



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114375544 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 19

(21) 申请号 202080056332.5

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

(22) 申请日 2020.08.04

代理人 张晶 刘余婷

(30) 优先权数据

2019-145908 2019.08.08 JP

(51) Int.Cl.

H03H 9/17 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.02.08

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2020/029759 2020.08.04

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/025004 JA 2021.02.11

(71) 申请人 国立大学法人东北大学

地址 日本宫城县

(72) 发明人 门田道雄 田中秀治

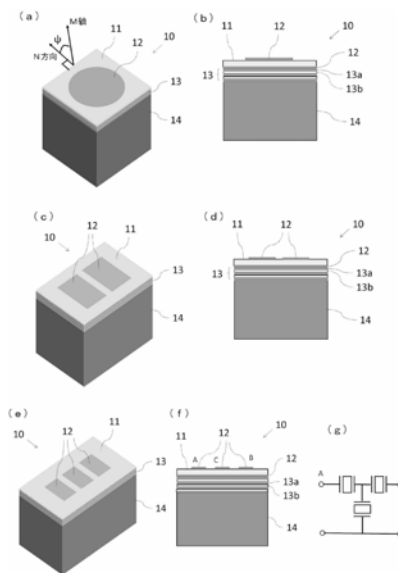
权利要求书3页 说明书18页 附图17页

(54) 发明名称

弹性波器件

(57) 摘要

本发明提供一种弹性波器件,其能够在6GHz以上的超高频带中得到良好特性,并且能够确保充分的机械强度。具有压电基板(11)、与压电基板(11)接触的方式设置的电极(12)、以及以与压电基板(11)和/或电极(12)接触的方式设置的声多层膜(13),且构成为利用体波的谐振特性中的高次模。声多层膜(13)交替地层叠有低声阻抗膜(13a)和高声阻抗膜(13b)。



1. 一种弹性波器件,其特征在于,具有:  
压电基板;  
电极,其以与所述压电基板接触的方式设置;以及  
声多层膜,其以与所述压电基板和/或所述电极接触的方式设置,且构成为利用体波的谐振特性中的高次模。
2. 根据权利要求1所述的弹性波器件,其特征在于,所述声多层膜交替地层叠有低声阻抗膜和高声阻抗膜。
3. 根据权利要求1所述的弹性波器件,其特征在于,在所述声多层膜中,低声阻抗膜和高声阻抗膜交替地连续,层叠为3层以上且20层以下。
4. 根据权利要求2或3所述的弹性波器件,其特征在于,在所述声多层膜的各低声阻抗膜及各高声阻抗膜中,至少3层的厚度是所述体波的 $0.016\lambda \sim 0.11\lambda$ 。
5. 根据权利要求2至4的任一项所述的弹性波器件,其特征在于,所述声多层膜具有1层以上的所述低声阻抗膜,并具有2层以上的所述高声阻抗膜,1层的所述低声阻抗膜的厚度或者任意2层的各低声阻抗膜的平均厚度与任意2层的各高声阻抗膜的平均厚度的和是所述体波的 $0.07 \sim 0.15\lambda$ 。
6. 根据权利要求2至5的任一项所述的弹性波器件,其特征在于,所述声多层膜的各低声阻抗膜和/或各高声阻抗膜由包含Mg合金、 $\text{SiO}_2$ 、Al、Si、Ge、Ti、ZnO、 $\text{Si}_x\text{N}_y$ 、 $\text{SiO}_x\text{F}_y$  (在此,x及y是正的实数)、AlN、SiC、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、Ag、Hf、 $\text{TiO}_2$ 、Ni、Au、Ta、Mo、Pt、W、以及Cu中的至少其一的膜、或者包含它们中的至少其一的氧化膜、氮化膜、碳化膜或者碘化膜构成。
7. 根据权利要求1至6的任一项所述的弹性波器件,其特征在于,所述压电基板由 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 、或者硅酸镓镧的单晶构成。
8. 根据权利要求1至6的任一项所述的弹性波器件,其特征在于,所述压电基板由 $\text{LiNbO}_3$ 晶体构成,欧拉角是( $0^\circ \pm 5^\circ$ 、 $66.5^\circ \sim 82^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )以及( $90^\circ \pm 5^\circ$ 、 $90^\circ \pm 5^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )的任意一方、或者与它们的任意一方在晶体学上等价的欧拉角,且构成为利用所述压电基板的厚度剪切振动。
9. 根据权利要求1至6的任一项所述的弹性波器件,其特征在于,所述压电基板由 $\text{LiNbO}_3$ 晶体构成,欧拉角是( $0^\circ \pm 5^\circ$ 、 $119^\circ \sim 133^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )、或者与它们在晶体学上等价的欧拉角,且构成为利用所述压电基板的厚度纵向振动。
10. 根据权利要求1至6的任一项所述的弹性波器件,其特征在于,所述压电基板由 $\text{LiNbO}_3$ 晶体构成,且为条带型,欧拉角是( $0^\circ \pm 5^\circ$ 、 $-123^\circ \sim -80^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )、或者与它们在晶体学上等价的欧拉角,且构成为利用所述压电基板的厚度剪切振动。
11. 根据权利要求1至6的任一项所述的弹性波器件,其特征在于,所述压电基板由 $\text{LiTaO}_3$ 晶体构成,欧拉角是( $0^\circ \pm 5^\circ$ 、 $56^\circ \sim 96^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )以及( $90^\circ \pm$

5°、90°±5°、0°~180°)的任意一方,或者与它们的任意一方在晶体学上等价的欧拉角,且构成为利用所述压电基板的厚度剪切振动。

12. 根据权利要求1至6的任一项所述的弹性波器件,其特征在于,

所述压电基板由LiTaO<sub>3</sub>晶体构成,欧拉角是(0°±5°、112°~138°、0°~180°)、或者与它们在晶体学上等价的欧拉角,

且构成为利用所述压电基板的厚度纵向振动。

13. 根据权利要求1至6的任一项所述的弹性波器件,其特征在于,

所述压电基板由LiTaO<sub>3</sub>晶体构成,且为条带型,欧拉角是(0°±5°、63°~91°、0°~180°)以及(90°±5°、90°±5°、0°~180°)的任意一方、或者与它们的任意一方在晶体学上等价的欧拉角,

且构成为利用所述压电基板的厚度剪切振动。

14. 根据权利要求1至13的任一项所述的弹性波器件,其特征在于,

具有保持基板,该保持基板以在与所述压电基板之间夹持所述声多层膜的方式,设置于所述声多层膜的与所述压电基板相反的一侧。

15. 根据权利要求1至3的任一项所述的弹性波器件,其特征在于,

所述压电基板由两层重叠构成,在一个压电基板中,上表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ ),且下表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi$ ),在另一个压电基板中,上表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi$ ),且下表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ ),或者,在一个压电基板中,上表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ ),且下表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi$ ),在另一个压电基板中,上表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi+180^\circ$ ),且下表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi+180^\circ$ ),或者,在一个压电基板中,上表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ ),且下表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi$ ),在另一个压电基板中,上表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi+180^\circ$ ),且下表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi+180^\circ$ ),

且构成为利用所述压电基板的厚度纵向振动的2倍波的约3倍或者约5倍的高次模。

16. 根据权利要求15所述的弹性波器件,其特征在于,

各压电基板由LiNbO<sub>3</sub>晶体、或者LiTaO<sub>3</sub>晶体构成,所述LiNbO<sub>3</sub>晶体具有 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ$ 、 $\theta = 119^\circ \sim 133^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者与它们在晶体学上等价的欧拉角,所述LiTaO<sub>3</sub>晶体具有 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ$ 、 $\theta = 112^\circ \sim 138^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者与它们在晶体学上等价的欧拉角。

17. 根据权利要求1至3的任一项所述的弹性波器件,其特征在于,

所述压电基板由两层重叠构成,在一个压电基板中,上表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ ),且下表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi$ ),在另一个压电基板中,上表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi$ ),且下表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ ),或者,在一个压电基板中,上表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ ),且下表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi$ ),在另一个压电基板中,上表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi+180^\circ$ ),且下表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi+180^\circ$ ),或者,在一个压电基板中,上表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ ),且下表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi$ ),在另一个压电基板中,上表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi+180^\circ$ ),且下表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi+180^\circ$ ),

且构成为利用所述压电基板的厚度剪切振动的2倍波的约3倍或者约5倍的高次模。

18. 根据权利要求17所述的弹性波器件,其特征在于,

各压电基板由LiNbO<sub>3</sub>晶体、或者LiTaO<sub>3</sub>晶体构成,所述LiNbO<sub>3</sub>晶体具有 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ$ 、 $\theta = 66.5^\circ \sim 82^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者 $\phi = 85^\circ \sim 95^\circ$ 、 $\theta = 85^\circ \sim 95^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者与它们

在晶体学上等价的欧拉角,所述 $\text{LiTaO}_3$ 晶体具有 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ$ 、 $\theta = 56^\circ \sim 96^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者 $\phi = 85^\circ \sim 95^\circ$ 、 $\theta = 85^\circ \sim 95^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者与它们在晶体学上等价的欧拉角。

19. 根据权利要求17所述的弹性波器件,其特征在于,  
所述压电基板为条带型。

20. 根据权利要求19所述的弹性波器件,其特征在于,

各压电基板由 $\text{LiNbO}_3$ 晶体、或者 $\text{LiTaO}_3$ 晶体构成,所述 $\text{LiNbO}_3$ 晶体具有 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ$ 、 $\theta = -123^\circ \sim -80^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者与它们在晶体学上等价的欧拉角,所述 $\text{LiTaO}_3$ 晶体具有 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ$ 、 $\theta = 63^\circ \sim 91^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者 $\phi = 85^\circ \sim 95^\circ$ 、 $\theta = 85^\circ \sim 95^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者与它们在晶体学上等价的欧拉角。

21. 根据权利要求15至20的任一项所述的弹性波器件,其特征在于,

在所述声多层膜中,交替地层叠有1层以上的低声阻抗膜和2层以上的高声阻抗膜,1层的所述低声阻抗膜的厚度或者任意2层的各低声阻抗膜的平均厚度与任意2层的各高声阻抗膜的平均厚度的和是所述体波的0.02~0.09波长。

## 弹性波器件

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种弹性波器件。

### 背景技术

[0002] 近年来,在主要用于智能手机等的700MHz到3GHz的频带中,具有将近80个波段,非常混杂,作为其对策,在第五代移动通信系统(5G)中,计划使用3.6GHz到4.9GHz的频带,并且在之后的第六代中,还计划使用6GHz以上的频带。

[0003] 以往,在700MHz到3GHz的频带中,作为压电薄膜而采用:使用了LiTaO<sub>3</sub>晶体(LT)、LiNbO<sub>3</sub>晶体(LN)的弹性表面波(SAW)器件、体波弹性波的FBAR(薄膜压电谐振子;Film Bulk Acoustic Resonator)器件。但是,关于SAW器件的频率 $f$ ,如果将基板的声速设定为 $V$ 、将帘状电极的周期(间距)设定为 $pitch$ ,则通过 $f=V/pitch$ 来确定该SAW器件的频率 $f$ ,因此根据声速、间距的界限,在高频侧3.5GHz是界限。

[0004] 另一方面,在使用了压电薄膜的体波弹性波的FBAR器件中,包括:在压电薄膜的上下需要空腔的空腔型FBAR;以及声多层膜结构FBAR,其中取代了压电薄膜的单侧的空腔,而具有声多层膜和保持基板。另外,在空腔型FBAR中,包括:使用了AlN、ScAlN的压电薄膜的结构(例如,参照非专利文献1或2);使用了LN的单晶薄板的结构(例如,参照非专利文献3)。在前者的空腔型FBAR中,由于AlN、ScAlN膜等为 $c$ 轴取向,因此所使用的体波的振动模式仅为厚度纵向振动。对于该纵波的声速,利用 $(c33^D/\text{密度})^{1/2}$ 来表示( $c33^D$ 是弹性刚度常数),对于激励频率而言,严格来讲,会因电极的质量负荷而降低,但是大致地可利用声速/ $(2 \times \text{膜厚})$ 来表示。因此,为了使激励频率成为高频,必须使压电薄膜的膜厚极端地薄。另外,在使用了LN的单晶薄板的空腔型FBAR中,也会由于激励频率与基板的厚度成反比例,因此为了使激励频率成为高频,必须使压电薄膜的膜厚极端地薄。在非专利文献1至3所记载的空腔型FBAR中,当压电薄膜的膜厚为 $0.9 \sim 2\mu\text{m}$ 时,得到约2GHz的激励频率、和60dB左右的阻抗比。

[0005] 但是,在这些空腔型FBAR中,作为压电薄膜使用了AlN、ScAlN,由于这些是多晶薄膜,因此导致在超高频上的衰减较大,难以实现良好特性。例如确认了:在使用了AlN的空腔型FBAR中,在2GHz下得到70dB的阻抗比,当5GHz时,阻抗比降低至50dB(例如,参照非专利文献4或5)。

[0006] 另外,作为供在高频下使用的声多层膜结构FBAR,提出了一种方案,其具有层叠了如下各部的结构,即:由ZnO构成的压电薄膜(厚度 $t=\text{波长}/2$ )、层叠有多层声膜的声多层膜、以及保持基板(例如,参照非专利文献6)。在该弹性波器件中,为了增大基模的激励,将各声膜的厚度设定为压电薄膜的厚度的一半(即,波长/4)。在该弹性波器件中,体波的振动模式也是厚度纵向振动,但是在基模的3GHz下,通过实测,只能得到21dB的阻抗比,特性比由AlN膜构成的空腔型FBAR差,因此尚未实用化。

[0007] 另外,作为通过声多层膜结构FBAR得到较高的谐振频率的结构,开发出一种高次模薄膜谐振器,其在上下电极之间设置压电体薄膜,该压电体薄膜层叠有:由ZnO及AlN的

任一构成,且[0001]方向取向为与压电体薄膜的表面大致平行的一个方向的第一压电体层;以及[0001]方向取向为与第一压电体层相差 $180^\circ$ 的方向的第二压电体层(例如,参照专利文献1)。根据该谐振器,与压电体薄膜的厚度相同的现有结构相比,谐振频率为两倍。

现有技术文献

非专利文献

[0008] 非专利文献1:John D.Larson III et al.,“Power Handling and Temperature Coefficient Studies in FBAR Duplexers for the 1900MHz PCS Band”,Proc.IEEE Ultrason.Symp.,2000,p.869-874

非专利文献2:Keiichi Umeda et al.,“PIEZOELECTRIC PROPERTIES OF ScAlN THIN FILMS FOR PIRZO-MEMS DEVICES”,Proc.MEMS (Taipei,Taiwan,China),2013,p.20-24,

非专利文献3:多井知义、以及其他3人、“使用了 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 的单晶FBAR的开发”、Proceeding of Symposium on Ultrasonic Electronics、2007年、Vol.28、p.151-152

非专利文献4:Tsuayoshi Yokoyama et al.,“Highly Piezoelectric Co-Doped AlN Thin Films for Wideband FBAR Applications”,IEEE Trans.Ultrason.Ferroelectr.&Freq.Control,June 2015,Vol.62,No.6, p.1007-1015

非专利文献5:T.Nishihara et al.,“High Performance and Miniature Thin Film Bulk Acoustic Wave Filters for 5GHz”,2002IEEE ULTRASONICS SYMPOSIUM, p.969-972

非专利文献6:Hideaki Kobayashi et al.,“Fabrication of Piezoelectric Thin Film Resonators with Acoustic Quarter-Wave Multilayers”,Japan, J.Appl.Phys.,2002,Vol.40,p.3455-3457

专利文献

[0009] 专利文献1:日本特开2007-36915号公报

## 发明内容

### (一)要解决的技术问题

[0010] 对于非专利文献1和2所记载的空腔型FBAR、非专利文献6所记载的声多层膜结构FBAR而言,存在如下问题:分别在5GHz、3GHz下,阻抗比降低至50dB,在6GHz以上的超高频带中,不能得到阻抗比较大的良好特性。另外,关于非专利文献1至3所记载的空腔型FBAR,在6GHz以上的超高频带中,压电薄膜极端地薄且为 $0.3\sim 0.6\mu\text{m}$ ,因此也存在难以确保机械强度的问题。尤其是非专利文献3所记载的空腔型FBAR,由于压电薄膜是LN单晶薄膜,因此与多晶薄膜相比而言,不能确保机械强度,无法实用化。

[0011] 作为声多层膜结构FBAR,对于专利文献1所记载的高次模薄膜谐振器而言,与非专利文献1至3所记载的使用了基波的空腔型FBAR相比,在相同的谐振频率下,压电体薄膜的厚度为两倍,但是构成压电体薄膜的两层压电体层与现有的压电体薄膜为相同的厚度。因此,在6GHz以上的超高频带中,存在如下问题:各压电体层极端地薄,难以确保它们的机械强度。另外,在6GHz以上的超高频带中,即使压电体薄膜为两倍的厚度,也还是非常薄,因此也存在难以确保压电体薄膜自身的机械强度的问题。另外,即使频率为560MHz时也

只能得到12dB的阻抗比,如果是6GHz,则阻抗比更小,因此也存在难以实用化的问题。此外,对于非专利文献6、专利文献1所记载的声多层膜结构FBAR而言,仅使用了多晶压电薄膜,在基模下无法实现良好特性,其频率为3GHz以下。

[0012] 本发明针对上述问题而完成,其目的在于,提供一种弹性波器件,其能够在6GHz以上的超高频带中得到良好特性,并且能够确保充分的机械强度。

## (二)技术方案

[0013] 为了实现上述目的,本发明的弹性波器件的特征在于,具有压电基板、以及与所述压电基板接触的方式设置的电极、以及以及与所述压电基板和/或所述电极接触的方式设置的声多层膜,且构成为利用体波的谐振特性中的高次模。

[0014] 在本发明的弹性波器件中,能够利用声多层膜来激励频率比基模(0次)高的高次模(谐波)(1次模、2次模、···)。另外,通过对压电基板的种类、声多层膜的各层厚度进行设定,从而能够得到具有较大阻抗比的高次模。本发明的弹性波器件能够利用该高次模在6GHz以上的超高频带中得到阻抗比较大的良好特性。另外,通过使用高次模,从而不需要使压电基板极端地薄,且在压电基板的上下不需要空腔,因此即使对于6GHz以上的超高频带,也能够确保充分的机械强度。在此,阻抗比是谐振频率下的谐振阻抗 $Z_r$ 与反谐振频率下的反谐振阻抗 $Z_a$ 的比( $20 \times \log(Z_a/Z_r)$ )。

