



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101939911 A

(43) 申请公布日 2011. 01. 05

(21) 申请号 200980104213. 6

(22) 申请日 2009. 01. 23

(30) 优先权数据

2008-025344 2008. 02. 05 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 08. 05

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2009/000255 2009. 01. 23

(87) PCT申请的公布数据

W02009/098840 JA 2009. 08. 13

(71) 申请人 株式会社村田制作所

地址 日本京都府

(72) 发明人 清水敦 玉崎大辅 城之园心弥

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 樊建中

(51) Int. Cl.

H03H 9/145(2006. 01)

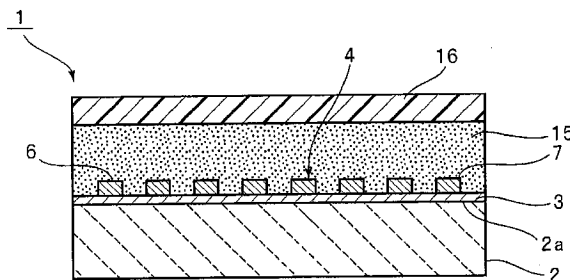
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 7 页

(54) 发明名称

弹性边界波装置

(57) 摘要

一种弹性边界波装置 (1), 在压电基板 (2) 的上面 (2a) 上, 形成由第 1 电介质构成的电介质膜 (3), 在电介质膜 (3) 上形成包含 IDT 电极的电极 (4), 覆盖电极 (4) 地形成由第 2 电介质构成的电介质层 (15)。可以提高浪涌耐压。



1. 一种弹性边界波装置,其特征在于,具备:
具有上面的压电基板;
在所述压电基板的上面成膜的由第 1 电介质构成的电介质膜;
形成在所述电介质膜上、至少具有 IDT 电极的电极;和
覆盖所述电极地形成的、由第 2 电介质构成的电介质层。
2. 如权利要求 1 所述的弹性边界波装置,其特征在于:所述第 1 电介质,是从由 Ta₂O₅、TiO₂、TiO、SiO₂、MgO、Al₂O₃、Nb₂O₅、Cr₂O₃、ZrO₂、ZnO、NiO、WO₃、HfO₂、AlN、TiN、Si₃N₄ 及 SiC 构成的组中选择电介质。
3. 如权利要求 2 所述的弹性边界波装置,其特征在于:所述第 1 电介质是 Ta₂O₅。
4. 如权利要求 1 ~ 3 任一项所述的弹性边界波装置,其特征在于:使用的弹性边界波的波长为 λ 时,则由所述第 1 电介质构成的电介质膜的厚度为 0.018λ 以下。
5. 如权利要求 1 ~ 4 任一项所述的弹性边界波装置,其特征在于:由所述第 1 电介质构成的电介质膜,在所述压电基板的上面中,至少形成在形成有所述电极的区域。
6. 如权利要求 5 所述的弹性边界波装置,其特征在于:由所述第 1 电介质构成的电介质膜,形成在所述压电基板的上面的整个面上。
7. 如权利要求 1 ~ 6 任一项所述的弹性边界波装置,其特征在于:进而具备由第 3 电介质构成的第 2 电介质层;
由所述第 3 电介质构成的所述第 2 电介质层,层叠在由所述第 2 电介质构成的所述电介质层上,而且所述第 3 电介质的音速,大于所述第 2 电介质的音速。
8. 如权利要求 1 ~ 7 任一项所述的弹性边界波装置,其特征在于:所述压电基板由 LiNbO₃ 构成。

弹性边界波装置

技术领域

[0001] 本发明涉及在压电体和电介质的界面形成电极的弹性边界波装置,更详细地说涉及层叠结构得到改良的弹性边界波装置。

背景技术

[0002] 近几年来,取代弹性表面波装置,弹性边界波装置令人瞩目。在弹性边界波装置中,因为不需要具有空洞的封装,所以能够实现小型化。

[0003] 在下述专利文献 1 中,公开了层叠由 LiNbO_3 等构成的第 1 介质和由 SiO_2 等构成的第 2 介质,在第 1、第 2 介质之间配置 IDT 电极的弹性边界波装置。在这里,对 IDT 电极进行交叉宽度加权,将电极指和虚设电极指之间的间隙的尺寸作为特定的范围,从而抑制起因于弹性边界波的衍射现象的特性的劣化。

[0004] 专利文献 1 :JP 特开 2006-319887 号公报

[0005] 可是,在专利文献 1 公开的现有技术的弹性边界波装置中,如果进行浪涌耐压试验,就往往产生电极被比较低的电压击穿的问题。

[0006] 另外,在弹性边界波装置中,也和弹性表面波装置同样,迫切要求降低插入损耗。

发明内容

[0007] 本发明就是针对上述情况研制的,其目的在于提供可以提高浪涌耐压的弹性边界波装置。

[0008] 另外,本发明限定目的,在于提供浪涌耐压高、损耗低的弹性边界波装置。

[0009] 采用本发明后,可以提供的弹性边界波装置,其特征在于,具备:具有上面的压电基板;由在所述压电基板的上面成膜的第 1 电介质构成的电介质膜;在所述电介质膜上形成、至少具有 IDT 电极的电极;覆盖所述电极地形成、由第 2 电介质构成的电介质层。在本发明中,在电介质膜(该电介质膜由在压电基板的上面成膜的第 1 电介质构成)上形成 IDT 电极,从而能够提高浪涌耐压。

[0010] 对于构成上述第 1 电介质的材料,没有特别的限定。但是在本发明的某个特定的情况下,第 1 电介质是从由 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 TiO 、 SiO_2 、 MgO 、 Al_2O_3 、 Nb_2O_5 、 Cr_2O_3 、 ZrO_2 、 ZnO 、 NiO 、 WO_3 、 HfO_2 、 AlN 、 TiN 、 Si_3N_4 及 SiC 构成的组中选择电介质的。这时,能够进一步有效地提高浪涌耐压。特别优选的是:作为上述第 1 电介质,使用 Ta_2O_5 后,能够更加有效地提高浪涌耐压。

