



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102403980 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 28

(21) 申请号 201110264421. 1

(22) 申请日 2011. 08. 31

(30) 优先权数据

2010-201752 2010. 09. 09 JP

(73) 专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 小幡直久 山中国人

(74) 专利代理机构 北京金信知识产权代理有限公司

公司 11225

代理人 黄威 张彬

(51) Int. Cl.

H03H 9/145(2006. 01)

H03H 9/25(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101820265 A, 2010. 09. 01, 全文.

US 2005062560 A1, 2005. 03. 24, 全文.

CN 101534105 A, 2009. 09. 16, 全文.

审查员 谭明敏

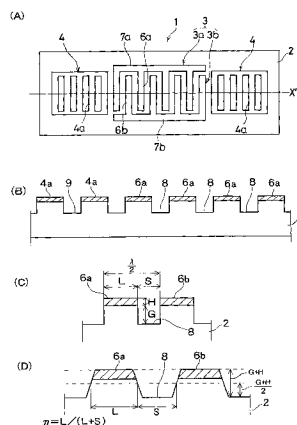
权利要求书2页 说明书18页 附图11页

(54) 发明名称

声表面波器件、电子设备及传感器装置

(57) 摘要

本发明提供一种声表面波器件、电子设备以及传感器装置。在具有于工作温度范围内具有极大值和极小值、和两者之间的拐点的、曲线的频率温度特性的 SAW 器件中,抑制由于制造误差而可能在个体之间产生的频率温度特性的偏差及劣化。SAW 器件(1)在欧拉角 $(-1.5^{\circ} \leq \Phi \leq 1.5^{\circ}, 117^{\circ} \leq \theta \leq 142^{\circ}, |\Psi| \neq 90^{\circ} \times n$ (但是, $n = 0, 1, 2, 3$))的水晶基板(2)的主面上,具有:IDT(3),其激振阻带上限模式的瑞利波(波长: λ);电极指间槽(8),其凹设在 IDT 的电极指之间,其中,通过使电极指间槽的深度 G 为 $0.01\lambda \leq G \leq 0.07\lambda$,并使电极指膜厚 H 和 IDT 线占有率 η 满足预定的关系,从而频率温度特性常时在工作温度范围内,于极大值和极小值之间具有拐点,并且抑制由于 IDT 线占有率 η 的制造误差而导致的拐点温度的变动。



1. 一种声表面波器件,其特征在于,具有:

压电基板,其欧拉角为: $-1.5^{\circ} \leq \Phi \leq 1.5^{\circ}$, $117^{\circ} \leq \theta \leq 142^{\circ}$, $|\psi| \neq 90^{\circ} \times n$,
但是, $n = 0, 1, 2, 3$;

叉指换能器,其由被设置于所述压电基板的主面上的多个电极指构成,且激振阻带上
限模式的瑞利波;

电极指间槽,其凹设在所述叉指换能器的相邻的所述电极指间的、所述压电基板的表
面上,

所述瑞利波的波长 λ 与所述电极指间槽的深度 G 满足 $0.01\lambda \leq G \leq 0.07\lambda$ 的关系,

所述叉指换能器的线占有率 η 与所述电极指间槽的深度 G 满足下述式 9 以及式 10 的
关系,即,

式 9

$-2.0000 \times G/\lambda + 0.7200 \leq \eta \leq -2.5000 \times G/\lambda + 0.7775$, 但是,
 $0.0100\lambda \leq G \leq 0.0500\lambda$;

式 10

$-3.5898 \times G/\lambda + 0.7995 \leq \eta \leq -2.5000 \times G/\lambda + 0.7775$, 但是, 0.0500λ
 $< G \leq 0.0695\lambda$;

所述电极指的膜厚 H 和所述叉指换能器的线占有率 η 满足

(1) $0.010\lambda \leq H < 0.015\lambda$ 、且 $0.575 \leq \eta \leq 0.741$

(2) $0.015\lambda \leq H < 0.020\lambda$ 、且 $0.605 \leq \eta \leq 0.744$

(3) $0.020\lambda \leq H < 0.025\lambda$ 、且 $0.605 \leq \eta \leq 0.745$

(4) $0.025\lambda \leq H \leq 0.030\lambda$ 、且 $0.575 \leq \eta \leq 0.745$

中的任意一个。

2. 如权利要求 1 所述的声表面波器件,其特征在于,

所述压电基板的欧拉角 ψ 在 $42.79^{\circ} \leq |\psi| \leq 49.57^{\circ}$ 的范围内。

3. 如权利要求 1 所述的声表面波器件,其特征在于,

所述压电基板的欧拉角 ψ 为 $|\psi| = 45^{\circ}$ 。

4. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的声表面波器件,其特征在于,

所述叉指换能器的线占有率 η 在以该线占有率 $\eta(\%)$ 为纵轴、以所述电极指间槽的
深度 $G(\% \lambda)$ 为横轴的正交坐标中,

(1) 当所述电极指膜厚 H 为 $1.0\% \lambda \leq H < 1.5\% \lambda$ 时,处于由将各点 (0.74,1)、
(0.75,2)、(0.74,3)、(0.735,4)、(0.741,5)、(0.73,6)、(0.73,7)、(0.575,7)、(0.615,6)、
(0.64,5)、(0.66,4)、(0.675,3)、(0.703,2)、(0.725,1) 连接起来而成的多边形所包围的范
围内,

(2) 当所述电极指膜厚 H 为 $1.5\% \lambda \leq H < 2.0\% \lambda$ 时,处于由将各点 (0.702,1)、
(0.718,2)、(0.744,3)、(0.731,4)、(0.725,5)、(0.73,6)、(0.745,7)、(0.605,7)、(0.605,
6)、(0.63,5)、(0.655,4)、(0.675,3)、(0.7,2)、(0.687,1) 连接起来而成的多边形所包围
的范围内,

(3) 当所述电极指膜厚 H 为 $2.0\% \lambda \leq H < 2.5\% \lambda$ 时,处于由将各点 (0.718,2)、
(0.744,3)、(0.731,4)、(0.725,5)、(0.73,6)、(0.745,7)、(0.605,7)、(0.605,6)、(0.62,

5)、(0.645,4)、(0.669,3)、(0.695,2) 连接起来而成的多边形所包围的范围内,

(4) 当所述电极指膜厚 H 为 $2.5\% \lambda \leq H \leq 3.0\% \lambda$ 时,处于由将各点 (0.745,1)、(0.74,2)、(0.74,3)、(0.745,4)、(0.725,5)、(0.725,6)、(0.725,7)、(0.575,7)、(0.575,6)、(0.605,5)、(0.635,4)、(0.66,3)、(0.695,2)、(0.715,1) 连接起来而成的多边形所包围的范围内。

5. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的声表面波器件,其特征在于,
所述叉指换能器的线占有率 η 满足下述式 11,即,

式 11

$$\eta = -1963.05 \times (G/\lambda)^3 + 196.28 \times (G/\lambda)^2 - 6.53 \times (G/\lambda) \\ - 135.99 \times (H/\lambda)^2 + 5.817 \times (H/\lambda) + 0.732 \\ - 99.99 \times (G/\lambda) \times (H/\lambda)。$$

6. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的声表面波器件,其特征在于,
所述电极指间槽的深度 G 与所述电极指的膜厚 H 之和,满足 $0.0407 \lambda \leq G+H$ 。

7. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的声表面波器件,其特征在于,
还具有用于对所述叉指换能器进行驱动的振荡电路。

8. 一种电子设备,其特征在于,
具有权利要求 1 至 3 中任一项所述的声表面波器件。

9. 一种传感器装置,其特征在于,
具有权利要求 1 至 3 中任一项所述的声表面波器件。

声表面波器件、电子设备及传感器装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种利用了声表面波 (surface acoustic wave :SAW) 的谐振子、振荡器等的声表面波器件、及具有该器件的电子设备及传感器装置。

背景技术

[0002] SAW 器件被广泛应用于,例如移动电话、硬盘、个人计算机、BS 及 CS 广播的接收调谐器、在同轴电缆或光缆中传播的高频信号或光信号的处理设备、在较宽的温度范围内需要高频、高精度时钟脉冲 (低抖动、低相位噪声) 的服务器和网络设备、无线通信用设备等的电子设备、以及压力传感器、加速度传感器、旋转速度传感器等的各种传感器装置中。在这些设备和装置中,特别是随着最近的信息通信的高速化所带来的基准时钟脉冲的高频化和装置框架的小型化,使得装置内的发热的影响变大。因此,安装于装置内部的电子器件需要工作温度范围的扩大及高精度化,例如,如设置于屋外的无线基站这样,需要在温度由低温到高温发生剧烈变化的环境下,进行长期稳定的工作。

[0003] 一般在 SAW 谐振子等的 SAW 器件中,SAW 的阻带和所使用的水晶基板的切割角、形成于基板上的 IDT (interdigital transducer :叉指换能器) 的形态等,会给频率温度特性的变化带来很大影响。例如,已经提出了一种反射反转型 SAW 转换器,其具有将 SAW 的每 1 波长由 3 根电极指构成的单位区间、在压电基板上重复排列而成的 IDT,并分别用于激振 SAW 的阻带的上限模式、下限模式 (例如,参照专利文献 1)。如果通过该反射反转型 SAW 转换器构成 SAW 滤波器,则能够在通频带附近的高频侧抑制区实现高衰减量。

[0004] 另外,已知一种采用了欧拉角 $(\phi, \theta, \psi) = (0^\circ, 123^\circ, 0^\circ)$ 的所谓 ST 切割水晶基板的反射反转型 SAW 转换器 (例如,参照专利文献 2)。在该专利文献中记载有:能够激振阻带的上限的谐振,且与采用阻带的下限的谐振的情况相比,提高了频率温度特性。而且,还报告有如下内容,即,SAW 的阻带的上限模式与阻带的下限模式相比,频率温度特性更加良好 (例如,参照专利文献 3 ~ 6)。

[0005] 特别是,在专利文献 3、4 中记载有:为了在利用了瑞利波的 SAW 装置中获得良好的频率温度特性,对水晶基板的切割角进行调节,并且将 IDT 电极的标准化膜厚 (H/λ) 增厚到 0.1 左右。专利文献 3 所记载的 SAW 谐振子具有单型 IDT 电极,所述单型 IDT 电极在欧拉角 $(\phi, \theta, \psi) = (0^\circ, 0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ, 0^\circ < |\psi| < 90^\circ)$ 的水晶基板上,将 SAW 的每 1 波长由两条的电极指构成的单位区间重复排列。由此,能够通过阻带的上限模式激振瑞利波,并用此来实现 SAW 谐振子的高频化和良好的频率温度特性。

[0006] 专利文献 4 所公开的内容为,在具有所述单型 IDT 电极的 SAW 装置中,将水晶基板设定为欧拉角 $(\phi, \theta, \psi) = (\phi = 0^\circ, 110^\circ \leq \theta \leq 140^\circ, 38^\circ \leq |\psi| \leq 44^\circ)$,将由 IDT 电极的厚度 H、IDT 电极中的电极指的宽度 d、IDT 电极中的电极指之间的间距 P 及 SAW 的波长 λ 所规定的标准化电极膜厚 (H/λ) 和标准化电极宽度 $\eta (= d/P)$ 之间的关系设定为

[0007] $H/\lambda \geq 0.1796 \eta^3 - 0.4303 \eta^2 + 0.2071 \eta + 0.0682$ 。

[0008] 由此,能够通过阻带的上限模式较强地激振瑞利波。

[0009] 专利文献 5 公开了一种 SAW 元件,所述 SAW 元件在欧拉角 $(\phi, \theta, \psi) = (0^\circ, \theta, 9^\circ < |\psi| < 46^\circ)$ 、优选为 $(0^\circ, 95^\circ < \theta < 155^\circ, 33^\circ < |\psi| < 46^\circ)$ 的水晶基板上,配置单型 IDT 电极,将标准化电极膜厚 (H/λ) 设为 $0.045 \leq H/\lambda \leq 0.085$ 。由此,能够通过阻带的上限模式来激振瑞利波,从而实现良好的频率温度特性。

[0010] 专利文献 6 公开了一种 SAW 元件,所述 SAW 元件在欧拉角 $(\phi, \theta, \psi) = (0^\circ, 123^\circ, 43.2^\circ)$ 的面内旋转 ST 切割水晶基板上,配置所述单型 IDT 电极,通过将该标准化电极膜厚 (H/λ) 设为 $H/\lambda = 0.06$ 、即所谓的 $6\% \lambda$,从而用阻带的上限模式激振瑞利波。而且该 SAW 元件通过将由 IDT 电极的电极指宽度 L_t 和电极指间距 P_t 所规定的标准化电极宽度 $\eta (= L_t/P_t)$ 设定为 $0.5 \leq \eta \leq 0.7$,从而在常温 (25°C) 下实现最大 830ppm 的频率偏差。

[0011] 另一方面,已知一种 SAW 谐振器,其在构成 IDT 的电极指之间及构成反射器的导体条之间的水晶基板表面上形成沟槽、即槽(例如,参照专利文献 7 及非专利文献 1)。在专利文献 7 中公开了如下内容,即,通过在 ST 切割 X 传播水晶基板上用铝电极构成 IDT 及反射器,且在与构成 IDT 的电极指之间、以及构成反射器的导体条(电极指)之间相对应的区域的、水晶基板上形成槽,从而使 Q 值变高且电容比变低,由此能够实现谐振电阻较低的 SAW 谐振器。而且在该专利文献中,记载了将 IDT 的槽与反射器的槽设为相同深度的结构、以及使反射器的槽深于 IDT 的槽的结构。

[0012] 在非专利文献 1 中,记载了采用了 ST 切割水晶基板的组合型 SAW 谐振器的特性。其中报告了如下内容,即,该频率温度特性根据在未被 SAW 传播基板的电极覆盖的水晶表面上形成的槽的深度而发生变化,以及,随着槽的加深,朝上凸起的二次曲线的顶点温度 T_p 将降低。

[0013] 本领域技术人员已经熟知这种通过在水晶等的压电基板上形成槽以对有效膜厚进行调节,从而对频率进行调节的方法(例如,参照专利文献 8 至 11)。专利文献 8 所记载的 SAW 器件为,在 IDT 的压电基板的蚀刻率大于 IDT 的蚀刻率的条件下对形成 IDT 的压电基板的表面进行蚀刻,从而以使其频率下降的方式对其频率进行微调。在专利文献 9 至 11 中,也同样通过以在压电基板表面上形成的 IDT 为掩模,对压电基板表面进行干法蚀刻,从而使 SAW 器件的频率向低频侧偏移。

[0014] 而且,已知在横向型 SAW 滤波器中,通过对 IDT 电极的电极指之间的压电基板表面进行蚀刻加工来形成槽,从而减小表观上的传播速度(例如,参照专利文献 12)。由此,能够在无需变更 SAW 滤波器的基本设计的条件下减小 IDT 电极的电极指间距,从而能够实现芯片的小型化。

[0015] 另外,已知在激振被称为 SSBW(Surface Skimming Bulk Wave) 的滑移波的 SAW 谐振器中,在旋转 Y 切割、切割角 -43° 至 -52° 、滑移波传播方向为 Z' 轴方向(欧拉角 $(\phi, \theta, \psi) = (0^\circ, 38^\circ \leq \theta \leq 47^\circ, 90^\circ)$) 的水晶基板上,通过铝形成标准化电极膜厚 (H/λ) 为 $2.0 \leq H/\lambda \leq 4.0\%$ 的 IDT 电极,从而能够实现三次曲线的频率温度特性(例如,参照专利文献 13)。由于滑移波(SH 波)将其振动能量封入在电极正下方并在压电基板的表面正下方传播,因而 SAW 与沿着基板表面传播的 ST 切割水晶 SAW 器件相比,存在来自反射器的 SAW 的反射效率较差且难以实现小型化及较高的 Q 值的问题。

