



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106948005 A

(43)申请公布日 2017. 07. 14

(21)申请号 201710003835.6

(22)申请日 2017.01.04

(30)优先权数据

2016-001506 2016.01.07 JP

(71)申请人 信越化学工业株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 阿部淳

(74)专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理
有限公司 11280

代理人 王勇 李科

(51)Int.Cl.

C30B 29/30(2006.01)

C30B 33/02(2006.01)

权利要求书1页 说明书7页

(54)发明名称

钽酸锂单晶基板的制造方法

(57)摘要

本发明提供一种不需减压工序的,均质性高的体积电阻率为 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上, $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 未满足的钽酸锂单晶基板的制造方法。本发明包括,将体积电阻率为 $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上,且单区域构造的钽酸锂单晶基板,常压下,氢氛围中,400℃以上,居里温度以下的温度进行热处理的第一工序和,将该第一工序处理的钽酸锂单晶基板,与碳酸锂一起,常压下,氢或氮氛围中,400℃以上,居里温度以下的温度进行热处理的第二工序。

1. 一种钽酸锂单晶基板的制造方法,所述钽酸锂单晶基板的体积电阻率为 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上, $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 未満,其特征在于,包括体积电阻率为 $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上,并且将单区域构造的钽酸锂单晶基板在常压下,氢氛围中, 400°C 以上,居里温度以下的温度进行热处理的第一工序和,将在该第一工序处理的钽酸锂单晶基板,与碳酸锂一起,常压下,氢或氮氛围中, 400°C 以上,居里温度以下的温度进行热处理的第二工序。

2. 根据权利要求1的钽酸锂单晶基板的制造方法,其特征在于,在所述第一工序中,使所述体积电阻率为 $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上,并且单区域构造的钽酸锂单晶基板,与在还原性气氛围中,居里温度以上的温度热处理的多区域构造的钽酸锂单晶基板接触,进行所述热处理。

3. 根据权利要求1或2的钽酸锂单晶基板的制造方法,其特征在于,在所述第二工序,在氮氛围中进行所述热处理。

4. 根据权利要求1至3的任一项的钽酸锂单晶基板的制造方法,其特征在于,在所述第二工序中,将所述第一工序处理的钽酸锂单晶基板,埋入碳酸锂粉末中。

5. 根据权利要求1至4的任一项的钽酸锂单晶基板的制造方法,其特征在于,所述钽酸锂单晶基板,作为添加元素含铁。

6. 根据权利要求5的钽酸锂单晶基板的制造方法,其特征在于,上述铁的含有量为, $50\text{ppm} \sim 200\text{ppm}$ 。

7. 根据权利要求5或6的钽酸锂单晶基板的制造方法,其特征在于,所述体积电阻率为 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上, $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 未満的钽酸锂单晶基板,在波长 365nm 的光透过率为 30% 以下,在波长 485nm 的光透过率为 50% 以上。

钽酸锂单晶基板的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及在表面弹性波元件中使用的钽酸锂单晶基板的制造方法。

背景技术

[0002] 钽酸锂 (LiTaO_3 ; LT) 单晶, 具有压电性, 被作为弹性表面波元件的压电基板使用。另一方面, 钽酸锂单晶也具有热电性, 温度发生变化, 表面电荷发生。这样的热电性, 在作为传感器利用的场合虽然存在, 但是, 在将钽酸锂结晶作为弹性表面波元件的压电基板使用的场合, 该热电性会成为问题。

[0003] 例如, 在由于温度变化压电基板带电的场合, 在压电基板内发生静电放电, 会成为破裂以及断裂的原因。此外, 在压电基板的表面形成的电极有可能会由于静电而短路。

[0004] 因此, 作为对钽酸锂基板的带电进行抑制的目的, 认为钽酸锂基板要在居里温度以下的温度进行还原处理, 这一方法被广泛利用 (专利文献1~5以及非专利文献1参照)。

[0005] 例如, 专利文献1中, 记载了在还原性氛围中与金属蒸气一起进行热处理的方法, 在专利文献2中, 记载了在还原性氛围中, 在居里温度以上使还原处理的物质接触而进行热处理的方法。此外, 在专利文献3以及4中, 埋入 Al 和 Al_2O_3 的混合粉末中进行热处理的方法。由此, 这样的还原处理了的钽酸锂基板的体积电阻率为, $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 未満, 使将热电性进行有效地抑制成为可能。

[0006] 此外, 还原处理实施了的钽酸锂基板, 要进行黑色化是已知的。通常的钽酸锂单晶基板在波长365nm的光透过率为70~80%左右, 还原处理实施了的钽酸锂单晶基板, 在波长365nm的光透过率为50~60%左右, 这样的光透过率抑制在弹性表面波元件制造时的光刻工序中是有利的。