[0011] 在本发明的其它特定的情况下,如果令使用的弹性边界波的波长为 λ 时,那么由所述第 1 电介质构成的电介质膜的厚度就成为 0.018λ 以下。这时,能够降低弹性边界波装置的损失。

[0012] 另外,在本发明涉及的弹性边界波装置中,由所述第 1 电介质构成的电介质膜,在压电基板的上面中,只要至少在形成所述电极的区域形成即可。

[0013] 优选的情况是:在压电基板的上面的整个面上,形成电介质膜。这时,不需要布图,

能够很容易地形成由第 1 电介质构成的电介质膜。

[0014] 在本发明的其它特定的情况下,进而具备由第 3 电介质构成的第 2 电介质层;在由所述第 2 电介质构成的电介质层上,层叠由所述第 3 电介质构成的所述第 2 电介质层,而且所述第 3 电介质的音速,大于所述第 2 电介质的音速。

[0015] 作为构成上述压电基板材料,可以使用各种各样的压电体。但是最优选的是使用 LiNbO_3 ,这样,按照本发明,形成由第 1 电体构成的电介质膜后,能够有效地提高浪涌耐压。

[0016] 采用本发明涉及的弹性边界波装置后,因为在压电基板上形成由第 1 电介质构成的电介质膜,而且在电介质膜上形成包含 IDT 电极的电极,所以与现有技术的弹性边界波装置相比,能够提高浪涌耐压。因此,能够提高弹性边界波装置的可靠性。

附图说明

[0017] 图 1 是旨在讲述本发明的第 1 实施方式涉及的弹性边界波装置的示意性的正面剖面图。

[0018] 图 2 是表示图 1 所示的弹性边界波装置的电极结构的示意性的平面图。

[0019] 图 3 是旨在表示图 1 所示的第 1 实施方式的弹性边界波装置的电极的层叠结构的局部放大正面剖面图。

[0020] 图 4 是旨在讲述在电介质层和保护膜之间层叠第 2 电介质层的变形例的弹性边界波装置的示意性的正面剖面图。

[0021] 图 5 是表示在图 1 及图 2 所示的第 1 实施方式、没有设置弹性边界波共振子部的第 2 实施方式和比较例的弹性边界波装置中,使占空比变化时的带域内插入损耗达到 0.3dB 劣化时的电压的变化即浪涌耐压的变化的图。

[0022] 图 6 是表示比较例及由 Ta_2O_5 构成的电介质的厚度不同的多种实施方式的弹性边界波装置的滤波器特性的图。

[0023] 图 7 是表示用图 6 所示的实线 A 表示的比较例的弹性边界波装置的滤波器特性的图。

[0024] 图 8 是表示在图 6 中用虚线 B 表示的实施方式的弹性边界波装置的滤波器特性的图。

[0025] 图 9 是表示在图 6 中用点划线 C 表示的实施方式的弹性边界波装置的滤波器特性的图。

[0026] 图 10 是表示在图 6 中用细实线 D 表示的实施方式的弹性边界波装置的滤波器特性的图。

[0027] 图 11 是表示使作为电介质膜的 Ta_2O_5 的标准化膜厚变化时的插入损耗的变化的图。

[0028] 符号说明

[0029] 1...弹性边界波装置

[0030] 2...压电基板

[0031] 2a...上面

[0032] 3...电介质膜

- [0033] 4...电极
- [0034] 5 ~ 7...第 1 ~ 第 3IDT 电极
- [0035] 8、9...反射器
- [0036] 10...弹性边界波滤波器部
- [0037] 11...弹性边界波共振子部
- [0038] 11a... IDT 电极
- [0039] 11b、11c...反射器
- [0040] 12...输入端子
- [0041] 13...弹性边界波共振子部
- [0042] 13a... IDT 电极
- [0043] 13b、13c...反射器
- [0044] 14...输出端子
- [0045] 15...电介质层
- [0046] 16...保护膜
- [0047] 17...第 2 电介质层

具体实施方式

[0048] 下面,参照附图,讲述本发明具体的实施方式,从而阐述本发明。

[0049] 图 1 是本发明的第 1 实施方式涉及的弹性边界波装置的示意性的剖面图。弹性边界波装置 1,具有压电基板 2。压电基板 2 由适当的压电体构成。但是在本实施方式中,由 15° Y 切割 X 传播的 LiNbO_3 基板构成。也可以使用其它结晶方位的 LiNbO_3 基板。另外,还可以使用 LiNbO_3 及水晶等其它压电单结晶基板,或者由钛酸锆酸铅类陶瓷等压电陶瓷构成的压电基板。

[0050] 在压电基板 2 的上面 2a 上,形成由作为第 1 电介质的 Ta_2O_5 构成的电介质膜 3。作为第 1 电介质,没有特别的限定。可以使用后文讲述的能够提高浪涌耐压的适当的电介质材料。作为这种电介质,可以使用从由 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 TiO 、 SiO_2 、 MgO 、 Al_2O_3 、 Nb_2O_5 、 Cr_2O_3 、 ZrO_2 、 ZnO 、 NiO 、 WO_3 、 HfO_2 、 AlN 、 TiN 、 Si_3N_4 及 SiC 构成的组中选择的电介质,特别优选的是:因为能够有效地提高浪涌耐压,所以使用 Ta_2O_5 。

[0051] 在本实施方式中,在压电基板 2 的整个上面 2a 上形成上述电介质膜 3。也可以在压电基板 2 的上面 2a 上局部性地形成电介质膜 3。就是说,只要至少在形成后文讲述的电极 4 的部分的下面中存在电介质膜 3 即可。换言之,在压电基板 2 的上面 2a 中,只要至少在形成电极 4 的区域中形成电介质膜 3 即可。

[0052] 在弹性边界波装置 1 中,如后文讲述的试验例所示,设置上述电介质膜 3 后,可以有效地提高浪涌耐压。其理由被认为是由于提高了绝缘电阻 (IR) 的缘故,