[0016] 为了解决上述问题,已经提出一种在欧拉角 $(\phi, \theta, \psi) = (0^\circ, -64^\circ < \theta < -49.3^\circ, 85^\circ \leq \psi \leq 95^\circ)$ 的旋转 Y 切割水晶基板的表面上形成 IDT 和光栅反射器,并激振 SH 波的 SAW 器件(例如,参照专利文献 14)。该 SAW 器件通过将用 SAW 的波长 λ 标准化了的电极膜厚 H/λ 设定为 $0.04 < H/\lambda < 0.12$,从而实现了小型化、较高的 Q 值及优异的频率稳定性。

[0017] 而且,在所涉及的 SAW 器件中,为了解决由因电极膜厚较厚而产生的应力迁移所导致的、Q 值和频率稳定性劣化的问题,提出了一种在 IDT 的电极指之间的水晶基板上形成槽的方案(例如,参照专利文献 15)。当将该槽的深度设为 H_p 、将 IDT 的金属膜的膜厚设为 H_m 时,由于通过将用 SAW 的波长 λ 标准化了的电极膜厚 H/λ 设定为 $0.04 < H/\lambda < 0.12$ (但是, $H = H_p + H_m$) 的范围,从而能够使金属膜的表现上的膜厚变薄,因而能够抑制由通电时的应力迁移所导致的频率变动,进而实现 Q 值较高、频率稳定性优异的 SAW 器件。

[0018] 在 SAW 器件的批量生产过程中,当通过蚀刻在水晶基板的表面上形成 IDT 的电极指时,如果电极指的膜厚较厚,则通过由此而引起的侧向蚀刻,在 IDT 的线占有率(行间隔比) η 上将容易产生误差。其结果为,当由 SAW 器件的温度变化引起的频率的变动量产生误差时,产品的可靠性、质量将受到损害。已知一种 SAW 器件,其为了消除这个问题,采用欧拉角 $(\phi, \theta, \psi) = (0^\circ, 95^\circ \leq \theta \leq 155^\circ, 33^\circ \leq |\psi| \leq 46^\circ)$ 的面内旋转 ST 切割水晶基板,激振 SAW 的阻带的上限模式,从而在 IDT 的电极指之间的水晶基板表面上形成电极指间槽(例如,参照专利文献 16)。

[0019] 另外,在 SAW 器件的频率温度特性在工作温度范围内为二次曲线的情况下,实现频率变动宽度的极小化和拐点较为困难。因此,为了获得三次曲线的频率温度特性,提出了一种 SAW 装置,其通过空隙层和介质膜而在 LST 切割的水晶基板上形成 IDT 电极,并激振泄漏型 SAW(例如,参照专利文献 17)。在该专利文献中记载有:在采用了瑞利波的 SAW 装置中,未能发现用于实现如三次曲线所示的频率温度特性的切割角的水晶基板。

[0020] 而且,在 ST 切割水晶 SAW 谐振子等中,已知一种倾斜型 IDT,其为了在不使其优良的频率温度特性劣化的条件下提高 Q 值,从而在水晶基板的表面上,使 IDT 和反射器沿着相对于 SAW 的相位速度的方向而倾斜能流角 $PFA \pm 3^\circ$ 的方向配置(例如,参照专利文献 18、19)。这种由倾斜型 IDT 构成的 SAW 器件通过以覆盖 SAW 的相位的行进方向和其振动能量的行进方向的方式配置 IDT 及反射器,从而能够通过反射器而有效地反射 SAW,因而能够有效地封住能量,从而进一步提高 Q 值。

[0021] 如上所述,许多元件都与 SAW 器件的频率温度特性相关,为了实现对这些元件的改进而进行了各种各样的研究。尤其认为,在采用了瑞利波的 SAW 器件中,构成 IDT 的电极指的膜厚的增加将有助于提高频率温度特性。在仅仅增加 IDT 的电极膜厚时,将产生因通电时的应力迁移以及 IDT 形成时的侧向蚀刻而引起的线占有率的变动所导致的、频率稳定性的劣化等问题。作为其对策,通过在水晶基板表面的 IDT 的电极指之间形成槽,从而在使电极膜厚变薄的同时,增大其有效膜厚,进而抑制频率的变动是有效的。

[0022] 但是,上述的 SAW 器件除了激振泄漏型 SAW 的专利文献 13 的 SAW 装置之外,工作温度范围内的频率温度特性均由二次曲线表示,因而未达到可使频率变动宽度充分减小或可实现拐点的程度。因此,无法充分应对对于最近的 SAW 器件的工作温度范围的扩大、高精度化、在温度剧烈变化的环境下的长期的工作稳定性等的要求。

- [0023] 在先技术文献
- [0024] 专利文献
- [0025] 专利文献 1 :日本专利第 3266846 号公报
- [0026] 专利文献 2 :日本特开 2002-100959 号公报
- [0027] 专利文献 3 :日本特开 2006-148622 号公报
- [0028] 专利文献 4 :日本特开 2007-208871 号公报
- [0029] 专利文献 5 :日本特开 2007-267033 号公报
- [0030] 专利文献 6 :日本特开 2007-300287 号公报
- [0031] 专利文献 7 :日本特公平 2-7207 号 (特开昭 57-5418 号) 公报
- [0032] 专利文献 8 :日本特开平 2-189011 号公报
- [0033] 专利文献 9 :日本特开平 5-90865 号公报
- [0034] 专利文献 10 :日本特开平 1-231412 号公报
- [0035] 专利文献 11 :日本特开昭 61-92011 号公报
- [0036] 专利文献 12 :日本特开平 10-270974 号公报
- [0037] 专利文献 13 :日本特公平 1-34411 号公报
- [0038] 专利文献 14 :日本再公表 W02005/099089A1 公报
- [0039] 专利文献 15 :日本特开 2006-203408 号公报
- [0040] 专利文献 16 :日本特开 2009-225420 号公报
- [0041] 专利文献 17 :日本专利第 3851336 号公报
- [0042] 专利文献 18 :日本专利第 3216137 号公报
- [0043] 专利文献 19 :日本特开 2005-204275 号公报
- [0044] 非专利文献
- [0045] 非专利文献 1 :沟槽形 SAW 谐振器的制造条件和特性 (电子通信学会技术研究报告 MW82-59 (1982))

发明内容

[0046] 因此,本发明是鉴于上述的现有的问题点所实施的,其目的在于,提供一种谐振子、振荡器等的 SAW 器件,所述 SAW 器件在工作温度范围内发挥频率变动量极小的优良的频率温度特性,且具有即使在温度较大变动的环境下也能够稳定工作的优异的耐环境特性,从而可实现较高的 Q 值。

[0047] 本申请的发明人为了实现上述目的,在 SAW 谐振子中,验证了 SAW 的波长 λ 、槽的深度 G、IDT 的电极膜厚 H、其电极指的线占有率 η 等的参数与频率温度特性之间的关系,所述 SAW 谐振子为,采用面内旋转 ST 切割水晶基板,在其表面上形成通过阻带的上限模式激振 SAW 的 IDT,且对构成 IDT 的电极指之间的水晶基板表面进行凹设以形成槽的谐振子。其结果为,研究出了一种在工作温度范围内可实现频率变动宽度的极小化及拐点的新的 SAW 谐振子。

[0048] 在该新的实施方式的 SAW 谐振子 (以下,称为本实施方式的 SAW 谐振子) 的第 1 形式中,其特征在于,具有 :IDT,其被设置在欧拉角 $(-1.5^{\circ} \leq \phi \leq 1.5^{\circ}, 117^{\circ} \leq \theta \leq 142^{\circ}, 42.79^{\circ} \leq |\psi| \leq 49.57^{\circ})$ 的水晶基板上,且激振阻带上限模式的

SAW；电极指间槽，其使位于构成该 IDT 的电极指之间的水晶基板凹陷而形成，当将 SAW 的波长设为 λ 、将电极指间槽的深度设为 G 时，满足 $0.01\lambda \leq G$ 的关系，且，当将 IDT 的线占有率设为 η 时，电极指间槽的深度 G 和线占有率 η 满足下述式 1 以及式 2 的关系：

[0049] 式 1

[0050] $-2.0000 \times G/\lambda + 0.7200 \leq \eta \leq -2.5000 \times G/\lambda + 0.7775$ 但是 $0.0100\lambda \leq G \leq 0.0500\lambda \cdots \cdots (1)$

[0051] 式 2

[0052] $-3.5898 \times G/\lambda + 0.7995 \leq \eta \leq -2.5000 \times G/\lambda + 0.7775$ 但是 $0.0500\lambda < G \leq 0.0695\lambda \cdots \cdots (2)$

[0053] 本实施方式的 SAW 谐振子在第 2 形式中，其特征在于，在所述第 1 形式的基础上，电极指间槽的深度 G 满足 $0.01\lambda \leq G \leq 0.0695\lambda$ 的关系。通过将电极指间槽的深度 G 设定于此范围内，从而能够将工作温度范围内（例如， $-40^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$ ）的频率变动量抑制于较小程度，且即使在电极指间槽的深度上出现制造上的误差，也能够将各个 SAW 谐振子之间的谐振频率的偏移量控制在能够补正的范围。

[0054] 而且，本实施方式的 SAW 谐振子在第 3 形式中，其特征在于，在所述第 1 或第 2 形式的基础上，当将 IDT 的电极膜厚设为 H 时，满足 $0 < H \leq 0.035\lambda$ 的关系。由此，在工作温度范围内实现了良好的频率温度特性，且预先防止了在增大电极膜厚时可能产生的耐环境特性的劣化。

[0055] 另外，本实施方式的 SAW 谐振子在第 4 形式中，其特征在于，在所述第 3 形式的基础上，线占有率 η 满足下述式 3 的关系。

[0056] 式 3

[0057] $\eta = -1963.05 \times (G/\lambda)^3 + 196.28 \times (G/\lambda)^2 - 6.53 \times (G/\lambda)$

[0058] $-135.99 \times (H/\lambda)^2 + 5.817 \times (H/\lambda) + 0.732$

[0059] $-99.99 \times (G/\lambda) \times (H/\lambda) \cdots \cdots (3)$

[0060] 由此，能够将频率温度特性的二次温度系数抑制于较小程度。

[0061] 另外，本实施方式的 SAW 谐振子在第 5 形式中，其特征在于，在所述第 3 或第 4 形式的基础上，电极指间槽的深度 G 与电极膜厚 H 之和满足 $0.0407\lambda \leq G+H$ 的关系。由此，与没有在电极指之间设置槽而利用了阻带的下限模式的谐振的现有的情况相比，能够获得较高的 Q 值。

[0062] 图 1 图示了本实施方式的 SAW 谐振子的典型示例。如图 1(A) 所示，本实施方式的 SAW 谐振子 1 具有：矩形的水晶基板 2、以及分别形成在该水晶基板的主面上的 IDT3 和一对反射器 4、4。

[0063] 在水晶基板 2 中，使用由欧拉角 $(-1.5^\circ \leq \phi \leq 1.5^\circ, 117^\circ \leq \theta \leq 142^\circ, 42.79^\circ \leq |\psi| \leq 49.57^\circ)$ 表示的面内旋转 ST 切割水晶基板。在此，对欧拉角进行说明。由欧拉角 $(0^\circ, 0^\circ, 0^\circ)$ 表示的基板成为，具有与 Z 轴垂直的主面的 Z 切割基板。在此，欧拉角 (ϕ, θ, ψ) 的 ϕ 是涉及 Z 切割基板的第 1 旋转的参数，其为以 Z 轴为旋转轴，以从 $+X$ 轴向 $+Y$ 轴侧旋转的方向为正旋转角度的第 1 旋转角度。欧拉角的 θ 是涉及在 Z 切割基板的第 1 旋转之后进行的第 2 旋转的参数，其为以第 1 旋转后的 X 轴为旋转轴，以从第 1 旋转后的 $+Y$ 轴向 $+Z$ 轴旋转的方向为正旋转角度的第 2 旋转角度。压电基板的切割面由

第 1 旋转角度 ϕ 和第 2 旋转角度 θ 所决定。欧拉角的 ψ 是涉及在 Z 切割基板的第 2 旋转之后进行的第 3 旋转的参数,其为以第 2 旋转之后的 Z 轴为旋转轴,以从第 2 旋转之后的 +X 轴向第 2 旋转后的 +Y 轴侧旋转的方向为正旋转角度的第 3 旋转角度。SAW 的传播方向用相对于第 2 旋转后的 X 轴的第 3 旋转角度 ψ 表示。

[0064] 如图 2 所示,面内旋转 ST 切割水晶基板在通过 X 轴、Y 轴及 Z 轴分别表示水晶的正交的 3 个结晶轴、即电轴、机械轴及光学轴时,从如下的晶片 5 中被切割出,所述晶片 5 具有:将与 Y 轴垂直的 XZ 面 5a 以 X 轴为旋转轴而从 +Z 轴向 -Y 轴方向旋转了角度 θ' ($^\circ$) 的、与坐标轴 (X, Y', Z') 的 Y' 轴垂直的 XZ' 面。水晶基板 2 进而沿着以 Y' 轴为旋转轴、以从 +X 轴向 +Z' 轴方向为正而旋转了角度 $+\psi$ (或 $-\psi$) ($^\circ$) 的新坐标轴 (X', Y', Z''), 从晶片 5 中被切割出,以形成单片化。此时,水晶基板 2 可以以其长边 (或短边) 沿着 X' 轴方向或 Z'' 轴方向中的任意一个方向的方式而配置。并且,角度 θ' 和欧拉角中的 θ 存在 $\theta' = \theta - 90^\circ$ 的关系。

[0065] IDT3 具有分别由多个电极指 6a、6b 构成,且通过母线 7a、7b 将这些电极指的基端部连接起来的一对梳齿状电极 3a、3b。。各电极指 6a、6b 以使其延长方向与由所述 IDT 激振的 SAW 的传播方向 X' 正交的朝向而配置。一个梳齿状电极 3a 的电极指 6a 与另一个梳齿状电极 3b 的电极指 6b 交替且隔开预定的间隔而以固定的间距排列配置。如图 1 (B) 所示,在电极指 6a、6b 之间露出的水晶基板 2 的表面上,通过以蚀刻等方式对该表面进行削除,从而分别凹设有固定深度的电极指间槽 8。

[0066] 一对反射器 4、4 被配置成,沿着 SAW 的传播方向 X' 而在 IDT3 的外侧从两侧夹着该 IDT。各反射器 4 分别具有在 SAW 的传播方向 X' 上以固定的间距排列配置的多个导体条 4a、4a。所述各导体条与 IDT3 的所述各电极指同样地,以使其延长方向与 SAW 的传播方向 X' 正交的朝向而配置。如图 1 (B) 所示,在导体条 4a、4a 之间露出的水晶基板 2 的表面上,通过以蚀刻等方式而对该表面进行削除,从而分别凹设有固定深度的导体条间槽 9。

[0067] 在本实施方式中,电极指 6a、6b 及导体条 4a、4a 通过采用例如铝或以铝为主体的合金的金属膜而形成相同的膜厚 H,可以总称为电极指。电极指间槽 8 和导体条间槽 9 被形成成为相同的深度 G。在 IDT3 的最外侧的电极指 6a (或 6b)、和与其相邻的反射器 4、4 的所述导体条之间,同样通过削除水晶基板表面而凹设有与所述导体条间槽深度相同的槽。