[0007] 另一方面, 该钽酸锂单晶基板中, 如例如专利文献6, 7记载的那样, 有添加铁元素的场合。然后, 对在该铁元素添加了的钽酸锂单晶基板进行还原处理的场合, 与通常的钽酸锂单晶基板进行原处理的场合相比, 会进一步抑制光透过率。铁元素添加了的钽酸锂单晶基板的在波长365nm的光透过率为50%左右, 但如将其进行还原处理, 波长365nm的光透过率会变为30%左右。

[0008] 现有技术文献

[0009] 专利文献

[0010] 专利文献1特开2004-035396

[0011] 专利文献2WO 2004/079061

[0012] 专利文献3特开2005-119906号公报

[0013] 专利文献4特开2005-119908号公报

[0014] 专利文献5特开2005-314137号公报

[0015] 专利文献6特开2004-254114号公报

[0016] 专利文献7WO 2007/046176

[0017] 非专利文献

[0018] 非专利文献1Yan Tao et al. "Formation mechanism of black LiTaO₃ single crystals through chemical reduction." J. Appl. Cryst. 44 (2011), 158—162

[0019] 但是,作为钽酸锂单晶基板的还原处理方法,使用碱金属化合物的方法是已知的。例如,专利文献5中,记载了与碱金属化合物一起在减压下进行热处理的方法。在非专利文献1中记载了,在氮气氛围下,与Fe和Li₂CO₃的混合粉末一起热处理的方法。

[0020] 但是,这样的使用碱金属化合物的钽酸锂单晶基板的还原处理方法被发现有问题。本发明人,对专利文献5记载的方法,进行再现实验,但是不能进行钽酸锂单晶基板满足的还原处理,没有能抑制热电性。此外,即使按专利文献5记载的方法进行了还原处理,由于减压工序必要,所以生产性差。

[0021] 此外,对非专利文献1记载的方法,本发明者也进行了再现实验,可以进行钽酸锂单晶基板还原处理,但是还原的进行程度不充分,基板表面有色斑,基板的面内方向的均质性差。

[0022] 所以,本发明的1个的目的为,提供一种不要减压工序的,可以得到均质性的高的,体积电阻率为 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上, $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 未满足的钽酸锂单晶基板的新的还原处理的制造方法。

[0023] 在制作弹性表面波元件时的光刻工序中,钽酸锂基板的曝光光的透过率为,低的可以形成细微并且正确的图案,优选。一般,光刻中,作为曝光光,使用水银灯的g线(436nm),i线(365nm),KrF准分子激光(248nm),ArF准分子激光(193nm)。特别是,近年,细微化在前进,比i线还短的波长的曝光光多被使用。

[0024] 所以,添加铁元素的钽酸锂单晶基板如实施还原处理,波长365nm的光透过率为30%左右,比没有添加铁元素的钽酸锂单晶基板的波长365nm的光透过率低,在光刻工序中有利。通常,钽酸锂单晶基板的光透过率具有越靠短波长一侧越低,越靠长波长侧越高的倾向。

[0025] 另一方面,由于铁元素的添加或者还原处理,短波长侧的光透过率变低的钽酸锂单晶基板中,长波长侧的光透过率也变低。可以确认,由于铁元素的添加和还原处理,在波长365nm的光透过率变为30%以下的钽酸锂单晶基板中,波长485nm的光透过率变为小于50%。

[0026] 本发明人,对用专利文献2记载的方法进行了铁添加的钽酸锂单晶基板的还原处理进行了测试,确认到,波长365nm的光透过率为30%以下,波长485nm的光透过率为小于50%。

[0027] 但是,近年,在表面弹性波元件中,形成梳形电极等,使具有作为元件的功能的功能性基板和为了对电极部的保护等而设置的封装基板为同一材质,此时,由于材料物性一样,表面弹性波元件基板和封装基板的整合性良好,加工性,安定性的面优良,作为功能性基板使用的材料被作为封装材料使用的场合增加了。

[0028] 但是,这样的场合,有长波长侧的光透过率低,表面弹性波元件的制造作业性变差的可能性。功能性基板和封装基板一体化时,用激光进行的调整作业变为必要,此时,如封装基板的调整激光波长处的光透过率低的场合,调整作业困难。

[0029] 所以,钽酸锂单晶基板的光透过率,以在与光刻工序中使用的曝光光相比短波长侧低为好,以比光刻工序中使用的曝光光长的波长的领域中尽可能高为优选。

[0030] 因此,本发明的第2个目的为,提供一种,作为表面弹性波元件的功能性基板,此外作为封装基板也可以良好使用的波长365nm的光透过率为30%以下,波长485nm的光透过率为50%以上的钽酸锂基板的制造方法。