[0053] 在上述电介质膜 3 上,形成电极 4。在图 2 中示意性地绘出电极 4 的平面形状。虽然在图 1 中简要地绘出,但是电极 4 具有图 2 所示的平面形状。就是说,具有沿着弹性边界波传播方向配置的第 1 ~ 第 3IDT 电极 5 ~ 7 和在设置 IDT 电极 5 ~ 7 的区域的边界波传播方向的两侧配置的反射器 8、9。由第 1 ~ 第 3IDT 电极 5 ~ 7 和反射器 8、9 形成 3IDT 型的共振子型弹性边界波滤波器部 10。

[0054] 第1单端口型弹性边界波共振子部11,与上述弹性边界波滤波器部10的第2IDT6的一端连接。弹性边界波共振子部11,具有IDT电极11a、反射器11b、11c。IDT电极11a的一端与第2IDT6连接,另一端与输入端子12连接。另一方面,第1、第3IDT电极5、7的各一端被共同连接,与第2单端口型弹性边界波共振子部13的IDT电极13a的一端连接,IDT电极13a的另一端与输出端子14连接。在弹性边界波共振子部13中,在IDT电极13a的边界波传播方向的两侧也具备反射器13b、13c。

[0055] 此外,在本实施方式中,构成使单端口型弹性边界波共振子部11、13与上述3IDT型的弹性边界波滤波器部10的前级及后级连接的弹性边界波滤波器装置。在本发明中,包含IDT电极的电极的结构,并不局限于本实施方式的电极4,可以使用构成各种共振子及带域滤波器的电极结构。此外,虽然如前所述,在压电基板2的整个上面2a上形成上述电介质膜3。但是也如前所述,在压电基板的上面中,只要至少在形成这种电极的区域中形成电介质膜3即可。

[0056] 在本实施方式中,电极4由层叠金属膜(该层叠金属膜是层叠多个金属膜后构成的)构成。电极4也可以由单一的金属膜构成。对于构成电极的金属材料没有特别的限定,可以适当地使用Cu、Al、Pt、Au、Ni等金属或合金。更具体地说,如用图3示意性的放大剖面图所示,电极4具有从上往下依次层叠NiCr膜4a、Pt膜4b、Ti膜4c、AlCu膜4d、Ti膜4e、Pt膜4f及Ti膜4g的结构。在这里,作为提高与电介质膜3的贴紧性的贴紧层,形成最下方的Ti膜4g。另外,作为旨在提高两侧的金属膜的贴紧性的贴紧层,形成Ti膜4c及Ti膜4e。Ti膜4c及Ti膜4e还作为金属膜4b和金属膜4d之间及金属膜4d和金属膜4f之间的扩散防止层发挥作用。NiCr膜4a则作为保护膜(旨在保护主要的电极层之一的Pt膜4b)及与SiO₂的贴紧层发挥作用,还作为频率调整层发挥作用。因此,NiCr膜4a、Ti膜4c、Ti膜4e、Ti膜4g的厚度,比作为主要的电极层的Pt膜4b、AlCu膜4d及Pt膜4f的厚度薄。

[0057] 另外,在本实施方式中,覆盖上述电极4地层叠作为第2电介质的由SiO₂构成的电介质层15。作为构成电介质层15的材料,不限于SiO₂,可以使用各种各样的电介质。作为构成这种电介质层15的第2电介质,除了SiO₂以外,还可以使用ZnO、Si₃N₄、AlN、Ta₂O₅、Al₂O₃、B₂O₃等。此外,第1电介质和第2电介质,既可以是相同的材料,也可以是不同的材料。

[0058] 第1、第2电介质是相同的材料时,能够使用相同的介电材料,形成弹性边界波装置1的电介质膜3及电介质层15。从而能够降低材料成本,而且能够简化制造工序。

[0059] 作为第1电介质和第2电介质,分别使用适当的电介质材料时,可以提高弹性边界波装置1的浪涌耐压,容易使过滤器特性最佳化。

[0060] 上述电极4的厚度,随着使用的金属材料及电极4的结构的不同而不同,通常为 $0.01\lambda \sim 0.25\lambda$ 左右。为了有效地利用弹性边界波,电介质层15的厚度通常为 $0.4\lambda \sim 3.0\lambda$ 左右。但是,电介质层15的厚度也不限于此。

[0061] 另外,对于电介质膜3的厚度,没有特别的限定,只要能够有效地提高后文讲述的浪涌耐压即可。但是,为了降低插入损耗,如果令使用的弹性边界波的波长为 λ 时,那么就最好成为 0.018λ 以下。这时,能够降低损失。

[0062] 在本实施方式中,进而在电介质层15的上面,层叠由聚酰亚胺构成的保护层16。形成由聚酰亚胺构成的保护层16后,能够保护电介质层15的上面。

[0063] 作为构成保护层材料,并不局限于聚酰亚胺,可以列举环氧类树脂、苯酚类树脂、丙烯酸脂类树脂、尿烷类树脂、硅类树脂、聚酯等合成树脂或 Si_3N_4 、 AlN 、玻璃等无机材料。

[0064] 另外,在本发明中,可以在上述由聚酰亚胺构成的保护层 16 和电介质层 15 之间,层叠由音速大于构成电介质层 15 的第 2 电介质的音速的第 3 电介质构成的电介质层 17。这时,能够有效地提高耐电力性。作为构成这种第 3 电介质的材料,是与第 2 电介质不同的导电材料,可以使用从由 SiO_2 、 SiN 、 AlN 、 SiC 、 Al_2O_3 、类金刚石(DLC:diamond like carbon)及金刚石构成的组中选择的适当是电介质材料。就是说,可以从这些电介质材料中选择构成第 2、第 3 电介质的电介质材料的组合。

[0065] 最好采用作为第 2 电介质使用 SiO_2 、作为第 3 电介质使用 SiN 的组合。这样,能够更加有效地耐电力性。

[0066] 接着,根据具体的试验例,讲述上述弹性边界波装置 1 中的提高浪涌耐压而且降低插入损耗的情况。

[0067] 在弹性边界波装置 1 中,使电极 4 各层的厚度为 $\text{NiCr/Pt/Ti/AlCu/Ti/Pt/Ti} = 10/56/10/130/10/56/10$ (nm)。此外,各层的厚度的单位都是 nm。