[0068] 以这种方式构成的 SAW 谐振子 1,激励在水晶基板 2 的 X' 轴方向及 Y' 轴方向的两个方向上具有振动位移分量的 Rayleigh 型 (瑞利型) 的 SAW。上述的欧拉角的水晶基板 2 由于 SAW 的传播方向从作为水晶的结晶轴的 X 轴偏离,因而能够激励阻带上限模式的 SAW。

[0069] 并且,上述的水晶基板 2 的欧拉角 (ϕ, θ, ψ) 以如下方式进行了选择。SAW 谐振子的频率温度特性一般以下式表示。

$$[0070] \quad \Delta f = \alpha \times (T - T_0) + \beta \times (T - T_0)^2$$

[0071] 在此, Δf 为温度 T 和顶点温度 T_0 之间的频率变化量 (ppm), α 为一次温度系数 (ppm/ $^\circ\text{C}$), β 为二次温度系数 (ppm/ $^\circ\text{C}^2$), T 为温度, T_0 为频率最大时的温度 (顶点温度)。将二次温度系数 β 的绝对值设定为最小,优选设定为 0.01 (ppm/ $^\circ\text{C}^2$) 以下,更优选设定为大致为零,如果频率温度特性表示三次曲线,则即使在较宽的工作温度范围内,也可以减小频率变动量,从而获得较高的频率稳定性。

[0072] 首先,将水晶基板 2 的欧拉角设为 $(0^\circ, 123^\circ, \psi)$, 并对能够获得 $\beta = \pm 0.01 (\text{ppm}/^\circ\text{C}^2)$ 的线占有率 η 时的、欧拉角 ψ 与电极指间槽的深度 G 之间的关系进行了模拟。在此,适当选择欧拉角 ψ , 以使二次温度系数 β 的绝对值为 $0.01 (\text{ppm}/^\circ\text{C}^2)$ 。其结果为,能够将在上述条件下可将二次温度系数 β 设为 $-0.01 \leq \beta \leq +0.01$ 的欧拉角 ψ 的范围,确定为 $43^\circ < \psi < 45^\circ$ 。

[0073] 并且,如图 1(C) 所示, IDT3 的线占有率 η 为电极指宽度 L 除以电极指间距 $\lambda/2 (= L+S)$ 所得的值。另外,图 1(D) 为用于对如下方法进行说明的图,即,在通过光刻技术和蚀刻技术来制造 IDT3 的电极指 6a、6b 及电极指间槽 8 时所形成的梯形的截面中,确定 IDT3 的线占有率 η 的方法。此时,线占有率 η 是根据电极指宽度 L 和电极指间槽宽度 S 而计算出的,所述电极指宽度 L 和电极指间槽宽度 S ,是在距电极指间槽 8 的底部该电极指间槽的深度 G 和电极膜厚 H 的合计值 $(G+H)$ 的二分之一高度处所测定的。

[0074] 接下来,将水晶基板 2 设为,切割角及 SAW 传播方向通过欧拉角表示为 $(0, \theta, \psi)$, 将电极指的膜厚 H 设为 0.02λ , 根据上述式 (3) 将线占有率 η 设为 0.6383 , 从而对与欧拉角 θ 相关的二次温度系数 β 的变化进行了模拟。在此,欧拉角 ψ 在上述的 $43^\circ < \psi < 45^\circ$ 的范围内进行适当的选择,以根据角度 θ 的设定角度而使二次温度系数 β 的绝对值成为最小。其结果为,确认到如果欧拉角 θ 在 $117^\circ \leq \theta \leq 142^\circ$ 的范围内,则即使改变电极指的膜厚 H 、电极指间槽的深度 G 及线金属化率 η , 二次温度系数 β 的绝对值也会在 $0.01 (\text{ppm}/^\circ\text{C}^2)$ 的范围内。

[0075] 接下来,通过欧拉角表示而将水晶基板 2 设为 $(\phi, 123^\circ, 43.77^\circ)$, 将电极指间槽的深度 G 设为 0.04λ , 将电极指的膜厚 H 设为 0.02λ , 将线占有率 η 设为 0.65 , 并对与欧拉角 ϕ 相关的二次温度系数 β 的变化进行了模拟。其结果为,确认到如果欧拉角 ϕ 在 $-1.5^\circ \leq \phi \leq +1.5^\circ$ 的范围内,则二次温度系数 β 的绝对值在 $0.01 (\text{ppm}/^\circ\text{C}^2)$ 的范围内。

[0076] 而且,通过进行模拟,求出了工作温度范围 $(-40^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C})$ 内的频率变动量为最小时的、非常理想的欧拉角 θ 和 ψ 之间的关系。此时,电极指间槽的深度 G 及电极指的膜厚 H 也分别被设为 $G = 0.04\lambda$ 、 $H = 0.02\lambda$ 。其结果为,欧拉角 ψ 以在上述的欧拉角 θ 的范围内随着其增加而描绘出三次曲线的方式增加。这种关系可以通过下式来进行近似。

[0077] 式 4

$$[0078] \quad \psi = 1.19024 \times 10^{-3} \times \theta^3 - 4.48775 \times 10^{-1} \times \theta^2 + 5.64362 \times 10^1 \times \theta - 2.32327 \times 10^3 \pm 1.0$$

[0079] 由此,欧拉角 ψ 在欧拉角 θ 的下限值 $\theta = 117^\circ$ 处,成为 $\psi = 42.79^\circ$, 在上限值 $\theta = 142^\circ$ 处,成为 $\psi = 49.57^\circ$ 。因此,欧拉角 ψ 在 $117^\circ \leq \theta \leq 142^\circ$ 的范围内,可以设定为 $42.79^\circ \leq \psi \leq 49.57^\circ$ 。

[0080] 通过以上述方式设定水晶基板 2 的欧拉角,从而本实施方式的 SAW 谐振子 1 能够实现二次温度系数 β 的绝对值在 $0.01 (\text{ppm}/^\circ\text{C}^2)$ 以下的优良的频率温度特性。

[0081] 对于本实施方式的 SAW 谐振子 1,在以下的条件下对频率温度特性进行了模拟。

[0082] - 本实施方式的 SAW 谐振子 1 的基本数据

[0083] $H: 0.02\lambda$

[0084] $G: \text{变化}$

[0085] IDT 线占有率 η :0.6

[0086] 反射器线占有率 η_r :0.8

[0087] 欧拉角 : (0° , 123° , 43.5°)

[0088] IDT 对数 :120

[0089] 电极指交叉宽度 :40 λ ($\lambda = 10 \mu\text{m}$)

[0090] 反射器条数 (每单侧) :60

[0091] 电极指的倾斜角度 :无

[0092] 此模拟结果如图 3 所示。由该图可以看出,频率温度特性在工作温度范围 (-40 ~ +85℃) 内大致表示三次曲线,从而能够将频率变动宽度抑制为极小的变动量、即 20ppm 以内。

[0093] 关于表现出图 3 的频率温度特性的 SAW 谐振子 1,对其频率、等效电路常数及静态特性进行汇总,结果如以下的表 1 所示。

[0094] 表 1

[0095]

	F (MHz)	Q	γ	CI (Ω)	M
AVG	318.25	13285	2476	21.8	5.4

[0096] 在此,F 为频率,Q 为 Q 值, γ 为电容比,CI 为 CI (晶体阻抗 :Crystal Impedance) 值,M 为性能指数 (品质因数 :Figure of Merit)。

[0097] SAW 谐振子 1 优选设定为, IDT3 的阻带上端的频率 f_{t2} 和反射器 4 的阻带下端的频率 f_{r1} 及阻带上端的频率 f_{r2} 满足 $f_{r1} < f_{t2} < f_{r2}$ 的关系。图 4 图示了与频率相关的 IDT3 及反射器 4 的 SAW 反射特性。如该图所示,在将频率 f_{t2} 设定在频率 f_{r1} 和频率 f_{r2} 之间时,在频率 f_{t2} 处,反射器 4 的反射系数大于 IDT3 的反射系数。其结果为,从 IDT3 激振的阻带上限模式的 SAW 从反射器 4 以更高的反射系数而被反射到 IDT3 侧。因此,能够有效地封住 SAW 的振动能量,从而能够实现低损耗的 SAW 谐振子 1。

[0098] 另外,关于 SAW 谐振子 1 的 Q 值,通过进行模拟,从而验证了其由电极指 6a、6b 的高度、即膜厚 H 和电极指间槽 8 的深度 G 而形成的高低差的大小 (G+H) 之间的关系。为了进行比较,对于在电极指之间未设槽、且采用阻带上限模式的谐振的现有的 SAW 谐振子,在以下的条件下,对 Q 值与电极指的高度、即膜厚之间的关系进行了模拟。

[0099] - 现有的 SAW 谐振子的基本数据

[0100] H :变化

[0101] G :零 (无)

[0102] IDT 线占有率 η :0.4

[0103] 反射器线占有率 η_r :0.3

[0104] 欧拉角 (0° , 123° , 43.5°)

[0105] IDT 对数 :120

[0106] 电极指交叉宽度 :40 λ ($\lambda = 10 \mu\text{m}$)

[0107] 反射器条数 (每单侧) :60

[0108] 电极指的倾斜角度 :无

[0109] 此模拟结果如图 5 所示。在该图中,粗线表示本实施方式的 SAW 谐振子 1,细线表示现有的 SAW 谐振子。由该图可知,本实施方式的 SAW 谐振子 1 在高低差 $(G+H)$ 在 0.0407λ ($4.07\%\lambda$) 以上的区域中,能够获得高于现有的 SAW 谐振子的 Q 值。

[0110] 但是,发现本实施方式的 SAW 谐振子有时会在个体之间,在频率温度特性方面产生偏差。如上所述,在本实施方式中,将 SAW 的波长 λ 、电极指间槽的深度 G 、IDT 的线占有率 η 及电极指膜厚 H 做为参数,来实现三次曲线的优异的频率温度特性。因此,本申请的发明者考虑到,这些参数的制造误差是否影响了频率温度特性的偏差,从而验证了它们之间的关系。

[0111] 虽然在批量生产 SAW 器件时,一般情况下,IDT 的电极指通过对电极膜的光刻而形成,假定其线宽度 L 通常具有 0.5% 左右的制造误差。此时,认为 IDT 线占有率 η 也产生相同程度的制造误差。根据这种假定,关于在图 1 的 SAW 谐振子 1 中,设定为电极指膜厚 $H = 2\%\lambda$,槽深度 $G = 3.5\%\lambda$,IDT 线占有率 $\eta = 0.63$ ($= 63\%$) 的情况,和从上述设定偏离 ± 0.005 ($= \pm 0.5\%$) 的情况,分别通过模拟而计算出了频率温度特性。图 6 表示了其结果。

[0112] 在任何一种情况下,频率温度特性均由在使用温度范围内具有极大值、极小值、和两者之间的拐点的三次曲线来表示。在 $\eta = 0.63$ (实线) 的情况下,显示出了如下的非常优秀的频率温度特性,即,在使用温度范围 ($-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$) 内,频率变动量在 $\pm 5\text{ppm}$ 以内,拐点的位置、即拐点温度处于使用温度范围的大致中心且呈大致左右对称。与此相对,可知在 $\eta = 0.625$ (细虚线) 及 0.635 (粗虚线) 的情况下,在使用温度范围内,频率变动量增大到 $\pm 5\text{ppm}$ 以上,拐点温度向低温侧或高温侧大幅偏离,且呈左右非对称,从而频率温度特性劣化。

[0113] 接下来,本申请的发明人们验证了频率温度特性中的拐点温度的偏离对其频率变动量造成的影响。图 7 图示了关于图 6 中的 $\eta = 0.63$ 的情况,拐点温度的变化量和频率变动量的偏差之间的关系。由该附图可知,当拐点温度产生偏差时,频率变动量偏差将增大,从而频率温度特性将劣化。

[0114] 而且本申请的发明人们验证了与电极指膜厚 H 相关的电极指间槽的深度 G 的变化,对由于 IDT 线占有率 η 的偏离 (± 0.005) 而产生的拐点温度的变化量、即频率温度特性造成的影响。并且,在本说明书中,将由于该 IDT 线占有率 η 的偏离而产生的拐点温度的变化量,作为表示频率温度特性的劣化程度的指标而称为拐点灵敏度。

[0115] 首先,在图 1 的 SAW 谐振子 1 中,当将水晶基板 2 的欧拉角设为 ($0^{\circ}, 123^{\circ}, \psi$),将电极指膜厚 H 固定在 $1\%\lambda$,且使电极指间槽深度 G 在 $2\%\lambda \sim 7\%\lambda$ 的范围内以 $1\%\lambda$ 为单位而发生变化时,通过模拟而计算出了频率温度特性的二次温度系数 β 在 0.01 以下时的 IDT 线占有率 η 、与由于该 η 值的 ± 0.005 的偏离而产生的拐点灵敏度之间的关系。图 8 图示了其结果。由该附图可知,在任一情况下,随着 η 变大,拐点灵敏度减小,从而频率温度特性优化。

[0116] 接下来,当在与图 8 相同的条件下,将电极指膜厚 H 固定在 $1.5\%\lambda$,同样地在使槽深度 G 在 $2\%\lambda \sim 7\%\lambda$ 的范围内以 $1\%\lambda$ 为单位而发生变化时,通过模拟而计算出了频率温度特性的二次温度系数 β 在 0.01 以下时的 IDT 线占有率 η 、与由于该 η 值的 ± 0.005 的偏离而产生的拐点灵敏度之间的关系。图 9 表示其结果。由该附图可知,在任一

情况下,随着 η 变大,拐点灵敏度减小,从而频率温度特性优化。

[0117] 另外,图 10 为基于图 8 的模拟结果,而描绘出与 IDT 线占有率 η 相关的拐点温度的变化的图。该图图示了 η 越大拐点温度的变化率越大的现象。

[0118] 因此,本申请的发明人们对于本实施方式的 SAW 谐振子 1,进一步验证了可使由于 IDT 线占有率 η 的偏离而产生的拐点灵敏度优化的、IDT3 的电极膜厚 H、电极指间槽深度 G 和 IDT 线占有率 η 之间的关系。其结果发现,在电极指间槽深度 G 和 IDT 线占有率 η 之间,存在可抑制频率温度特性的偏差及劣化的特定的关系。本申请的发明人们根据这些见解而想到了本发明。

[0119] 本发明的 SAW 器件的特征在于,具有:压电基板,其欧拉角为: $(-1.5^\circ \leq \Phi \leq 1.5^\circ, 117^\circ \leq \theta \leq 142^\circ, |\psi| \neq 90^\circ \times n$ (但是, $n = 0, 1, 2, 3$));叉指换能器,其由被设置于该压电基板的主面上的多个电极指构成,且激振阻带上限模式的瑞利波;电极指间槽,其凹设在该叉指换能器的相邻的电极指间的、压电基板的表面上,而且,瑞利波的波长 λ 与电极指间槽的深度 G 满足 $0.01\lambda \leq G \leq 0.07\lambda$ 的关系,叉指换能器的线占有率 η 与电极指间槽的深度 G 满足下述式 5 以及式 6 的关系,即,

[0120] 式 5

[0121] $-2.0000 \times G/\lambda + 0.7200 \leq \eta \leq -2.5000 \times G/\lambda + 0.7775$, 但是, $0.0100\lambda \leq G \leq 0.0500\lambda$;