发明内容

[0031] 本发明为,一种钽酸锂单晶基板的制造方法,所述酸锂单晶基板的体积电阻率为 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上, $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 未満,其特征在于,具有,将体积电阻率为 $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上,并且单区域构造的钽酸锂单晶基板,在常压下,氢氛围中,400℃以上,居里温度以下的温度进行热处理的第一工序和,将在所述第一工序处理的钽酸锂单晶基板,与碳酸锂一起,在常压下,氢或氮氛围中,400℃以上,居里温度以下的温度,进行热处理的第二工序。

[0032] 此外,在本发明的热处理的第一工序中,以使体积电阻率为 $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上,并且单区域构造的钽酸锂单晶基板,与在还原性氛围中,居里温度以上的温度,进行热处理的多区域构造的钽酸锂单晶基板进行接触,热处理为优选。

[0033] 进一步,在本发明的热处理的第二工序中,将在第一工序处理的钽酸锂单晶基板,埋入碳酸锂粉末中为优选,使该热处理在氮氛围中进行为更优选。

[0034] 本发明的钽酸锂单晶基板为,作为添加元素以含铁为优选,在该场合,以铁的含有量为,50ppm~200ppm为优选。

[0035] 在本发明的制造方法中,可以得到,具有在体积电阻率为 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上, $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 未満的性质以外,波长365nm中的光透过率为30%以下,波长485nm的光透过率为50%以上的性质的钽酸锂单晶基板。

[0036] 发明效果

[0037] 根据本发明,减压工序不需要,就可以得到均质性的高的体积电阻率为 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上, $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 未満的钽酸锂单晶基板。由于该基板的体积电阻率为 $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 未満,可以回避由于温度变化而造成的带电,破碎以及断裂的发生以及电极的短路。

[0038] 进一步,如果对作为添加元素含铁的钽酸锂单晶基板实施本发明的还原处理方法的话,可以得到波长365nm的光透过率为30%以下,波长485nm的光透过率为50%以上的钽酸锂基板。该基板,不仅可以作为表面弹性波元件的功能性基板,也可以作为封装基板良好使用,在封装材料使用的场合,具有调整作业容易优点。

具体实施方式

[0039] 以下,对本发明的一实施方式进行详细说明,但是本发明并不限于此。

[0040] 本发明为一种制造,在具有体积电阻率为 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上, $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 未満的性质之外,还具有波长365nm的光透过率为30%以下,波长485nm的光透过率为50%以上的性质的钽酸锂基板的制造方法。在该制造,首先,准备体积电阻率为 $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上,并且为单区域构造的钽酸锂单晶基板。这样的钽酸锂单晶基板为,例如,用切克劳斯基单晶生长法使钽酸锂单晶成长,在对得到的块体进行极化处理的同时,对基板形状进行加工而得到的。

[0041] 在热处理的第一工序,将准备的钽酸锂单晶基板,常压下,氢氛围中,400℃以上,居里温度以下的温度进行热处理。这是由于,热处理如在400℃未満的温度进行,还原不能

充分进行,另一方面,如热处理在比居里温度还高的温度进行的场合,会变成多区域构造。此时,氢气的流量,为了能总是有新鲜的氢气存在,以3l/min以上为优选,6l/min以上为更优选。

[0042] 此外,该第一工序中,以使在氢以及氮等的还原性气氛中,居里温度以上的温度进行了热处理的多区域构造的钽酸锂单晶基板与准备的钽酸锂单晶基板接触,进行热处理为优选。

[0043] 此时,优选交互重叠配置,以使在还原性气氛中,在居里温度以上的温度进行了热处理的多区域构造的钽酸锂单晶基板接触准备的钽酸锂单晶基板的表里两面。如此,基板的厚度方向的均质性被提高。

[0044] 进一步,作为热处理的第二工序,将结束第一工序结束的基板,与碳酸锂一起,在常压下,氢或氮气氛中,400℃以上,居里温度以下的温度进行热处理。第二工序也由于与第一工序的场合相同的理由,在400℃未满足或居里温度以上的温度进行是不好的。此时,氢气或氮气的流量以3l/min以上为优选,以6l/min以上为更优选,这样可以总是有新鲜的气体存在,

[0045] 在该第二工序中,氢气和氮气任何一方都可以使用。氮气,安全,设备等的成本可以压低,优选。另一方面,氢气的还原作用强,处理的基板的透过率和体积电阻率有变低的倾向。