[0068] 另外,使由 Ta_2O_5 构成的电介质膜的厚度为 30nm。使由 SiO_2 构成的电介质层 15 的厚度为 $4900 \mu\text{m}$,由聚酰亚胺构成的保护层 16 的厚度为 $6 \mu\text{m}$,由 LiNbO_3 构成的压电基板 2 的厚度为 $100 \mu\text{m}$ 。

[0069] 使第 1~第 3 IDT 电极 5~7、反射器 8、9、IDT 电极 11a、13a、反射器 11b、11c、13b、13c 中的占空比都为 0.5。另外,将 IDT 电极 5~7 作为正规的 IDT 电极,其电极指交叉宽度为 $50.2 \mu\text{m}$ 。

[0070] 使 IDT 电极 5~7 中的电极指的对数,按照 IDT 电极 5、IDT 电极 6 及 IDT 电极 7 的顺序为 8.5 对、22 对及 8.5 对。另外,使弹性边界波共振子部 11 的 IDT 电极 11a 电极指的对数为 80 对,使弹性边界波共振子部 13 的 IDT 电极 13a 电极指的对数为 150 对。

[0071] 对于采用上述方法制作的弹性边界波装置 1,在测量滤波器特性的同时,还如以下所述地进行了遵照 EIA/JEDEC STANDARD 规定的 EIA/JESD22-A115-A (Machine Model) 的浪涌耐压试验。

[0072] 浪涌耐压试验的内容:制造上述标准规定的等值电路模型,依次外加电压。

[0073] 为了进行比较,对于除了没有形成上述由 Ta_2O_5 构成的电介质膜 3 以外,都采用和上述实施方式相同的结构的比较例的弹性边界波装置,也同样评价了滤波器特性和浪涌耐压试验。进而,对于除了没有设置上述第 1、第 2 弹性边界波共振子部 11、13 以外,都和上述实施方式同样地形成的第 2 实施方式的弹性边界波装置,也同样评价了浪涌耐压。

[0074] 浪涌耐压试验的结果,见下述表 1 及图 5。此外,表 1 及图 5 中的 0.3dB 劣化电压值,表示通带内的最低插入损耗达到 0.3dB 劣化时的外加电压的值。另外,表 1 中的电极击穿电压栏,表示 IDT 电极等出现电极击穿时的外加电压。在表 1 中,对于上述实施方式及比较例,各示出 4 个样品的试验结果。

[0075] 另外,在表 1 中,还一并示出实施方式及比较例的弹性边界波装置的绝缘电阻(IR)的值。

[0076] 另一方面,在图 5 中,示出使 IDT 电极 5~7 的占空比变化时的上述 3 种弹性边界

波装置的 0.3d B 劣化电压的变化。

[0077] [表 1]

[0078]

	Ta ₂ O ₅	判断基准	样品编号				平均	IR(Ω)
			1	2	3	4		
第 1 实施方式	有	0.3dB 劣化电压	2.39	2.28	2.34	2.34	2.34	10 ¹⁰
		电极击穿电压	3.12	3.04	2.45	2.76	2.84	
比较例	无	0.3dB 劣化电压	※	※	※	※	※	10 ⁶
		电极击穿电压	1.04	0.85	1.11	1.00	1.00	

[0079] 表 1 中的 0.3d B 劣化电压及电极击穿电压, 是对于比较例的电极击穿电压平均值而言的比。

[0080] 表 1 及图 5 示出使比较例的浪涌耐压中的电极击穿电压的平均值成为 1 时的第 1 实施方式及比较例的浪涌耐压。由表 1 可知: 在上述实施方式中, 到达击穿电压的电压为 2.45 以上, 平均为 2.84, 相当高。而且可知: 通带内插入损耗达到 0.3dB 劣化时的电压为 2.28 以上, 相当高, 这样即使外加 2.25 的高电压时, 插入损耗的劣化也非常小。

[0081] 另外, 由图 5 还可知: 与占空比的大小无关, 在没有设置弹性边界波共振子部 11、13 的第 2 实施方式中, 通带内插入损耗达到 0.3dB 劣化时的电压为 1.5 以上。

[0082] 这样可知: 不管有无弹性边界波共振子部 11、13, 按照本发明在压电基板 2 的上面 2a 和电极 4 之间层叠电介质膜 3 后, 就能够有效地提高浪涌耐压。

[0083] 图 6 是表示上述比较例的弹性边界波装置和使 Ta₂O₅ 的厚度与上述实施方式不同的 3 种弹性边界波装置的衰减量频率特性的图。此外, 在比较例中, 因为没有设置电介质膜 3, 所以 Ta₂O₅ 的厚度是 0nm。在图 6 中, 实线 A 表示上述比较例的结果。另外, 用虚线 B 表示由 Ta₂O₅ 构成的电介质膜 3 的厚度是 12.6nm 时的结果, 用点划线 C 表示相当于上述第 1 实施方式的由 18nm 的厚度的 Ta₂O₅ 构成电介质膜 3 时的结果。进而, 用细实线 D 表示由 Ta₂O₅ 构成的电介质膜 3 的厚度是 32.6nm 时的结果。此外, 在图 6 中, 由于各线重叠, 不容易看出差异, 所以在图 7 ~ 图 10 中, 分别独立示出用上述实线 A、虚线 B、点划线 C 及细实线 D 表示的滤波器特性。

[0084] 由图 6 ~ 图 10 可知: 通带内插入损耗随着由 Ta₂O₅ 构成的电介质膜 3 的厚度的不同而变化。

[0085] 这样, 对于使 Ta₂O₅ 的标准化膜厚即用由 Ta₂O₅ 构成的电介质膜 3 的弹性边界波的波长标准化的膜厚进行各种变更后构成的多种弹性边界波装置, 进而测量滤波器特性, 求出通带内最低插入损耗和用 Ta₂O₅ 的弹性边界波的波长 λ 标准化的膜厚的关系。结果见表 2 及图 11。