[0015] 在本发明的弹性波器件中,优选电极由两个以上的电极构成。另外,电极可以覆盖压电基板的一个表面整体,也可以覆盖压电基板的一部分。另外,电极的平面形状可以是圆形、多边形、椭圆形等任意的形状。另外,关于本发明的弹性波器件,可以在压电基板的两面分别具有电极的结构,也可以是两个谐振子串联连接的结构,即在压电基板与声多层膜之间具有共用电极,并在压电基板的与声多层膜相反的一侧表面具有两个电极的结构。另外,也可以在压电基板的单面或者两面具有多个电极,并在压电基板上形成3个以上的谐振子,通过使它们串联和/或并联连接,从而形成梯式滤波器、多模滤波器。此外,在压电基板上也包含压电薄膜、压电薄板。

[0016] 在本发明的弹性波器件中,优选,所述声多层膜交替地层叠有低声阻抗膜和高声阻抗膜。特别地优选,在所述声多层膜中,低声阻抗膜与高声阻抗膜交替地连续,层叠为3层以上且20层以下。另外,在这种情况下,优选,在所述声多层膜的各低声阻抗膜及各高声阻抗膜中,至少3层的厚度是所述体波的0.016波长~0.11波长,优选该声阻抗膜形成于接近压电基板的层。另外,可以是,所述声多层膜具有1层以上的所述低声阻抗膜,并具有2层以上的所述高声阻抗膜,1层的所述低声阻抗膜的厚度或者任意2层的各低声阻抗膜的平均厚度与任意2层的各高声阻抗膜的平均厚度的和是所述体波的0.07~0.15波长。由此,能够以基模的约3倍以上的频率来激励高次模。此外,体波的波长定义为 $2 \times$ (压电基板的厚度)。也可以定义为压电基板的厚度 $t$ 与压电基板两面的电极的平均厚度 $mt$ 相加而得到的有效厚度( $t+mt$ )。

[0017] 在本发明的弹性波器件中,优选,关于所述声多层膜的各低声阻抗膜和/或各高声阻抗膜,例如由包含Mg合金、 $\text{SiO}_2$ 、Al、Si、Ge、Ti、ZnO、 $\text{Si}_x\text{N}_y$ 、 $\text{SiO}_x\text{F}_y$ (在此,x及y是正的实数)、AlN、SiC、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、Ag、Hf、 $\text{TiO}_2$ 、Ni、Au、Ta、Mo、Pt、W、以及Cu中的至少其一的膜、或者包含它们中的至少其一的氧化膜、氮化膜、碳化膜或者碘化膜构成。低声阻抗膜只要由声阻抗比相邻的高声阻抗膜小的材料构成即可。

[0018] 在本发明的弹性波器件中,优选,所述压电基板由 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 、或者硅酸镓镧的单晶构成。在这种情况下,容易激励高次模。此外,关于在FBAR中使用的 $\text{AlN}$ 、 $\text{ScAlN}$ 等c轴取向的压电多晶薄膜,由于压电常数较小,因此难以激励高次模。另外,关于 $\text{LiNbO}_3$ (LN)、 $\text{LiTaO}_3$ (LT)等单晶的压电基板,耦合系数较大,与成膜的多晶膜有所不同,能够使用任意方位角。因此,在利用了体波的纵波的厚度纵向振动之外,还能够使用利用了横波的厚度剪切振动。

[0019] 关于本发明的弹性波器件,在利用由 $\text{LiNbO}_3$ 晶体构成的压电基板的厚度剪切振动的情况下,为了得到较大的阻抗比,优选,压电基板的欧拉角是( $0^\circ \pm 5^\circ$ 、 $66.5^\circ \sim 82^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )以及( $90^\circ \pm 5^\circ$ 、 $90^\circ \pm 5^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )的任意一方、或者与它们的任意一方在晶体学上等价的欧拉角,更优选,欧拉角是( $0^\circ \pm 5^\circ$ 、 $70^\circ \sim 81^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )、或者与其在晶体学上等价的欧拉角,进一步优选,欧拉角是( $0^\circ \pm 5^\circ$ 、 $72^\circ \sim 78^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )、或者与其在晶体学上等价的欧拉角。

[0020] 另外,在利用由 $\text{LiNbO}_3$ 晶体构成的压电基板的厚度纵向振动的情况下,为了得到较大的阻抗比,优选,压电基板的欧拉角是( $0^\circ \pm 5^\circ$ 、 $119^\circ \sim 133^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )、或者与其在晶体学上等价的欧拉角,更优选,欧拉角是( $0^\circ \pm 5^\circ$ 、 $123^\circ \sim 129^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )、或者与其在晶体学上等价的欧拉角。

[0021] 另外,在利用由 $\text{LiNbO}_3$ 晶体构成的条带型压电基板的厚度剪切振动的情况下,为了得到较大的阻抗比,优选,压电基板的欧拉角是( $0^\circ \pm 5^\circ$ 、 $-123^\circ \sim -80^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )、或者与其在晶体学上等价的欧拉角,更优选,欧拉角是( $0^\circ \pm 5^\circ$ 、 $-112^\circ \sim -90^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )、或者与其在晶体学上等价的欧拉角。

[0022] 关于本发明的弹性波器件,在利用由 $\text{LiTaO}_3$ 晶体构成的压电基板的厚度剪切振动的情况下,为了得到较大的阻抗比,优选,压电基板的欧拉角是( $0^\circ \pm 5^\circ$ 、 $56^\circ \sim 96^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )以及( $90^\circ \pm 5^\circ$ 、 $90^\circ \pm 5^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )的任意一方、或者与它们的任意一方在晶体学上等价的欧拉角,更优选,欧拉角是( $0^\circ \pm 5^\circ$ 、 $62^\circ \sim 93^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )、或者与其在晶体学上等价的欧拉角。

[0023] 另外,在利用由 $\text{LiTaO}_3$ 晶体构成的压电基板的厚度纵向振动的情况下,为了得到较大的阻抗比,优选,压电基板的欧拉角是( $0^\circ \pm 5^\circ$ 、 $112^\circ \sim 138^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )、或者与其在晶体学上等价的欧拉角。

[0024] 另外,在利用由 $\text{LiTaO}_3$ 晶体构成的条带型压电基板的厚度剪切振动的情况下,为了得到较大的阻抗比,优选,压电基板的欧拉角是( $0^\circ \pm 5^\circ$ 、 $63^\circ \sim 91^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )以及( $90^\circ \pm 5^\circ$ 、 $90^\circ \pm 5^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ )的任意一方、或者与它们的任意一方在晶体学上等价的欧拉角。

[0025] 关于本发明的弹性波器件,优选,具有保持基板,该保持基板在与所述压电基板之间夹持所述声多层膜的方式,设置于所述声多层膜的与所述压电基板相反的一侧。保持基板只要能够对压电基板、电极、声多层膜进行支撑,则可以由任意材料构成,例如,由Si基板、水晶基板、蓝宝石基板、玻璃基板、石英基板、锆基板、氧化铝基板等构成。

[0026] 关于本发明的弹性波器件,为了得到较大的阻抗比,可以是,所述压电基板由两个重叠构成,在一个压电基板中,上表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ ),且下表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi$ ),在另一个压电基板中,上表面的欧拉角是( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi$ ),且下表面的欧拉角

是 $(\phi, \theta, \psi)$ , 或者, 在一个压电基板中, 上表面的欧拉角是 $(\phi, \theta, \psi)$ , 且下表面的欧拉角是 $(\phi, \theta+180^\circ, \psi)$ , 在另一个压电基板中, 上表面的欧拉角是 $(\phi, \theta+180^\circ, \psi+180^\circ)$ , 且下表面的欧拉角是 $(\phi, \theta, \psi+180^\circ)$ , 或者, 在一个压电基板中, 上表面的欧拉角是 $(\phi, \theta, \psi)$ , 且下表面的欧拉角是 $(\phi, \theta+180^\circ, \psi)$ , 在另一个压电基板中, 上表面的欧拉角是 $(\phi, \theta, \psi+180^\circ)$ , 且下表面的欧拉角是 $(\phi, \theta+180^\circ, \psi+180^\circ)$ , 且构成为利用所述压电基板的厚度纵向振动的2倍波的约3倍或者约5倍的高次模。在这种情况下, 优选, 各压电基板由 $\text{LiNbO}_3$ 晶体、或者 $\text{LiTaO}_3$ 晶体构成, 所述 $\text{LiNbO}_3$ 晶体具有 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ$ 、 $\theta = 119^\circ \sim 133^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者与它们在晶体学上等价的欧拉角, 所述 $\text{LiTaO}_3$ 晶体具有 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ$ 、 $\theta = 112^\circ \sim 138^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者与它们在晶体学上等价的欧拉角。此外, 当重叠了两个压电基板时, 体波的波长是 $2 \times$  (两个压电基板的合计厚度)。

[0027] 另外, 关于本发明的弹性波器件, 为了得到较大的阻抗比, 可以是, 所述压电基板由两个重叠构成, 在一个压电基板中, 上表面的欧拉角是 $(\phi, \theta, \psi)$ , 且下表面的欧拉角是 $(\phi, \theta+180^\circ, \psi)$ , 在另一个压电基板中, 上表面的欧拉角是 $(\phi, \theta+180^\circ, \psi)$ , 且下表面的欧拉角是 $(\phi, \theta, \psi)$ , 或者, 在一个压电基板中, 上表面的欧拉角是 $(\phi, \theta, \psi)$ , 且下表面的欧拉角是 $(\phi, \theta+180^\circ, \psi)$ , 在另一个压电基板中, 上表面的欧拉角是 $(\phi, \theta+180^\circ, \psi+180^\circ)$ , 且下表面的欧拉角是 $(\phi, \theta, \psi+180^\circ)$ , 或者, 在一个压电基板中, 上表面的欧拉角是 $(\phi, \theta, \psi)$ , 且下表面的欧拉角是 $(\phi, \theta+180^\circ, \psi)$ , 在另一个压电基板中, 上表面的欧拉角是 $(\phi, \theta, \psi+180^\circ)$ , 且下表面的欧拉角是 $(\phi, \theta+180^\circ, \psi+180^\circ)$ , 且构成为利用所述压电基板的厚度剪切振动的2倍波的约3倍或者约5倍的高次模。在这种情况下, 可以是, 所述压电基板为条带型。

[0028] 另外, 在这种情况下, 当利用厚度剪切振动时, 优选, 各压电基板由 $\text{LiNbO}_3$ 晶体、或者 $\text{LiTaO}_3$ 晶体构成, 所述 $\text{LiNbO}_3$ 晶体具有 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ$ 、 $\theta = 66.5^\circ \sim 82^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者 $\phi = 85^\circ \sim 95^\circ$ 、 $\theta = 85^\circ \sim 95^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者与它们在晶体学上等价的欧拉角, 所述 $\text{LiTaO}_3$ 晶体具有 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ$ 、 $\theta = 56^\circ \sim 96^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者 $\phi = 85^\circ \sim 95^\circ$ 、 $\theta = 85^\circ \sim 95^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者与它们在晶体学上等价的欧拉角。另外, 当为条带型时, 优选, 各压电基板由 $\text{LiNbO}_3$ 晶体、或者 $\text{LiTaO}_3$ 晶体构成, 所述 $\text{LiNbO}_3$ 晶体具有 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ$ 、 $\theta = -123^\circ \sim -80^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者与它们在晶体学上等价的欧拉角, 所述 $\text{LiTaO}_3$ 晶体具有 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ$ 、 $\theta = 63^\circ \sim 91^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者 $\phi = 85^\circ \sim 95^\circ$ 、 $\theta = 85^\circ \sim 95^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、或者与它们在晶体学上等价的欧拉角。

[0029] 另外, 在这些压电基板由两个重叠构成的情况下, 优选, 在所述声多层膜中, 交替地层叠有1层以上的低声阻抗膜和2层以上的高声阻抗膜, 1层的所述低声阻抗膜的厚度或者任意2层的各低声阻抗膜的平均厚度与任意2层的各高声阻抗膜的平均厚度的和是所述体波的 $0.02 \sim 0.09$ 波长。

[0030] 在此, 欧拉角 $(\phi, \theta, \psi)$ 是右手系, 表示压电基板的剖切面、和弹性波的传播方向。即, 相对于构成压电基板的晶体、LT或者LN的晶轴X、Y、Z而言, 将Z轴作为旋转轴, 使X轴逆时针旋转 $\phi$ , 得到X'轴。接着, 将该X'轴作为旋转轴, 使Z轴逆时针旋转 $\theta$ , 得到Z'轴。此时, 将Z'轴作为法线, 将包含X'轴的面作为压电基板的剖切面。另外, 弹性波的传播方向设定为将Z'轴作为旋转轴使X'轴逆时针旋转 $\psi$ 的方向。另外, 将通过这些旋转使Y轴移动所得到的与X'轴及Z'轴垂直的轴作为Y'轴。

[0031] 通过这样定义欧拉角,例如,关于 $40^\circ$ 旋转Y板X方向传播,利用欧拉角表示为 $(0^\circ, -50^\circ, 0^\circ)$ ,关于 $40^\circ$ 旋转Y板 $90^\circ$ X方向传播,利用欧拉角表示为 $(0^\circ, -50^\circ, 90^\circ)$ 。此外,当以期 望的欧拉角切取压电基板时,相对于欧拉角的各成分而言,有可能产 生最大为 $\pm 0.5^\circ$ 程度的误差。关于弹性波的特性,在 $(\phi, \theta, \psi)$ 欧拉角中,关于 $\phi, \psi$ ,基本上没有 $\pm 5^\circ$ 程度的偏差引起的特性差。另外,对于欧拉角 $(0^\circ, \theta, 0^\circ)$ ,就欧拉角而言, $(0^\circ, \theta+360^\circ, 0^\circ)$ 是等价的面。另一方面,就欧拉角而言, $(0^\circ, \theta+180^\circ, 0^\circ)$ 虽然不是与 $(0^\circ, \theta, 0^\circ)$ 等价的面,但是具有基板正反面的关系。但是,当压电基板作为单板使用时,在弹性波器件中,正反面呈现相 同的特性,因此这里将基板正反面关系的方位也视为等价的面。

### (三)有益效果

[0032] 根据本发明,能够提供一种弹性波器件,其能够在6GHz以上的 超高频带中得到良好特性,并且能够确保充分的机械强度。

## 附图说明

[0033] 在图1中,(a)是表示本发明实施方式的弹性波器件的立体图,(b)是(a)的侧视图,(c)是表示(a)的弹性波器件的、上部电 极为两个的变形例的立体图,(d)是(c)的侧视图,(e)是表示(a)的弹性波器件的、上部电极为三个的变形例的立体图,(f)是(e)的侧视图,(g)是(e)的等价电路。

在图2中,(a)是表示本发明实施方式的弹性波器件的、构成细 长的条带型结构的变形例的立体图,(b)是(a)的侧视图,(c)是 表示(a)的弹性波器件的、上部电极为两个的变形例的立体图,(d)是(c)的侧视图,(e)是表示(a)的弹性波器件的、具有细长的槽 状切口的变形例的立体图,(f)是(e)的侧视图,(g)是表示(a)的弹性波器件的、上部电极为三个的变形例的立体图,(h)是(g)的侧视图,(i)是(g)的等价电路。

图3是表示图1的(a)及(b)所示的弹性波器件的、将压电基 板设定为 $(0^\circ, 75^\circ, \psi)$ LN基板、将声多层膜的各层的平均厚度 设定为激励的体波的(a)0.25波长、(b)0.05波长时的、厚度剪切 振动的频率特性的曲线图。

图4是表示图1的(a)及(b)所示的弹性波器件的、将压电基 板设定为 $(0^\circ, \theta, \psi)$ LN基板、将声多层膜的各层的平均厚度设 定为0.05波长时的、厚度剪切振动的高次模的(a)带宽(Bandwidth)、(b)阻抗比(Impedance ratio)的 $\theta$ 关联性的曲线图。

在图5中,将图1的(a)及(b)所示的弹性波器件的、压电基 板设定为 $(0^\circ, 75^\circ, \psi)$ LN基板,(a)是将高声阻抗膜的厚度设 定为0.0625波长时的、低声阻抗膜的厚度与厚度剪切 振动的高次模 的阻抗比的关系的曲线图,(b)是将低声阻抗膜的厚度设定为0.0625 波长时的、高声阻抗膜的厚度与厚度剪切振动的高次模的阻抗比的关系的曲线图,(c)是声多 层膜的各层的平均厚度与厚度剪切振动的高 次模的阻抗比的关系的曲线图。

图6是表示图1的(a)及(b)所示的弹性波器件的、将压电基 板设定为 $(0^\circ, 75^\circ, \psi)$ LN基板、将声多层膜的各层的平均厚度 设定为0.05波长时的、声多层膜的层数与厚度剪切 振动的高次模的 阻抗比的关系的曲线图。

图7是表示图1的(a)及(b)所示的弹性波器件的、将压电基 板设定为 $(90^\circ, 90^\circ, \psi)$ LN基板时的、声多层膜的各层的平均 厚度与厚度剪切振动的高次模的阻抗比的关系的曲线图。

在图8中,关于图1的(a)及(b)所示的弹性波器件,(a)是将压电基板设定为 $(0^\circ、126^\circ、\psi)$ LN基板、将声多层膜的各层的平均厚度设定为0.05波长时的、厚度纵向振动的频率特性的曲线图,(b)是将压电基板设定为 $(0^\circ、\theta、\psi)$ LN基板、将声多层膜的各层的平均厚度设定为0.05波长时的、厚度纵向振动的高次模的阻抗比的 $\theta$ 关联性的曲线图,(c)是将压电基板设定为 $(0^\circ、126^\circ、\psi)$ LN基板时的、声多层膜的各层的平均厚度与厚度纵向振动的高次模的阻抗比的关系的曲线图。

在图9中,关于图2的(a)及(b)所示的条带型的弹性波器件,(a)是将压电基板设定为 $(0^\circ、\theta、18^\circ)$ LN基板、将声多层膜的各层的平均厚度设定为0.05波长时的、厚度剪切振动的高次模的阻抗比的 $\theta$ 关联性的曲线图,(b)是将压电基板设定为 $(0^\circ、-100^\circ、18^\circ)$ LN基板时的、声多层膜的各层的平均厚度与厚度剪切振动的高次模的阻抗比的关系的曲线图。

