粗糙度Ra值計為 $0.15\mu\text{m}$ 。此外，切片晶圓的精整厚度形成為 $350\mu\text{m}$ 。

[0124] 接著研磨切片晶圓的表面，精整至Ra值計 $0.01\mu\text{m}$ 的準鏡面。然後將此等基板埋入於以鋪填於小容器之 Li_3TaO_4 為主成分之粉體中。此時，以 Li_3TaO_4 為主成分之粉體，使用：將以莫耳比計為 $\text{Li}_2\text{CO}_3 : \text{Ta}_2\text{O}_5 = 7 : 3$ 的比率所混合之粉末，於 1300°C 燒成12小時而成者。

[0125] 將此小容器安裝於電爐，將爐內構成為 N_2 環境氣體，於 975°C 加熱100小時。然後於降溫過程中，以 800°C 施以12小時的回火處理，接著於降溫過程的 $770^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$ 之間，在LT基板的概略+Z軸方向上施加 4000V/m 的電場。

[0126] 於此處理後，對LT基板的-Z軸方向側的表面進行噴砂，而製作出算術平均粗糙度Ra為同等程度（ $\text{Ra} = 300\text{nm} \pm 10\%$ ）且RSm為不同的具有凹凸構造之複數片LT基板。

[0127] 對如此製作之1片LT基板，使用雷射拉曼分光測定裝置（HORIBA Scientific公司製的LabRam HR系列、Ar離子雷射、光點大小 $1\mu\text{m}$ 、室溫），從表面涵蓋深度方向測定 600cm^{-1} 附近之拉曼移位峰值的半值寬，得到如第10圖所示之拉曼分布。

[0128] 從第10圖的結果中，此LT基板之基板表面與

基板內部的拉曼半值寬不同，在基板的深度方向上，從 $0\mu\text{m}$ ~約 $20\mu\text{m}$ 的位置，拉曼半值寬維持在大致一定的 $5.9\sim 6.0\text{cm}^{-1}$ 。從此結果來看，可得知從LT基板的表面至 $20\mu\text{m}$ 的深度為止，具有概略呈一致的Li濃度。

[0129] 此外，從LT基板的表面至 $20\mu\text{m}$ 的深度為止之拉曼半值寬，約 $5.9\sim 6.0\text{cm}^{-1}$ ，故當使用前述數學式（2）時，該範圍內的組成大致為 $\text{Li}/(\text{Li}+\text{Ta})=0.5015\sim 0.502$ 。此以 $\text{Li}:\text{Ta}=50-\alpha:50+\alpha$ 來表示時， $\alpha=-0.20\sim -0.15$ ，確認為準化學計量組成。

[0130] 接著於LT基板之具有凹凸構造之面上，使用電漿CVD法在 35°C 下使 SiO_2 堆積 $10\mu\text{m}$ 左右後，研磨堆積有 SiO_2 之面以進行鏡面化。

[0131] 然後於 SiO_2 鏡面及成為支撐基板之 $550\mu\text{m}$ 厚的Si基板鏡面之兩者，施以電漿表面活化並貼合，然後研磨LT基板以薄化至 $20\mu\text{m}$ 為止，而製作出複合基板。因此，此LT基板的Li濃度，涵蓋厚度方向概略呈一致，為準化學計量組成。第11圖顯示所製作之複合基板的剖面SEM圖像。

[0132] 此外，於所製作之複合基板的LT基板側表面，藉由濺鍍使厚度 $0.4\mu\text{m}$ 的Al成膜，然後藉由微影技術來形成電極，藉此製作出波長約 $5\mu\text{m}$ 之由並聯共振件2段與串聯共振件4段所構成之4段梯式濾波器。此時，微影技術的曝光，使用g射線的步進曝光機，Al的蝕刻，使用 Cl_2 、 BCl_3 、 N_2 、 CF_4 的混合氣體。

[0133] 最後，使用網路分析器，測定所製作之4段梯式濾波器的 S_{11} （反射特性）與 S_{12} （插入損耗）。然後，以觀測到之雜訊的山與谷的差作為雜訊強度來進行評估。第12圖及第13圖中，顯示 $\lambda=5\mu\text{m}$ ， RS_m/λ 之值為0.2之複合基板的 S_{11} 及 S_{12} 的波形。

[0134] 第14圖為顯示從各複合基板所製作之4段梯式濾波器的評估結果，該橫軸為 RS_m/λ ， $\lambda=5\mu\text{m}$ 。此外，該縱軸為雜訊強度。

[0135] 根據此結果，可得知當 RS_m/λ 之值為0.2以上7.0以下時，可有效地降低雜訊強度。

[0136] 此外，使用同一複合基板來製作波長約 $2\mu\text{m}$ 的4段梯式濾波器並進行評估後，顯示出與波長約 $5\mu\text{m}$ 時為相同之傾向。

[0137] 再者，使用 RS_m/λ 之值為1.25之複合基板，製作波長約 $2.4\mu\text{m}$ 的共振件並進行評估。第15圖為顯示所製作之共振件的輸入阻抗波形。在此，為了進行比較，亦顯示使用概略共熔配比組成的LT基板（ref-LT）與直接貼合概略共熔配比組成的LT基板及Si基板之複合基板（LTS/Si）所製作之共振件的輸入阻抗波形。LT基板的結晶方位皆為同一。

[0138] 使用下述數學式（4）及（5），從此輸入阻抗波形的共振頻率及反共振頻率，算出共振負荷 Q_{so} 、反共振負荷 Q_{po} 、電機械耦合係數 K^2 ，該算出之值如第1表所示。

[0139]

[數 4]

$$Z(\omega) = \frac{X_p \left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_s} \right)^2 + j \left(\frac{\omega}{\omega_s} \right) \frac{1}{Q_{so}} \right]}{j \left(\frac{\omega}{\omega_p} \right) \left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_p} \right)^2 + j \left(\frac{\omega}{\omega_p} \right) \frac{1}{Q_{po}} \right]} \quad (4)$$

在此

$$r = \frac{C_0}{C_1} \quad \omega_s = \frac{1}{\sqrt{L_1 \cdot C_1}} \quad \left(\frac{\omega_p}{\omega_s} \right)^2 = 1 + \frac{1}{r}$$

$$X_p = \frac{1}{\omega_p \cdot C_0} \quad \frac{1}{Q_s} = \omega_s \cdot R_1 \cdot C_1 \quad \frac{1}{Q_{so}} = \frac{\omega_s \cdot R_0 \cdot C_0}{r}$$

$$\frac{1}{Q_{so}} = \frac{1}{Q_s} \left(1 + \frac{R_s}{R_1} \right) \quad \frac{1}{Q_{po}} = \left(\frac{\omega_p}{\omega_s} \right) \left(\frac{1}{Q_s} + \frac{1}{Q_{so}} \right)$$

[0140]

$$K^2 = (\pi f r / 2 f a) / \tan (\pi f r / 2 f a) \quad (5)$$

fr : 共振頻率

fa : 反共振頻率

[0141]

【表 1】

	Q _{so}	Q _{po}	K ² [%]
實施例5 化學計量組成 LT/Si 複合基板	600	570	8.4
共熔配比組成 LT/Si 複合基板	500	550	7.4
共熔配比組成 LT 基板	600	420	7.4

[0142] 此外，對所製作之共振件，測定15℃~85℃的溫度範圍內之頻率溫度係數（TCF）後，該結果如第2表所示。

[0143]

【表 2】

	共振 TCF [ppm/°C]	反共振 TCF [ppm/°C]	平均 TCF [ppm/°C]
實施例5 化學計量組成 LT/Si 複合基板	7	-11	-2
共熔配比組成 LT/Si 複合基板	-1	-17	-9
共熔配比組成 LT 基板	-35	-41	-38

[0144] 從該結果中，若使構成複合基板之LT基板的Li濃度概略呈一致，並將該Li濃度構成為準化學計量組成，則可得到顯示高機械耦合係數與優異的溫度特性之複合基板。

[0145]

<實施例 7>

實施例 7 中，於實施例 6 所使用之施以使 Li 擴散之氣相處理後之 LT 基板中，準備 $Ra=300\text{nm}\pm 10\%$ 、 $RSm=3\mu\text{m}\pm 10\%$ 的具有凹凸構造之複數片 LT 基板。

[0146] 接著於 LT 基板之具有凹凸構造之面上，使用電漿 CVD 法在 35°C 下使 SiO_2 堆積 $10\mu\text{m}$ 左右後，研磨堆積有 SiO_2 之面以進行鏡面化。

此時，因應不同 LT 基板來改變研磨量，使得 SiO_2 的厚度成為 $1.5\mu\text{m}\sim 9.5\mu\text{m}$ 。

[0147] 於氧氣環境中，以 850°C 對成為支撐基板之 Si 基板施以熱處理，藉此於 Si 基板表面形成 500nm 的熱氧化二氧化矽。

[0148] 然後於 SiO_2 鏡面及形成於 Si 基板表面之熱氧化二氧化矽之兩者，施以電漿表面活化並貼合，然後研磨 LT 基板而製作複合基板。

此時，因應不同基板來改變研磨量，使得 LT 基板的厚度成為 $5\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ 。

[0149] 使用所製作之複合基板，來製作將表面聲波的波長構成為 $5\mu\text{m}$ 之 4 段梯式濾波器及共振件，並進行與實施例 5 相同之評估後，顯示出與實施例 5 時為相同之傾向。

【符號說明】

[0150]

- 1：壓電單結晶基板
- 2：支撐基板
- 3：中介層
- 4：壓電單結晶基板與支撐基板之接合界面部
- 5：接著劑
- 6：無機材料

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種表面聲波裝置用複合基板，其係包含壓電單結晶基板與支撐基板而構成之表面聲波裝置用複合基板，其特徵為：

該壓電單結晶基板與該支撐基板之接合界面部上，至少壓電單結晶基板與支撐基板中任一者具有凹凸構造，此凹凸構造的剖面曲線上之要素的平均長度 RS_m 與使用作為表面聲波裝置時之表面聲波的波長 λ 之比，為0.2以上7.0以下。

【第2項】

如請求項1之表面聲波裝置用複合基板，其中前述凹凸構造的剖面曲線上之算術平均粗糙度 Ra ，為100nm以上。

【第3項】

如請求項1或2之表面聲波裝置用複合基板，其中壓電單結晶基板與支撐基板之接合界面部上，於壓電單結晶基板與支撐基板之間存在有中介層。

【第4項】

如請求項3之表面聲波裝置用複合基板，其中至少含有 SiO_2 、 $SiO_{2\pm 0.5}$ 、 $a-Si$ 、 $p-Si$ 、 $a-SiC$ 、 Al_2O_3 中任一者作為前述中介層。

【第5項】

如請求項3之表面聲波裝置用複合基板，其中至少含

有熱氧化二氧化矽或是在 800°C 以上的溫度下施以熱處理後之二氧化矽，作為前述中介層。

【第6項】

如請求項3之表面聲波裝置用複合基板，其中前述中介層的厚度，為使用作為前述表面聲波裝置時之表面聲波的波長 λ 之1.2倍以下。

【第7項】

如請求項1或2之表面聲波裝置用複合基板，其中前述壓電單結晶基板的厚度，為使用作為前述表面聲波裝置時之表面聲波的波長 λ 之1.0倍以上3.5倍以下。

【第8項】

如請求項1或2之表面聲波裝置用複合基板，其中前述支撐基板，為矽、玻璃、石英、氧化鋁、藍寶石、碳化矽、氮化矽中任一種。

【第9項】

如請求項1或2之表面聲波裝置用複合基板，其中前述支撐基板，為具有凹凸構造之矽基板，該凹凸構造為金字塔形狀。

【第10項】

如請求項1或2之表面聲波裝置用複合基板，其中前述壓電單結晶基板，為鉭酸鋰單結晶基板或鋰酸鋰單結晶基板。

【第11項】

如請求項10之表面聲波裝置用複合基板，其中前述壓

電單結晶基板，係結晶方位為旋轉 36°Y ~ 49°Y 之旋轉Y切割鉮酸鋰單結晶基板。

【第12項】

如請求項10之表面聲波裝置用複合基板，其中前述壓電單結晶基板，為以 25ppm ~ 150ppm 的濃度摻雜有Fe之鉮酸鋰單結晶基板。

【第13項】

如請求項10之表面聲波裝置用複合基板，其中前述壓電單結晶基板，涵蓋該厚度方向，Li濃度概略呈一致。

【第14項】

如請求項13之表面聲波裝置用複合基板，其中前述壓電單結晶基板，Li與Ta或Nb之比率為 $\text{Li}:\text{Ta}=50-\alpha:50+\alpha$ 或是 $\text{Li}:\text{Nb}=50-\alpha:50+\alpha$ ， α 為 $-1.0<\alpha<2.5$ 的範圍。