[0086] [表 2]

[0087]

Ta ₂ O ₅ 膜厚	插入损耗 (dB)
0.000 λ	1.20
0.007 λ	1.05
0.011 λ	0.96
0.018 λ	1.11
0.019 λ	1.20

[0088] 由表 2 及图 11 可知:通带内的最低插 λ 损耗,随着 Ta₂O₅ 的膜厚从 0 开始增加而变小,但是膜厚从 0.011 λ 附近开始增加后,插入损耗却再度增大。如果使 Ta₂O₅ 的标准化膜厚为 0.018 λ 以下,那么就可以使插入损耗小于比较例的插入损耗——1.2dB。因此,最好使由 Ta₂O₅ 构成的电介质膜 3 的膜厚为 0.018 λ 以下。这样,能够减少插入损耗。

[0089] 此外,在本实施例中,示出使用 Ta₂O₅ 形成电介质膜 3 时的结果。但是使用上述其它的电介质材料也可以获得同样的结果。就是说,即使使用其它的电介质材料,只要使标准化膜厚为 0.018 λ 以下,就同样能够减少插入损耗。

[0090] 另外,本发明不局限于上述这种弹性边界波滤波器装置,也能够应用于弹性边界波共振子。这时,提高弹性边界波共振子的 Q 后,仍然同样降低插入损耗。所以采用本发明,能够形成电介质膜 3,实现低损失化。