在图10中,关于图1的(a)及(b)所示的弹性波器件,(a)是将压电基板设定为 $(0^\circ、\theta、\psi)$ LT基板、将声多层膜的各层的平均厚度设定为0.05波长时的、厚度剪切振动的高次模的阻抗比的 $\theta$ 关联性的曲线图,(b)是将压电基板设定为 $(0^\circ、74^\circ、\psi)$ LT基板时的、声多层膜的各层的平均厚度与厚度剪切振动的高次模的阻抗比的关系的曲线图,(c)是将压电基板设定为 $(90^\circ、90^\circ、\psi)$ LT基板时的、声多层膜的各层的平均厚度与厚度剪切振动的高次模的阻抗比的关系的曲线图。

在图11中,关于图1的(a)及(b)所示的弹性波器件,(a)是将压电基板设定为 $(0^\circ、\theta、\psi)$ LT基板、将声多层膜的各层的平均厚度设定为0.05波长时的、厚度纵向振动的高次模的阻抗比的 $\theta$ 关联性的曲线图,(b)是将压电基板设定为 $(0^\circ、130^\circ、\psi)$ LT基板时的、声多层膜的各层的平均厚度与厚度纵向振动的高次模的阻抗比的关系的曲线图。

在图12中,关于图2的(a)及(b)所示的条带型的弹性波器件,(a)是将压电基板设定为 $(0^\circ、\theta、\psi)$ LT基板、将声多层膜的各层的平均厚度设定为0.05波长时的、厚度剪切振动的高次模的阻抗比的 $\theta$ 关联性的曲线图,(b)是将压电基板设定为 $(0^\circ、74^\circ、175^\circ)$ LT基板时的、声多层膜的各层的平均厚度与厚度剪切振动的高次模的阻抗比的关系的曲线图,(c)是将压电基板设定为 $(90^\circ、90^\circ、37^\circ)$ LT基板时的、声多层膜的各层的平均厚度与厚度剪切振动的高次模的阻抗比的关系的曲线图。

图13是表示图1的(a)及(b)所示的弹性波器件的、将压电基板设定为 $(90^\circ、90^\circ、\psi)$ LN基板时的、任意2层低声阻抗膜的平均厚度与2层高声阻抗膜的平均厚度的和与厚度剪切振动的高次模的阻抗比的关系的曲线图。

图14是表示本发明实施方式的弹性波器件的、压电基板由两层构成的变形例的侧视图。

图15是表示图14所示的弹性波器件的、将压电基板设定为 $(0^\circ、126^\circ、\psi)$ LN基板 $(0^\circ、306^\circ、\psi)$ / $(0^\circ、306^\circ、\psi)$ LN基板 $(0^\circ、126^\circ、\psi)$ 时的、厚度纵向振动的频率特性的曲线图。

图16的(a)是表示图1的(a)及(b)所示的弹性波器件的、将压电基板设定为 $(0^\circ、126^\circ、0^\circ)$ LN基板时的、厚度纵向振动的基模的约3倍的高次模附近的频率特性的曲线图,(b)是表示图15所示的厚度纵向振动的2倍波的约3倍的高次模(9.8GHz)附近的频率特性的曲线图。

图17是表示图14所示的弹性波器件的、将压电基板设定为 $(0^\circ、126^\circ、\psi)$ LN基板

( $0^\circ$ 、 $306^\circ$ 、 $\psi$ ) / ( $0^\circ$ 、 $306^\circ$ 、 $\psi$ ) LN基板 ( $0^\circ$ 、 $126^\circ$ 、 $\psi$ ) 时、以及将压电基板设定为 ( $0^\circ$ 、 $126^\circ$ 、 $\psi$ ) LN基板 ( $0^\circ$ 、 $306^\circ$ 、 $\psi$ ) / ( $0^\circ$ 、 $306^\circ$ 、 $\psi+180^\circ$ ) LN基板 ( $0^\circ$ 、 $126^\circ$ 、 $\psi+180^\circ$ ) 时、以及图1的 (a) 及 (b) 所示的弹性波器件的、将压电基板设定为 ( $0^\circ$ 、 $126^\circ$ 、 $\psi$ ) LN基板时的、(a) 低声阻抗膜的厚度与厚度纵向振动的高次模的阻抗比的关系的曲线图、(b) 低声阻抗的平均厚度与高声阻抗的平均厚度的和与厚度纵向振动的高次模的阻抗比的关系的曲线图。

图18是表示图14所示的弹性波器件的、将压电基板设定为 ( $0^\circ$ 、 $74^\circ$ 、 $0^\circ$ ) LN基板 ( $0^\circ$ 、 $254^\circ$ 、 $0^\circ$ ) / ( $0^\circ$ 、 $254^\circ$ 、 $0^\circ$ ) LN基板 ( $0^\circ$ 、 $74^\circ$ 、 $0^\circ$ )、( $0^\circ$ 、 $74^\circ$ 、 $0^\circ$ ) LN基板 ( $0^\circ$ 、 $254^\circ$ 、 $0^\circ$ ) / ( $0^\circ$ 、 $254^\circ$ 、 $180^\circ$ ) LN基板 ( $0^\circ$ 、 $74^\circ$ 、 $180^\circ$ )、( $0^\circ$ 、 $74^\circ$ 、 $0^\circ$ ) LN基板 ( $0^\circ$ 、 $254^\circ$ 、 $0^\circ$ ) / ( $0^\circ$ 、 $74^\circ$ 、 $180^\circ$ ) LN基板 ( $0^\circ$ 、 $254^\circ$ 、 $180^\circ$ )、( $0^\circ$ 、 $74^\circ$ 、 $0^\circ$ ) LN基板 ( $0^\circ$ 、 $254^\circ$ 、 $0^\circ$ ) / ( $0^\circ$ 、 $254^\circ$ 、 $90^\circ$ ) LN基板 ( $0^\circ$ 、 $74^\circ$ 、 $90^\circ$ )、以及 ( $0^\circ$ 、 $74^\circ$ 、 $0^\circ$ ) LN基板 ( $0^\circ$ 、 $254^\circ$ 、 $0^\circ$ ) / ( $0^\circ$ 、 $74^\circ$ 、 $90^\circ$ ) LN基板 ( $0^\circ$ 、 $254^\circ$ 、 $90^\circ$ ) 时、以及图1的 (a) 及 (b) 所示的弹性波器件的、将压电基板设定为 ( $0^\circ$ 、 $74^\circ$ 、 $0^\circ$ ) LN基板时的、低声阻抗的平均厚度与高声阻抗的平均厚度的和与厚度剪切振动的高次模的阻抗比的关系的曲线图。

### 具体实施方式

[0034] 下面基于附图对本发明的实施方式进行说明。

图1至图18表示本发明实施方式的弹性波器件。

如图1和图2所示，弹性波器件10以利用体波的谐振特性中的高次模的方式构成，具有压电基板11、电极12、声多层膜13、保持基板14。

[0035] 压电基板11由 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 、或者硅酸镓镧的单晶构成。电极12由两个以上的电极构成，分别形成较薄的板状。各电极12沿着压电基板11的表面分别粘贴在压电基板11的一个表面或者另一个表面。各电极12既可以以覆盖压电基板11的表面整体的方式设置，也可以以覆盖压电基板11的表面的一部分的方式设置。另外，各电极12的平面形状可以是任何形状，也可以如图1的 (a) 所示为圆形，也可以如图1的 (c)、(e) 所示为矩形形状。

[0036] 另外，如图1的 (a)、(b)、图2的 (a)、(b)、(e)、(f) 所示，电极12由一对电极构成，可以分别设置于压电基板11的一个表面及另一个表面。另外，如图1的 (c)、(d)、图2的 (c)、(d) 所示，电极12由三个构成，以构成两个谐振子串联连接的结构的方式，一个电极12以作为共用电极覆盖压电基板11的一个表面的方式设置，剩下的两个电极12并列设置于压电基板11的另一个表面。另外，如图1的 (e)、(f)、图2的 (g)、(h) 所示，电极12由四个电极构成，以三个谐振子构成呈串联或者并联连接的结构的方式，一个电极12以作为共用电极覆盖压电基板11的一个表面的方式设置，剩下的三个电极12并列设置于压电基板11的另一个表面。另外，这些电极12的个数可以更多。

[0037] 如图1和图2所示，声多层膜13粘贴于设置于压电基板11的一个表面的电极12的、与压电基板11相反的一侧的面上。就声多层膜13而言，从压电基板11的侧朝向其相反侧，低声阻抗膜13a与高声阻抗膜13b交替地层叠。另外，优选声多层膜13的低声阻抗膜13a与高声阻抗膜13b交替且连续地层叠为3层以上且20层以下。在图1和图2所示的具体的一例中，最接近压电基板11的层是低声阻抗膜13a，低声阻抗膜13a与高声阻抗膜13b交替且连续地层叠6层。

[0038] 各低声阻抗膜13a及各高声阻抗膜13b即使在使用体波的纵波及横波的任意一种的情况下,也由包含表1或者表2所示的材料的至少其一的膜、或者包含这些膜中的至少其一的氧化膜、氮化膜、碳化膜或者碘化膜构成。此外,表1中的Z1是体波的纵波的声阻抗,c33是弹性刚度常数,表2中的Zs是体波的横波的声阻抗,c44是弹性刚度常数。另外,表1和表2中的 $Si_xN_y$ 的、x及y是正的实数。

[0039] [表1]

材料	密度 (kg · m <sup>3</sup> )	C33	VI (m/s)	ZI (Ns/m <sup>3</sup> )
Mg合金	1800	7.222E+10	6334	1.140E+07
SiO <sub>2</sub>	2210	7.850E+10	5960	1.317E+07
Al	2699	1.113E+11	6422	1.733E+07
Si	2329	2.365E+11	10077	2.347E+07
Ge	5323	1.26E+11	4866	2.590E+07
Ti	4510	1.661E+11	6069	2.737E+07
ZnO	5665	2.096E+11	6083	3.446E+07
Si <sub>x</sub> N <sub>y</sub>	3200	3.710E+11	10767	3.446E+07
AlN	3260	3.950E+11	11008	3.588E+07
SiC	3200	4.580E+11	11963	3.828E+07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3800	4.170E+11	10476	3.981E+07
Ag	10500	1.527E+11	3814	4.004E+07
Hf	13310	1.380E+11	3219	4.285E+07
Cu	8930	2.106E+11	4856	4.337E+07
TiO <sub>2</sub>	4249	4.700E+11	10517	4.469E+07
Ni	8845	3.115E+11	5934	5.249E+07
Au	19300	2.202E+11	3378	6.519E+07
Ta	16678	2.668E+11	4000	6.671E+07
Mo	10219	4.696E+11	6779	6.927E+07
Pt	21400	3.356E+11	3960	8.474E+07
W	19265	5.214E+11	5202	1.002E+08

[表2]

材料	密度 (kg · m <sup>3</sup> )	C44	V (m/s)	Zs (Ns/m <sup>3</sup> )
Mg合金	1800	1.667E+10	3043	5.478E+06
SiO <sub>2</sub>	2210	3.120E+10	3757	8.304E+06
Al	2699	2.610E+10	3110	8.393E+06
Si	2329	7.227E+10	5570	1.297E+07
Ti	4510	4.380E+10	3116	1.405E+07
Ge	5323	4.09E+10	2771	1.475E+07
ZnO	5665	4.230E+10	2733	1.548E+07
Ag	10500	3.290E+10	1770	1.859E+07
Si <sub>x</sub> N <sub>y</sub>	3200	1.130E+11	5942	1.902E+07

Hf	13310	2.847E+10	1462	1.947E+07
AlN	3260	1.180E+11	6016	1.961E+07
Cu	8930	5.140E+10	2399	2.142E+07
TiO <sub>2</sub>	4249	1.232E+11	5385	2.288E+07
SiC	3200	1.650E+11	7181	2.298E+07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3800	1.460E+11	6198	2.355E+07
Au	19300	2.990E+10	1245	2.402E+07
Ni	8845	9.290E+10	3241	2.867E+07
Mo	10219	1.068E+11	3233	3.304E+07
Pt	21400	5.968E+10	1670	3.574E+07
Ta	16678	8.249E+10	2224	3.709E+07
W	19265	1.604E+11	2885	5.559E+07

[0041] 各低声阻抗膜13a由声阻抗比相邻的高声阻抗膜13b小的材料构成。各低声阻抗膜13a可以由相同的材料构成,也可以由不同的材料构成。另外,各高声阻抗膜13b也可以由相同的材料构成,也可以由不同的材料构成。在图1和图2所示的具体的一例中,各低声阻抗膜13a由Al膜构成,各高声阻抗膜13b由W膜构成。

[0042] 保持基板14以在与压电基板11之间夹持声多层膜13的方式粘贴于声多层膜13的与压电基板11相反的一侧的面上。保持基板14以支撑压电基板11、电极12、声多层膜13的方式设置。在图1和图2所示的具体的一例中,保持基板14由Si基板构成,除此之外,也可以由水晶基板、蓝宝石基板、玻璃基板、石英基板、锆基板、氧化铝基板等构成。

[0043] 如图1的(a)及(b)所示,弹性波器件10可以是电极12由一对电极构成的结构。另外,如图1的(c)及(d)所示,也可以形成在压电基板11的另一个表面、即与声多层膜13相反的一侧的面上设置有两个电极(上部电极)12,在压电基板11的一个表面上设置有一个电极(下部电极)12的、两个谐振子串联连接的结构。在这种情况下,通过使上部电极12成为输入输出电极,使下部电极12成为接地公共电极,从而能够构成多模滤波器。

[0044] 另外,如图2所示,弹性波器件10可以形成细长的条带型结构。在该结构中,以设置于压电基板11的另一个表面、即与声多层膜13相反的一侧的面上的电极12的、一对长边侧的侧面与压电基板11的侧面位置对齐的方式形成。在这种情况下,如图2的(a)及(b)所示,可以是电极12由一对电极构成的结构。另外,如图2的(c)及(d)所示,也可以形成在压电基板11的另一个表面设置有两个电极(上部电极)12,在压电基板11的一个表面设置有一个电极(下部电极)12的、两个谐振子串联连接的结构。在这种情况下,通过使上部电极12成为输入输出电极,使下部电极12成为接地公共电极,从而能够构成多模滤波器。另外,如图2的(e)及(f)所示,也可以在从压电基板11到声多层膜13分别对置的一对侧缘上该侧缘间的宽度变窄的方式留下一个端部和另一个端部而制作细长的槽状(矩形状)切口15,并形成条带型的结构。

[0045] 另外,如图1的(e)、(f)、图2的(g)、(h)所示,弹性波器件10可以形成设置有三个上部电极12、设置有一个下部电极且那些电极12连接的结构。在这种情况下,通过将三个上部电极12分别作为滤波器的输入电极、输出电极、接地公共电极,并将下部电极12作为连接该三个谐振子的共用电极,从而能够分别构成图1的(g)及图2的(i)的等价电路所示

的T型梯式滤波器。另外,上部电极 12、下部电极12可以分别是4个以上、2个以上。在这种情况下,能够构成级数更多的梯式滤波器。此外,图1所示的弹性波器件10能够利用压电基板11的厚度剪切振动、或者压电基板11的厚度纵向振动。另外,图2所示的弹性波器件10能够利用压电基板11的厚度剪切振动。

[0046] 接着,对作用进行说明。

弹性波器件10利用声多层膜13能够激励比基模(0次)频率高的高次模(1次模、2次模、•••)。另外,通过设定压电基板11的种类、声多层膜13的各层厚度,从而能够得到具有较大的阻抗比的高次模。弹性波器件10使用该高次模,从而能够在6GHz以上的超高频带中,得到阻抗比较大的良好特性。另外,通过使用高次模,从而不需要使压电基板11极端地薄,在压电基板11的上下不需要空腔,因此即使对于6GHz以上的超高频带,也能够确保充分的机械强度。

[0047] 此外,在图1的(a)及图2的(a)中,M轴在压电基板( $\pm 90^\circ$ 、 $\pm 90^\circ$ 、 $\psi$ )时表示Y轴,在其以外的欧拉角时表示X轴。另外,如图1的(a)及图2的(a)所示, $\psi$ 是从M轴起逆时针方向上与垂直于与旋转的M轴接触的面的方向N的角度。

[0048] (LN基板的厚度剪切振动)

关于图1的(a)及(b)所示的弹性波器件10,使用LN基板的压电基板11求出了厚度剪切振动的频率特性、以及高次模的阻抗比等。将设置于压电基板11的另一个表面、即与声多层膜13相反的一侧的面上的电极12(以下称为“上部电极”)设定为A1电极(厚度50nm),将压电基板11设定为欧拉角为( $0^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $\psi$ )的LN基板(厚度 $1\mu\text{m}$ ),将压电基板11与声多层膜13之间的电极12(以下称为“下部电极”)设定为A1电极(厚度50nm)。另外,将声多层膜13设定为使A1膜的低声阻抗膜13a与W膜的高声阻抗膜13b交替地层叠了6层的结构,将保持基板14设定为Si基板。此外,在此,虽然区别下部电极的A1电极、以及第一层的低声阻抗膜13a的A1膜二者的厚度,但在该二者是相同材料的情况下,可以将二者相加的膜厚作为低声阻抗膜13a的厚度。

[0049] 此外,电极12为了抑制质量负荷引起的频率降低,上部电极采用低密度且薄至50nm的A1电极。另外,以下仅用( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ )来表示欧拉角( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ )。

[0050] 在图3的(a)中示出使声多层膜13的各层的平均厚度成为激励的体波的0.25波长(压电基板11的厚度的一半)时的频率特性。如图3的(a)所示,确认了厚度剪切振动的基本谐振频率(基模)的1.9GHz被较强地激励并得到73dB的阻抗比。另外,也确认了基模的约3.6倍的6.9GHz的高次模的阻抗比是40dB左右。

[0051] 接着,在图3的(b)中示出使声多层膜13的各层的平均厚度成为图3的(a)的1/5、即0.05波长时的频率特性。如图3的(b)所示,确认了6.9GHz的高次模频率的谐振特性被较强地激励并得到72dB的阻抗比。这与图3的(a)的基模的阻抗比73dB是相同程度。另外,确认了基模1~2GHz频带中的激励被分成三个,各个阻抗比被抑制为17dB以下,作为寄生而影响较少。