【第15項】

如請求項10之表面聲波裝置用複合基板，其中前述壓電單結晶基板，涵蓋該厚度方向具有Li濃度為不同之範圍。

【第16項】

如請求項15之表面聲波裝置用複合基板，其中前述壓電單結晶基板，與前述支撐基板之接合界面部側的Li濃度，較相反側表面的Li濃度大。

【第17項】

如請求項15之表面聲波裝置用複合基板，其中前述壓電單結晶基板，與前述支撐基板之接合界面部側之Li與Ta

或 Nb 之比率，為 $\text{Li} : \text{Ta} = 50 - \alpha : 50 + \alpha$ 或是 $\text{Li} : \text{Nb} = 50 - \alpha : 50 + \alpha$ ， α 為 $-1.0 < \alpha < 2.5$ 的範圍。

【第 18 項】

一種表面聲波裝置，其特徵為：

使用如請求項 1 至 17 中任一項之表面聲波裝置用複合基板而構成。

【第 19 項】

一種表面聲波裝置用複合基板之製造方法，其特徵為至少包含：於壓電單結晶基板及/或支撐基板的表面設置凹凸構造之步驟，以及於該凹凸構造上設置中介層之步驟；且同時包含：將設置在壓電單結晶基板上之中介層與支撐基板接合之步驟，或將設置在支撐基板上之中介層與壓電單結晶基板接合之步驟，或是將設置在壓電單結晶基板上之中介層與設置在支撐基板上之中介層接合之步驟中任一者；

其中該凹凸構造的剖面曲線上之要素的平均長度 RS_m 與使用作為表面聲波裝置時之表面聲波的波長 λ 之比，為 0.2 以上 7.0 以下。

【第 20 項】

如請求項 19 之表面聲波裝置用複合基板之製造方法，其中包含將前述中介層的表面鏡面化之步驟。

【第 21 項】

一種表面聲波裝置用複合基板之製造方法，其特徵為至少包含：藉由濕式蝕刻於支撐基板的表面設置凹凸

構造之步驟，以及以具有該凹凸構造之基板表面成為接合界面之方式與壓電單結晶基板接合之步驟；

其中凹凸構造的剖面曲線上之要素的平均長度 RS_m 與使用作為表面聲波裝置時之表面聲波的波長 λ 之比，為 0.2 以上 7.0 以下。

【第22項】

如請求項 21 之表面聲波裝置用複合基板之製造方法，其中前述設置凹凸構造之步驟，為藉由濕式蝕刻，於由單晶矽所構成之支撐基板的表面，設置金字塔形狀的凹凸構造之步驟。

【第23項】

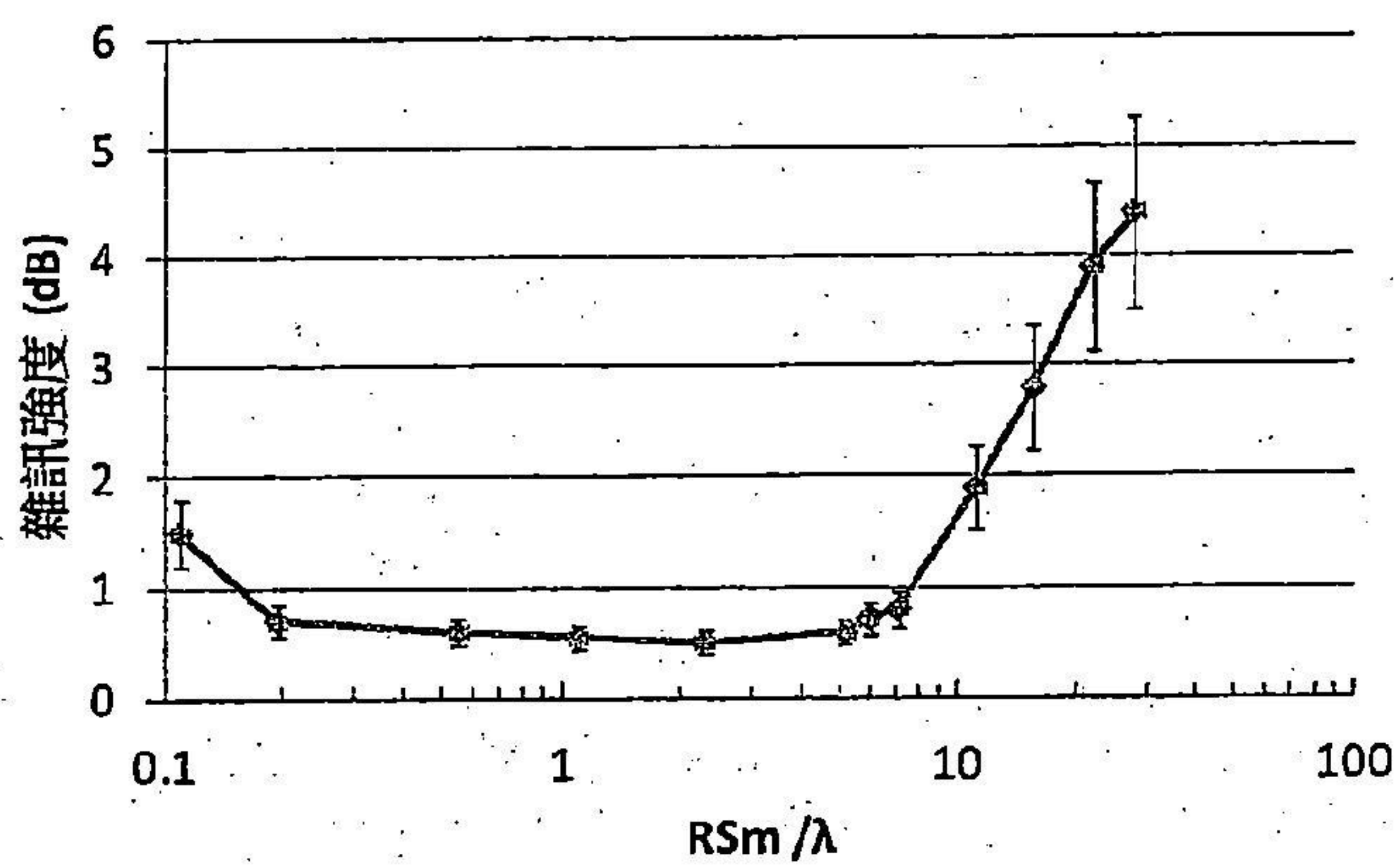
如請求項 19 至 22 中任一項之表面聲波裝置用複合基板之製造方法，其中前述壓電單結晶基板，涵蓋該厚度方向具有 Li 濃度為不同之範圍，從至少一者的基板表面至任意深度為止，Li 濃度概略呈一致，將該壓電單結晶基板與支撐基板接合，並且以殘留 Li 濃度成為概略呈一致之部分的至少一部分，或是僅殘留 Li 濃度成為概略呈一致之部分之方式，去除接合面之相反側的壓電單結晶基板表層。

【第24項】

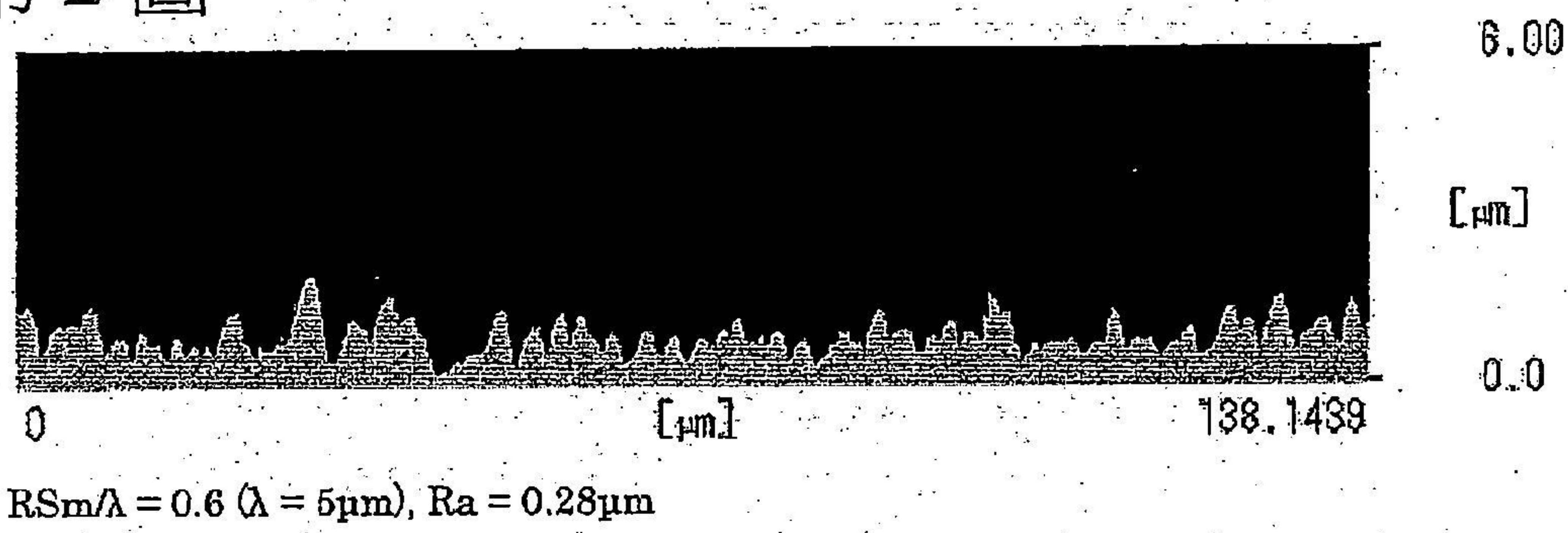
如請求項 23 之表面聲波裝置用複合基板之製造方法，其中前述 Li 濃度成為概略呈一致之部分，為準化學計量（pseudo-stoichiometry）組成。