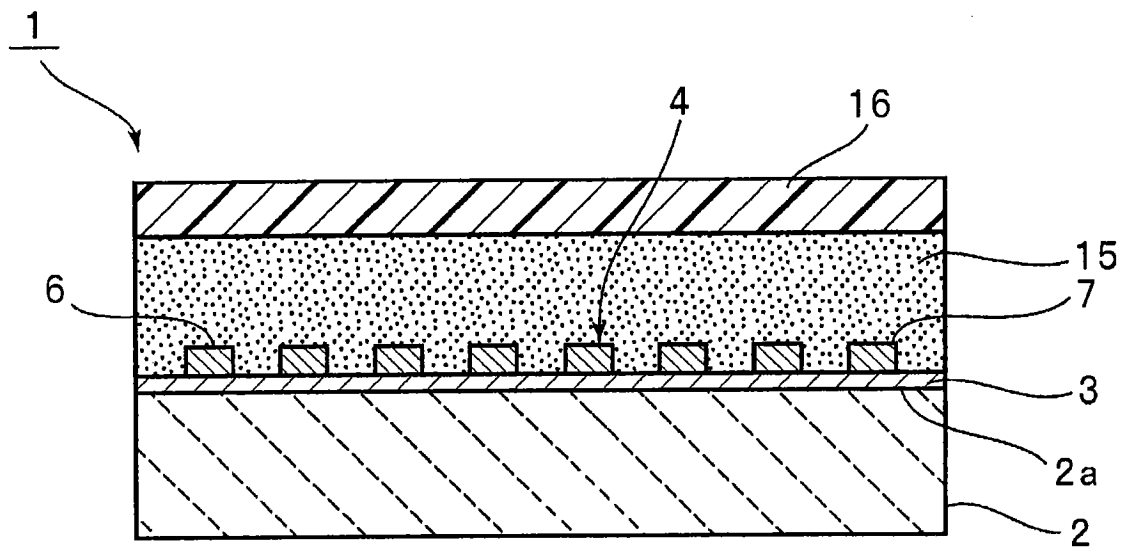


图 1

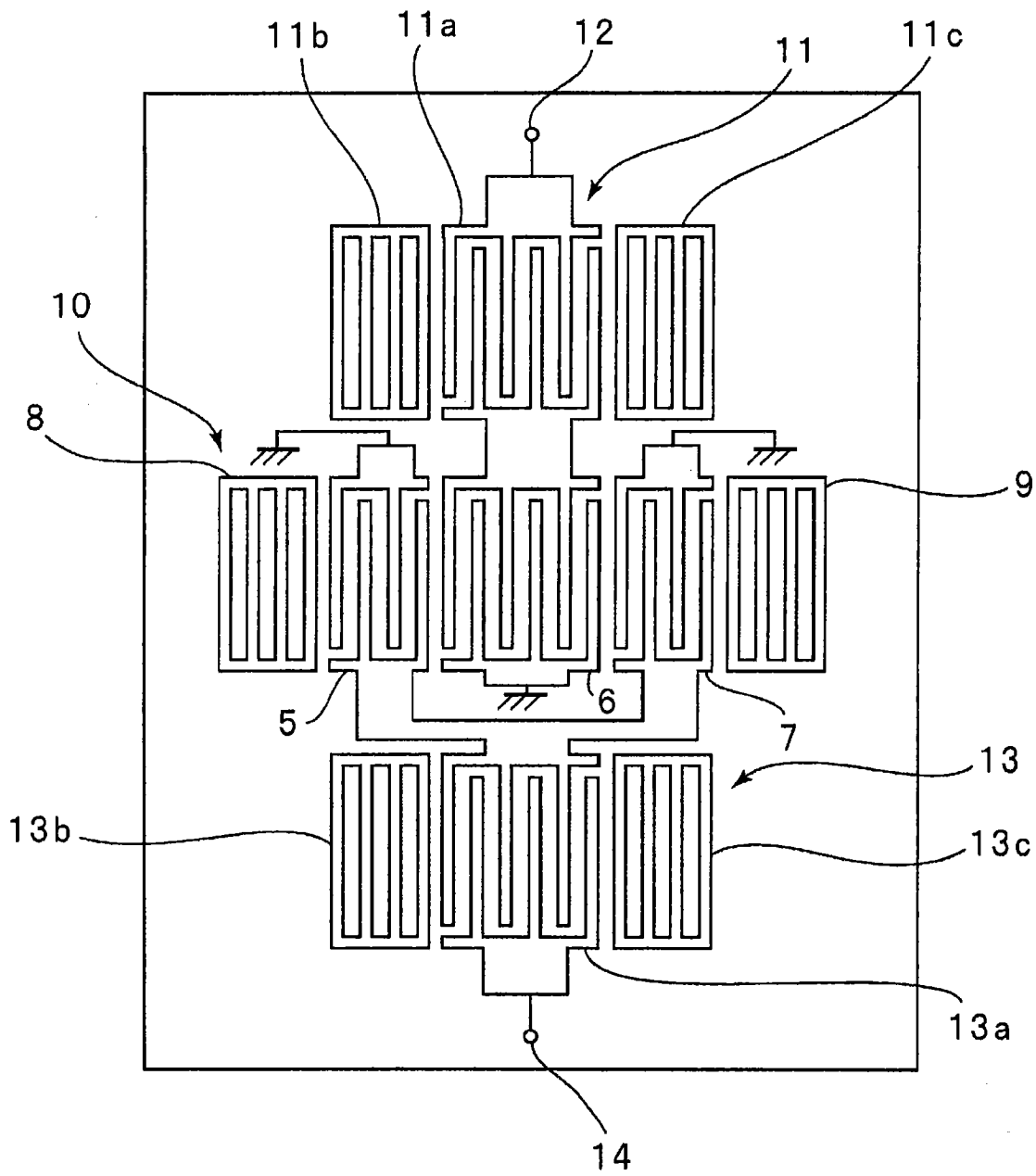


图 2

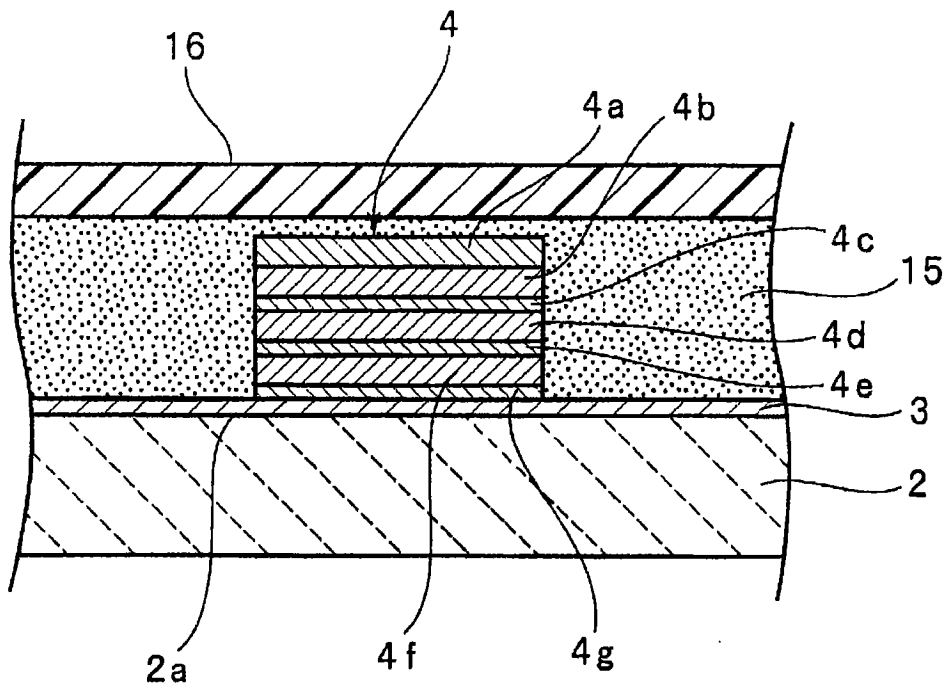


图 3

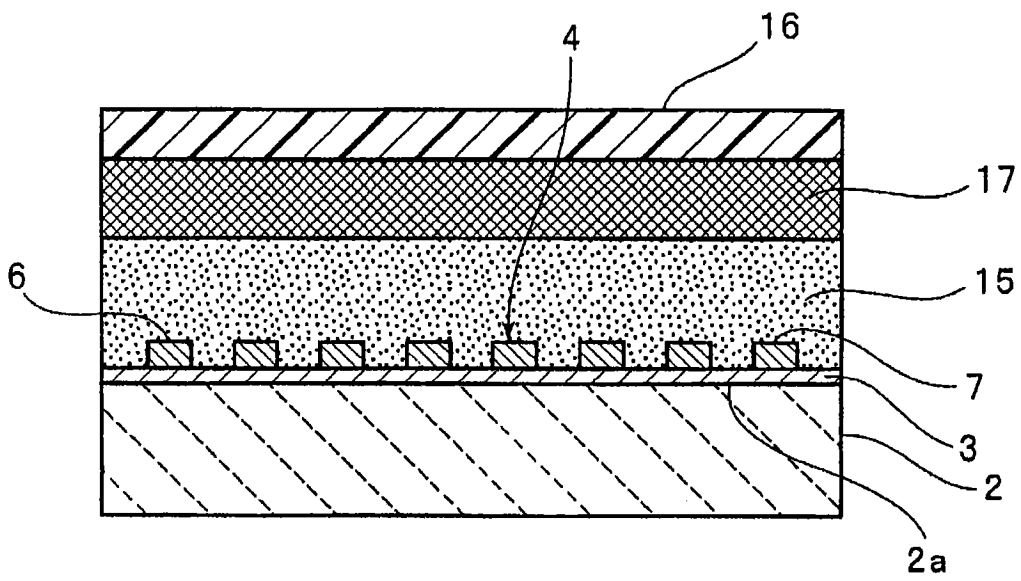