[0122] 式 6

[0123] $-3.5898 \times G/\lambda + 0.7995 \leq \eta \leq -2.5000 \times G/\lambda + 0.7775$, 但是, $0.0500\lambda < G \leq 0.0695\lambda$;

[0124] 电极指的膜厚 H 和叉指换能器的线占有率 η 满足

[0125] (1) $0.010\lambda \leq H \leq 0.015\lambda$ 、且 $0.575 \leq \eta \leq 0.741$

[0126] (2) $0.015\lambda \leq H \leq 0.020\lambda$ 、且 $0.605 \leq \eta \leq 0.744$

[0127] (3) $0.020\lambda \leq H \leq 0.025\lambda$ 、且 $0.605 \leq \eta \leq 0.745$

[0128] (4) $0.025\lambda \leq H \leq 0.030\lambda$ 、且 $0.575 \leq \eta \leq 0.745$

[0129] 中的任意一个。

[0130] 通过以此种方式规定电极指间槽深度 G、电极指膜厚 H 和 IDT 线占有率 η 之间的关系,从而 SAW 器件具有,由常时在工作温度范围内具有极大值、极小值、和两者之间的拐点的曲线所表示的良好的频率温度特性,并能够抑制由于因制造误差而导致的 IDT 线占有率 η 的偏离,而可能在个体之间产生的拐点温度的变动、以及由此导致的频率温度特性的偏差及劣化。

[0131] 在某一实施例中,压电基板的欧拉角 ψ 在 $42.79^\circ \leq |\psi| \leq 49.57^\circ$ 的范围内,据此,能够在较宽的工作温度范围内获得频率变动量极小的优异的频率温度特性。

[0132] 而且,在某个实施例中,由于压电基板的欧拉角 ψ 为 $|\psi| = 45^\circ$,因而能够进一步减小拐点温度的偏差。

[0133] 在另一实施例中,特征在于,叉指换能器的线占有率 η 在以该线占有率 η (%) 为纵轴、以所述电极指间槽的深度 G (% λ) 为横轴的正交坐标中,

[0134] (1) 当电极指膜厚 H 为 $1.0 \sim 1.5\% \lambda$ 时,处于由将各点 (0.74, 1)、(0.75, 2)、(0.74, 3)、(0.735, 4)、(0.741, 5)、(0.73, 6)、(0.73, 7)、(0.575, 7)、(0.615, 6)、(0.64, 5)、

(0.66,4)、(0.675,3)、(0.703,2)、(0.725,1) 连接起来而成的多边形所包围的范围内,

[0135] (2) 当电极指膜厚 H 为 $1.5 \sim 2.0\% \lambda$ 时,处于由将各点 (0.702,1)、(0.718,2)、(0.744,3)、(0.731,4)、(0.725,5)、(0.73,6)、(0.745,7)、(0.605,7)、(0.605,6)、(0.63,5)、(0.655,4)、(0.675,3)、(0.7,2)、(0.687,

[0136] 1) 连接起来而成的多边形所包围的范围内,

[0137] (3) 当电极指膜厚 H 为 $2.0 \sim 2.5\% \lambda$ 时,处于由将各点 (0.718,2)、(0.744,3)、(0.731,4)、(0.725,5)、(0.73,6)、(0.745,7)、(0.605,7)、(0.605,6)、(0.62,5)、(0.645,4)、(0.669,3)、(0.695,2) 连接起来而成的多边形所包围的范围内,

[0138] (4) 当电极指膜厚 H 为 $2.5 \sim 3.0\% \lambda$ 时,处于由将各点 (0.745,1)、(0.74,2)、(0.74,3)、(0.745,4)、(0.725,5)、(0.725,6)、(0.725,7)、(0.575,7)、(0.575,6)、(0.605,5)、(0.635,4)、(0.66,3)、(0.695,2)、(0.715,1) 连接起来而成的多边形所包围的范围内。

[0139] 通过以此方式确定 IDT 的线占有率 η 和电极指膜厚 H ,从而能够使由于因制造误差所导致的 IDT 线占有率 η 的偏离而可能在个体之间产生的、频率温度特性的拐点温度的变动优化,由此进一步减小频率温度特性的偏差及劣化。

[0140] 在另一实施例中,由于叉指换能器的线占有率 η 满足下述式 7 的关系,从而能够将频率温度特性的二次温度系数抑制在更小的程度,因而进一步减小了频率变动量、且可获得更加优异的三次曲线的频率温度特性。

[0141] 式 7

[0142] $\eta = -1963.05 \times (G/\lambda)^3 + 196.28 \times (G/\lambda)^2 - 6.53 \times (G/\lambda)$

[0143] $-135.99 \times (H/\lambda)^2 + 5.817 \times (H/\lambda) + 0.732$

[0144] $-99.99 \times (G/\lambda) \times (H/\lambda)$

[0145] 另外,在另一实施例中,电极指间槽的深度 G 与电极指的膜厚 H 之和优选满足 $0.0407\lambda \leq G+H$ 。由此,采用阻带上限模式的谐振的本发明,与未在 IDT 的电极指之间设置槽并采用阻带下限模式的谐振的现有 SAW 谐振子相比,可以得到更高的 Q 值。

[0146] 而且,在另一实施例中,还具有:一对反射器,其分别由被设置在水晶基板的主面上的多个导体条构成,且沿着 SAW 的传输方向并以夹着 IDT 的方式而在所述 IDT 的两侧配置;导体条间槽,其凹设在与该反射器的相邻的导体条之间的、水晶基板的表面上,并且,与电极指及导体条正交的第 1 方向和水晶基板的电轴构成的角度为水晶基板的欧拉角 ψ , IDT 及反射器中的至少一部分被配置在,以与第 1 方向成角度 δ 而交叉的第 2 方向上,通过将角度 δ 设定在水晶基板的能流角 $\pm 1^\circ$ 的范围内,从而能够进一步实现 Q 值的提高。

[0147] 另外,在另一实施例中,通过还具有用于驱动 IDT 的振荡电路,从而能够获得在较宽的工作温度范围内频率变动量极小、CI 值较低、且振荡稳定性优异的 SAW 振荡器。

[0148] 根据本发明的另一个侧面,通过具有上述的本发明的 SAW 器件,从而提供了一种在较宽的工作温度范围内稳定而发挥良好的性能、且可靠性较高的电子设备、传感器装置。

附图说明

[0149] 在图 1 中,(A) 图为表示本实施方式的 SAW 谐振子的结构的俯视图。(B) 图为 SAW 谐振子的局部放大纵剖视图,(C) 图为 (B) 图的局部放大图,(D) 图为表示通过光刻法及蚀刻技术而形成的电极指间槽的形状的、与 (C) 图相同的局部放大剖视图。

- [0150] 图 2 为模式化地表示本实施方式的水晶基板的说明图。
- [0151] 图 3 为表示本实施方式的频率温度特性的线图。
- [0152] 图 4 为表示本实施方式的 IDT 及反射器的 SAW 反射特性的线图。
- [0153] 图 5 为表示本实施方式的电极指间的高低差与 Q 值之间的关系的线图。
- [0154] 图 6 为表示由本实施方式的 IDT 线占有率 η 的变动而导致的频率温度特性的偏差的线图。
- [0155] 图 7 为表示本实施方式的频率温度特性中的拐点温度的变化量与频率变动量的偏差之间的关系的线图。
- [0156] 图 8 为表示在电极指膜厚 $H = 1\% \lambda$ 的情况下,频率温度特性中的 IDT 线占有率 η 与拐点灵敏度之间的关系的线图。
- [0157] 图 9 为表示在电极指膜厚 $H = 1.5\% \lambda$ 的情况下,频率温度特性中的 IDT 线占有率 η 与拐点灵敏度之间的关系的线图。
- [0158] 图 10 为表示在电极指膜厚 $H = 1\% \lambda$ 的情况下,频率温度特性中的 IDT 线占有率 η 与拐点温度之间的关系的线图。
- [0159] 图 11 中的 (A) ~ (E) 图为,分表表示在电极指膜厚 $H = 1\% \lambda, 1.5\% \lambda, 2\% \lambda, 2.5\% \lambda, 3\% \lambda$ 的情况下,可能使拐点灵敏度优化的、电极指间槽的深度 G 与 IDT 的线占有率 η 之间的关系的线图。
- [0160] 图 12 中的 (A) ~ (D) 图为,分别表示在电极指膜厚 $H = 1 \sim 1.5\% \lambda, 1.5 \sim 2\% \lambda, 2 \sim 2.5\% \lambda, 2.5 \sim 3.0\% \lambda$ 的范围内,可能优化拐点灵敏度的、电极指间槽的深度 G 与 IDT 的线占有率 η 之间的关系的线图。
- [0161] 图 13 为表示本发明的 SAW 谐振子的、IDT 线占有率 η 的变动对频率温度特性的偏差的改善的线图。
- [0162] 图 14 中的 (A) 图、(B) 图为,分别表示具有不同的结构的倾斜型 IDT 的、本发明的第 2 实施例的 SAW 谐振子的俯视图。
- [0163] 在图 15 中, (A) 图为表示本发明的 SAW 振荡器的俯视图, (B) 图为沿其 B-B 线的纵剖视图。
- [0164] 符号说明
- [0165] 1、21₁、21₂、32 : SAW 谐振子
- [0166] 2、22₁、22₂、35 : 水晶基板
- [0167] 3、23₁、23₂ : IDT
- [0168] 3a、3b、23a₁、23b₁、23a₂、23b₂、36a、36b : 梳齿状电极
- [0169] 4、24₁、24₂、37 : 反射器
- [0170] 4a、4a、24a₁、24a₂ : 导体条
- [0171] 5 : 晶片
- [0172] 5a : 面
- [0173] 6a、6b、25a₁、25b₁、25a₂、25b₂ : 电极指
- [0174] 7a、7b、26a₁、26b₁、26a₂、26b₂ : 母线
- [0175] 8 : 电极指间槽
- [0176] 9 : 导体条间槽

- [0177] 31 :SAW 振荡器
- [0178] 33 :IC
- [0179] 34 :封装件
- [0180] 34a :底板
- [0181] 38a ~ 38f :电极衬垫
- [0182] 39a ~ 39g :电极布线
- [0183] 40、41 :接合线
- [0184] 42 :盖

具体实施方式

[0185] 以下,参照附图对本发明的理想实施例进行详细说明。并且,在附图中,对相同或类似的结构要素,标记相同或类似的参考符号并进行表示。

[0186] 对于作为本发明的 SAW 器件的第 1 实施例的 SAW 谐振子,由于其基本结构与图 1 所示的 SAW 谐振子 1 相同,因而利用该附图进行说明。即,本实施例的 SAW 谐振子 1 具有矩形的水晶基板 2、分别形成在该水晶基板的主面上的 IDT3、和一对反射器 4、4。水晶基板 2 使用欧拉角($-1.5^{\circ} \leq \phi \leq 1.5^{\circ}$, $117^{\circ} \leq \theta \leq 142^{\circ}$, ψ)的水晶基板。在此,欧拉角 ψ 设定为满足 $|\psi| \neq 90^{\circ} \times n$, ($n = 0, 1, 2, 3$)。

[0187] IDT3 具有一对梳齿状电极 3a、3b,所述一对梳齿状电极 3a、3b 分别由多个电极指 6a、6b 构成,且这些电极指的基端部均通过母线 7a、7b 而相连接。各个电极指 6a、6b 以使其延长方向与由所述 IDT 激振的 SAW 的传输方向正交的朝向而配置。一个梳齿状电极 3a 的电极指 6a 与另一个梳齿状电极 3b 的电极指 6b 交替且隔开预定的间隔而以固定的间距排列配置。在电极指 6a、6b 之间露出的水晶基板 2 的表面上,通过利用蚀刻等而削除该表面,从而分别凹设有固定深度的电极指间槽 8。

[0188] 一对反射器 4、4 沿着 SAW 的传输方向,以从两侧夹着 IDT3 的方式而在 IDT3 的外侧配置。各个反射器 4 分别具有在 SAW 的传输方向上以固定的间距排列配置的多个导体条(电极指)4a、4a。各个所述导体条以使其延长方向与 SAW 的传输方向正交的朝向而配置。在导体条 4a、4a 之间露出的水晶基板 2 的表面上,通过利用蚀刻等而对该表面进行削除,从而凹设有固定深度的导体条间槽 9。

[0189] 所述电极指及导体条通过使用例如铝或以铝为主体的合金的金属膜,而形成相同的膜厚 H。所述电极指间槽以及导体条间槽被形成为相同的深度 G。在各反射器 4、4 的最内侧的所述导体条,和与其隔开预定的间隔而配置的 IDT3 的、最外侧的电极指 6a(或 6b)之间,也同样地对水晶基板表面进行削除,从而凹设有与所述电极指间槽相同深度的槽。

[0190] 通过以这种方式构成,SAW 谐振子 1 对在水晶基板 2 的 X' 轴方向及 Y' 轴方向的两个方向上具有振动位移分量的 Rayleigh 型(瑞利型)的 SAW 进行激励。通过采用上述的欧拉角的水晶基板 2,由于 SAW 的传输方向从作为水晶的结晶轴的 X 轴偏离,因而能够激励阻带上限模式的 SAW。

[0191] 在批量生产 SAW 器件时,如果假定电极指的线宽 L 的制造误差为 0.5%,则可以认为 IDT 线占有率 η 也产生相同程度的制造误差。在本实施例中,假定在所设计的 IDT 线占有率的 η 值中产生 ± 0.005 的制造误差。根据该假定,在 SAW 谐振子 1 中,对电极指间槽

的深度 G 、电极指膜厚 H 和 IDT 线占有率 η 进行设定,以使频率温度特性常时由在工作温度范围内具有极大值、极小值、和两者之间的拐点的曲线来表示。

[0192] 在本实施例的 SAW 谐振子 1 中,对可使拐点灵敏度优化的、电极指间槽的深度 G 和 IDT 的线占有率 η 之间的关系进行了研究。在由于相对于 IDT 线占有率 η 的设计值的 ± 0.005 的偏离而导致的、拐点温度的变动量减小时,判断为拐点灵敏度已优化。当将水晶基板 2 的欧拉角设为 $(0^\circ, 123^\circ, \psi)$,将电极指膜厚 H 设为 $1\% \lambda$ 、 $1.5\% \lambda$ 、 $2\% \lambda$ 、 $2.5\% \lambda$ 、 $3\% \lambda$ 时,通过模拟而计算出了频率温度特性的二次温度系数 β 在 0.01 以下时的、电极指间槽深度 G 与 IDT 线占有率 η 之间的关系。

[0193] 在此,将电极指间槽深度 G 设定在 $1\% \lambda \sim 7\% \lambda$ 的范围内,在该范围内,能够在例如 $-40^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$ 的较广的动作温度范围内将频率变动量抑制在较小的程度,且即使槽深度 G 产生制造上的误差,也能够将 SAW 谐振子个体之间的谐振频率的偏移量抑制在可补正的范围内的范围。而且,电极指膜厚 H 选择了 $1\% \lambda \sim 3\% \lambda$ 的范围,在该范围内,能够在动作温度范围内实现良好的频率温度特性,且防止在增大电极指膜厚时可能产生的耐环境特性的劣化。