【發明圖式】

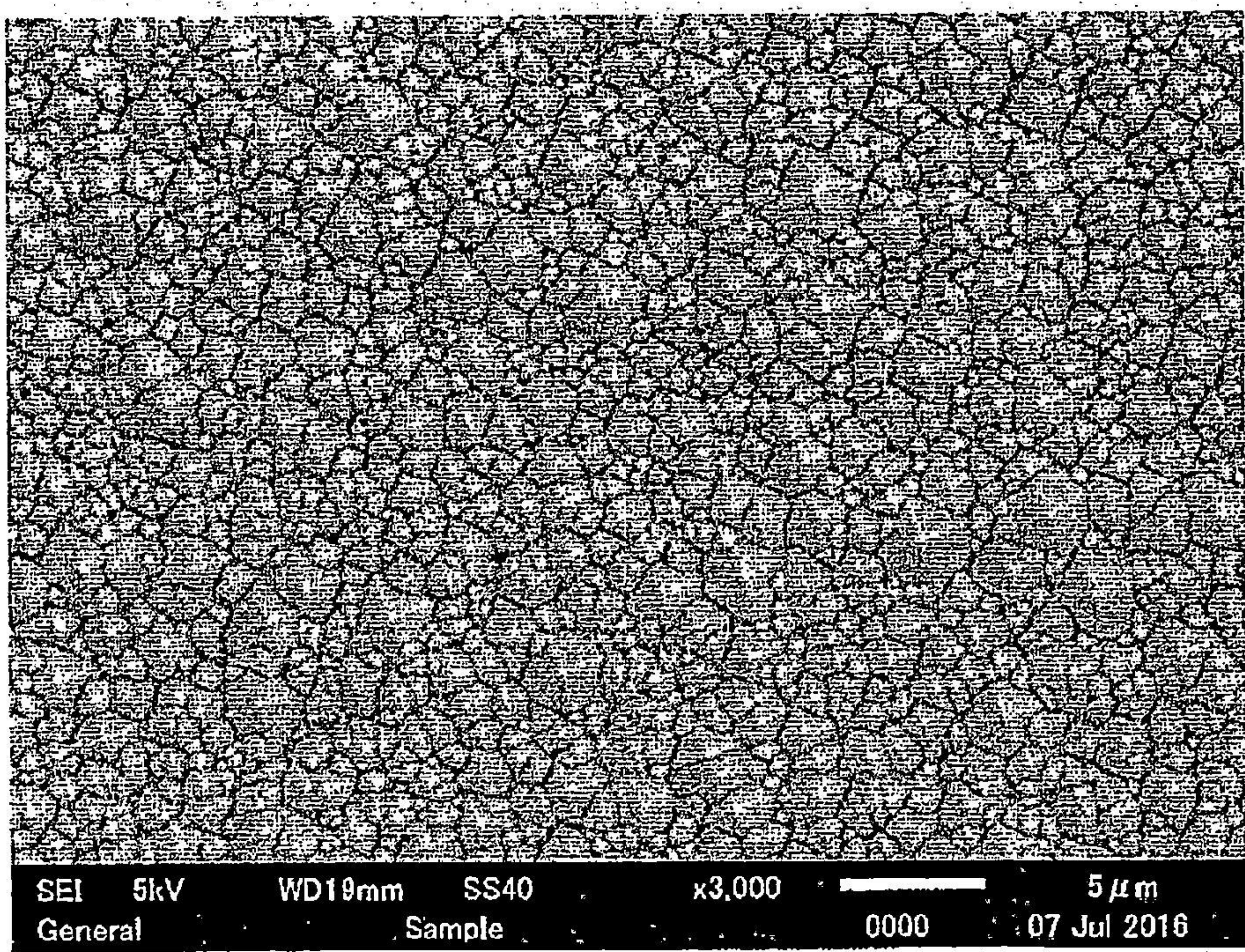
第 1 圖



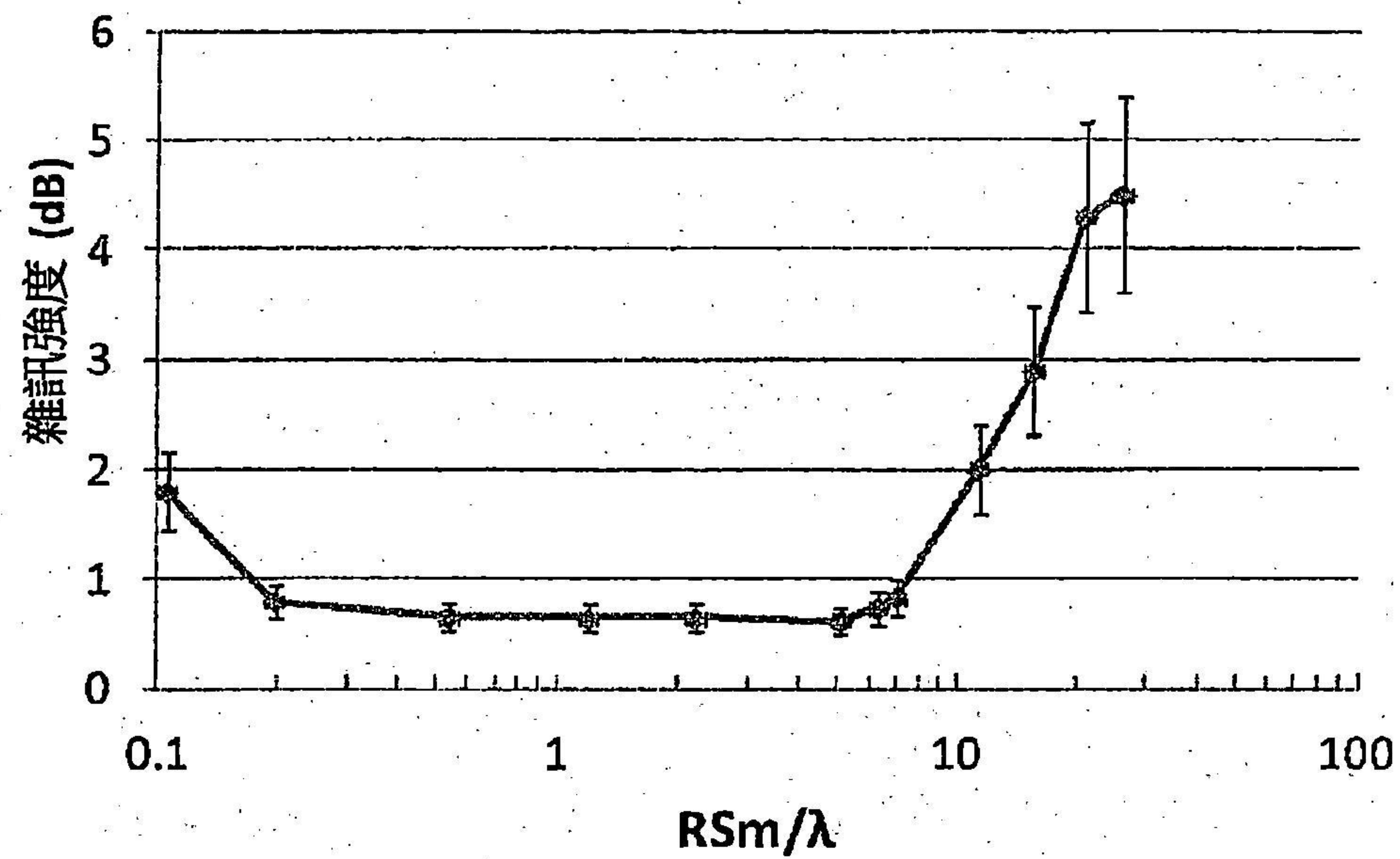
第 2 圖



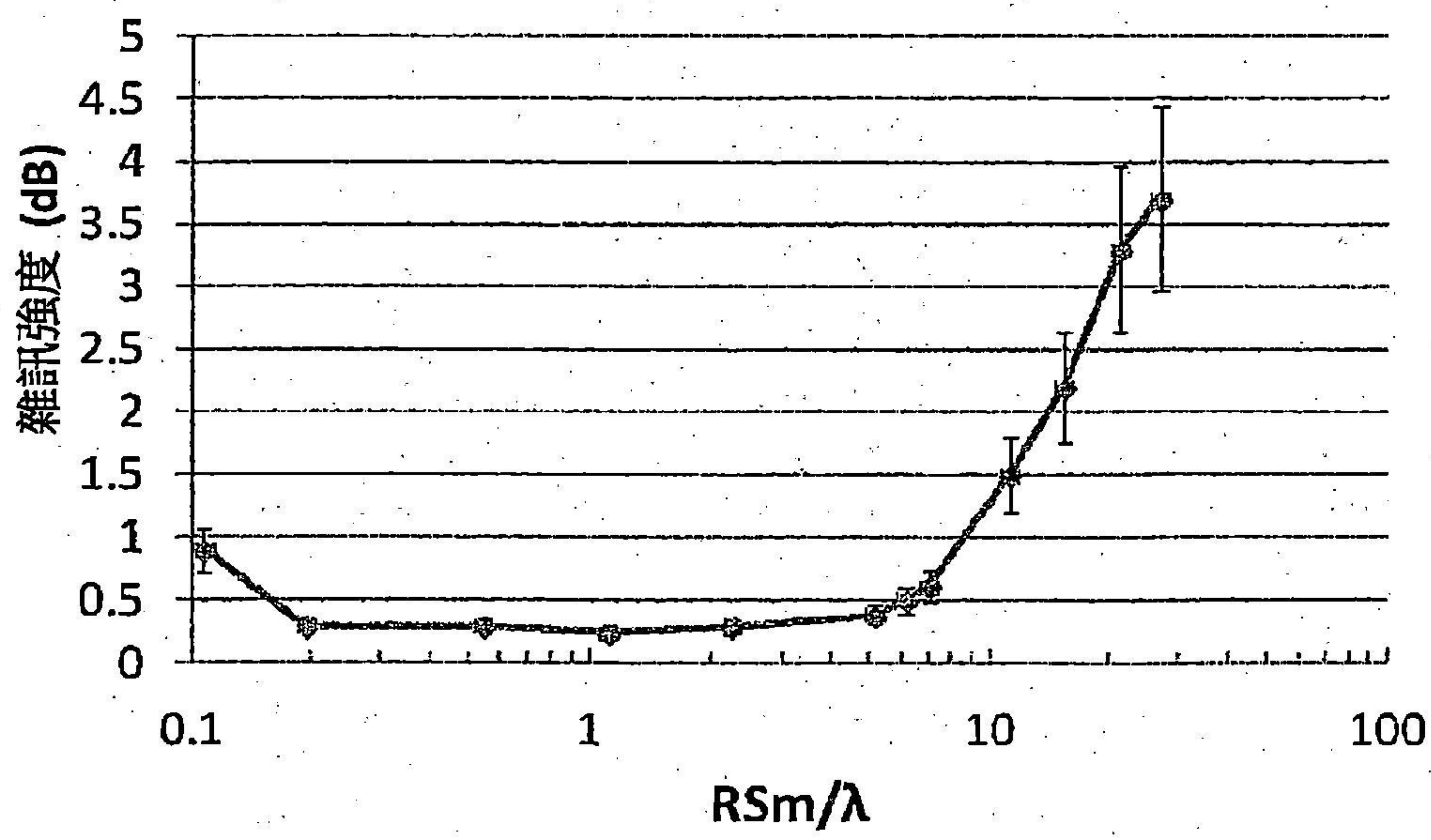
第 3 圖



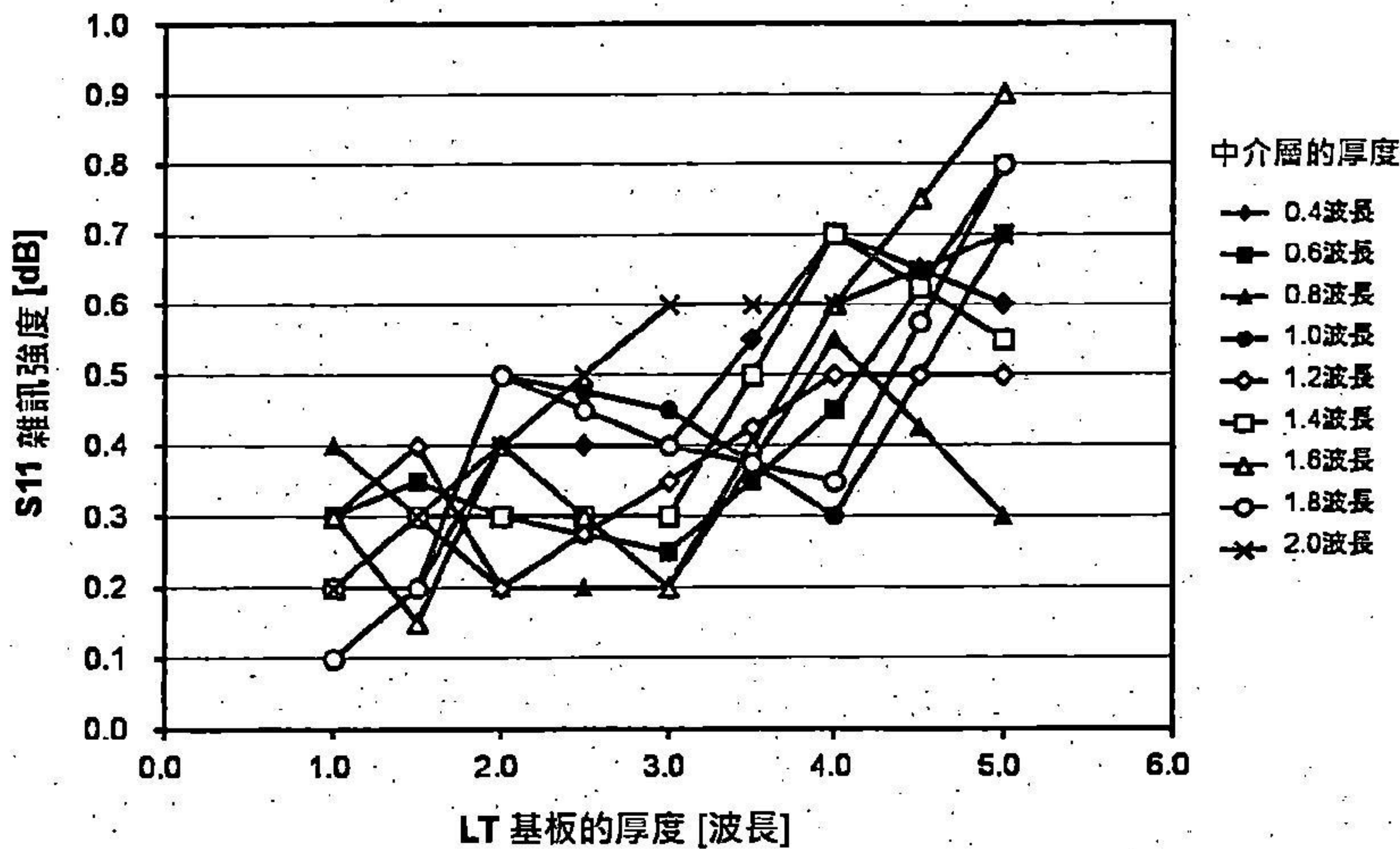