图 4

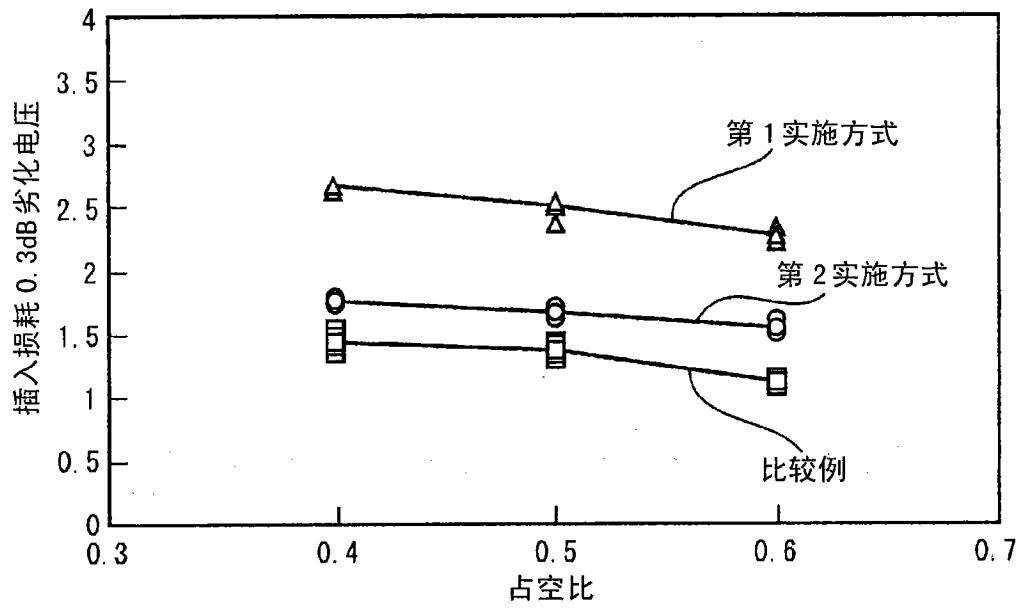


图 5

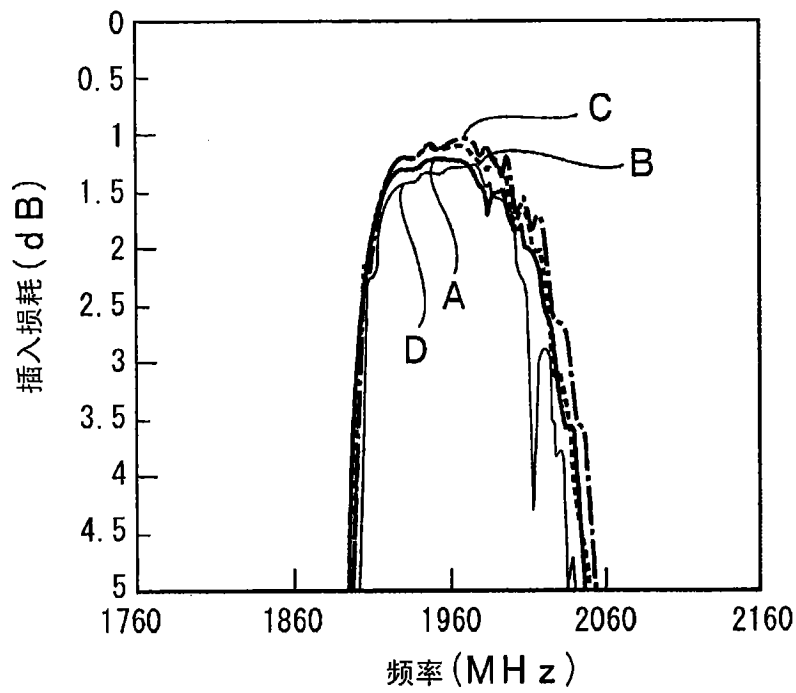


图 6

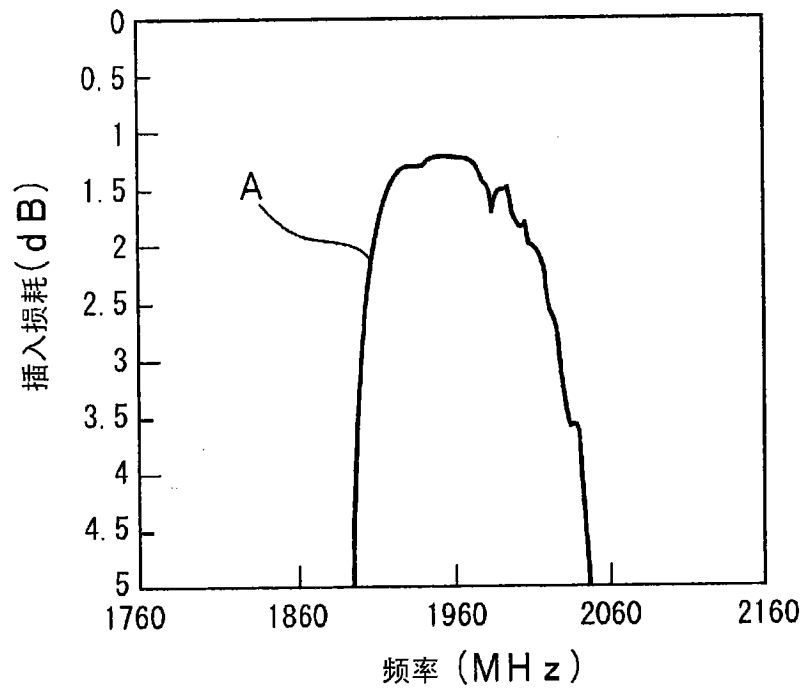


图 7