[0194] 图 11(A) ~ (E) 图示了该模拟结果。图 11(A) 为,在以线占有率 $\eta(\%)$ 为纵轴、以电极指间槽的深度 $G(\% \lambda)$ 为横轴的正交坐标中,描绘出了在电极指膜厚 $H = 1.0\% \lambda$ 的情况下,频率温度特性的二次温度系数 $\beta = 0.01$ 时的、电极指间槽深度 $G(\% \lambda)$ 及 IDT 线占有率 η 的各个点的图。图 11(B) ~ (E) 为,在与图 11(A) 相同的正交坐标中,描绘出了在电极指膜厚 $H = 1.5\% \lambda$ 、 $2.0\% \lambda$ 、 $2.5\% \lambda$ 、 $3.0\% \lambda$ 的情况下,各自频率温度特性的二次温度系数 $\beta = 0.01$ 时的、电极指间槽深度 $G(\% \lambda)$ 及 IDT 线占有率 η 的各个点的图。

[0195] 从该附图可知,在任一情况下,在电极指间槽深度 G 、电极指膜厚 H 和 IDT 线占有率 η 之间,均存在频率温度特性的二次温度系数 β 在 0.01 以下的范围。由于在图 11(A) ~ (E) 中,在由分别连接所描绘出的各个点而成的多角形所包围的范围内,拐点灵敏度被优化,因而即使 IDT 线占有率 η 产生与设计值的偏离,也可抑制频率温度特性的偏差。

[0196] 图 11(A) ~ (E) 的模拟结果可以被总结成如下的表 2 ~ 表 5。

[0197] 表 2

[0198]

η	G						
	1	2	3	4	5	6	7
下限	0.725	0.703	0.675	0.66	0.64	0.615	0.575
上限	0.74	0.75	0.74	0.735	0.741	0.73	0.73

[0199] 表 3

[0200]

η	G						
	1	2	3	4	5	6	7
下限	0.687	0.7	0.675	0.655	0.63	0.605	0.605
上限	0.702	0.718	0.744	0.731	0.725	0.73	0.745

[0201] 表 4

[0202]

η	G						
	1	2	3	4	5	6	7
下限	0.715	0.695	0.669	0.645	0.62	0.605	0.605
上限	0.702	0.718	0.744	0.731	0.725	0.73	0.745

[0203] 表 5

[0204]

η	G						
	1	2	3	4	5	6	7
下限	0.715	0.695	0.66	0.635	0.605	0.575	0.575
上限	0.745	0.74	0.74	0.745	0.725	0.725	0.725

[0205] 表 2 为,图 11(A) 的多边形和图 11(B) 的多边形重复的范围。同样,表 3~表 5 分别为,图 11(B) 的多边形和图 11(C) 的多边形重复的范围、图 11(C) 的多边形和图 11(D) 的多边形重复的范围、图 11(D) 的多边形和图 11(E) 的多边形重复的范围。

[0206] 在本实施例中,根据表 2~表 5,而将电极指的膜厚 H 和 IDT 的线占有率 η 设定为,满足

[0207] (1) $0.010\lambda \leq H \leq 0.015\lambda$ 、且 $0.575 \leq \eta \leq 0.741$

[0208] (2) $0.015\lambda \leq H \leq 0.020\lambda$ 、且 $0.605 \leq \eta \leq 0.744$

[0209] (3) $0.020\lambda \leq H \leq 0.025\lambda$ 、且 $0.605 \leq \eta \leq 0.745$

[0210] (4) $0.025\lambda \leq H \leq 0.030\lambda$ 、且 $0.575 \leq \eta \leq 0.745$

[0211] 中的任意一个。

[0212] 由此,能够使与由于制造误差而产生的 IDT 线占有率 η 的偏离相对应的拐点灵敏度优化。因此,能够得到一种 SAW 器件,其具有常时由在动作温度范围内具有极大值、极小值和两者之间的拐点的曲线所表示的良好的频率温度特性,且抑制了在个体之间,由于 IDT 线占有率 η 的偏离而可能产生的频率温度特性的偏差及劣化。

[0213] 图 12(A)~(D) 为,与图 11 同样地,在以线占有率 η (%) 为纵轴、以所述电极指间槽的深度 G(% λ) 为横轴的正交坐标中,分别描绘出了表 2~表 5 中的各个点的图。即,图 12(A) 为,描绘出了在电极指膜厚 $H = 1.0 \sim 1.5\% \lambda$ 的范围内,频率温度特性的二次温度系数 $\beta = 0.01$ 时的、电极指间槽深度 G(% λ) 及 IDT 线占有率 η 的各个点的图。在由连接上述各个点 (0.74, 1)、(0.75, 2)、(0.74, 3)、(0.735, 4)、(0.741, 5)、(0.73, 6)、(0.73, 7)、(0.575, 7)、(0.615, 6)、(0.64, 5)、(0.66, 4)、(0.675, 3)、(0.703, 2)、(0.725, 1) 而成的多边形所包围的范围内,拐点灵敏度被优化。

[0214] 图 12(B) 为,描绘出了在电极指膜厚 $H = 1.5 \sim 2.0\% \lambda$ 的范围内,频率温度特性的二次温度系数 $\beta = 0.01$ 时的、电极指间槽深度 G(% λ) 及 IDT 线占有率 η 的各个点的图。在由连接上述各个点 (0.702, 1)、(0.718, 2)、(0.744, 3)、(0.731, 4)、(0.725, 5)、(0.73, 6)、(0.745, 7)、(0.605, 7)、(0.605, 6)、(0.63, 5)、(0.655, 4)、(0.675, 3)、(0.7, 2)、(0.687, 1) 而成的多边形所包围的范围内,拐点灵敏度被优化。

[0215] 图 12(C) 为,描绘出了在电极指膜厚 $H = 2.0 \sim 2.5\% \lambda$ 的范围内,频率温度特性的二次温度系数 $\beta = 0.01$ 时的、电极指间槽深度 G(% λ) 及 IDT 线占有率 η 的各个点的图。在由连接上述各个点 (0.718, 2)、(0.744, 3)、(0.731, 4)、(0.725, 5)、(0.73, 6)、(0.745, 7)、(0.605, 7)、(0.605, 6)、(0.62, 5)、(0.645, 4)、(0.669, 3)、(0.695, 2) 而成的多

角形所包围的范围内,拐点灵敏度被优化。

[0216] 图 12(D) 为,描绘出了在电极指膜厚 $H = 2.5 \sim 3.0\% \lambda$ 的范围内,频率温度特性的二次温度系数 $\beta = 0.01$ 时的、电极指间槽深度 $G(\% \lambda)$ 及 IDT 线占有率 η 的各个点的图。在由连接上述各个点 (0.745, 1)、(0.74, 2)、(0.74, 3)、(0.745, 4)、(0.725, 5)、(0.725, 6)、(0.725, 7)、(0.575, 7)、(0.575, 6)、(0.605, 5)、(0.635, 4)、(0.66, 3)、(0.695, 2)、(0.715, 1) 而成的多角形所包围的范围内,拐点灵敏度被优化。

[0217] 通过以此方式在图 12(A) ~ (D) 所示的多角形的范围内,指定电极指间槽深度 G 、电极指膜厚 H 和 IDT 线占有率 η ,从而本发明的 SAW 谐振子能够在发挥常时在动作温度范围内具有极大值、极小值和两者之间的拐点的三次曲线的、良好的频率温度特性的同时,抑制由于因制造误差所导致的 IDT 线占有率 η 的偏离而可能在个体之间产生的、频率温度特性的偏差及劣化。

[0218] 对于本实施例的 SAW 谐振子 1,通过模拟而在 $-10^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 的较广的动作温度范围内,对频率温度特性进行了评价。将水晶基板 2 的欧拉角 (ϕ, θ, ψ) 设为 $(0^{\circ}, 123^{\circ}, |45^{\circ}|)$ 。电极指膜厚、电极指间槽深度、及 IDT 线占有率分别根据上述表 2 及图 12(A) 中所规定的范围,而设为 $H = 1\% \lambda$ 、 $G = 3\% \lambda$ 、 $\eta = 0.71 (= 71\%)$ 。而且,对于 IDT 线占有率从所述 η 值偏离了 $\pm 0.005 (= \pm 0.5\%)$ 而成为 $\eta = 0.705 (= 70.5\%)$ 及 $\eta = 0.715 (= 71.5\%)$ 的情况,也分别模拟了频率温度特性。图 13 图示了其结果。

[0219] 在图 13 中, $\eta = 0.71$ 的频率温度特性(实线)由在动作温度范围内具有极大值、极小值、和两者之间的拐点的三次曲线表示。其频率变动量大致在 $-7\text{ppm} \sim +5\text{ppm}$ 的范围内,并且拐点温度在 60°C 付近而位于动作温度范围的大致中心,而且整体上大致呈左右对称,从而显示出了极其优异的频率温度特性。

[0220] $\eta = 0.705$ (细虚线)及 0.715 (粗虚线)的频率温度特性也由在动作温度范围内具有极大值和极小值、和两者之间的拐点的三次曲线所表示。在任何一种情况下,频率变动量均在大约 $-7\text{ppm} \sim +5\text{ppm}$ 的范围内,拐点温度在 60°C 付近而位于动作温度范围的大致中心,且整体上大致呈左右对称,从而显示出了极其优异的频率温度特性。由图 13 可以容易地了解,根据本实施例,能够确认即使 IDT 线占有率 η 产生 ± 0.005 程度的偏离,也几乎不会发生频率温度特性的偏差和劣化。

[0221] 对于本实施例的 SAW 谐振子,也与本实施方式的 SAW 谐振子同样地,优选将 IDT3 的线占有率 η 设定为,还满足下述式 8 的关系。由此,由于能够将频率温度特性的二次温度系数抑制在更小的程度,因而,进一步减小了频率变动量,且可获得更加优良的三次曲线的频率温度特性。

[0222] 式 8

$$[0223] \quad \eta = -1963.05 \times (G/\lambda)^3 + 196.28 \times (G/\lambda)^2 - 6.53 \times (G/\lambda)$$

$$[0224] \quad -135.99 \times (H/\lambda)^2 + 5.817 \times (H/\lambda) + 0.732$$

$$[0225] \quad -99.99 \times (G/\lambda) \times (H/\lambda)$$

[0226] 本实施例的 SAW 谐振子进一步优选为,与本实施方式的 SAW 谐振子同样地设定为,电极指间槽 8 的深度 G 和电极指 6a、6b 的膜厚 H 之和满足 $0.0407 \lambda \leq G+H$ 。由此,在采用了阻带上限模式的谐振的本实施例中,与未在 IDT 的电极指之间设置槽,且采用了阻带下限模式的谐振的现有 SAW 谐振子相比,可获得更高的 Q 值。

[0227] 图 14(A)、(B) 分别图示了具有倾斜型 IDT 的、本发明的 SAW 谐振子的第 2 实施例。图 14(A) 中的 SAW 谐振子 21_1 与第 1 实施例同样地, 在由欧拉角 ($-1.5^\circ \leq \phi \leq 1.5^\circ$, $117^\circ \leq \theta \leq 142^\circ$, $42.79^\circ \leq |\psi| \leq 49.57^\circ$) 所表示的水晶基板 22_1 的主面上, 具有倾斜型 IDT 23_1 和一对反射器 24_1 、 24_1 。水晶基板 22_1 的长度方向沿着如下方向被取向, 即, 相对于作为由 IDT 23_1 激振的 SAW 的相位速度的传输方向的 X' 轴, 仅倾斜了能流角 (PFA) δ° 的作为能量的传输方向的方向。

[0228] IDT 23_1 具有一对梳齿状电极 $23a_1$ 、 $23b_1$, 所述一对梳齿状电极 $23a_1$ 、 $23b_1$ 分别由多个电极指 $25a_1$ 、 $25b_1$ 构成, 且这些电极指的基端部通过母线 $26a_1$ 、 $26b_1$ 连接在一起。一对反射器 24_1 、 24_1 沿着 SAW 的传输方向, 以夹着 IDT 23_1 的方式被配置在 IDT 23_1 的两侧, 并分别具有在 SAW 的传输方向上被排列配置的多个导体条 $24a_1$ 、 $24a_1$ 。电极指 $25a_1$ 、 $25b_1$ 及导体条 $24a_1$ 以使其延长方向与倾斜了能流角 (PFA) δ° 的 X' 轴正交的朝向而配置。

[0229] 在电极指 $25a_1$ 、 $25b_1$ 之间露出的水晶基板 22_1 的表面上, 与第 1 实施例同样地凹设有电极指间槽。在导体条 $24a_1$ 、 $24a_1$ 之间的水晶基板 22_1 的表面上, 也同样地凹设有导体条间槽。

[0230] 通过此种方式, IDT 及反射器中的至少一部分被配置在, 与 X' 轴成能流角 δ 而方向交叉的方向上, 从而能够在使 SAW 器件 21_1 起到与第 1 实施例同样的作用效果的同时, 进一步提高 Q 值。由此, 实现了更加低损耗的 SAW 谐振子。

[0231] 图 14(B) 中的 SAW 谐振子 21_2 在水晶基板 22_2 的主面上具有与图 14(A) 不同结构的倾斜型 IDT 23_2 、和一对反射器 24_2 、 24_2 。水晶基板 22_2 的长度方向沿着作为由 IDT 23_2 激振的 SAW 的相位速度的传输方向的 X' 轴而被取向。

[0232] IDT 23_2 具有一对梳齿状电极 $23a_2$ 、 $23b_2$, 所述一对梳齿状电极 $23a_2$ 、 $23b_2$ 分别由多个电极指 $25a_2$ 、 $25b_2$ 构成, 且这些电极指的基端部通过母线 $26a_2$ 、 $26b_2$ 连接在一起。一对反射器 24_2 、 24_2 沿着 SAW 的传输方向, 以夹着 IDT 23_2 的方式被配置在 IDT 23_2 的两侧, 并具有分别在 SAW 的传输方向上排列配置的多个导体条 $24a_2$ 、 $24a_2$ 。电极指 $25a_2$ 、 $25b_2$ 及导体条 $24a_2$ 以使其延长方向与 X' 轴正交的朝向而配置, 并且母线 $26a_2$ 、 $26b_2$ 以从 X' 轴倾斜了能流角 (PFA) 6° 的朝向而被取向。

[0233] 在电极指 $25a_2$ 、 $25b_2$ 之间露出的水晶基板 22_2 的表面上, 与第 1 实施例同样地凹设有电极指间槽。在导体条 $24a_2$ 、 $24a_2$ 之间的水晶基板 22_2 的表面上, 也同样凹设有导体条间槽。

[0234] 本实施例的 SAW 谐振子 21_2 也通过上述方式使 IDT 及反射器中的至少一部分配置在, 与 X' 轴方向成能流角 6 而交叉的方向上, 从而能够在起到实现良好的频率温度特性及较高的 Q 值的作用效果的同时, 进一步提高 Q 值。由此, 实现更加低损耗的 SAW 谐振子。

[0235] 本发明还能够应用于将上述的本发明的 SAW 谐振子和振荡电路组合而构成的振荡器中。图 15(A)、(B) 图示了作为这种根据本发明而获得的 SAW 器件的第 2 实施例的、SAW 振荡器的典型示例的结构。本实施例中的 SAW 振荡器 31 具有: 本发明的 SAW 谐振子 32、作为驱动控制该 SAW 谐振子的振荡电路的 IC(integrated circuit: 集成电路) 33、收纳 SAW 谐振子 32 和 IC33 的封装件 34。SAW 谐振子 32 及 IC33 被表面安装在封装件 34 的底板 34a 上。