[0052] 接着,分别在图4的(a)及(b)中示出将压电基板11设定为( $0^\circ$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ )LN基板、将声多层膜13的各层的平均厚度设定为0.05波长时的、约7GHz的高次模的带宽(Bandwidth)及阻抗比(Impedance ratio)的 $\theta$ 关联性。此外,在厚度振动下,在相对于厚度垂直的水平面上的电极12的形状相对于x方向及y方向而言基本上对称,因此 $\psi=0^\circ\sim 180^\circ$ (以下也同

样)。如图4的(b)所示,确认了阻抗比在 $\theta=66.5^\circ\sim 82^\circ$ 下得到50dB以上,在 $\theta=70^\circ\sim 81^\circ$ 下得到60dB以上,在 $\theta=72^\circ\sim 78^\circ$ 下得到70dB以上。

[0053] 接着,根据图4的(b)的结果求出将压电基板11设定为( $0^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $\psi$ )LN基板、将高声阻抗膜13b的厚度设定为0.0625波长时的、低声阻抗膜13a的厚度与约7GHz的高次模的阻抗比的关系,并在图5的(a)中示出。如图5的(a)所示,确认了阻抗比在低声阻抗膜13a的厚度为0.016波长 $\sim$ 0.11波长下得到50dB以上,在0.026波长 $\sim$ 0.10波长下得到60dB以上,在0.0375波长 $\sim$ 0.09波长下得到70dB以上。

[0054] 接着,求出将压电基板11设定为( $0^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $\psi$ )LN基板、将低声阻抗膜13a的厚度设定为0.0625波长时的、高声阻抗膜13b的厚度与约7GHz的高次模的阻抗比的关系,并在图5的(b)中示出。如图5的(b)所示,确认了阻抗比在低声阻抗膜13a的厚度为0.016波长 $\sim$ 0.107波长下得到50dB以上,在0.025波长 $\sim$ 0.10波长下得到60dB以上,在0.038波长 $\sim$ 0.08波长下得到70dB以上。

[0055] 接着,求出将压电基板11设定为( $0^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $\psi$ )LN基板时的、声多层膜13的各层的平均厚度与约7GHz的高次模的阻抗比的关系,并在图5的(c)中示出。如图5的(c)所示,确认了阻抗比在声多层膜13的各层的平均厚度为0.023波长 $\sim$ 0.097波长下得到50dB以上,在0.032波长 $\sim$ 0.087波长下得到60dB以上,在0.043波长 $\sim$ 0.07波长下得到70dB以上。

[0056] 接着,求出将压电基板11设定为( $0^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $\psi$ )LN基板、将声多层膜13的各层的平均厚度设定为0.05波长时的、声多层膜13的层数与约7GHz的高次模的阻抗比的关系,并在图6中示出。如图6所示,确认了阻抗比在声多层膜13为3层以上下得到60dB以上,在4层 $\sim$ 20层下得到70dB以上。此外,如果声多层膜13超过20层,则有可能在压电基板11上产生较大的翘曲、裂纹等,存在制造上的问题,因此优选为20层以下。

[0057] 根据图6的结果,例如,在声多层膜13的从第一层到第四层的厚度分别是0.05波长、第五层及第六层是2波长时,声多层膜13的6层的平均厚度为0.7波长。但是,实际上,由于从第一层到第四层的厚度分别满足0.05波长的条件,因此能够实现高阻抗。因此,声多层膜13的各层的平均厚度可以用从压电基板11的侧到第三层或者第四层的平均厚度、或者声多层膜13中的任意的连续的3层或者4层的平均厚度来计算。此外,在第一层附近作为电极12而使用了非常薄的多层膜电极12的情况下,由于作为电极12进行作用,因此也有不作为声多层膜13进行作用的情况下。另外,如A1电极那样,能够兼作电极12和声阻抗膜的电极12也能够作为声多层膜13的层而包含。

[0058] 接着,求出将压电基板11设定为( $90^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $\psi$ )LN基板时的、声多层膜13的各层的平均厚度与约7GHz的高次模的阻抗比的关系,并在图7中示出。如图7所示,确认了阻抗比在声多层膜13的各层的平均厚度为0.02波长 $\sim$ 0.095波长下得到50dB以上,在0.03波长 $\sim$ 0.088波长下得到60dB以上,在0.05波长 $\sim$ 0.07波长下得到70dB以上。

[0059] (LN基板的厚度纵向振动)

关于图1的(a)及(b)所示的弹性波器件10,使用LN基板的压电基板11求出了厚度纵向振动的频率特性、以及高次模的阻抗比等。将上部电极设定为A1电极(厚度50nm),将压电基板11设定为( $0^\circ$ 、 $126^\circ$ 、 $\psi$ )LN基板(厚度1 $\mu\text{m}$ ),将下部电极设定为A1电极(厚度50nm)。另外,将声多层膜13设定为使A1膜的低声阻抗膜13a与W膜的高声阻抗膜13b交替地层叠了6层的结构,将保持基板14设定为Si基板。

[0060] 在图8的(a)中示出将声多层膜13的各层的平均厚度设定为0.05 波长时的频率特性。如图8的(a)所示,确认了在厚度纵向振动的高次模下,图3的(b)的厚度剪切振动的高次模的约1.6倍的、11GHz 频率的谐振特性被较强地激励,得到63dB的阻抗比。高次模的频率的不同是体波的横波的声速与纵波的声速的差引起的。根据这些结果,可知,当利用厚度纵向振动的高次模时,虽然阻抗比变低,但是能够实现更高频的器件。

[0061] 接着,在图8的(b)中示出将压电基板11设定为( $0^\circ$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ ) LN基板、将声多层膜13的各层的平均厚度设定为0.05波长时的、约11GHz的高次模的阻抗比的 $\theta$ 关联性。如图8的(b)所示,确认了阻抗比在 $\theta=119^\circ\sim 133^\circ$ 下得到50dB以上,在 $\theta=123^\circ\sim 129^\circ$ 下得到60dB以上。

[0062] 接着,根据图8的(b)的结果求出将压电基板11设定为( $0^\circ$ 、 $126^\circ$ 、 $\psi$ ) LN基板时的、声多层膜13的各层的平均厚度与约11GHz的高次模的阻抗比的关系,并在图8的(c)中示出。如图8的(c)所示,确认了阻抗比在声多层膜13的各层的平均厚度为0.032波长 $\sim$  0.08波长下得到50dB以上,在0.043波长 $\sim$ 0.07波长下得到60dB以上。

[0063] (条带型的LN基板的厚度剪切振动)

关于图2的(a)及(b)所示的条带型的弹性波器件10,使用 LN基板的压电基板11求出了厚度剪切振动的高次模的阻抗比等。将上部电极设定为A1电极(厚度50nm),将压电基板11设定为( $0^\circ$ 、 $\theta$ 、 $18^\circ$ ) LN基板(厚度1 $\mu$ m),将下部电极设定为A1电极(厚度50nm)。另外,将声多层膜13设定为使A1膜的低声阻抗膜13a与W膜的高声阻抗膜13b交替地层叠了6层的结构,将保持基板14设定为Si基板。

[0064] 在图9的(a)中示出将声多层膜13的各层的平均厚度设定为0.05 波长时的、高次模的阻抗比的 $\theta$ 关联性。如图9的(a)所示,确认了阻抗比在 $\theta=-123^\circ\sim -80^\circ$ 下得到50dB以上,在 $-112^\circ\sim -90^\circ$ 下得到60dB以上。此外,用 $18^\circ$ 代表了 $\psi$ ,虽然由于上部电极12的结构等 $\psi$ 的最佳值多少有些不同,但是在 $\psi=0^\circ\sim 180^\circ$ 的范围内,阻抗比的差收敛在2dB以内。

[0065] 接着,根据图9的(a)的结果求出将压电基板11设定为( $0^\circ$ 、 $-100^\circ$ 、 $18^\circ$ ) LN基板时的、声多层膜13的各层的平均厚度与高次模的阻抗比的关系,并在图9的(b)中示出。如图9的(b)所示,确认了阻抗比在声多层膜13的各层的平均厚度为0.02波长 $\sim$ 0.1波长下得到50dB以上,在0.025波长 $\sim$ 0.088波长下得到60dB以上。

[0066] (LT基板的厚度剪切振动)

关于图1的(a)及(b)所示的弹性波器件10,使用LT基板的压电基板11求出了厚度剪切振动的高次模的阻抗比等。将上部电极设定为A1电极(厚度50nm),将压电基板11设定为( $0^\circ$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ )的LT基板(厚度1 $\mu$ m),将下部电极设定为A1电极(厚度50nm)。另外,将声多层膜13设定为使A1膜的低声阻抗膜13a与W膜的高声阻抗膜13b交替地层叠了6层的结构,将保持基板14设定为Si基板。

[0067] 在使用了LT基板时,由于横波声速比LN慢,因此厚度剪切振动的高次模频率变低。使用了最佳方位角附近的LT时的高次模频率是约6.1GHz。在图10的(a)中示出将声多层膜13的各层的平均厚度设定为0.05波长时的、该约6.1GHz的高次模的阻抗比的 $\theta$ 关联性。如图10的(a)所示,确认了阻抗比在 $\theta=56^\circ\sim 96^\circ$ 下得到50dB以上,在 $\theta=62^\circ\sim 93^\circ$ 下得到60dB以上。

[0068] 接着,根据图10的(a)的结果求出将压电基板11设定为( $0^\circ$ 、 $74^\circ$ 、 $\psi$ ) LT基板时的、

声多层膜13的各层的平均厚度与约6.1GHz的高次模的阻抗比的关系,并在图10的(b)中示出。如图10的(b)所示,确认了阻抗比在声多层膜13的各层的平均厚度为0.02波长~0.083波长下得到50dB以上,在0.033波长~0.075波长下得到60dB以上。

[0069] 接着,求出将压电基板11设定为(90°、90°、 $\psi$ )LT基板时的、声多层膜13的各层的平均厚度与约6.1GHz的高次模的阻抗比的关系,并在图10的(c)中示出。如图10的(c)所示,确认了阻抗比在声多层膜13的各层的平均厚度为0.023波长~0.088波长下得到50dB以上,在0.036波长~0.07波长下得到60dB以上。

[0070] (LT基板的厚度纵向振动)

关于图1的(a)及(b)所示的弹性波器件10,使用LT基板的压电基板11求出了厚度纵向振动的高次模的阻抗比等。将上部电极设定为A1电极(厚度50nm),将压电基板11设定为(0°、 $\theta$ 、 $\psi$ )LT基板(厚度1 $\mu$ m),将下部电极设定为A1电极(厚度50nm)。另外,将声多层膜13设定为使A1膜的低声阻抗膜13a与W膜的高声阻抗膜13b交替地层叠了6层的结构,将保持基板14设定为Si基板。

[0071] 在这种情况下,也由于在使用了LT基板时纵波声速比LN慢,因此厚度纵向振动的高次模频率变低。使用了最佳方位角附近的LT时的高次模频率是约10GHz。在图11的(a)中示出将声多层膜13的各层的平均厚度设定为0.05波长时的、该约10GHz的高次模的阻抗比的 $\theta$ 关联性。如图11的(a)所示,确认了阻抗比在 $\theta=112^\circ\sim 138^\circ$ 下得到50dB以上。

[0072] 接着,根据图11的(a)的结果求出将压电基板11设定为(0°、130°、 $\psi$ )LT基板时的、声多层膜13的各层的平均厚度与约10GHz的高次模的阻抗比的关系,并在图11的(b)中示出。如图11的(b)所示,确认了阻抗比在声多层膜13的各层的平均厚度为0.037波长~0.07波长下得到50dB以上。

[0073] (条带型的LT基板的厚度剪切振动)

关于图2的(a)及(b)所示的条带型的弹性波器件10,使用LT基板的压电基板11求出了厚度剪切振动的高次模的阻抗比等。将上部电极设定为A1电极(厚度50nm),将压电基板11设定为(0°、 $\theta$ 、 $\psi$ )LT基板(厚度1 $\mu$ m),将下部电极设定为A1电极(厚度50nm)。另外,将声多层膜13设定为使A1膜的低声阻抗膜13a与W膜的高声阻抗膜13b交替地层叠了6层的结构,将保持基板14设定为Si基板。

[0074] 在这种情况下的高次模的频率是约6GHz。在图12的(a)中示出将声多层膜13的各层的平均厚度设定为0.05波长时的、该约6GHz的高次模的阻抗比的 $\theta$ 关联性。如图12的(a)所示,确认了阻抗比在 $\theta=63^\circ\sim 91^\circ$ 下得到50dB以上,在 $\theta=68^\circ\sim 86^\circ$ 下得到55dB以上。

[0075] 接着,根据图12的(a)的结果求出将压电基板11设定为(0°、74°、175°)LT基板时的、声多层膜13的各层的平均厚度与约6GHz的高次模的阻抗比的关系,并在图12的(b)中示出。如图12的(b)所示,确认了阻抗比在声多层膜13的各层的平均厚度为0.02波长~0.08波长下得到50dB以上,在0.03波长~0.07波长下得到55dB以上。此外,用175°代表了 $\psi$ ,虽然由于上部电极12的结构等 $\psi$ 的最佳值多少有些不同,但是在 $\psi=0^\circ\sim 180^\circ$ 的范围中,阻抗比的差收敛在2dB以内。

[0076] 接着,求出将压电基板11设定为(90°、90°、37°)LT基板时的、声多层膜13的各层的平均厚度与约6GHz的高次模的阻抗比的关系,并在图12的(c)中示出。如图12的(c)所示,确认了阻抗比在声多层膜13的各层的平均厚度为0.031波长~0.077波长下得到50dB

以上,在0.040波长~0.055波长下得到60dB以上。此外,用 $37^\circ$ 代表了 $\psi$ ,虽然由于上部电极12的结构等 $\psi$ 的最佳值多少有些不同,但是在 $\psi=0^\circ\sim 180^\circ$ 的范围中,阻抗比的差收敛在2dB以内。

[0077] 此外,在图5、图7~图12中示出高次(谐波)模的阻抗比与声多层膜的各层的平均厚度的关系,即使在低声阻抗膜的平均厚度与高声阻抗膜的平均厚度不同时,也能得到较大的阻抗比。例如,求出将压电基板11设定为 $(90^\circ、90^\circ、\psi)$ LN基板、将声多层膜13设定为使 $\text{SiO}_2$ 膜的低声阻抗膜13a与Ta膜的高声阻抗膜13b交替地层叠4层的结构时的、2层低声阻抗膜13a的平均厚度与2层高声阻抗膜13b的平均厚度的和与阻抗比的关系,并在图13中示出。

[0078] 如图13所示,确认了阻抗比在和的厚度为0.07~0.15波长下得到60dB以上,在0.083~0.142波长下得到65dB以上,在0.1~0.13波长下得到70dB以上。该关系也能够适用于图5、图7~图12所示的LN、LT的方位角、厚度滑动、厚度纵向振动中适用,在0.07~0.15波长下得到较大的阻抗比,在0.083~0.142波长下得到更大的阻抗比,在0.1~0.13波长下得到进一步更大的阻抗比。

[0079] (重叠两个压电基板时的高次模)

关于图1的(a)及(b)所示的弹性波器件10,压电基板11是一个单板,但压电基板11也可以如图14所示贴合两个压电基板11a、11b而成。作为图14所示的结构,例如,结构为,压电基板11由接合了 $(0^\circ、126^\circ、\psi)$ LN基板(厚度 $1\mu\text{m}$ )构成的压电基板11a、 $(0^\circ、306^\circ、\psi)$ LN基板(厚度 $1\mu\text{m}$ )构成的压电基板11b的部件构成,在压电基板11的上下分别作为电极12设置有Al电极(厚度100nm),作为声多层膜13,在下部电极的下部, $\text{SiO}_2$ 膜的低声阻抗膜13a(厚度100nm)与Ta膜的高声阻抗膜13b(厚度100nm)交替地成膜为5层,在其最下部的Ta膜上作为保持基板14而接合有Si基板。此时的厚度纵向振动的频率特性在图15中示出。

[0080] 此外,该压电基板11成为接合的两个压电基板11a、11b的结构为 $(0^\circ、126^\circ、\psi)$ LN基板 $(0^\circ、306^\circ、\psi)/(0^\circ、306^\circ、\psi)$ LN基板 $(0^\circ、126^\circ、\psi)$ 这种组合。在此,当将+Z方向设定为+面时, $(0^\circ、-90^\circ\sim 90^\circ、\psi)$ 为LN基板的+面, $(0^\circ、90^\circ\sim 270^\circ、\psi)$ 为-面,因此相当于-LN+/-LN-的接合。+面和-面分别是 $\theta$ 每隔 $360^\circ$ 的周期。该结构相对于专利文献1中的重叠了[0001]取向(相当于 $(0^\circ、0^\circ、\psi)$ )的ZnO膜与[000-1]取向(相当于 $(0^\circ、180^\circ、\psi)$ )的ZnO膜的结构而言,基板材料、方位角不同。另外,ZnO膜、AlN膜等多晶薄膜在X方向、Y方向上是等方性的,准确而言, $\psi=\infty$ , [0001]取向膜相当于 $(0^\circ、0^\circ、\infty)$ , [000-1]取向膜相当于 $(0^\circ、180^\circ、\infty)$ ,关于 $\psi$ 未确定,在X方向、Y方向上没有+、-。这样,多晶薄膜与单晶薄板显著不同。另外,在是c轴与面平行地取向的膜的情况下也同样, [1000]膜相当于 $(\infty、-90^\circ、0^\circ)$ , [-1000]膜相当于 $(\infty、90^\circ、0^\circ)$ ,关于 $\psi$ 未确定,在X方向、Y方向上没有+、-。因此,即使在该方位下,也与单晶薄板显著不同。

[0081] 如图15所示,在3.3GHz中确认了2倍波,在9.8GHz中确认了其3倍的高次模。这样,确认了在重叠了轴方法不同的两个压电基板11a、11b的弹性波器件10中,激励了2倍波的约3倍的谐波响应(高次模)。此外,虽然在图15中没有记载,也确认了激励了约5倍的谐波响应。

[0082] 进行了图1的(a)所示的结构特性与图14所示的结构特性的比较。作为图1的(a)所示的结构,结构为,压电基板11由 $(0^\circ、126^\circ、\psi)$ LN基板(厚度 $2\mu\text{m}$ )构成,在压电基板11