第 4 圖



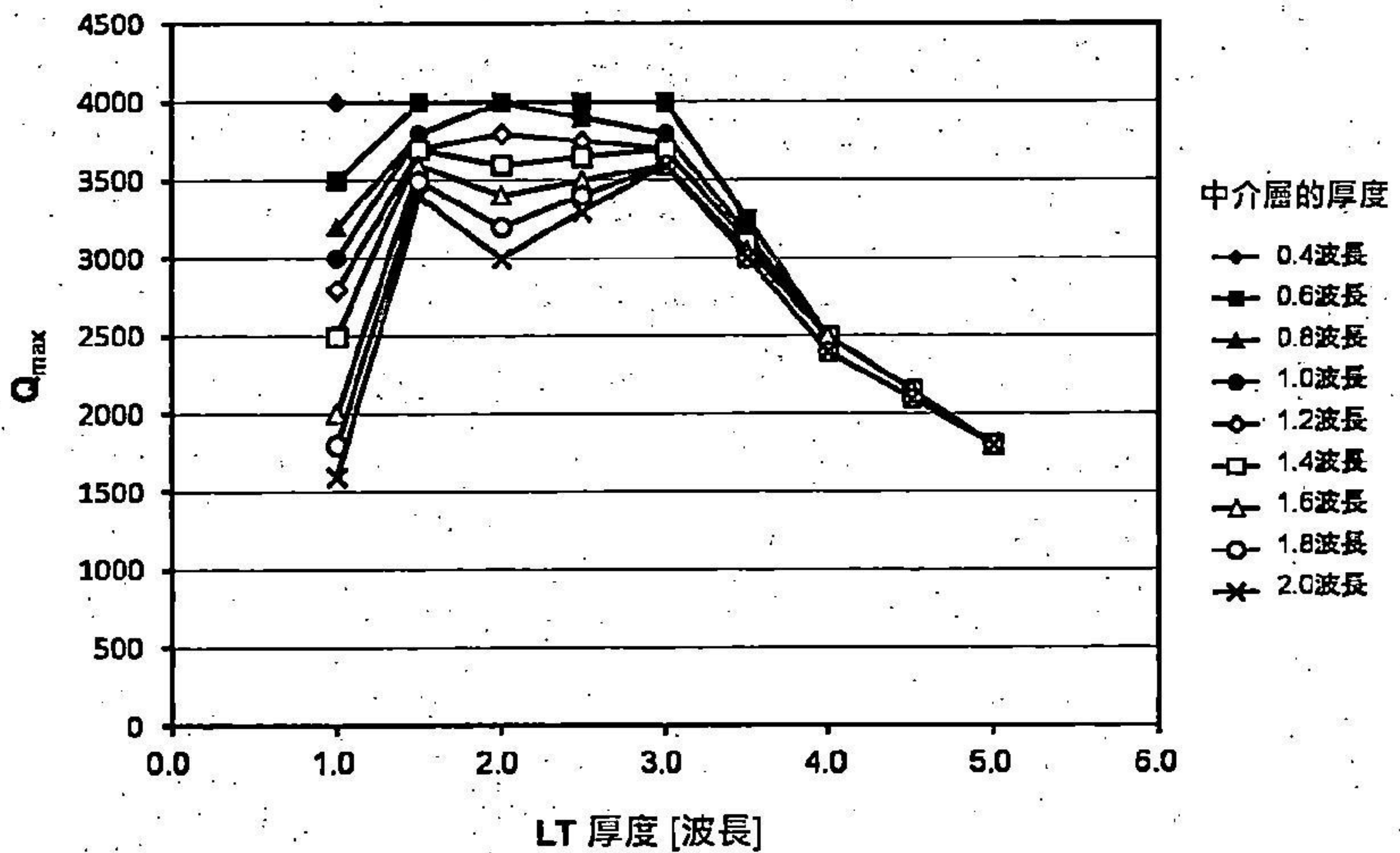
第 5 圖



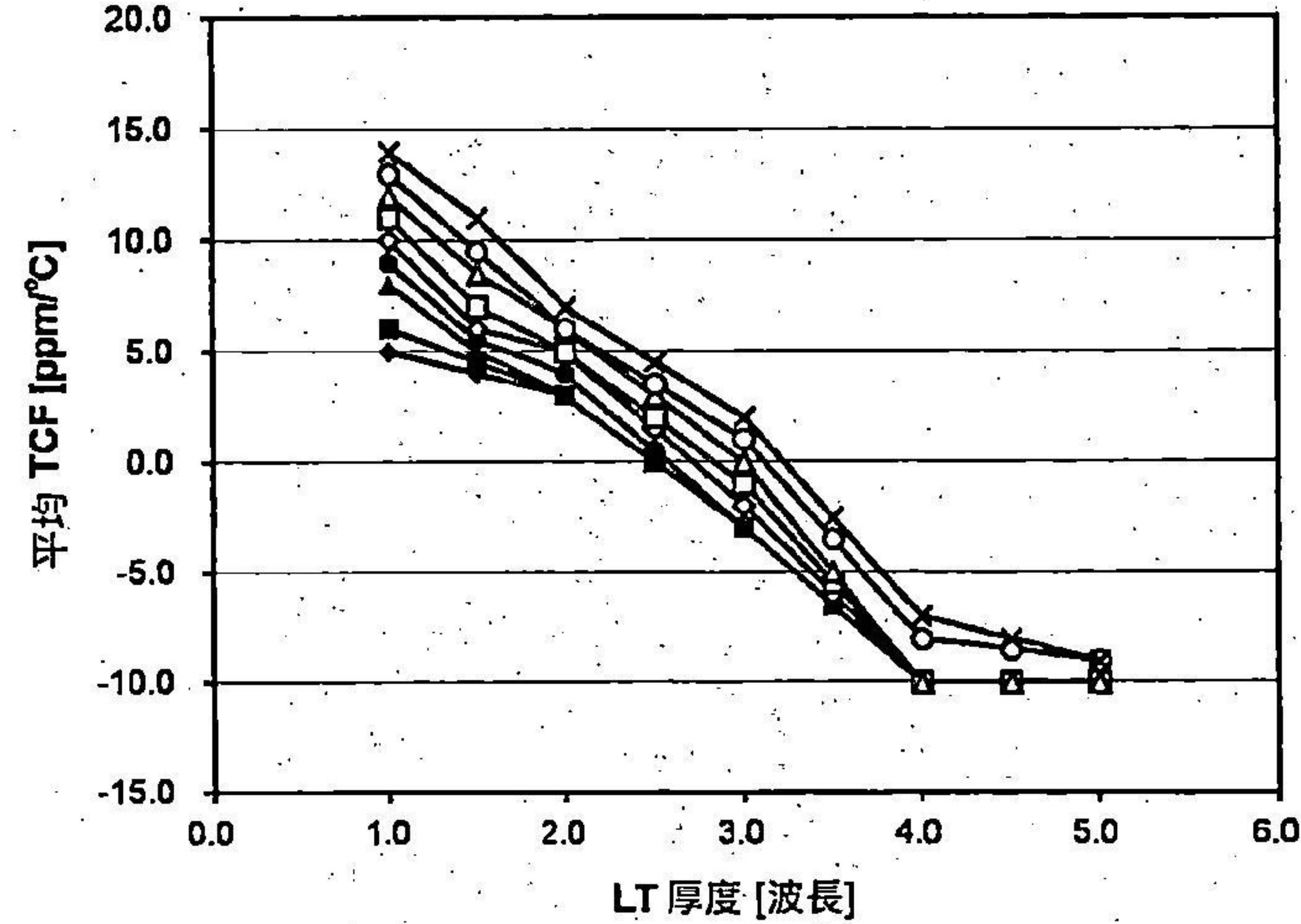
第 6 圖



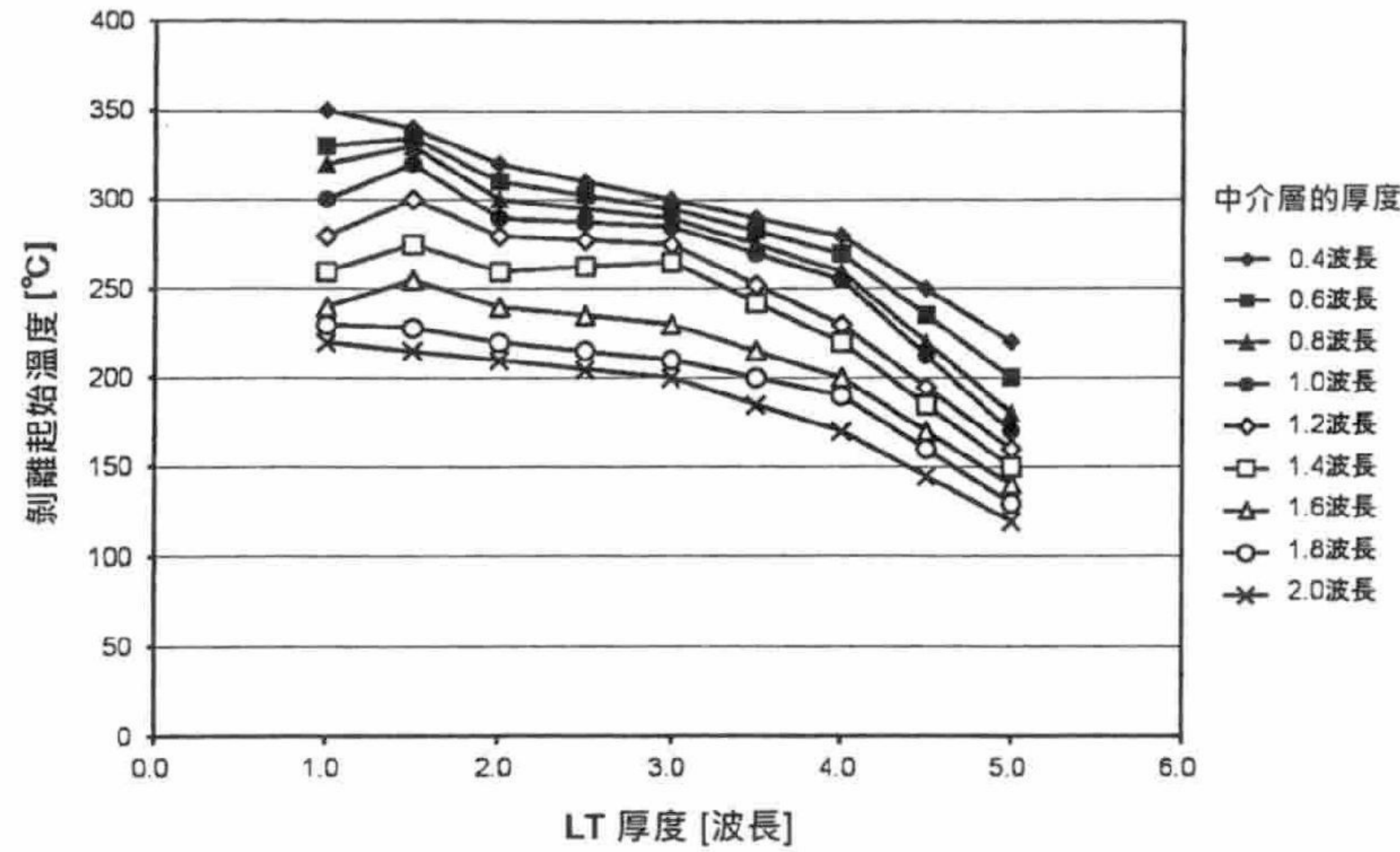
第 7 圖