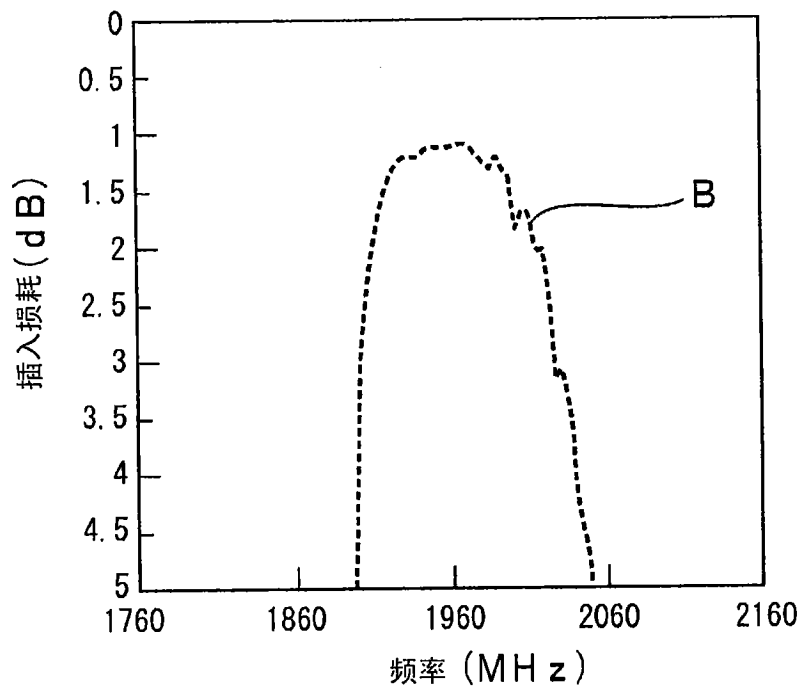


图 8

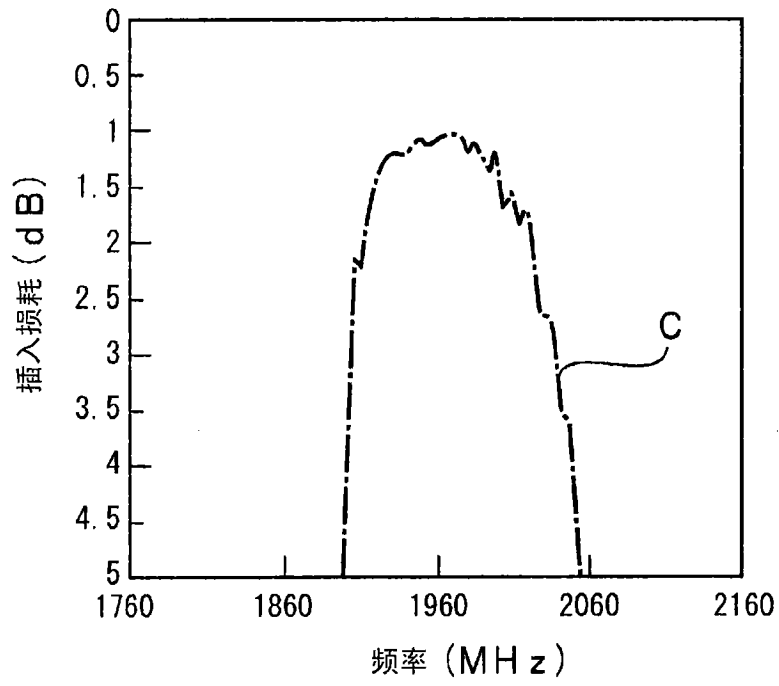


图 9

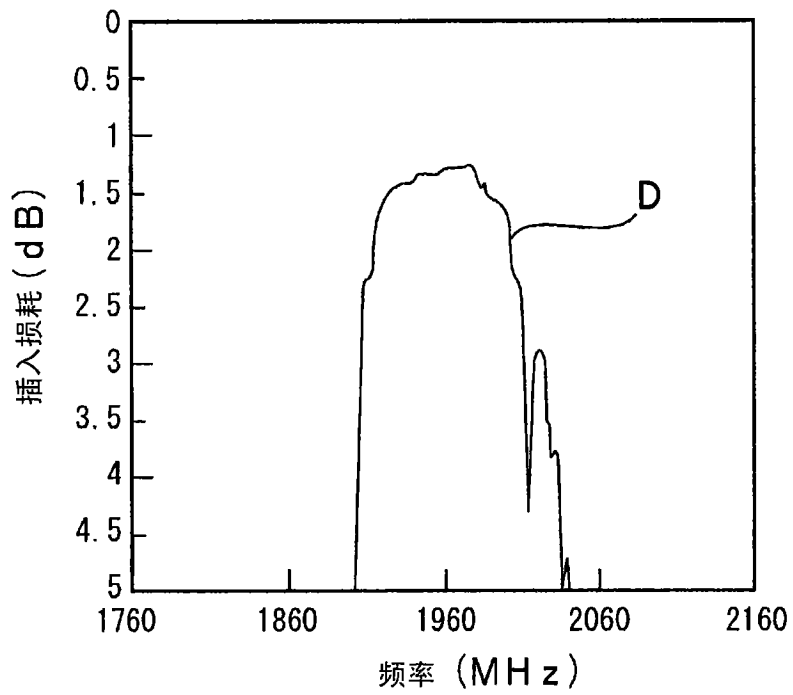


图 10

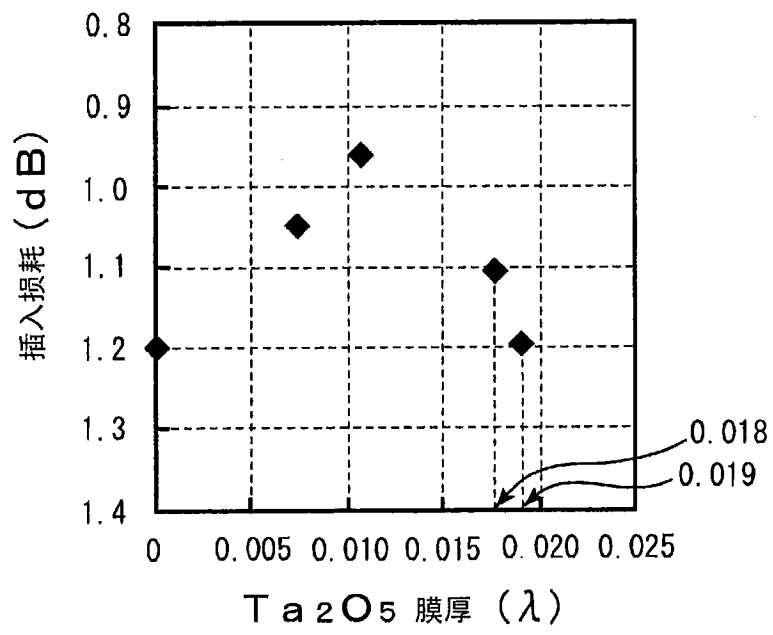


图 11