的上下分别作为电极12设置有Al电极(厚度100nm),作为声多层膜13,在下部电极的下部, $\text{SiO}_2$ 膜的低声阻抗膜13a(厚度100nm)与Ta膜的高声阻抗膜13b(厚度100nm)交替地成膜为6层,在其最下部的Ta膜上作为保持基板14而接合有Si基板。图14所示的结构设定为上述的结构。

[0083] 分别在图16的(a)及(b)中示出图1的(a)所示的结构的、基模的约3倍的谐波(高次模)、以及图14所示的结构的、2倍波的约3倍的谐波(高次模)的频率特性。如图16的(a)所示,确认了当压电基板11是一层时,在4.8GHz下,得到63dB的阻抗比,与此相对,如图16的(b)所示,当压电基板11由两层构成时,在9.8GHz下得到更大阻抗比的75dB。另外,也确认了相对于在图1的(a)所示的结构中,如图16的(a)所示,在频带内存在脉动而言,在图14所示的结构中,如图16的(b)所示,在频带内不存在脉动。这样,作为压电基板11,可以说通过使两个压电基板11a、11b+面彼此或者一面彼此重叠构成,而得到较大的优点。此外,研究了6层声多层膜13,但只要是3层以上就显示出同样的特性。

[0084] 接着,对于以下三种结构进行了研究。

A结构:在图14所示的结构中,压电基板11是( $0^\circ$ 、 $126^\circ$ 、 $\psi$ )LN基板( $0^\circ$ 、 $306^\circ$ 、 $\psi$ )/( $0^\circ$ 、 $306^\circ$ 、 $\psi$ )LN基板( $0^\circ$ 、 $126^\circ$ 、 $\psi$ ),且两层合计厚度为 $2\mu\text{m}$ 的情况。

B结构:在图14所示的结构中,压电基板11是( $0^\circ$ 、 $126^\circ$ 、 $\psi$ )LN基板( $0^\circ$ 、 $306^\circ$ 、 $\psi$ )/( $0^\circ$ 、 $306^\circ$ 、 $\psi+180^\circ$ )LN基板( $0^\circ$ 、 $126^\circ$ 、 $\psi+180^\circ$ ),且两层合计厚度为 $2\mu\text{m}$ 的情况。

C结构(比较例):在图1的(a)所示的结构中,压电基板11是( $0^\circ$ 、 $126^\circ$ 、 $\psi$ )LN基板(厚度 $2\mu\text{m}$ )的情况。

[0085] 关于A结构~C结构的三种情况,在图17的(a)中示出当Ta膜的高声阻抗膜13b的厚度是0.04波长(波长是压电基板11的厚度的两倍即 $4\mu\text{m}$ )时的、 $\text{SiO}_2$ 膜的低声阻抗膜13a的厚度与阻抗比的关系。另外,关于这三种情况,在图17的(b)中示出低声阻抗膜13a的平均厚度与高声阻抗膜13b的平均厚度的和与阻抗比的关系。

[0086] 如图17的(a)所示,确认了在A结构的情况下,阻抗比在低声阻抗膜13a的厚度为0.005~0.05波长下得到60dB以上,在0.0068~0.041波长下得到65dB以上,在0.009~0.035波长下得到70dB以上。另外,虽未图示,在将低声阻抗膜13a的厚度设定为0.04波长,使高声阻抗膜13b的厚度变化时也同样,确认了阻抗比在高声阻抗膜13b的厚度为0.005~0.05波长下得到60dB以上,在0.0068~0.041波长下得到65dB以上,在0.009~0.035波长下得到70dB以上。

[0087] 另外,在B结构的情况下,确认了阻抗比在低声阻抗膜13a的厚度为0.008~0.04波长下得到60dB以上。另外,虽未图示,在将低声阻抗膜13a的厚度设定为0.04波长,使高声阻抗膜13b的厚度变化时也同样,确认了阻抗比在高声阻抗膜13b的厚度为0.008~0.04波长下得到60dB以上。另外,确认了A结构与C结构相比得到大12dB左右的阻抗比,B结构得到与C结构相同程度大小的阻抗比。

[0088] 另外,如图17的(b)所示,确认了在A结构的情况下,阻抗比在低声阻抗膜13a的平均厚度与高声阻抗膜13b的平均厚度的和为0.02~0.09波长下得到60dB以上,在0.028~0.085波长下得到65dB以上,在0.04~0.08波长下得到70dB以上。另外,在B结构的情况下,确认了阻抗比在该和为0.034~0.082波长下得到60dB以上。另外,确认了A结构与C结构相比得到大14dB左右的阻抗比,B结构得到与C结构相同程度大小的阻抗比。此外,在A结构及

B结构中的低声阻抗膜13a及高声阻抗膜13b的最佳厚度在SiO<sub>2</sub>膜及Ta膜以外的组合中也同样。此外,在图中虽未记载,确认了,关于为(0°、126°、 $\psi$ )LN基板(0°、306°、 $\psi$ )/(0°、126°、 $\psi+180^\circ$ )LN基板(0°、306°、 $\psi+180^\circ$ ),且两层合计厚度为2 $\mu\text{m}$ 的结构,也示出与B结构相同的特性。

[0089] 另外,图15~图17所示的结果也能够于LN基板、LT基板上的、其它厚度纵向振动的2倍波中适用。即,在( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ ) (LN基板 或者LT基板) ( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi$ )/( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi$ ) (LN基板或者LT基板) ( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ )的情况, ( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ ) (LN基板 或者LT基板) ( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi$ )/( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi+180^\circ$ ) (LN基板或者LT基板) ( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi+180^\circ$ )的情况,以及( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi$ ) (LN基板或者LT基板) ( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi$ )/( $\phi$ 、 $\theta$ 、 $\psi+180^\circ$ ) (LN基板或者LT基板) ( $\phi$ 、 $\theta+180^\circ$ 、 $\psi+180^\circ$ ) 的情况下,当LN基板时能够适用于 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ$ 、 $\theta = 119^\circ \sim 133^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 以及于它们在晶体学上等价的欧拉角的情况,当LT基板时,能够适用于 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ$ 、 $\theta = 112^\circ \sim 138^\circ$ 、 $\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 以及于它们在晶体学上等价的欧拉角的情况。

[0090] 接着,对压电基板11由重叠两个(0°、74°、0°)LN基板的部件构成情况下的、厚度剪切振动的2倍波进行了研究。研究的压电基板11的结构是以下的六种。

D结构:(0°、74°、0°)LN基板(0°、254°、0°)/(0°、254°、0°)LN基板(0°、74°、0°)

E结构:(0°、74°、0°)LN基板(0°、254°、0°)/(0°、254°、180°)LN基板(0°、74°、180°)

F结构:(0°、74°、0°)LN基板(0°、254°、0°)/(0°、74°、180°)LN基板(0°、254°、180°)

G结构:(0°、74°、0°)LN基板(0°、254°、0°)/(0°、254°、90°)LN基板(0°、74°、90°)

H结构:(0°、74°、0°)LN基板(0°、254°、0°)/(0°、74°、90°)LN基板(0°、254°、90°)

I结构(比较例):(0°、74°、0°)LN基板(厚度2 $\mu\text{m}$ )

[0091] D结构~H结构的五种都是重叠了两个1 $\mu\text{m}$ 厚度的LN基板的结构。此外,任一结构都将压电基板11的上下的电极12设定为厚度100nm的Al电极,将声多层膜13设定为使SiO<sub>2</sub>膜的低声阻抗膜13a和Ta膜的高声阻抗膜13b交替地层叠6层的结构,并将保持基板14设定为Si基板。关于D结构~I结构的六种情况,在图18中示出低声阻抗膜13a的平均厚度与高声阻抗膜13b的平均厚度的和与阻抗比的关系。

[0092] 如图18所示,确认了在D结构的情况下,阻抗比在低声阻抗膜13a的平均厚度与高声阻抗膜13b的平均厚度的和为0.045~0.073波长下得到60dB以上,在0.0456~0.072波长下得到65dB以上,在0.046~0.069波长下得到70dB以上,在0.049~0.063波长下得到75dB以上。另外,在E结构的情况下,确认了阻抗比在该和为0.047~0.065波长下得到55dB以上,在0.05~0.062波长下得到60dB以上。另外,确认了在F结构的情况下,阻抗比在该和为0.046~0.06波长下得到60dB以上,在0.047~0.058波长下得到65dB以上,在0.049~0.0563波长下得到70dB以上。另外,确认了在G结构及H结构下,阻抗比为50dB以下,不能得到良好特性。此外,以6层研究了声多层膜13,但只要是3层以上就显示出同样的特性。

[0093] 另外,如图18所示,确认了D结构及F结构与I结构相比,分别得到大15dB及8dB左右的阻抗比。确认了E结构得到与I结构相同程度大小的阻抗比。另外,也确认了用D结构~F结构的声多层膜13的各膜的波长(波长是压电基板11的厚度的两倍)标准化时的厚度是I结构的情况下的一半。

[0094] 另外,图18所示的结果也能够适用于LN基板及LT基板的厚度剪切振动、条带型的厚度剪切振动、以及图1、图2的结构。即,在D结构中,是 $(\phi、\theta、\psi)$  (LN基板或者LT基板)  $(\phi、\theta+180^\circ、\psi)$  /  $(\phi、\theta+180^\circ、\psi)$  (LN或者LT)  $(\phi、\theta、\psi)$  的情况,在E结构中,是 $(\phi、\theta、\psi)$  (LN基板或者LT基板)  $(\phi、\theta+180^\circ、\psi)$  /  $(\phi、\theta+180^\circ、\psi+180^\circ)$  (LN基板或者LT基板)  $(\phi、\theta、\psi+180^\circ)$  的情况,在F结构中,是 $(\phi、\theta、\psi)$  (LN基板或者LT基板)  $(\phi、\theta+180^\circ、\psi)$  /  $(\phi、\theta、\psi+180^\circ)$  (LN基板或者LT基板)  $(\phi、\theta+180^\circ、\psi+180^\circ)$  的情况,分别能够适用于以下的情况。在LN基板时,是 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ、\theta = 66.5^\circ \sim 82^\circ、\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、以及 $\phi = 85^\circ \sim 95^\circ、\theta = 85^\circ \sim 95^\circ、\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、以及与它们在晶体学上等价的欧拉角的情况。在LT基板时,是 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ、\theta = 56^\circ \sim 96^\circ、\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、以及 $\phi = 85^\circ \sim 95^\circ、\theta = 85^\circ \sim 95^\circ、\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、以及与它们在晶体学上等价的欧拉角的情况。在条带型的厚度剪切振动的情况下,当LN基板时,是 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ、\theta = -123^\circ \sim -80^\circ、\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、以及与它们在晶体学上等价的欧拉角的情况,当LT基板时,是 $\phi = -5^\circ \sim 5^\circ、\theta = 63^\circ \sim 91^\circ、\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、以及 $\phi = 85^\circ \sim 95^\circ、\theta = 85^\circ \sim 95^\circ、\psi = 0^\circ \sim 180^\circ$ 、以及与它们在晶体学上等价的欧拉角的情况。