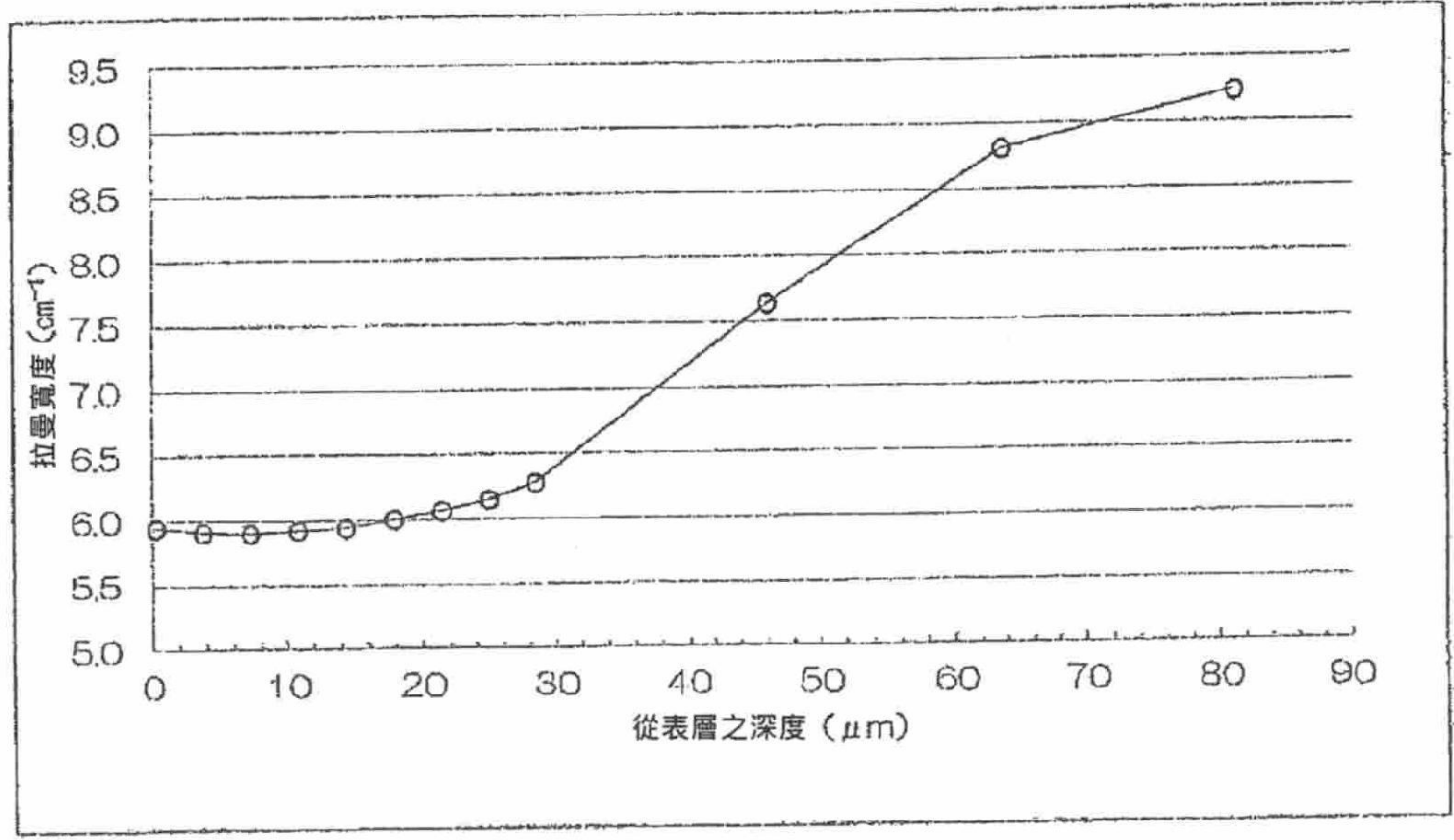
第 8 圖



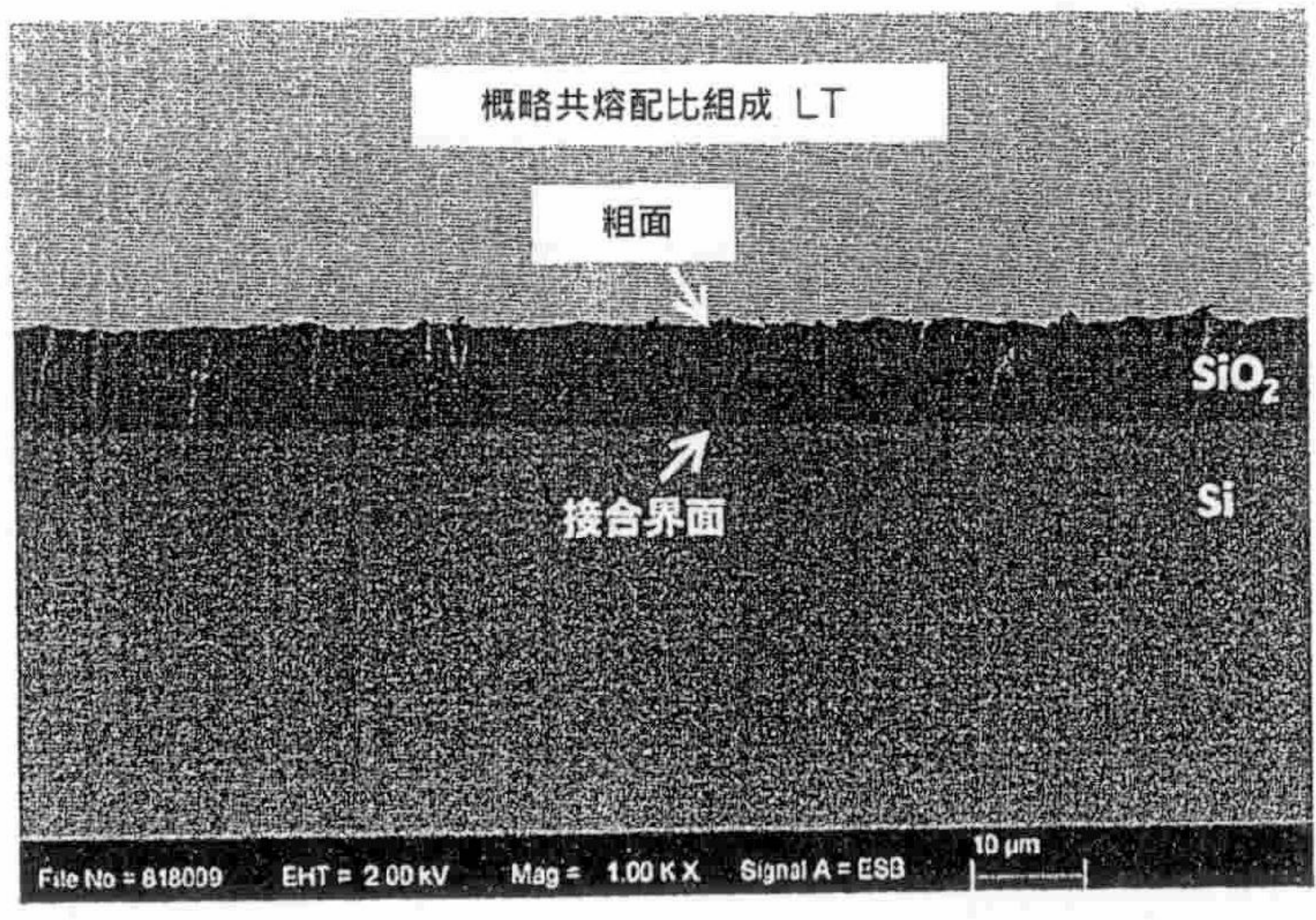
第 9 圖



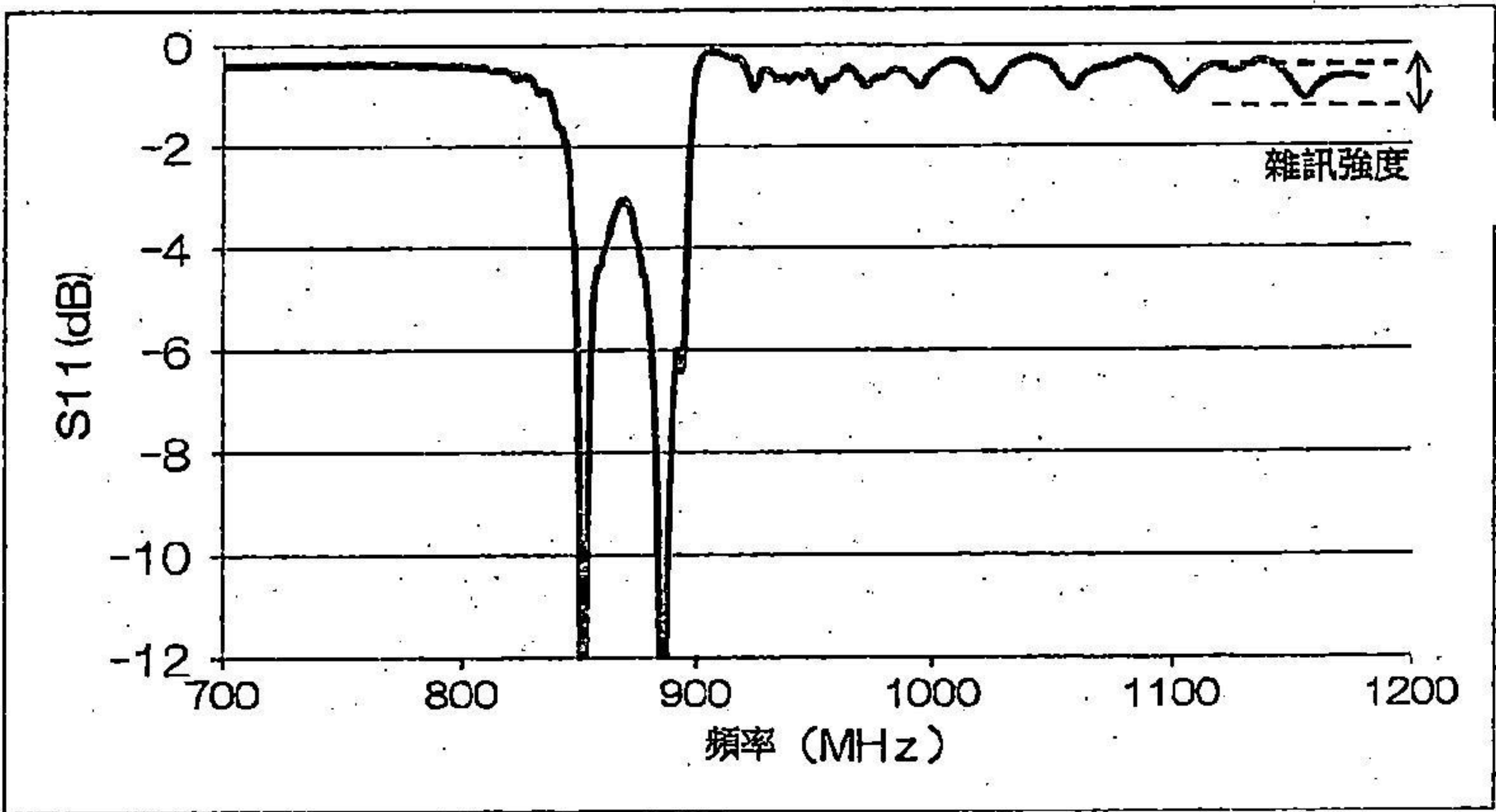
第 10 圖



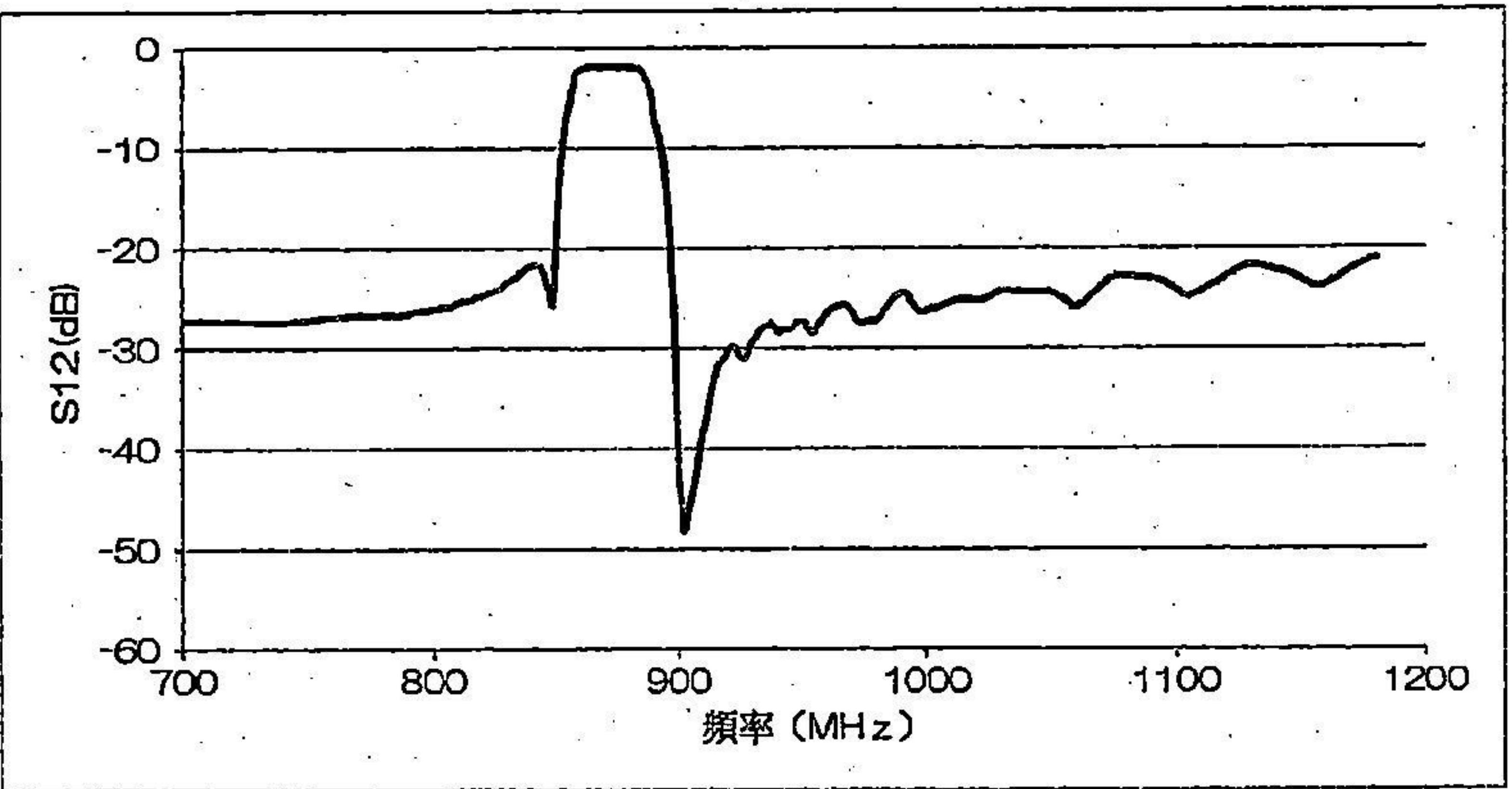