[0236] SAW 谐振子 32 具有与第 1 实施例中的 SAW 谐振子 11 同样的结构, 并具有: 由与第

1 实施例相同的欧拉角表示的水晶基板 35、由在其表面上形成的一对梳齿状电极 36a、36b 构成的 IDT、和一对反射器 37、37。在 IC33 的上表面上设置有电极衬垫 38a ~ 38f。在封装件 34 的底板 34a 上形成有电极布线 39a ~ 39g。SAW 谐振子 32 的梳齿状电极 36a、36b 及 IC33 的电极衬垫 38a ~ 38f 分别通过接合线 40、41 而与相应的电极布线 39a ~ 39g 电连接。以此种方式,搭载了 SAW 谐振子 32 及 IC33 的封装件 34,通过与其上部相接合的盖 42 而被气密性地密封。

[0237] 本实施例中的 SAW 振荡器 31 通过具有本发明的 SAW 谐振子,从而具有在较宽的动作温度范围内频率变动量极小的、优异的频率温度特性,并具有较高的 Q 值,因而能够实现稳定的振荡动作,而且,还能够实现由低阻抗化所带来的电力消耗的降低。其结果为,对应于近年来基于信息通信的高速化而提出的高频化及高精度化的要求,获得了具备即使在从低温到高温的温度变动较大的环境下也长期稳定工作的优良的耐环境特性的 SAW 振荡器。

[0238] 本发明并不限于上述实施例,其可以在其技术范围内,加以各种各样的变形或变更来实施。例如,虽然第 1 实施例的 SAW 谐振子采用了在 IDT 的两侧具有反射器的结构,但是本发明也能够同样应用于不具有反射器的结构的 SAW 谐振子。另外,虽然在上述实施例中,采用水晶基板以作为电基板,但是在采用了由水晶以外的压电材料构成的压电基板的情况下,也能够获得同样的作用效果。对于 IDT 的电极结构,除上述实施例以外,也能够采用公知的各种各样的结构。

[0239] 另外,本发明也能够应用于除上述的 SAW 谐振子、SAW 振荡器以外的 SAW 器件中。而且本发明的 SAW 器件还能够广泛应用于如下装置上,例如移动电话、硬盘、个人计算机、BS 及 CS 广播用的接收调谐器、在同轴电缆或光缆中传输的高频信号和光信号用的各种处理装置、在较广的温度范围内需要高频以及高精度时钟(低抖动、低相位噪声)的服务器和网络设备、无线通信用设备等的各种各样的电子设备、各种模块装置、以及压力传感器、加速度传感器、旋转速度传感器等的各种传感器装置中。