#### 附图标记说明

[0095] 10-弹性波器件;11-压电基板;12-电极;13-声多层膜;13a-低声阻抗膜;13b-高声阻抗膜;14-保持基板;15-切口。

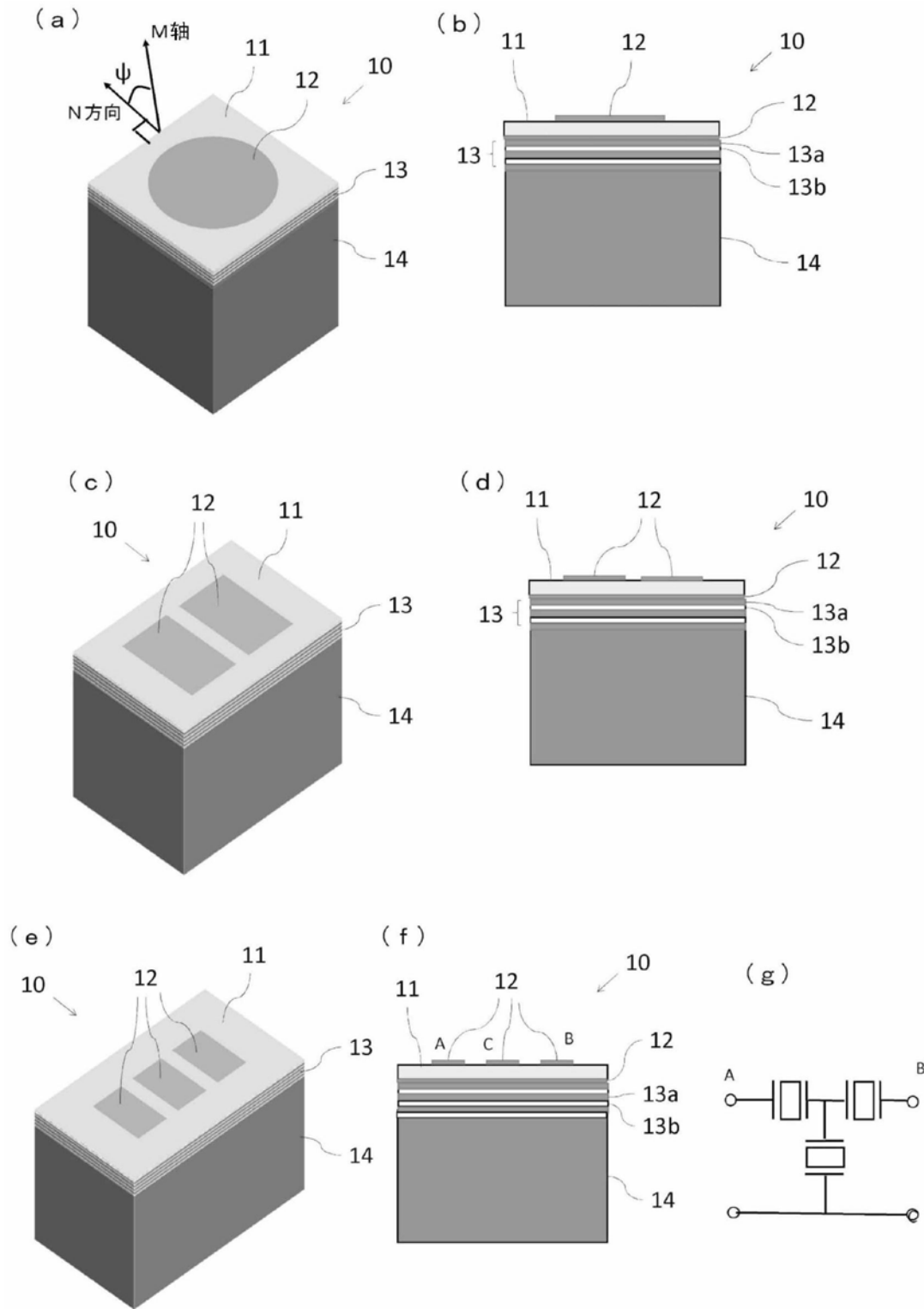


图1

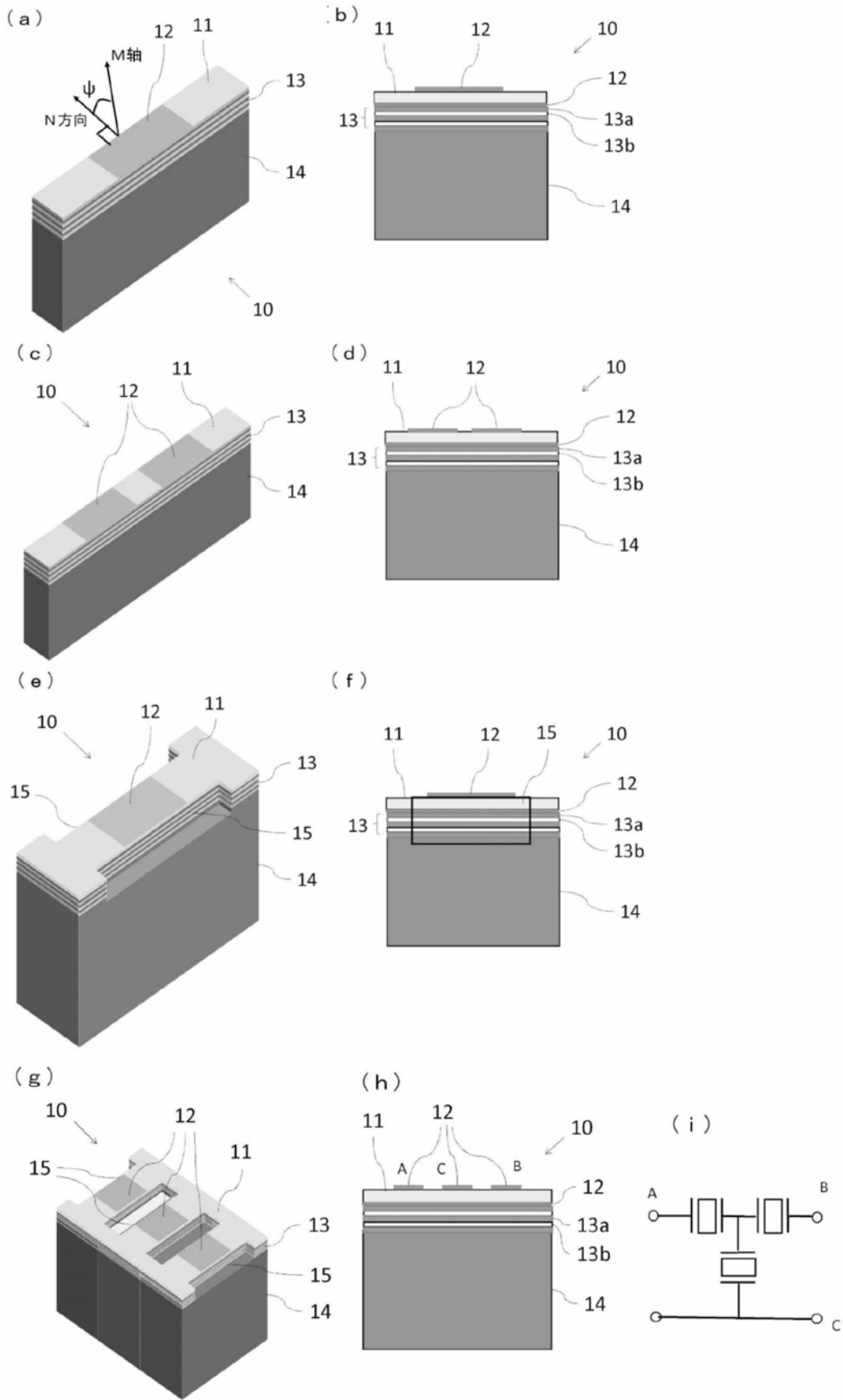


图2

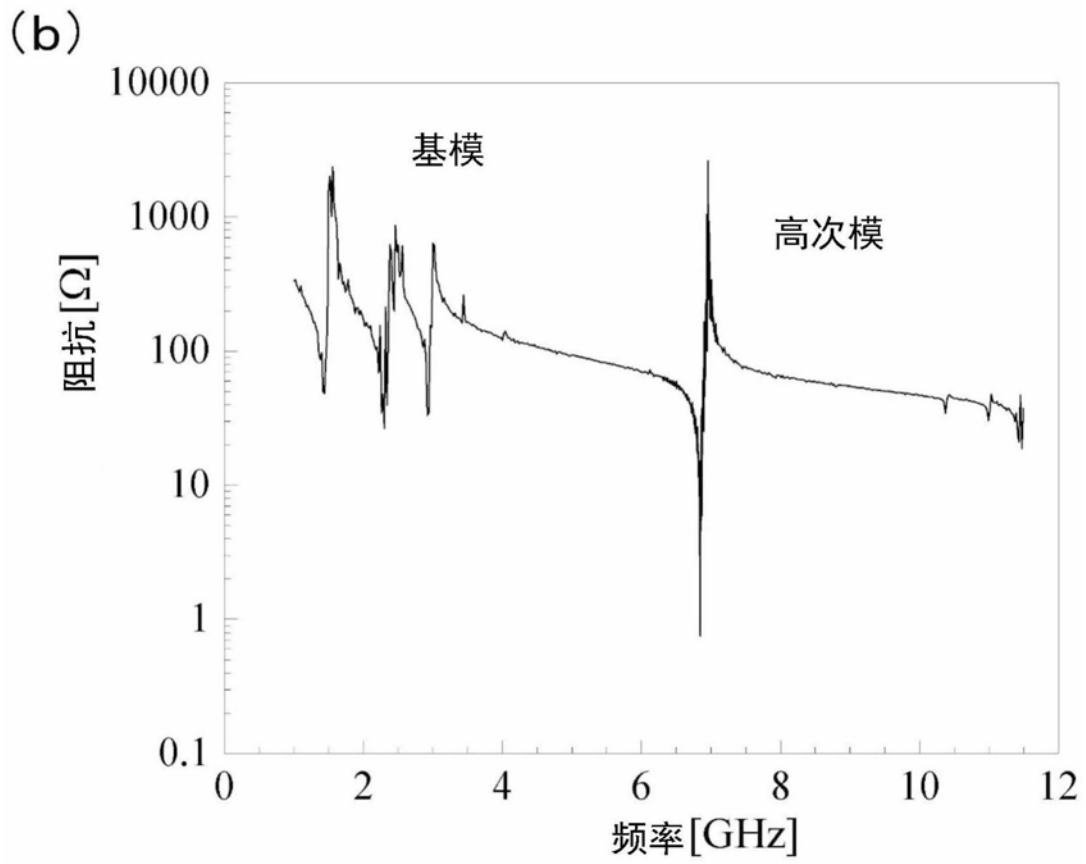
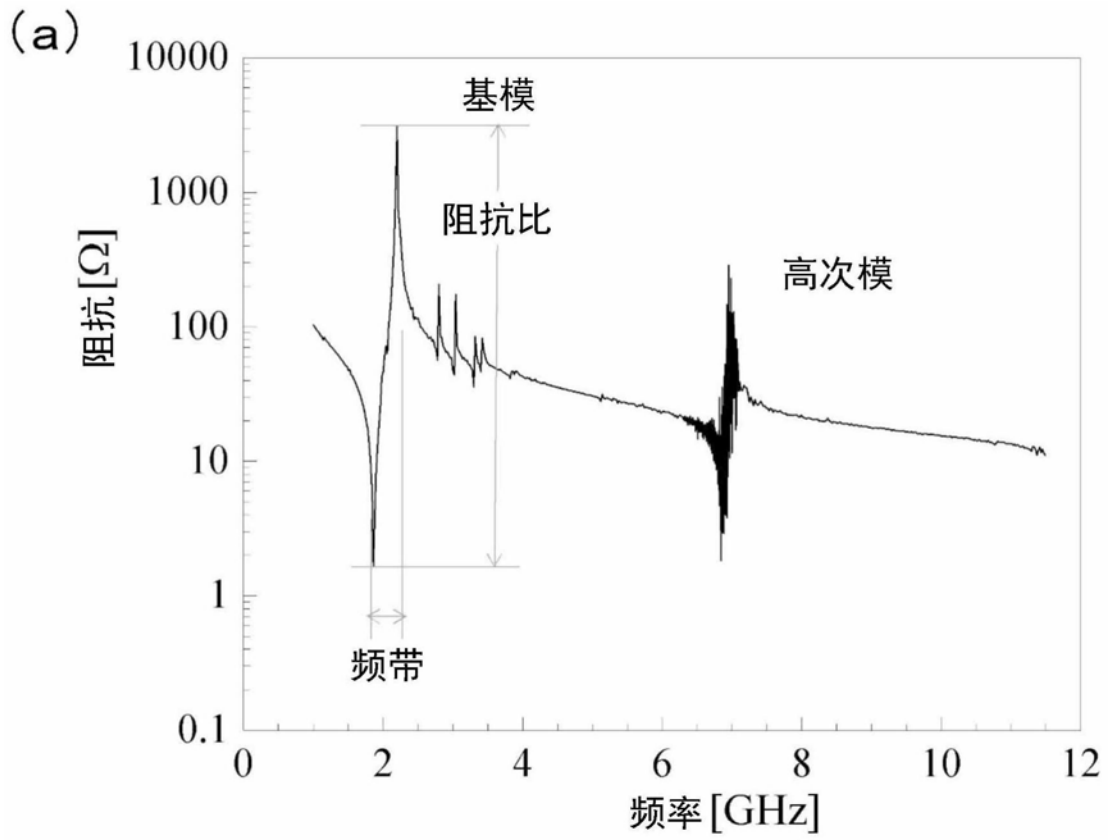