第 11 圖



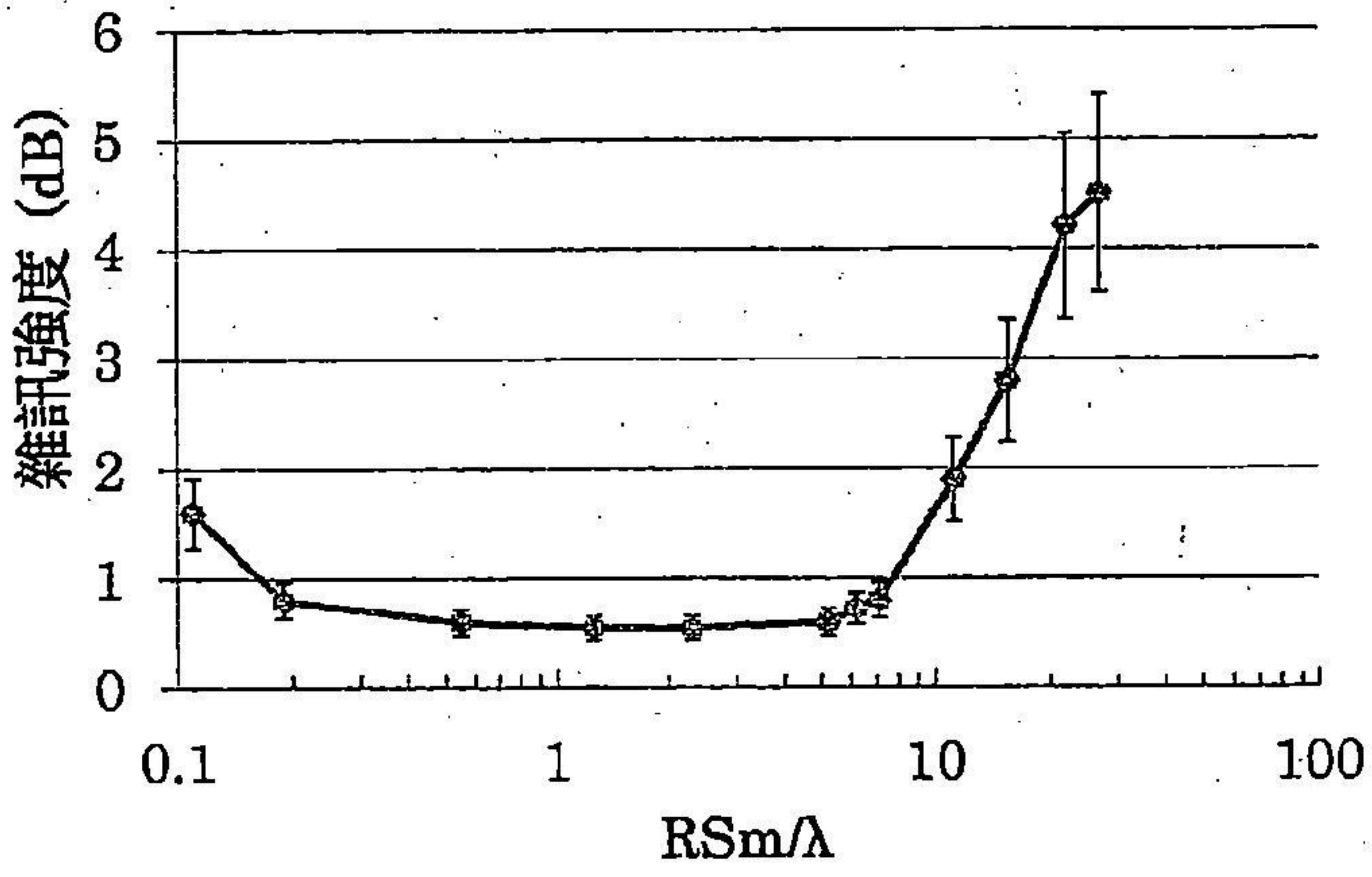
第 12 圖



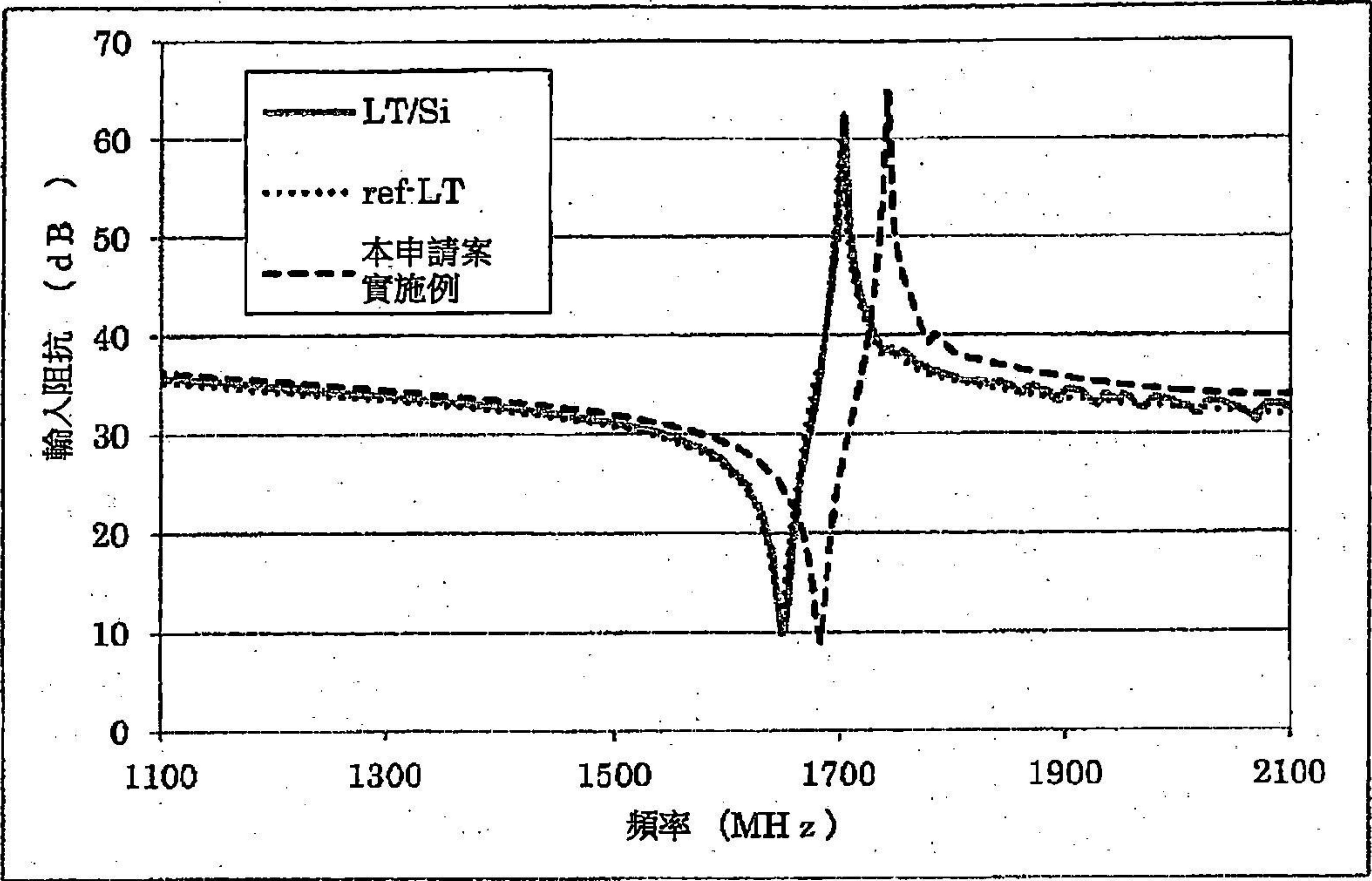
第 13 圖



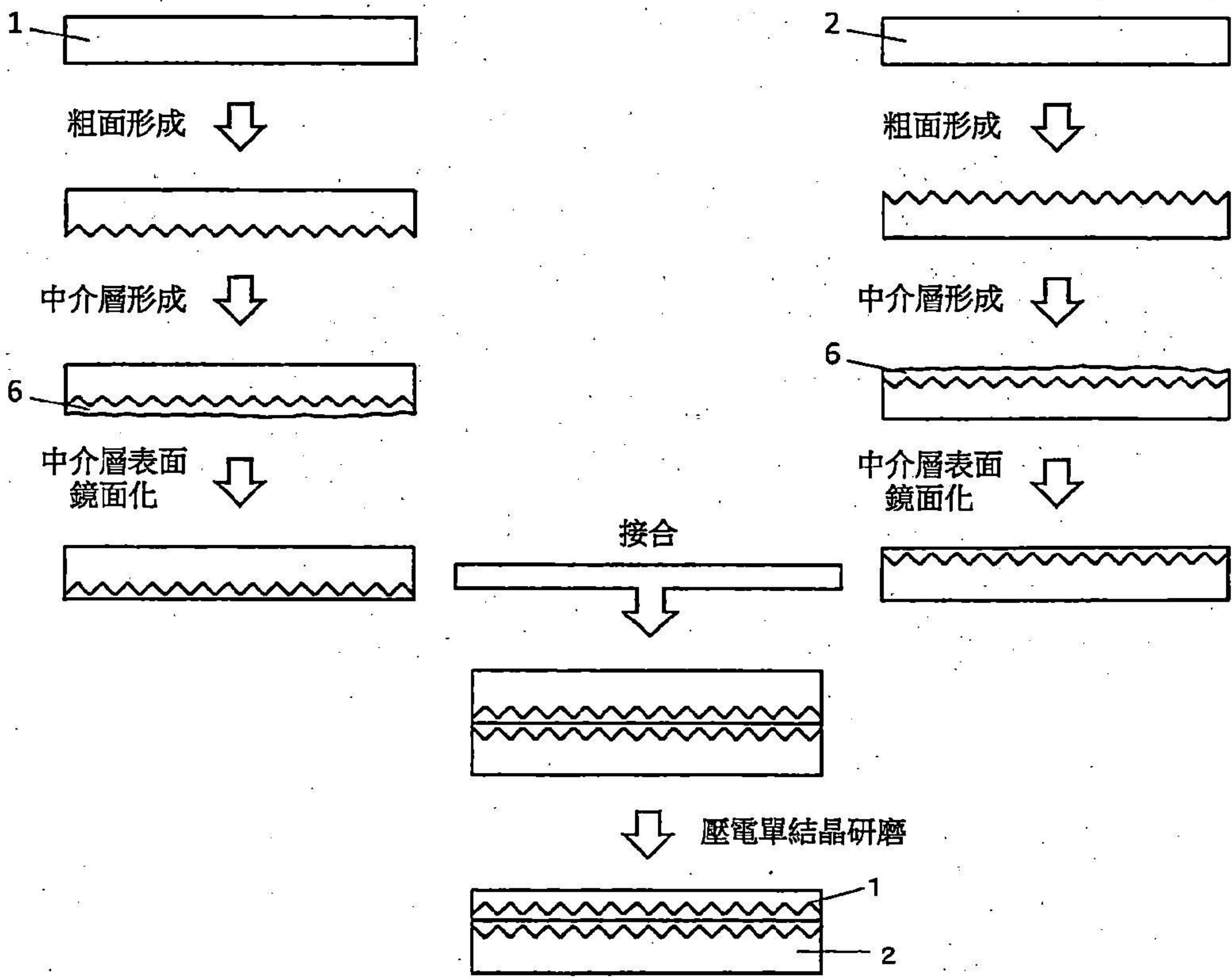
第 14 圖