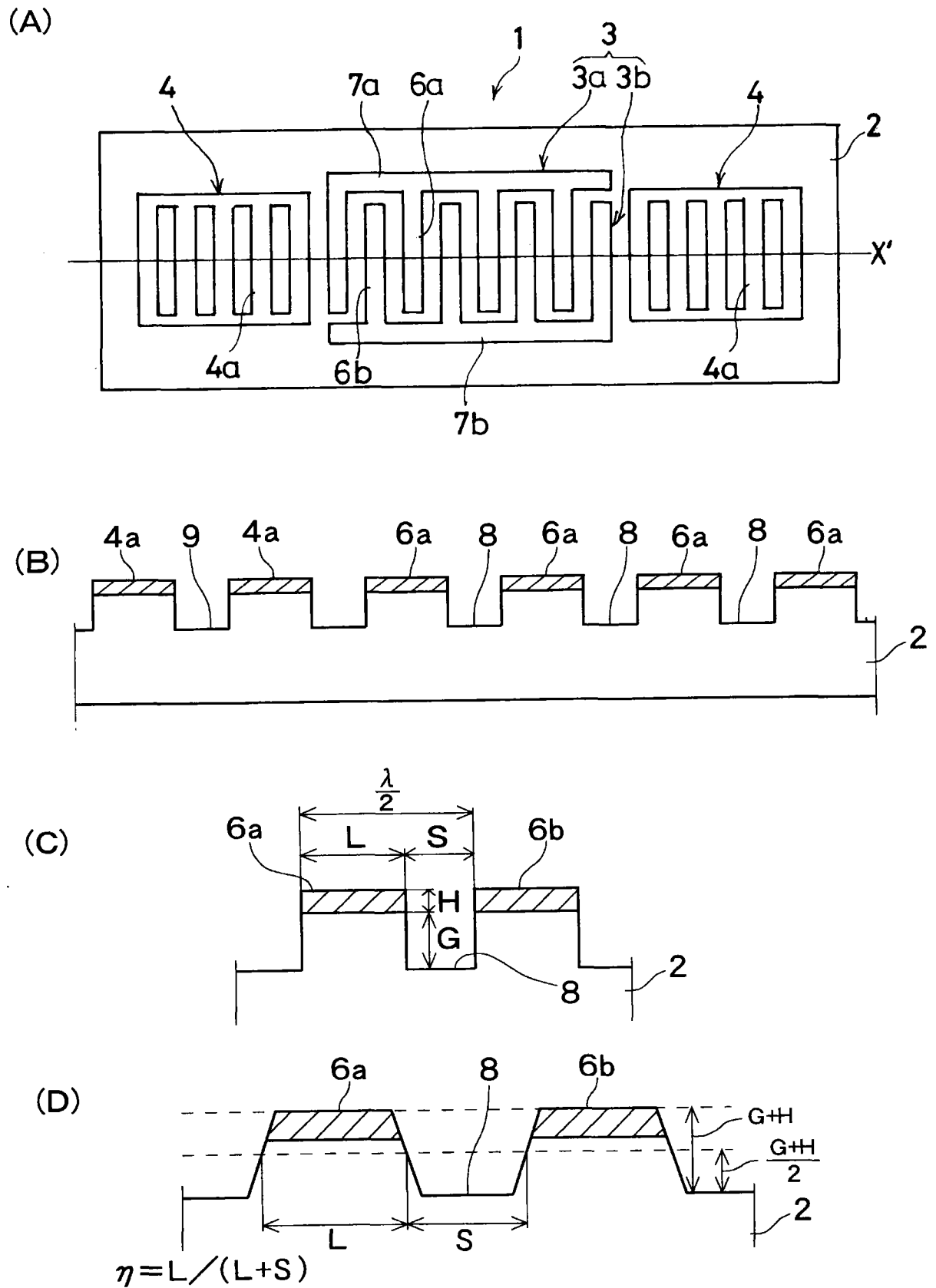


图 1

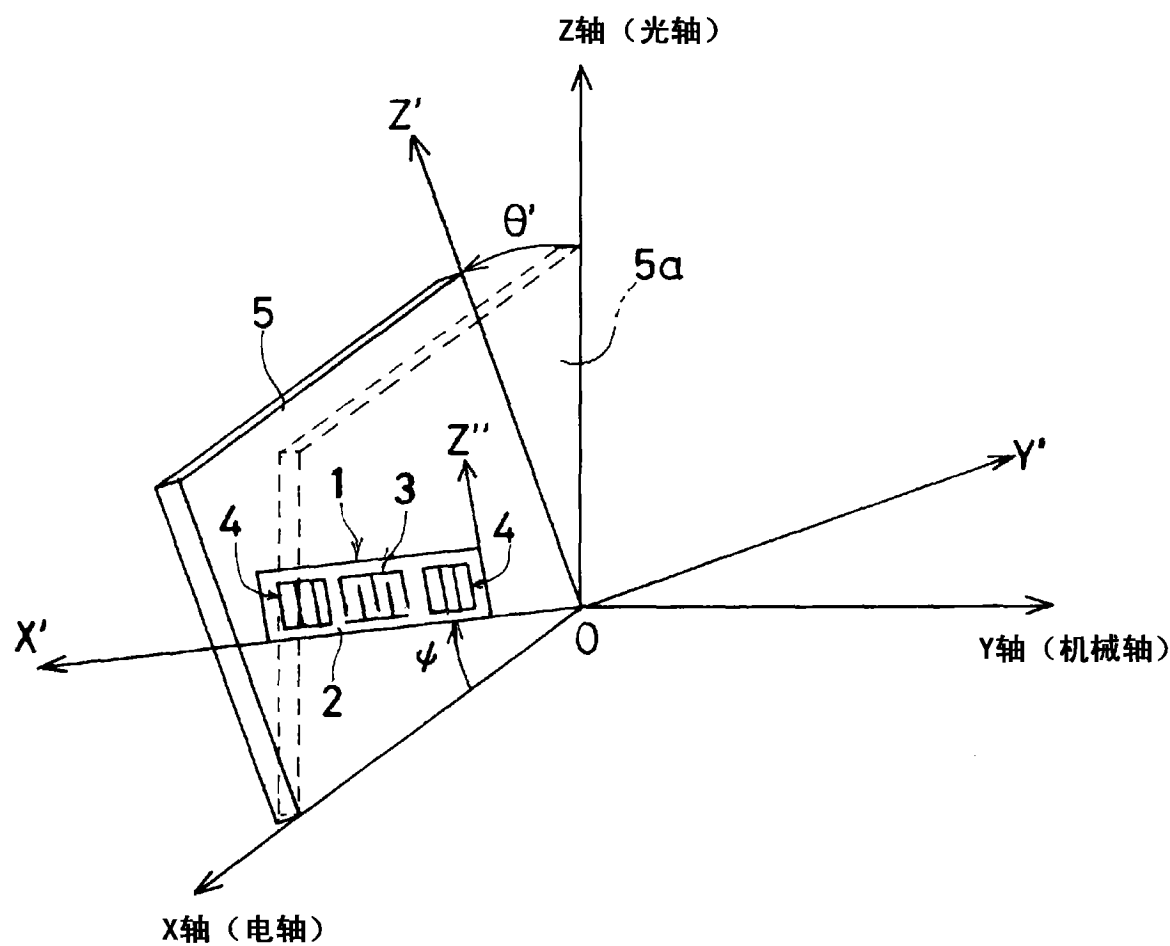


图 2

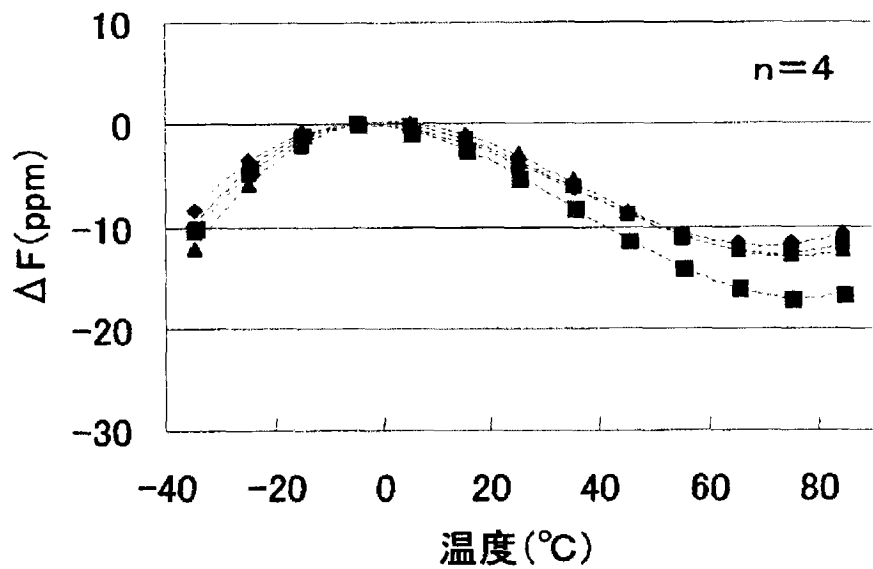


图 3

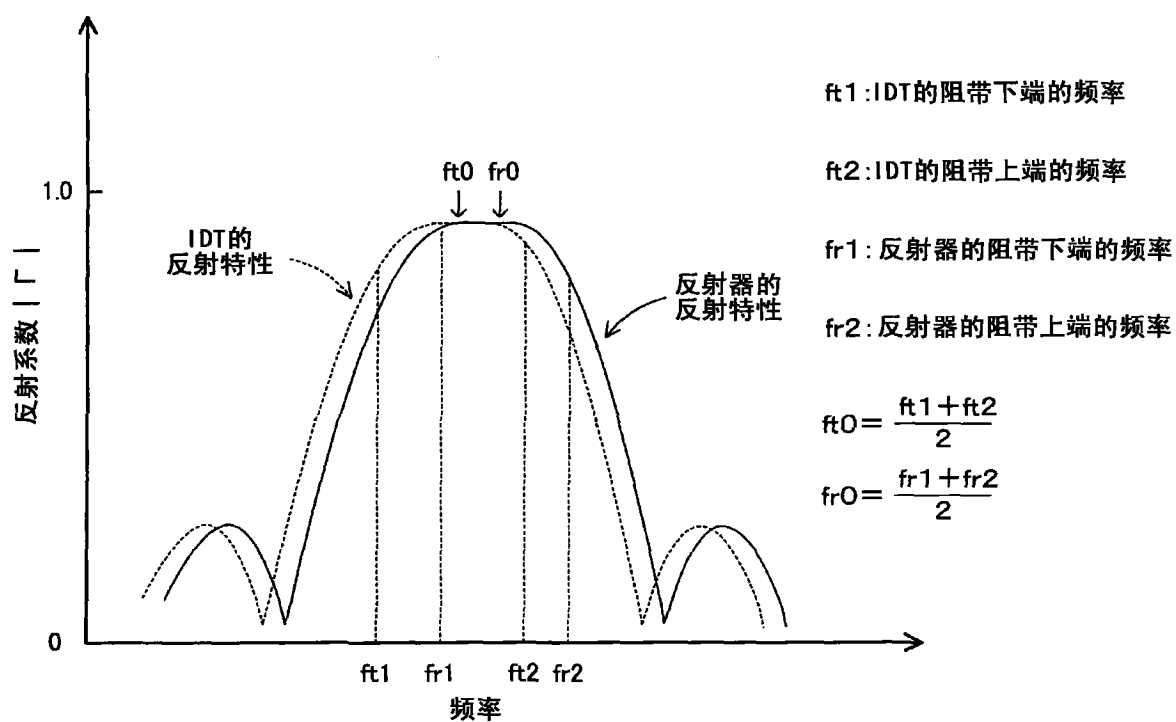


图 4

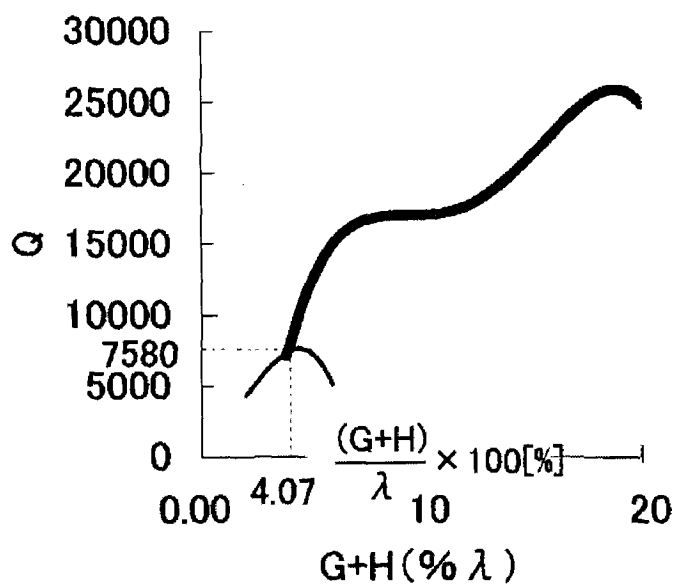


图 5

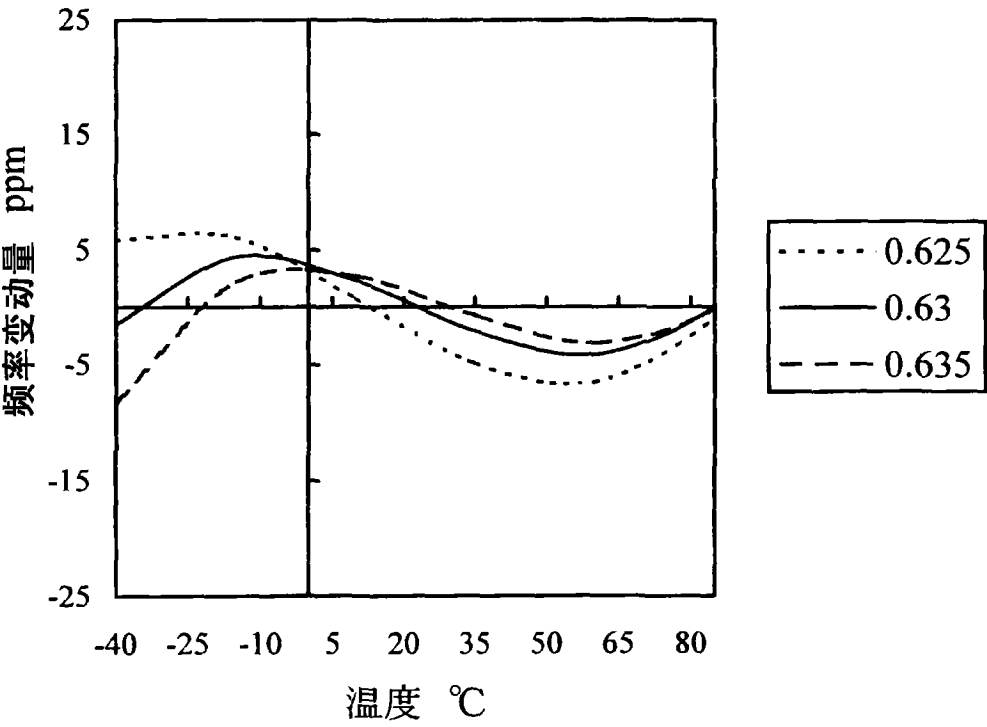


图 6

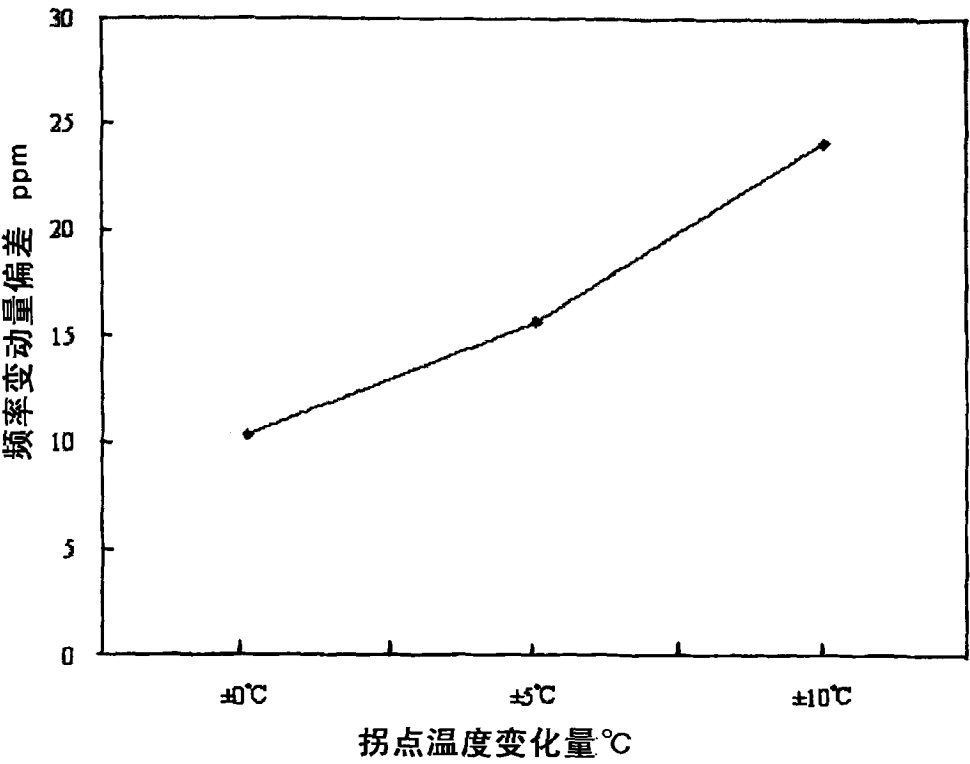


图 7

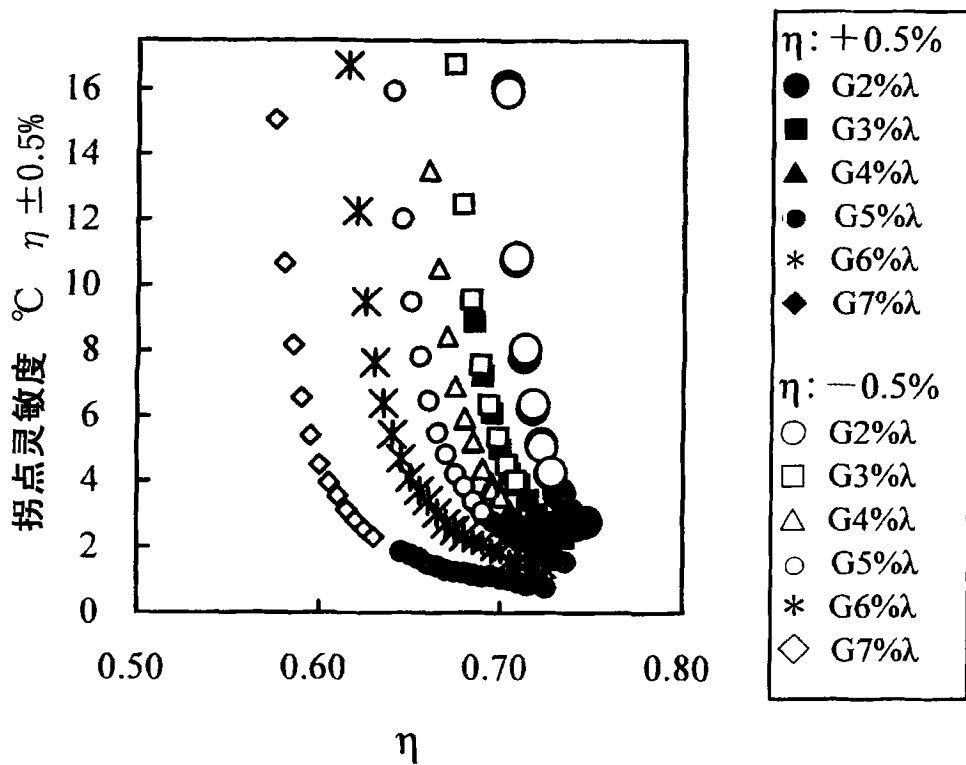


图 8

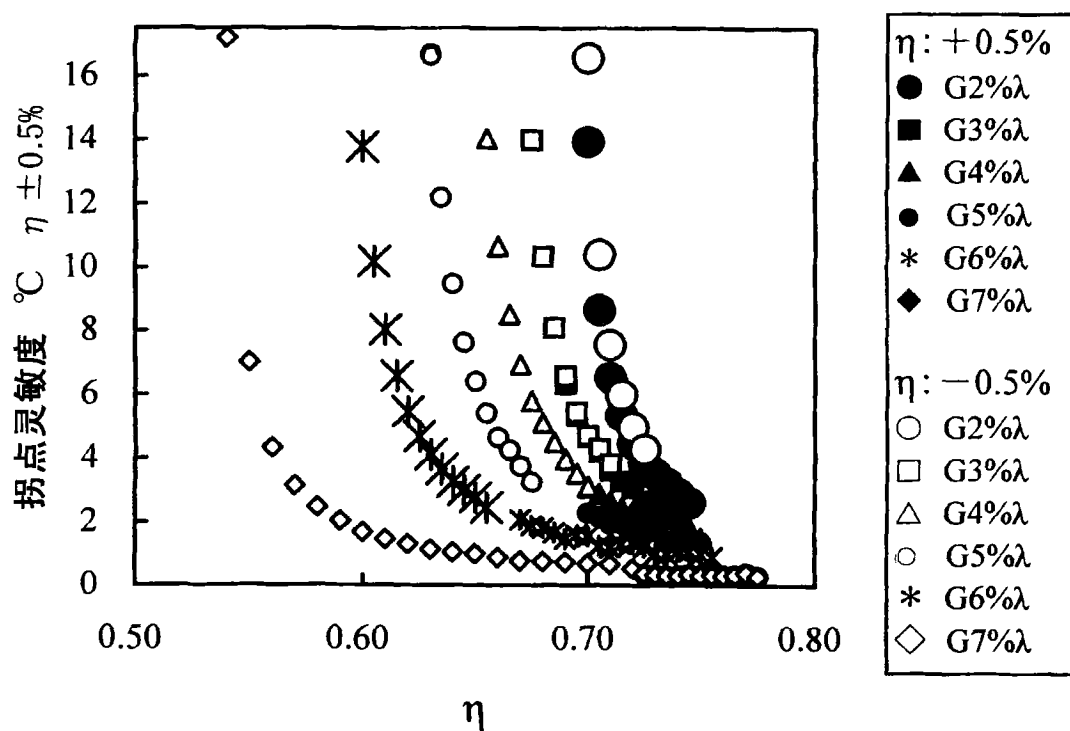


图 9