图3

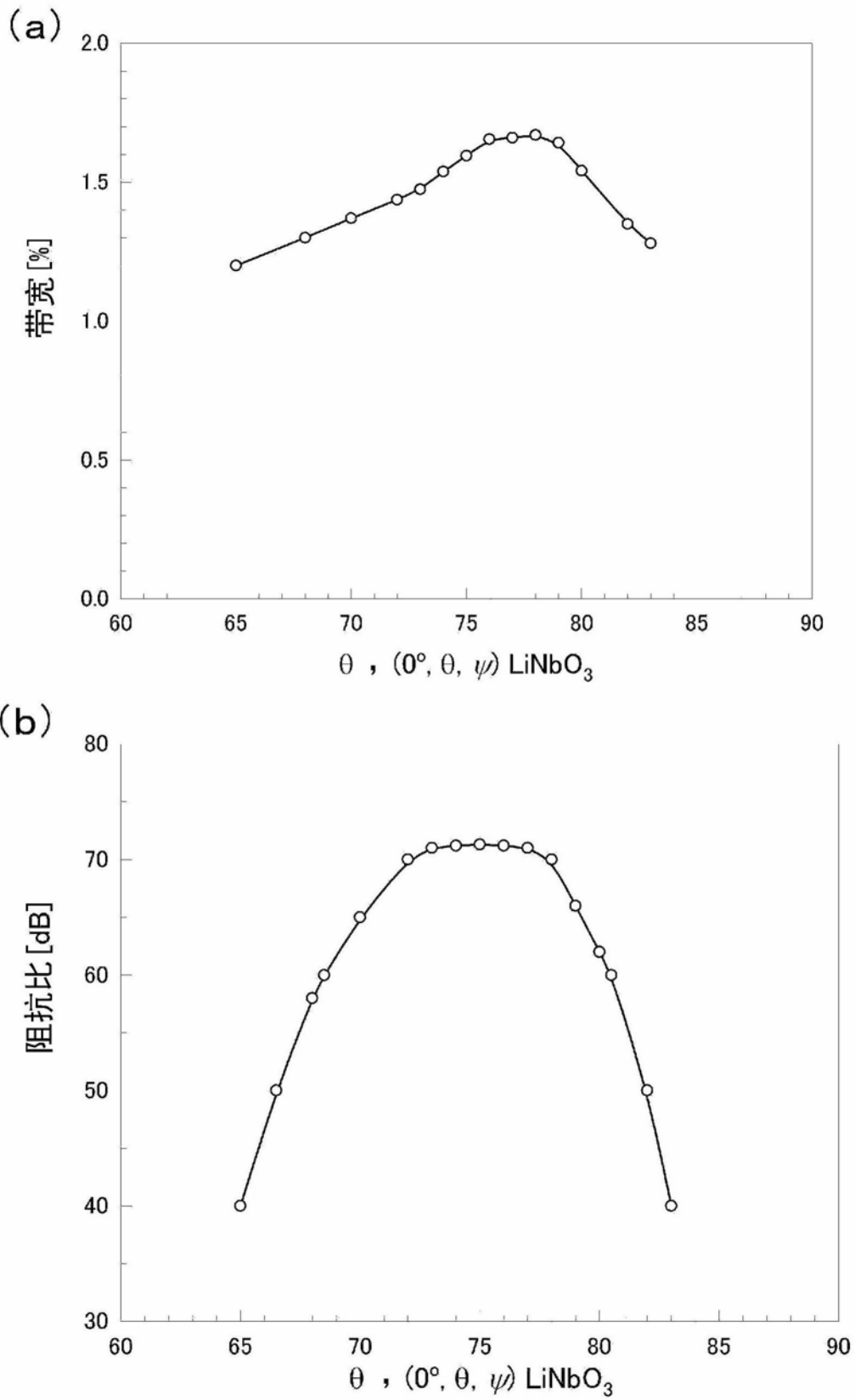


图4

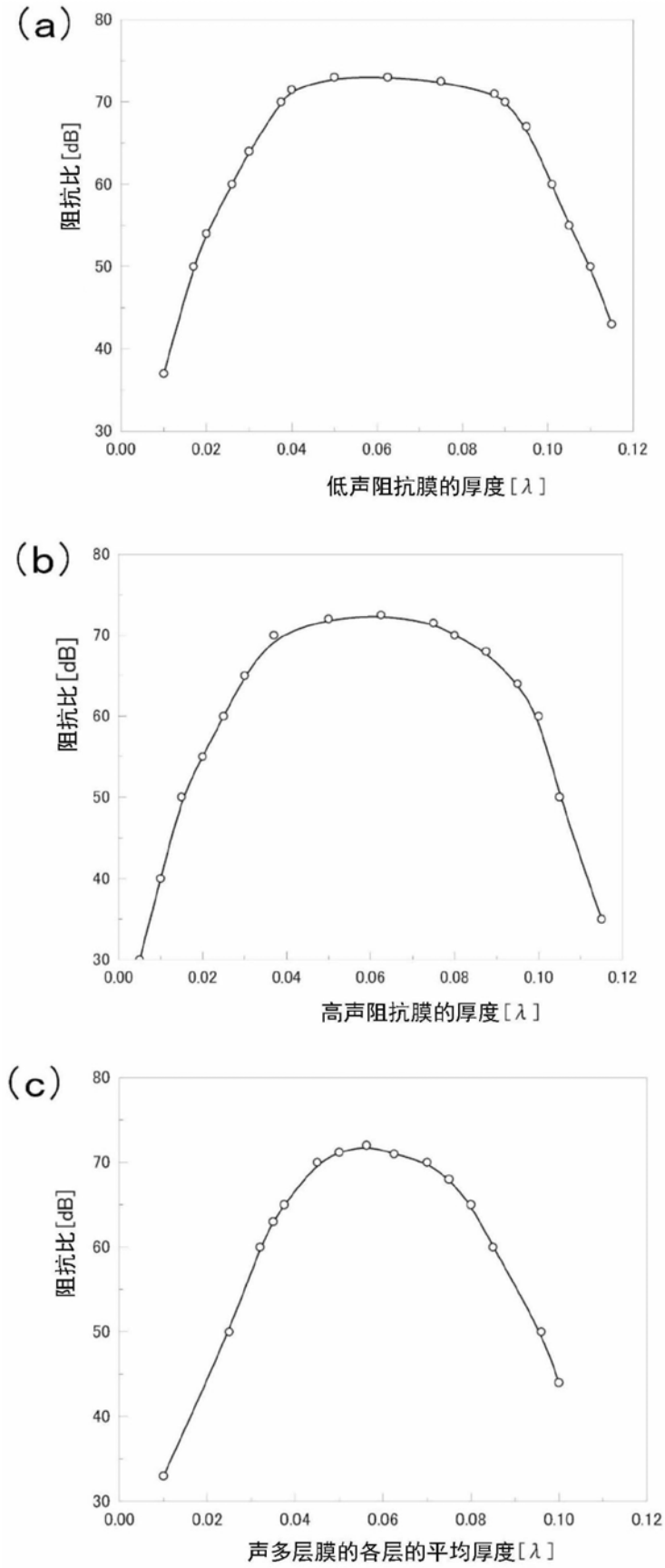


图5

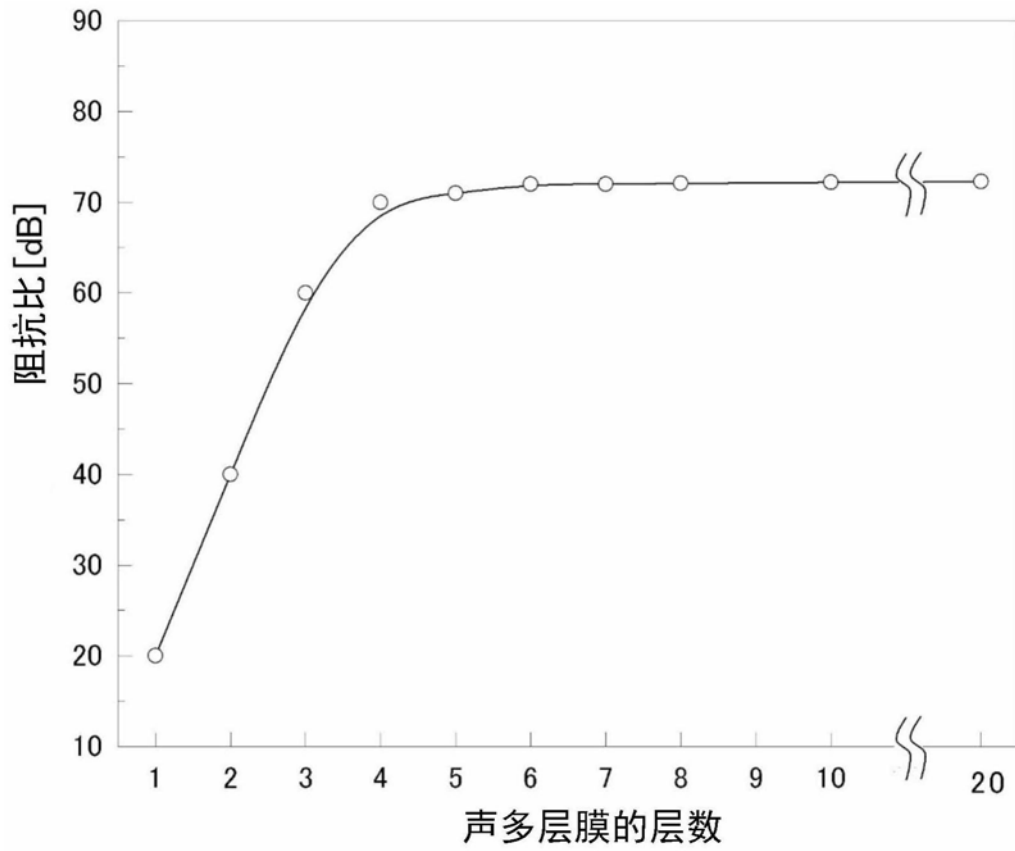


图6

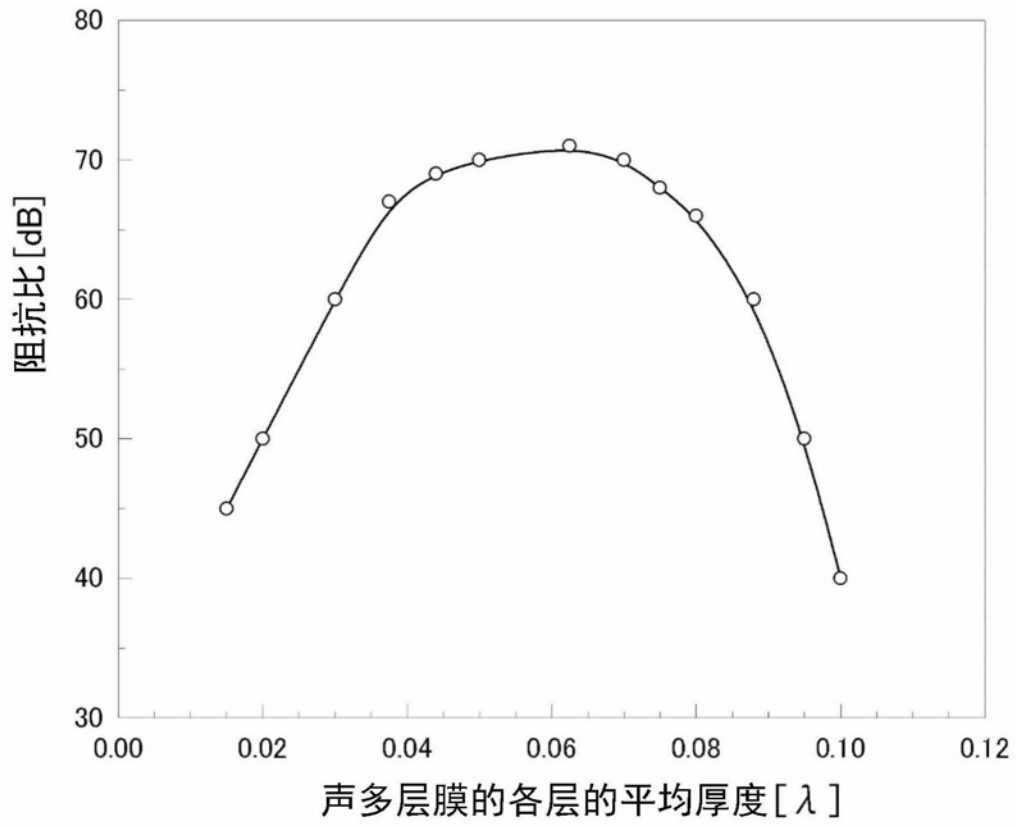


图7

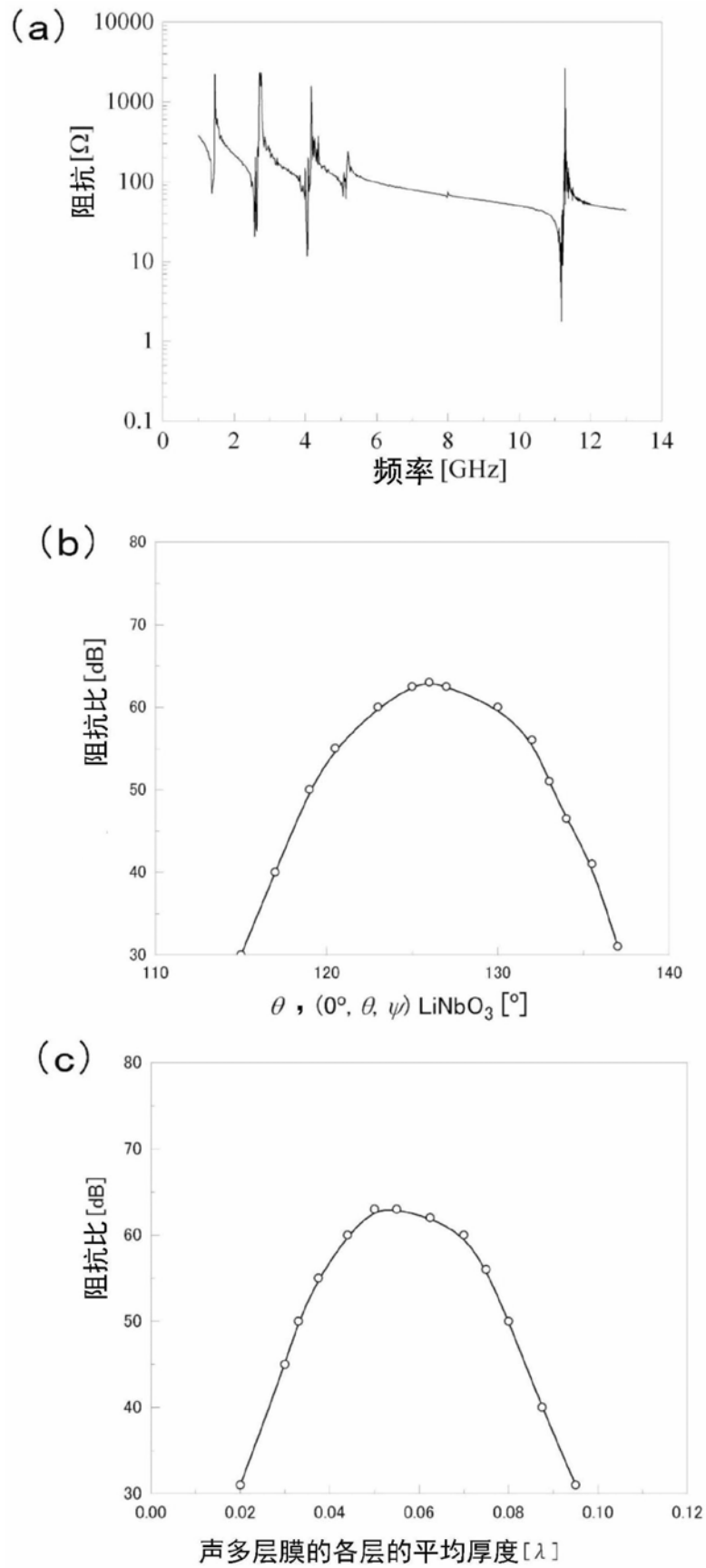


图8

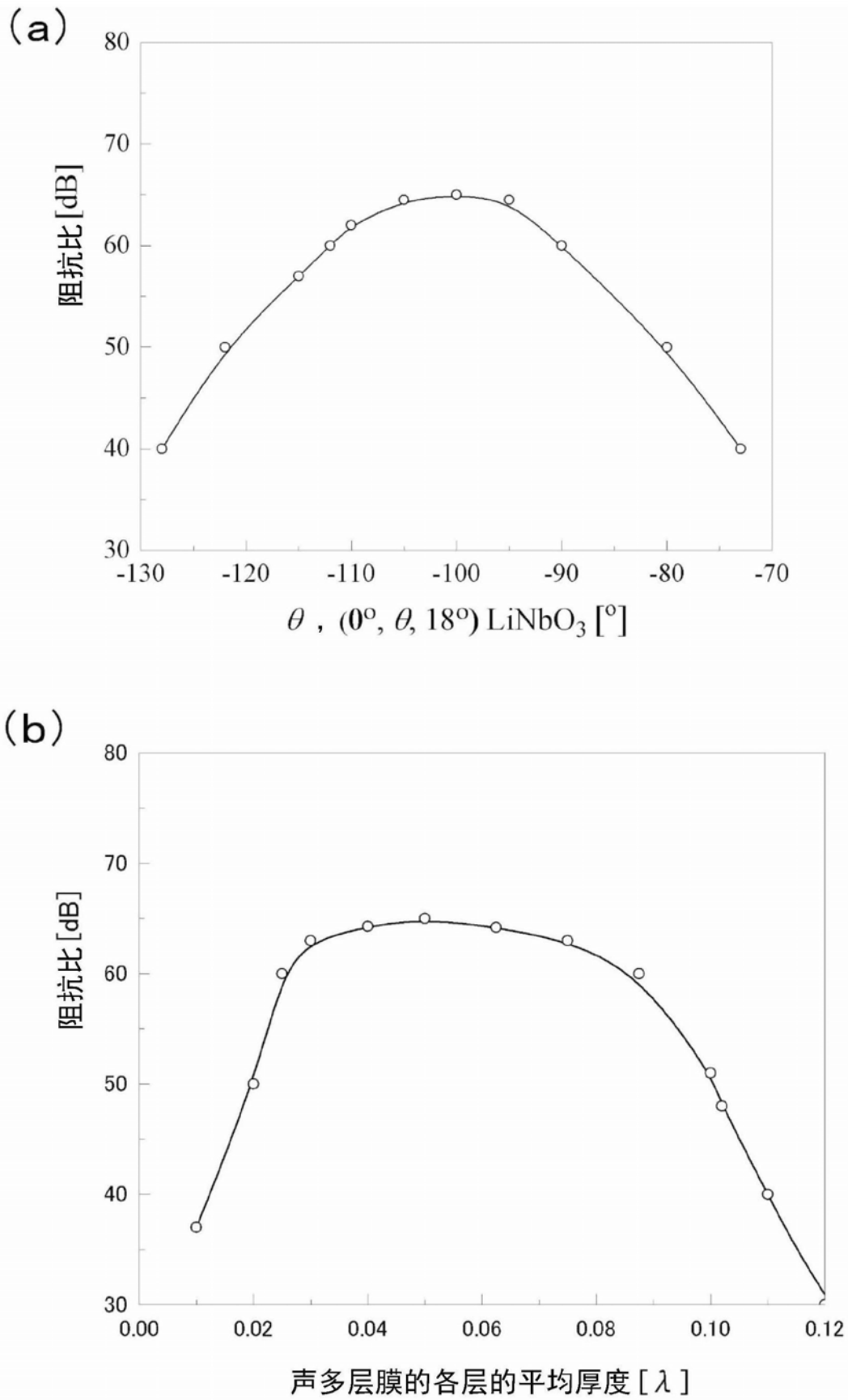


图9

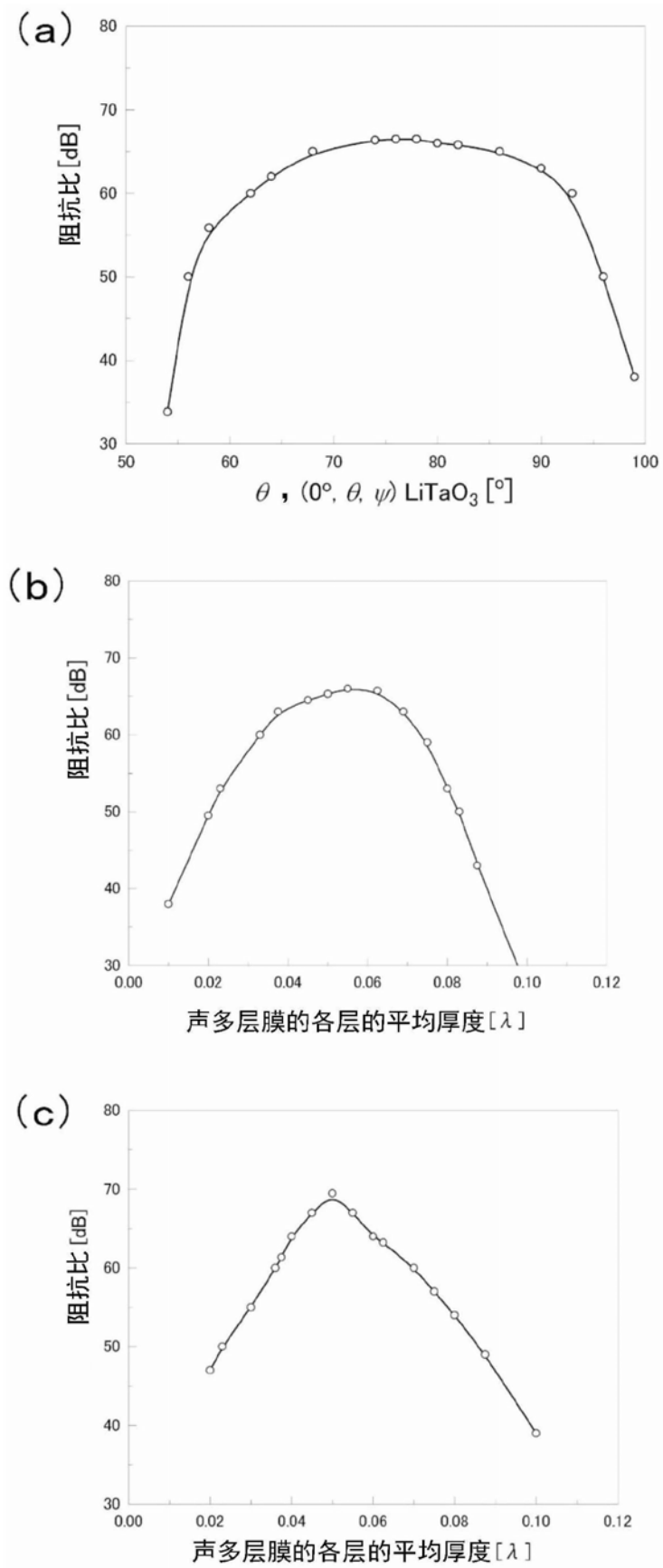


图10

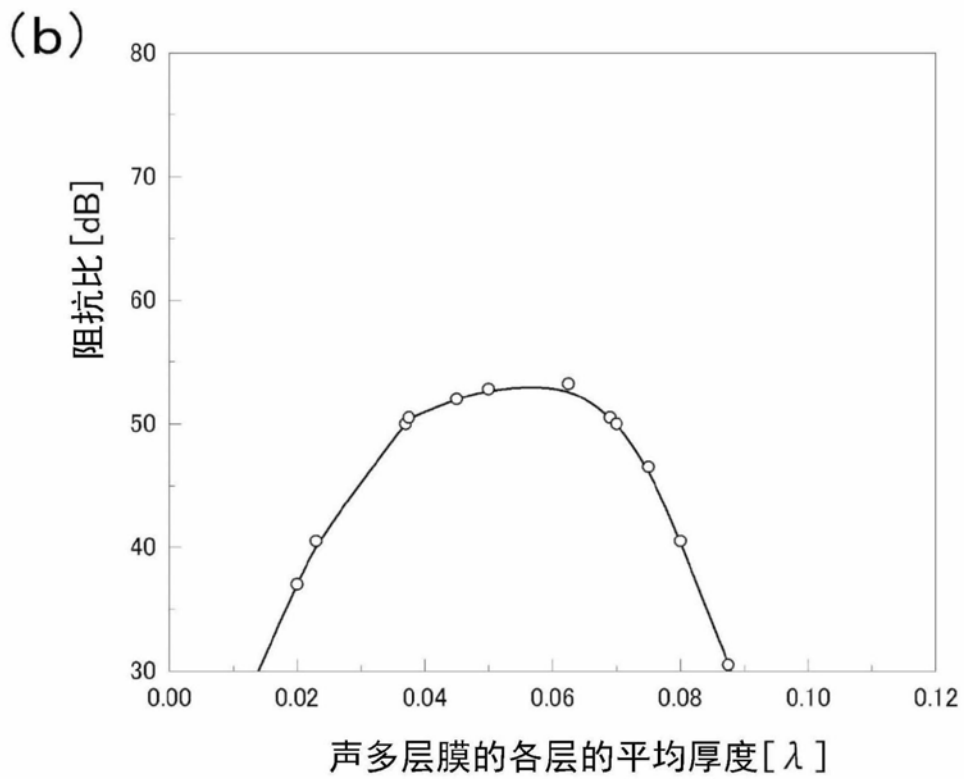
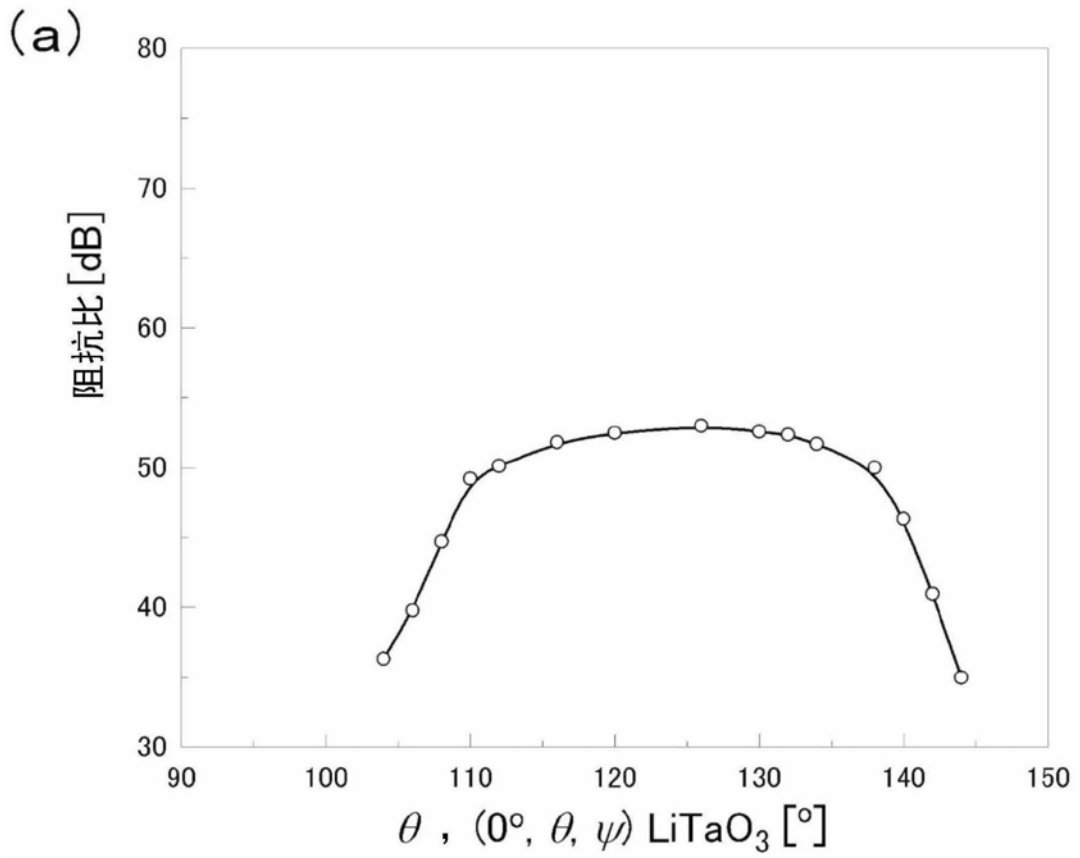