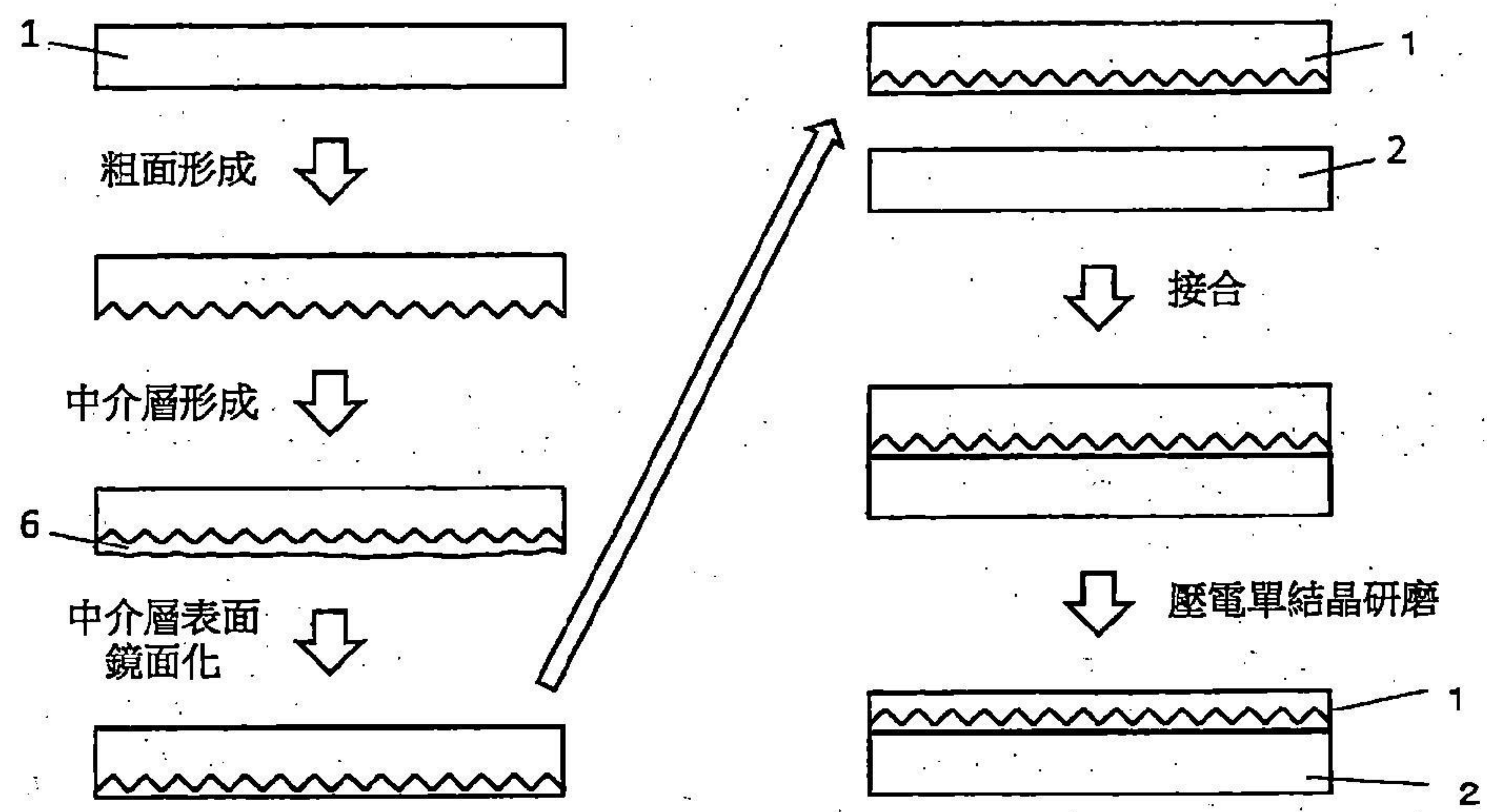
第 15 圖



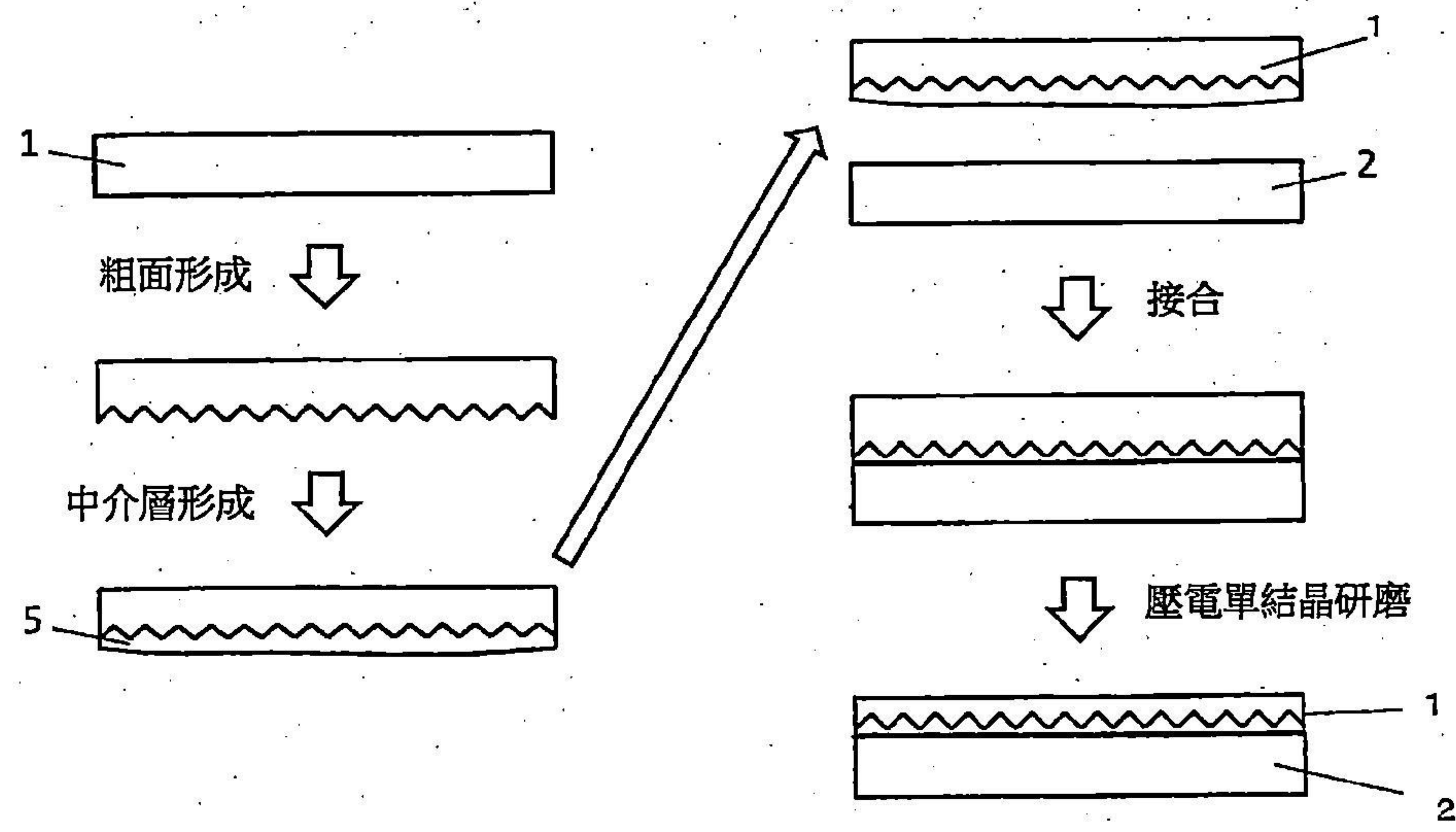
第 16 圖



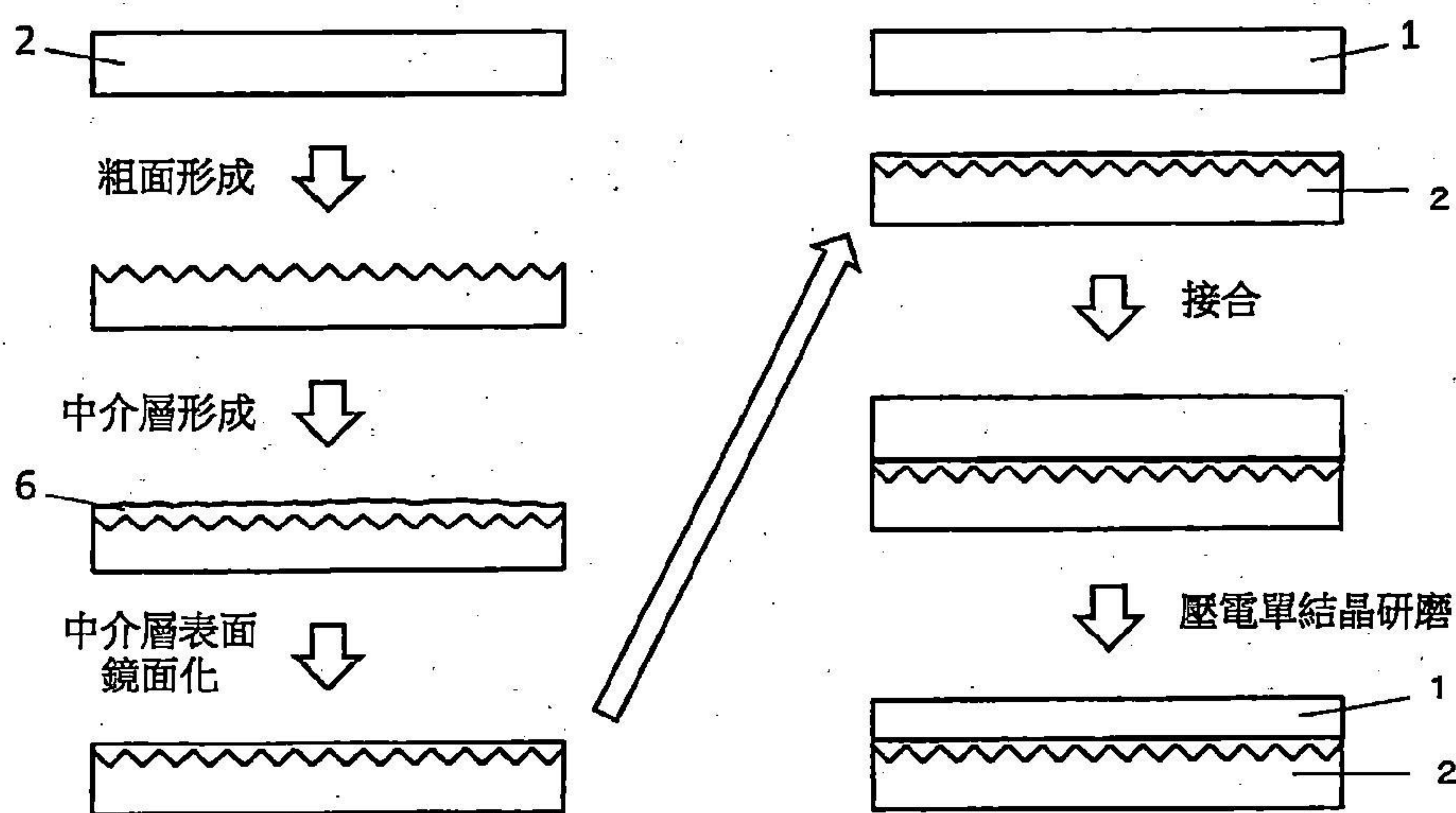
第 17 圖



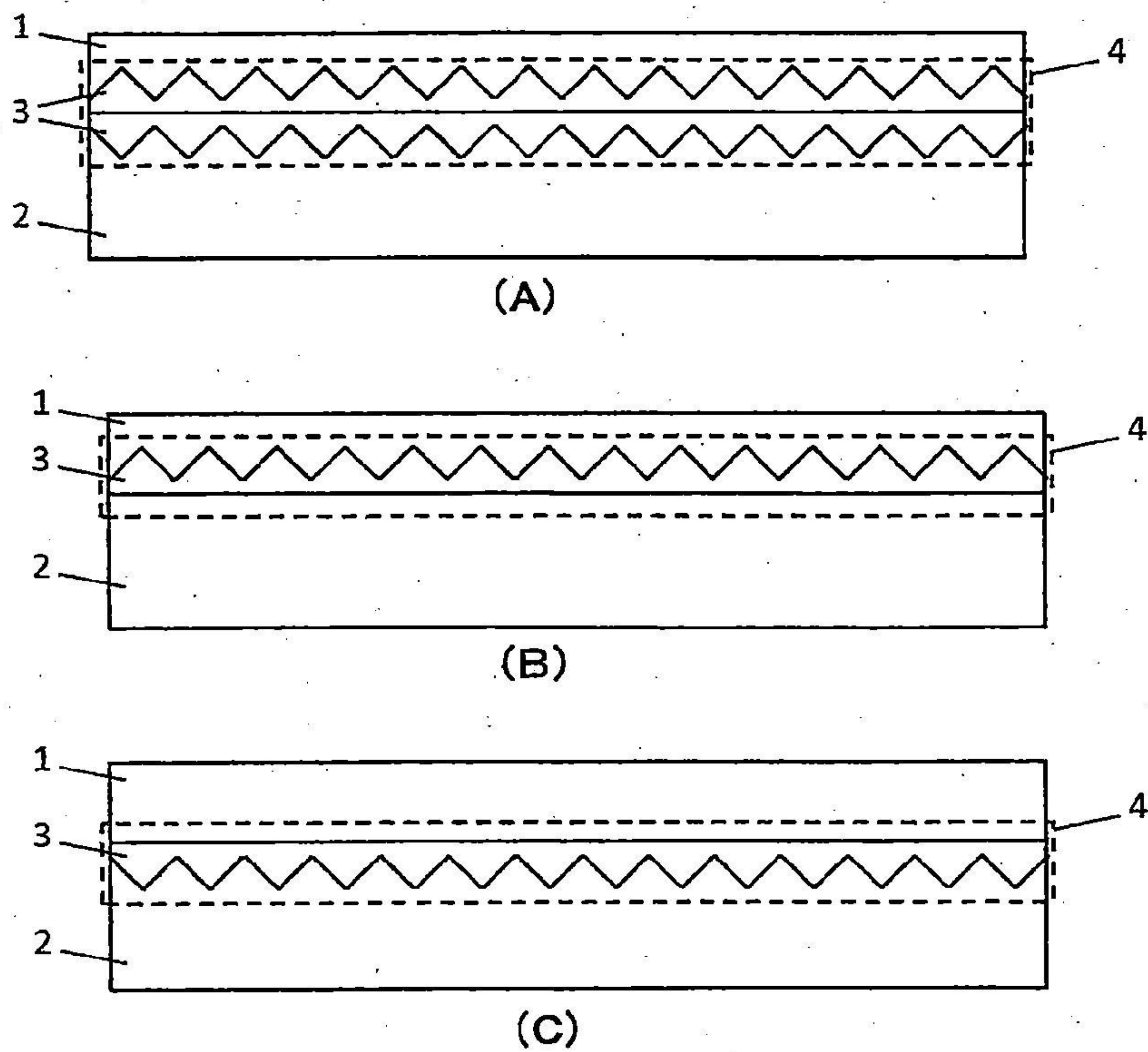
第 18 圖