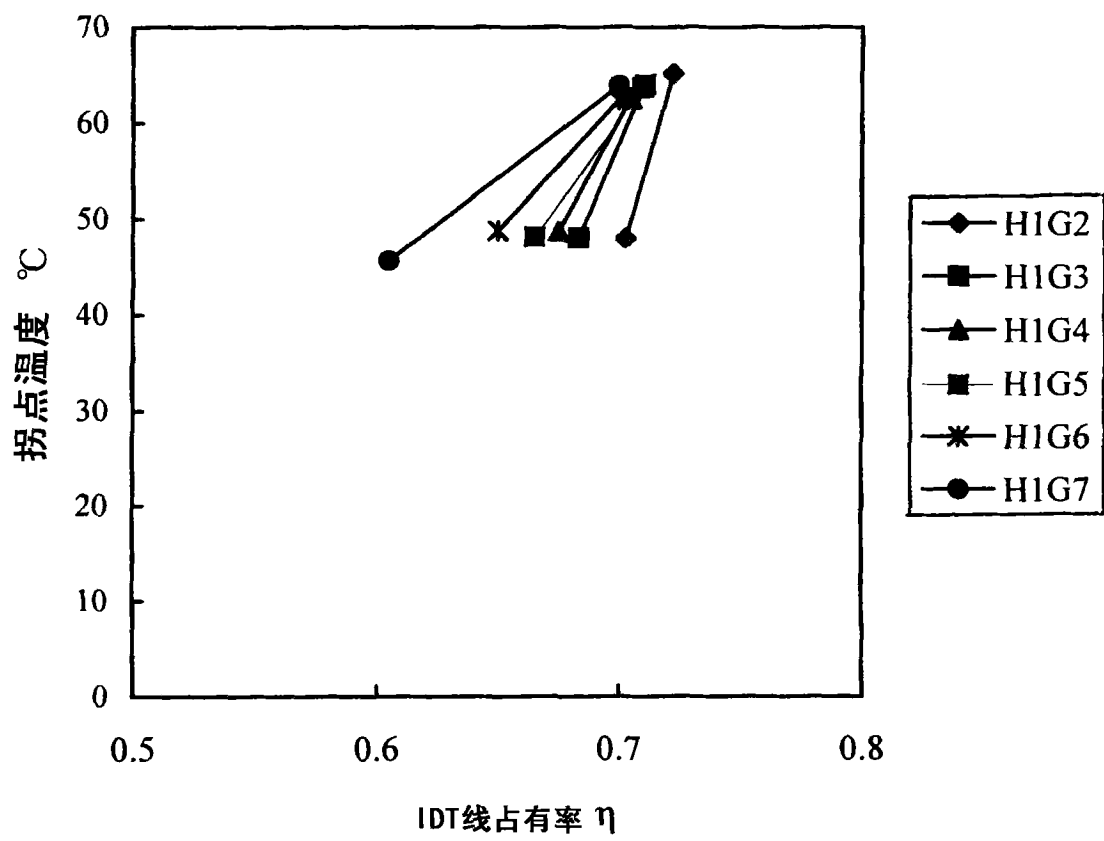


图 10

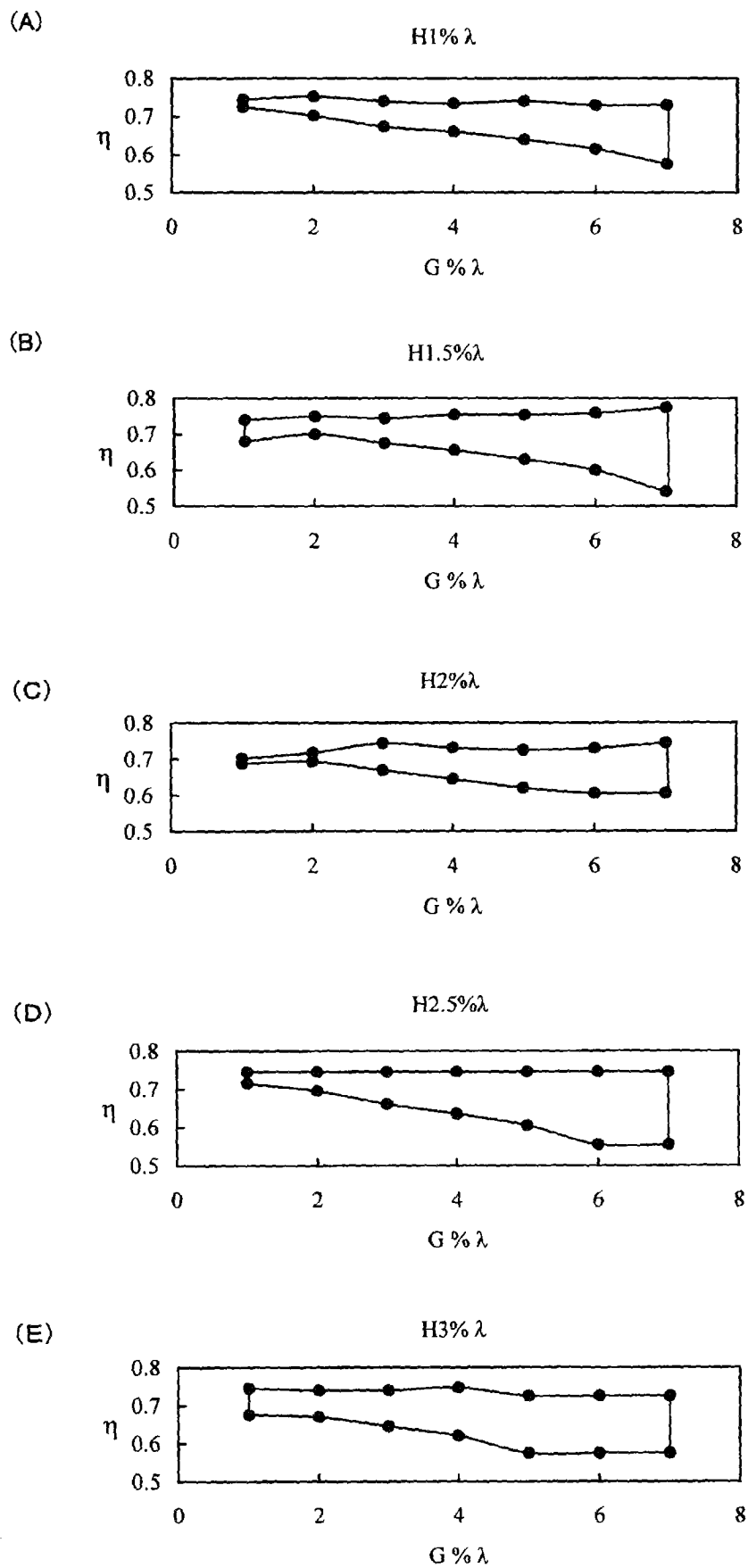
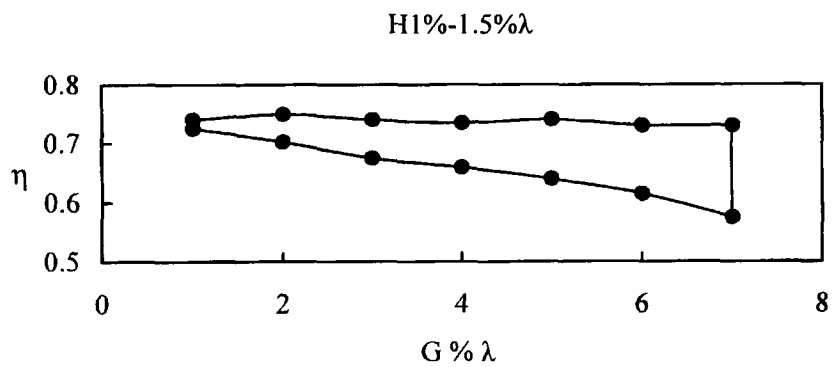
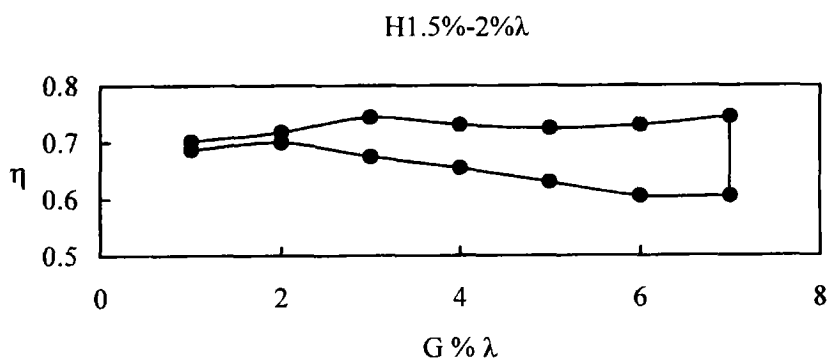


图 11

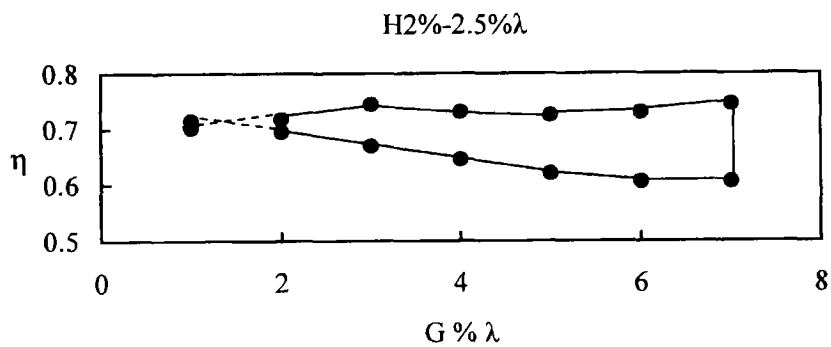
(A)



(B)



(C)



(D)

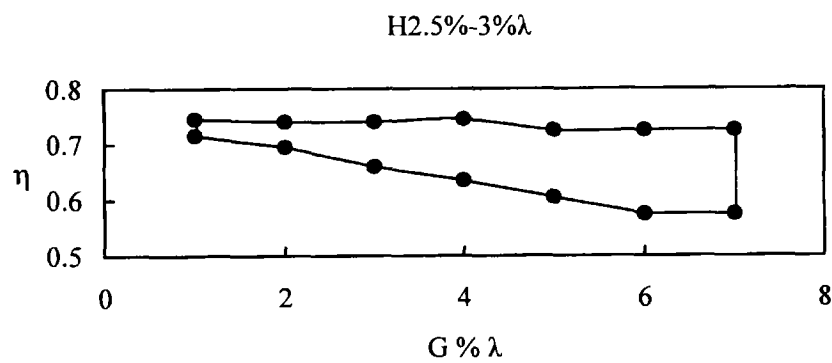


图 12

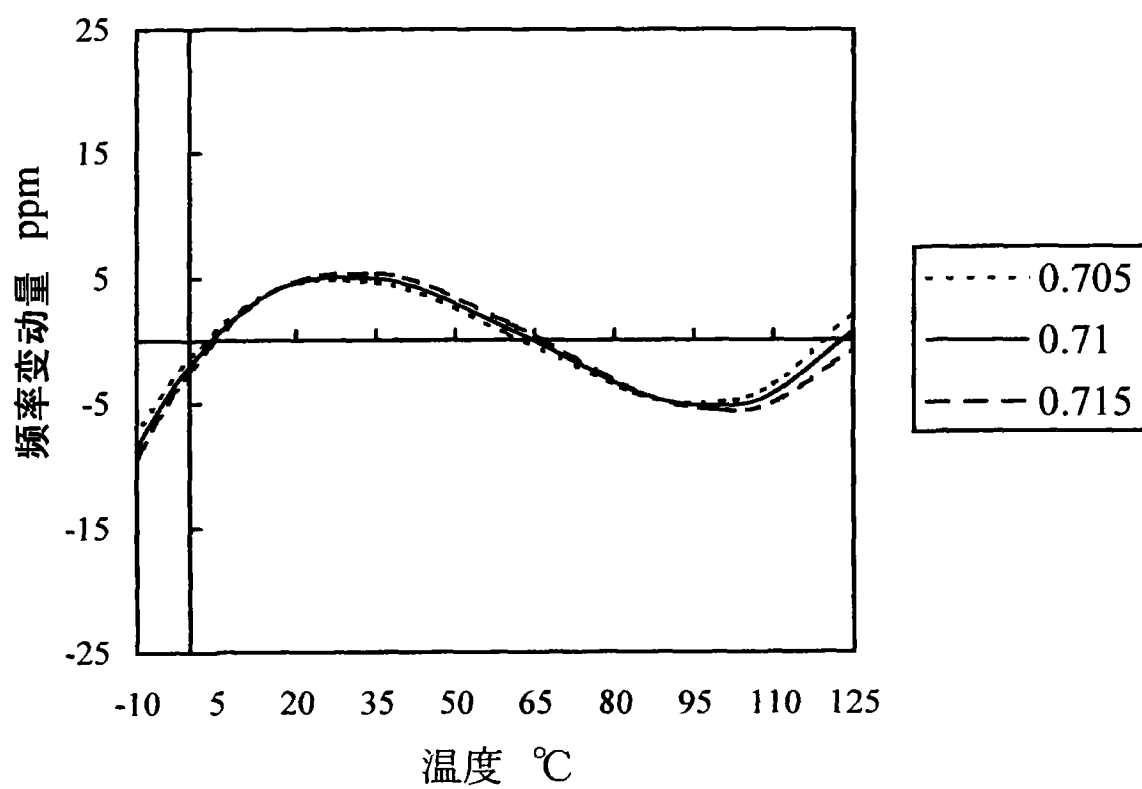


图 13

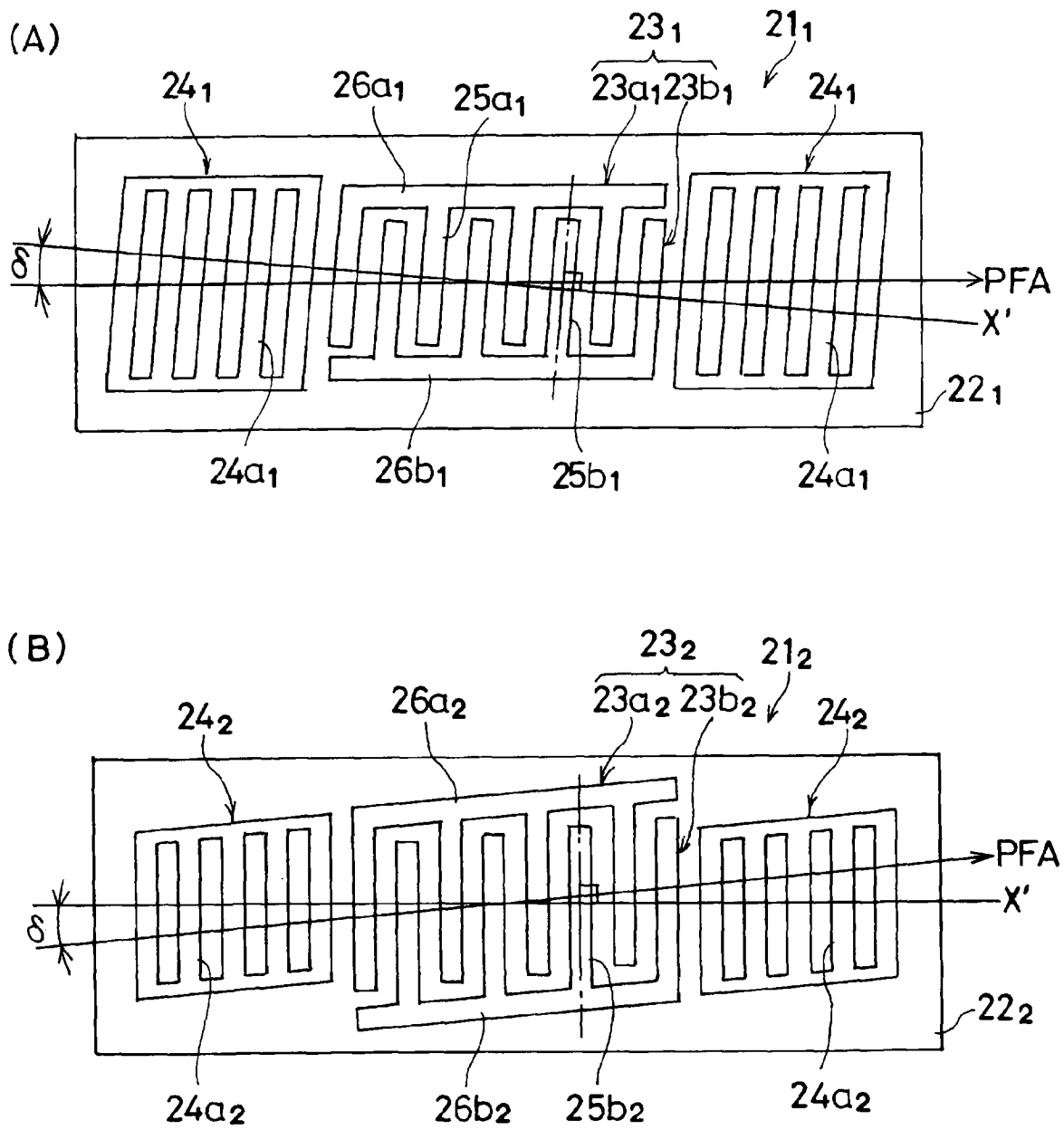


图 14

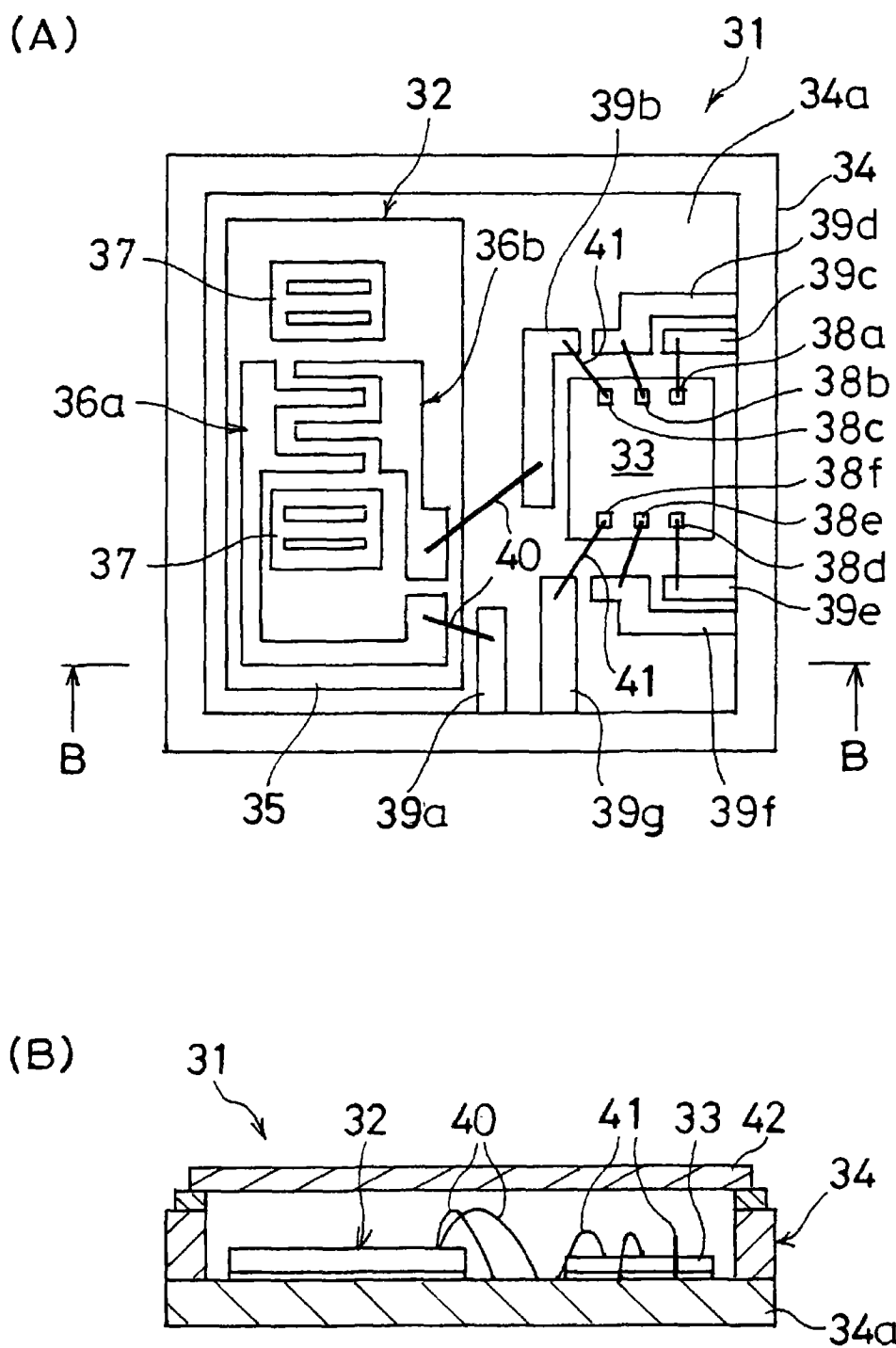


图 15