图11

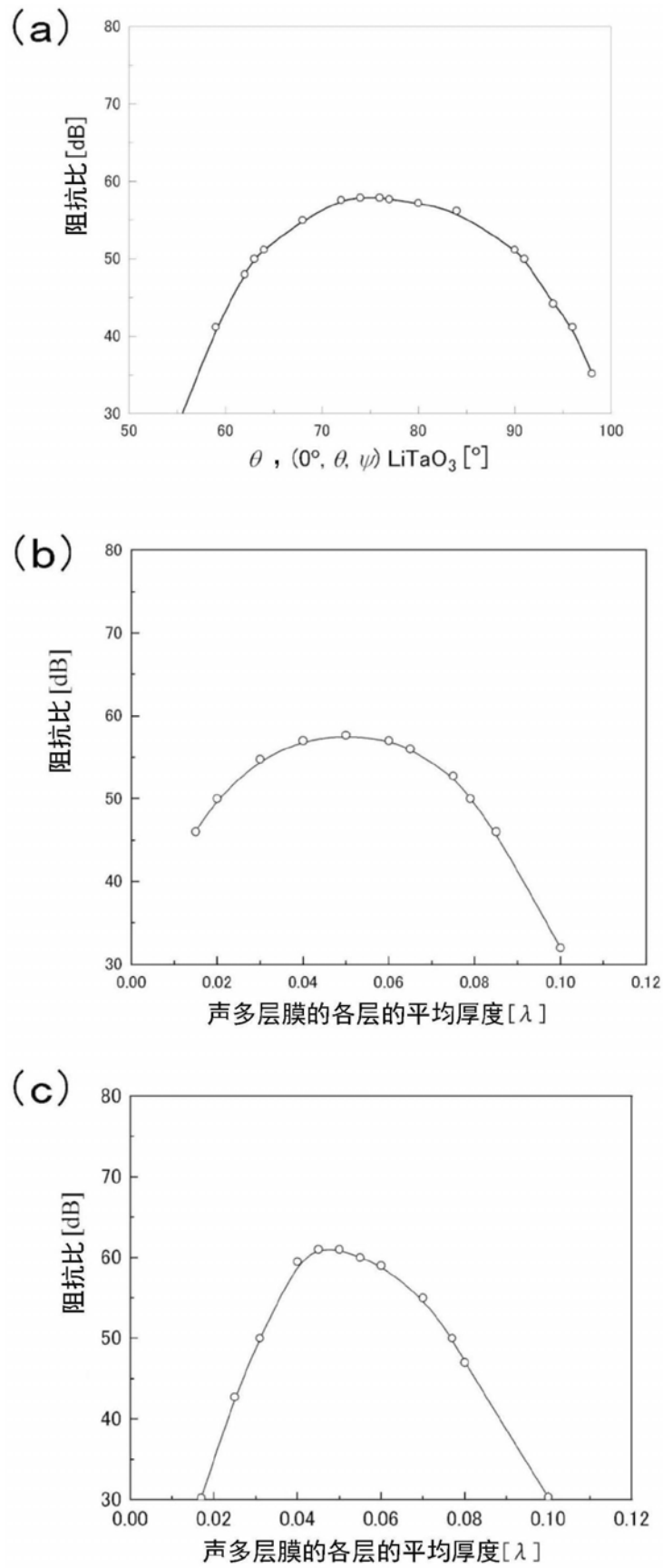


图12

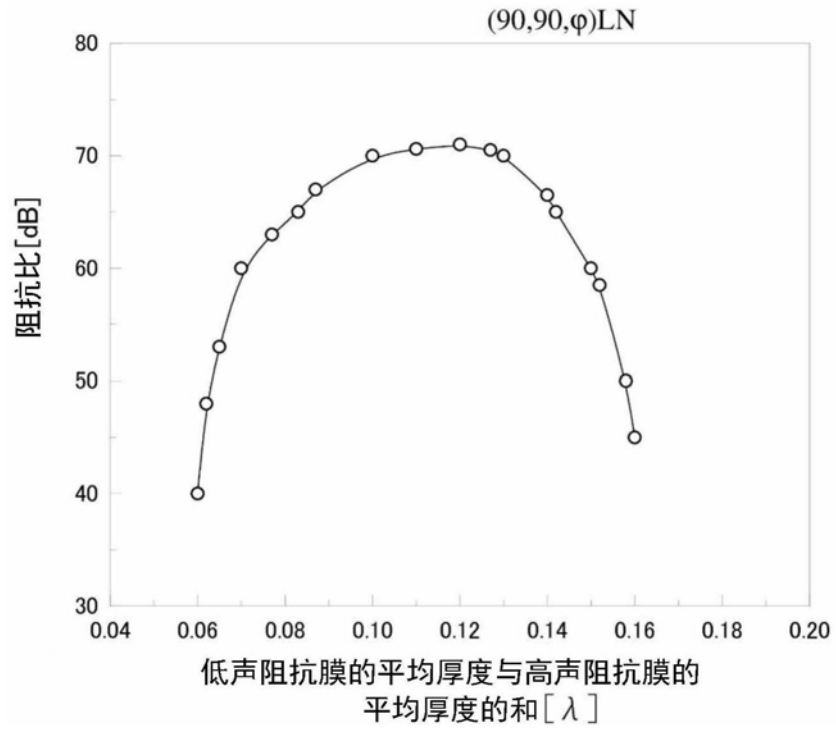


图13

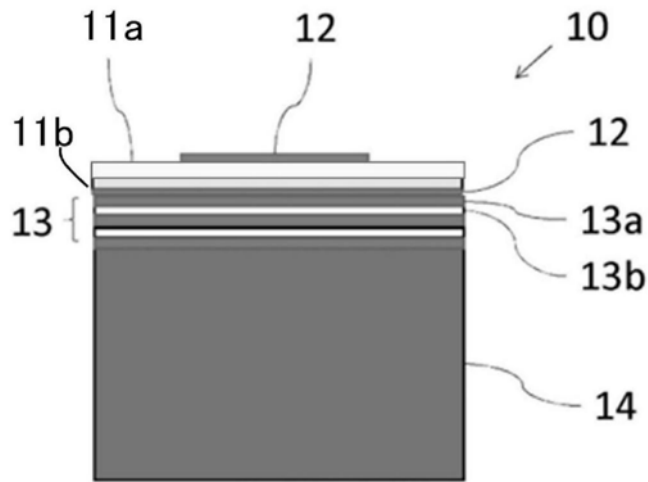


图14

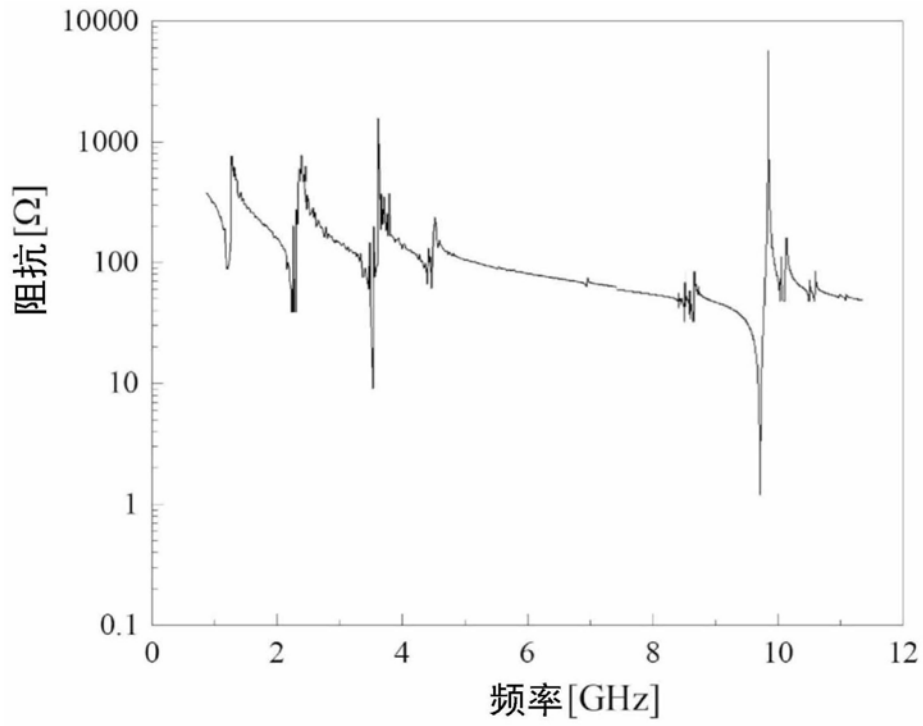


图15

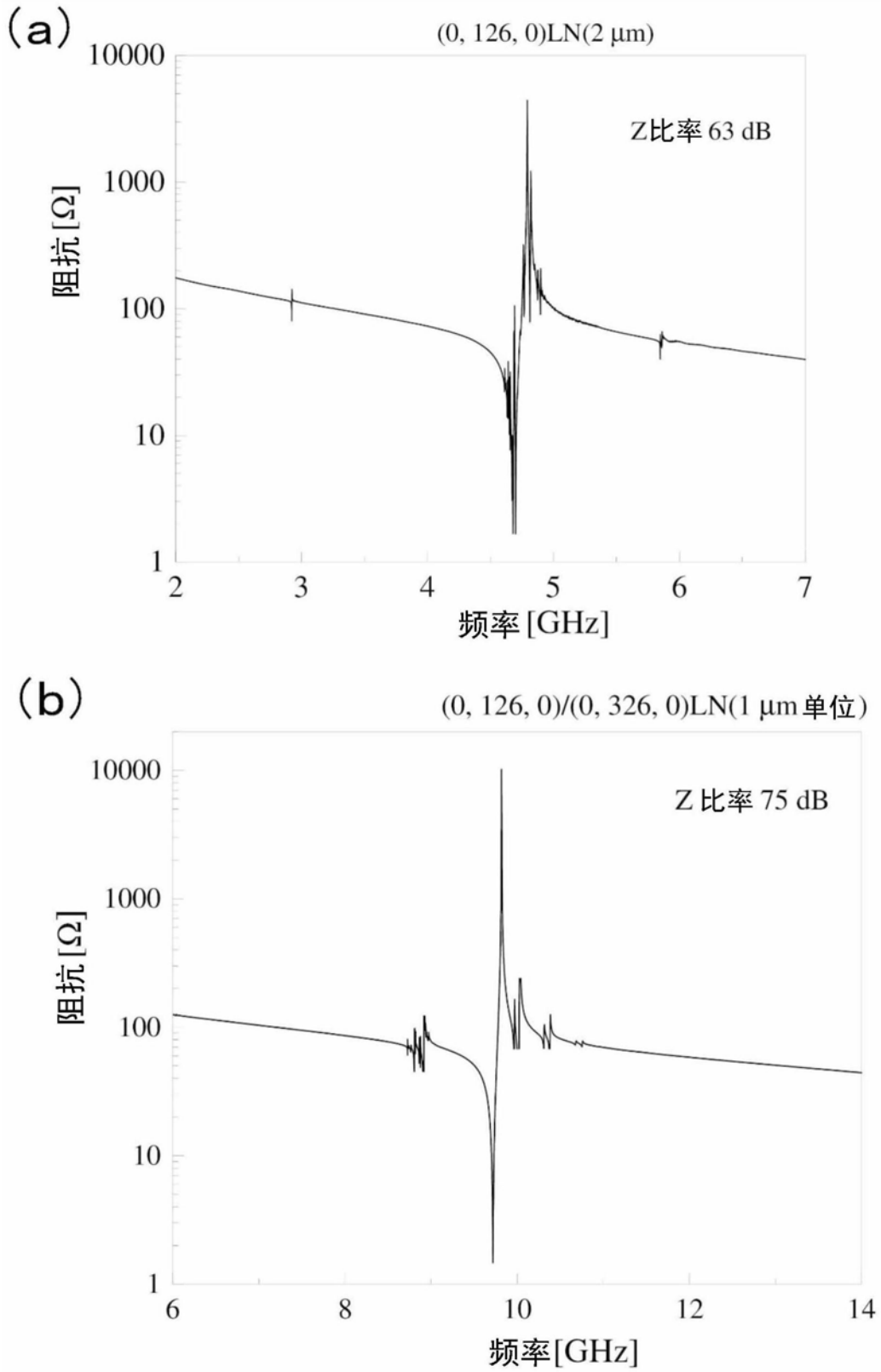


图16

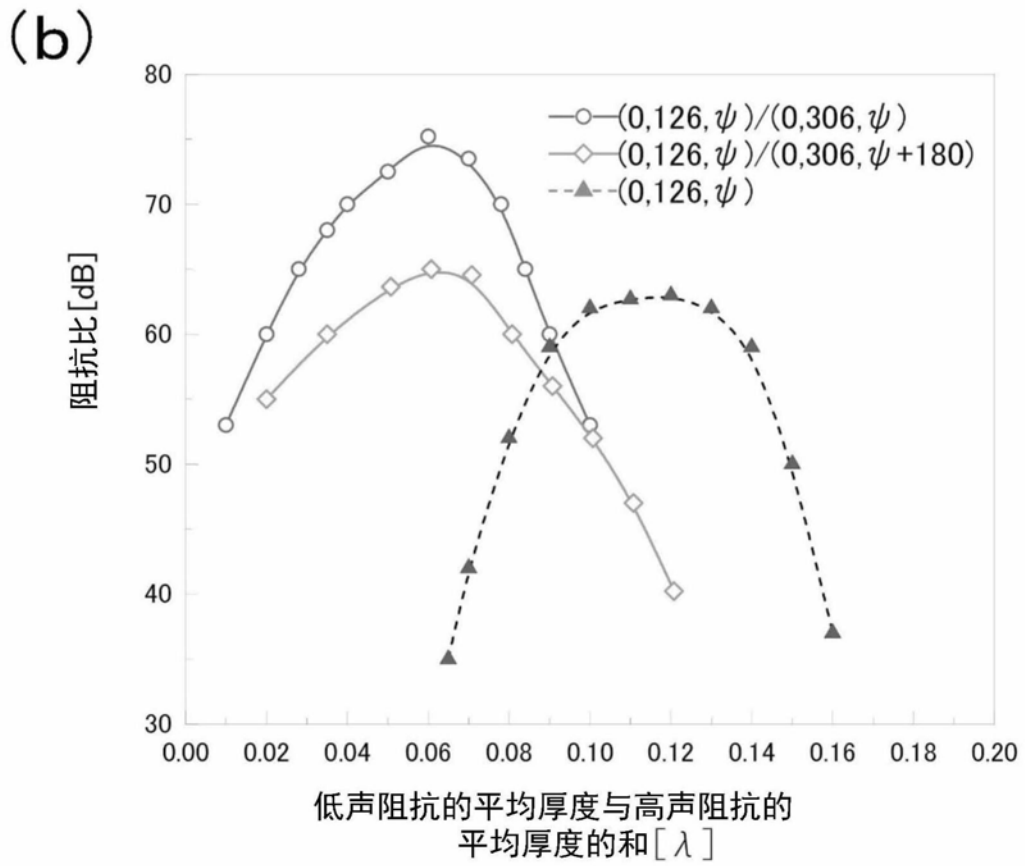
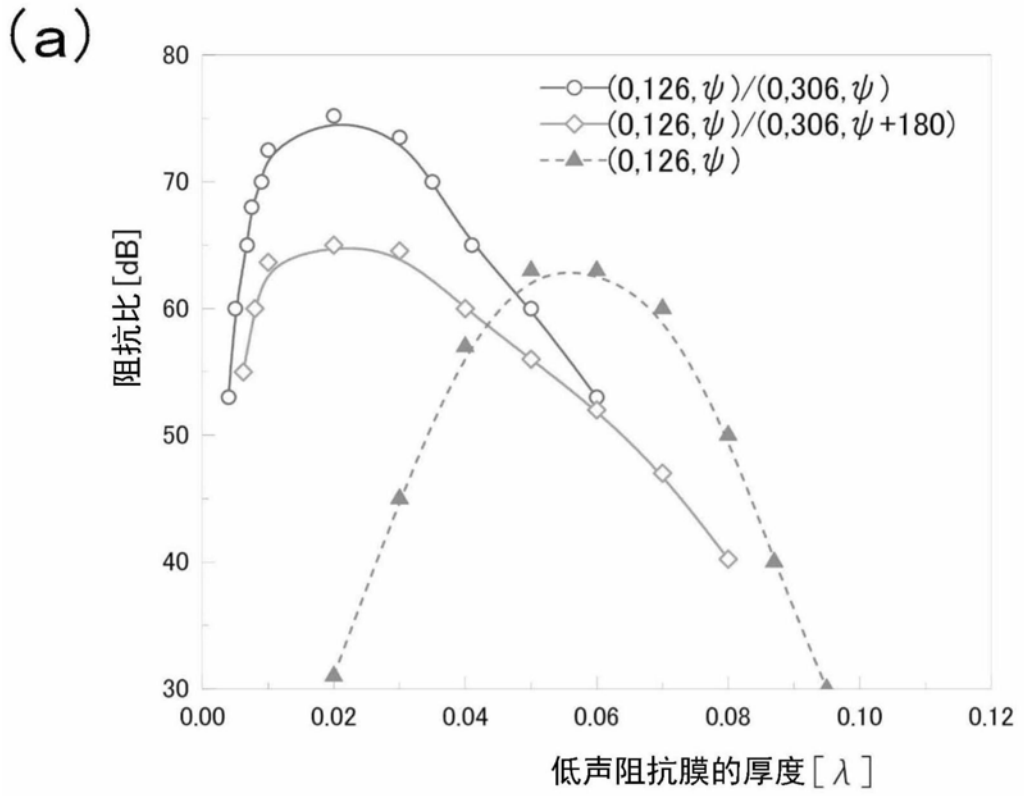


图17

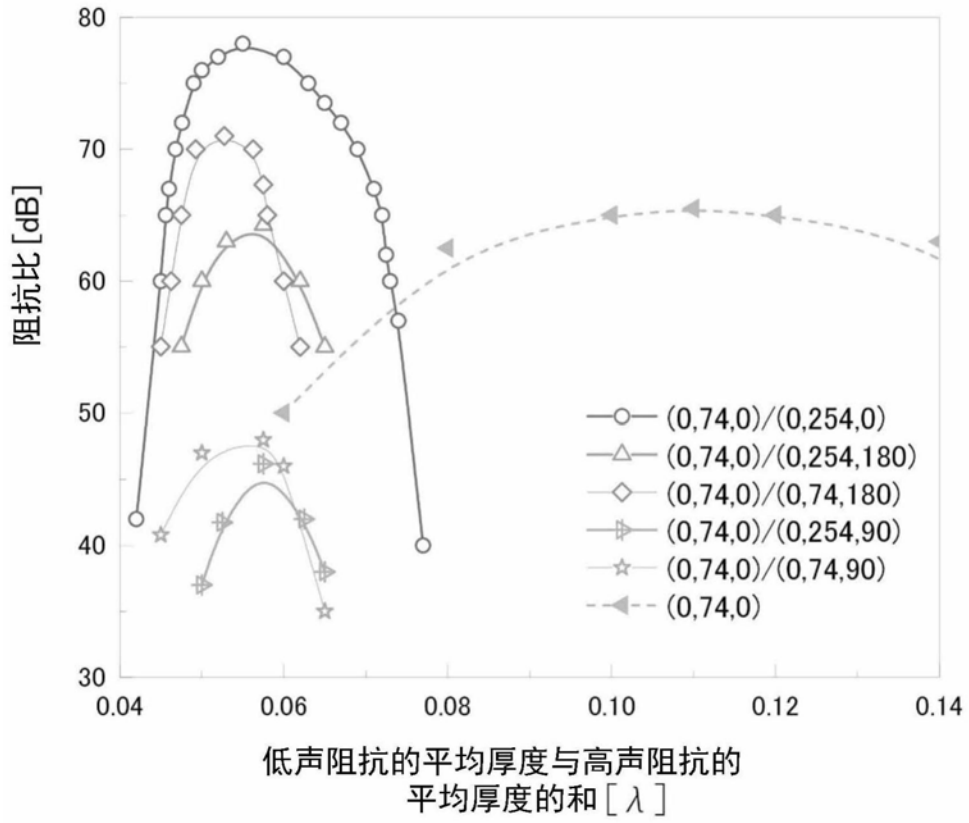


图18