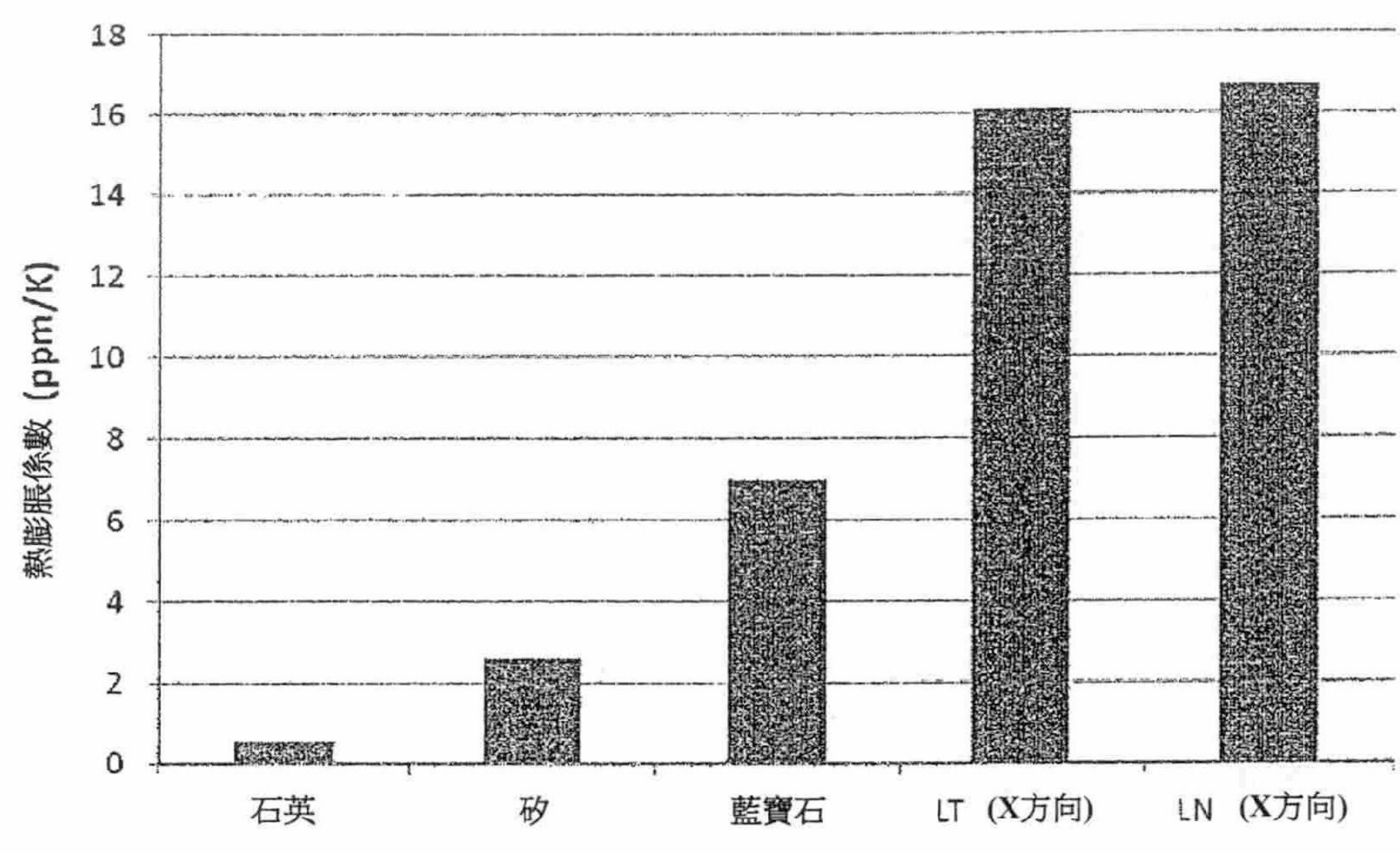
第 19 圖



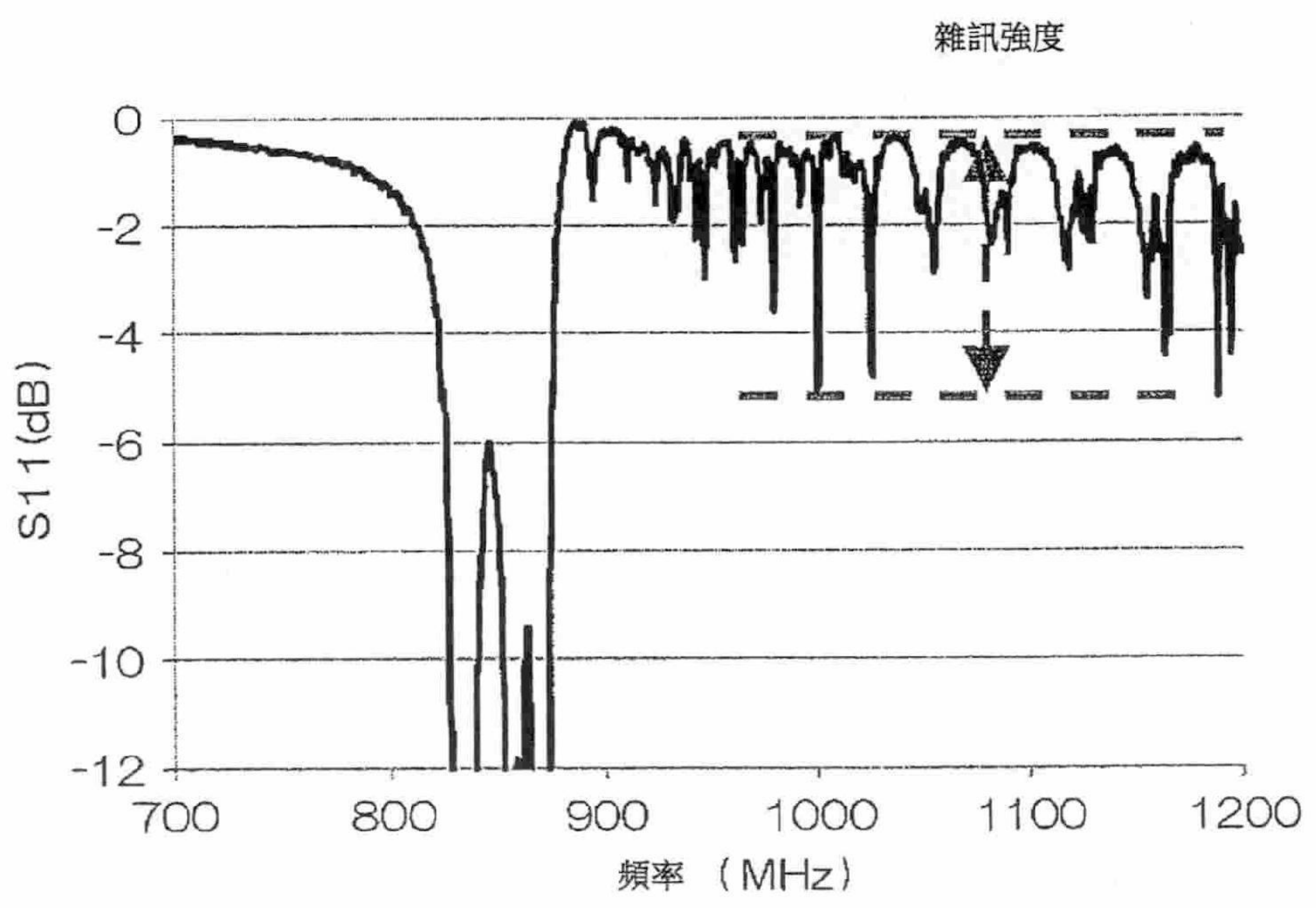
第 20 圖



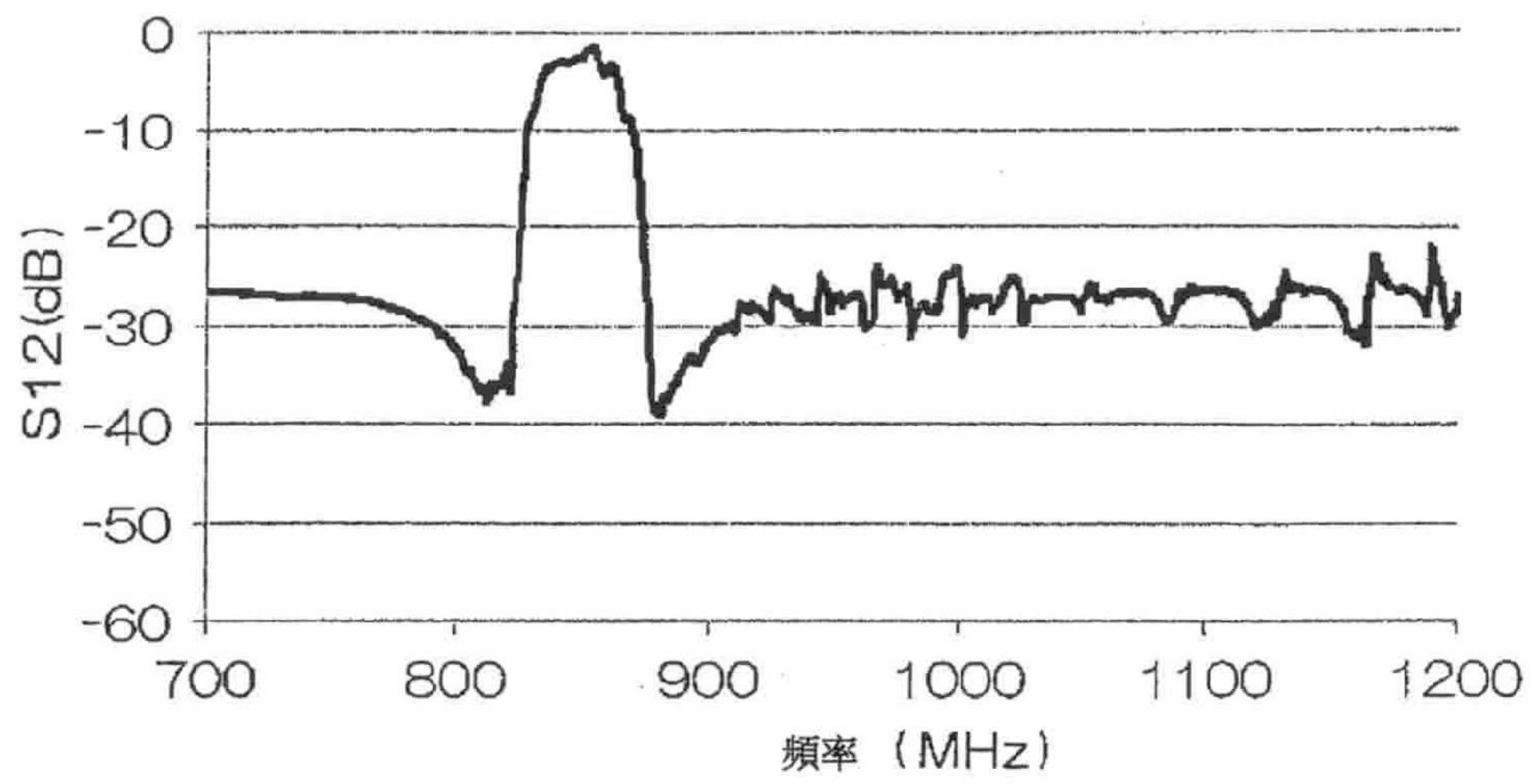
第 21 圖



第 22 圖



第 23 圖



第 24 圖