[0046] 在此,作为第二工序使用的碳酸锂的作用,为在948K以下的温度,部分分解,生成氧化锂,二氧化碳,一氧化碳,该一氧化碳,被认为将 Ta^{5+} 还原为 Ta^{4+} 。在此,作为触媒,在碳酸锂之外,也可存在少量的铁等。铁,将生成的二氧化碳分解为一氧化碳,所以可以促进钽酸锂的还原。如在碳酸锂中混入铁,虽然与碳酸锂单体进行还原时相比能促进还原,但是,在碳酸锂以及铁一起进行热处理的场合,基板表面会出现色斑,因此以仅用碳酸锂进行为优选。

[0047] 此外,第二工序中,以将在第一工序处理的基板埋入碳酸锂粉末中为优选,优选通过埋入使碳酸锂粉末接触基板的表里两面。多个基板同时处理的场合,只要使基板间存在碳酸锂粉末即可。

[0048] 第一以及第二工序结束后的基板,根据必要实施研磨等,由此可以得到体积电阻率为 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上, $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 未满足的均质的钽酸锂单晶基板。如体积电阻率比 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 低,压电特性变差以及有可能招致绝缘破坏。另一方面,如体积电阻率为 $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上,易于带电,招致电极的短路等。所以,有必要控制在该数值范围内。如此控制体积电阻率,可以抑制热电性造成的带电,由此,可以防止基板的破碎,断裂以及电极的短路。

[0049] 本发明的钽酸锂单晶基板的制造方法,适用于含有添加元素的钽酸锂单晶基板,特别是,对添加铁元素的钽酸锂单晶基板适宜。在钽酸锂单晶中添加铁,可以在将波长365nm的光透过率抑制为30%以下的同时,可以将波长485nm的光透过率保持在50%以上。此时,铁的含有量,以重量比率如果为50ppm~200ppm,波长365nm的光透过率就可以有效地抑制,但是,如果是50ppm~200ppm的范围外的话,就不能对波长365nm的光透过率进行充分地抑制,波长485nm的光透过率就难以保持在50%以上,而且,压电特性等的诸特性会变差,不优选。

[0050] 虽然不限于在钽酸锂单晶中添加铁的方法,但是,一般说来,在用切克劳斯基单晶生长法生长钽酸锂单晶时,如果在原料融液中添加氧化铁(Fe_2O_3)等即可。对于作为添加元素含铁的钽酸锂单晶基板,实施本发明的还原处理方法的场合,就可以得到体积电阻率为 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上, $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 未满足的均质的钽酸锂单晶基板。

[0051] 此外,对于添加元素为铁的钽酸锂单晶基板,实施本发明的还原处理方法的场合,可以使波长365nm的光透过率为30%以下。如此,对使用比i线(波长365nm)短波长的光源的光刻工序有利,更优选波长365nm的光透过率为25%以下。

[0052] 进一步,对于作为添加元素为铁的钽酸锂单晶基板,实施本发明的还原处理方法的场合,可以使波长485nm的光透过率为50%以上。如这样,在钽酸锂单晶基板被作为封装材料使用的场合,和功能基板的调整作业会变得容易。

[0053] 实施例

[0054] 实施例1

[0055] 实施例1中,首先,用切克劳斯基单晶生长法使钽酸锂单晶成长,对得到的块体进行极化处理,单区域化后,将其切片得到多枚的基板(原料基板)。此外,将通常的钽酸锂单晶基板暴露在1050℃的氢气中,准备多区域化的基板。

[0056] 然后,作为热处理的第一工序,使单区域化的体积电阻率为 $4.5 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的钽酸锂单晶基板和多区域化的钽酸锂单晶基板接触,进行常压下,氢100%氛围中,温度570℃的8小时热处理。

[0057] 进而,作为热处理的第二工序,将第一工序结束的原料基板取出,将该基板埋入碳酸锂粉中。其后,对埋入碳酸锂粉中的基板,在常压下,氢100%氛围中,温度530℃,进行8小时的热处理。

[0058] 此外,对结束第一以及第二工序的基板的两面进行研磨,得到厚度0.2mm的钽酸锂单晶基板后,对该钽酸锂单晶基板,测定体积电阻率,其值为 $2.0 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 。此外,对波长365nm和波长485nm的光透过率进行测定,得知波长365nm的光透过率为60%,波长485nm的光透过率为65%。

[0059] 实施例2

[0060] 实施例2中,首先,用切克劳斯基单晶生长法使以重量比率计含铁元素为100ppm的钽酸锂单晶,得到的块体实施极化处理后,将其切片得到多个枚的基板。

[0061] 然后,将这些体积电阻率为 $4.5 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的基板,作为热处理的第一工序,常压下,氢100%氛围中,温度570℃进行8小时的热处理。

[0062] 进而,作为热处理的第二工序,将第一工序结束的基板取出,将该基板埋入碳酸锂粉中。其后,将埋入碳酸锂粉中的基板,常压下,氢100%氛围中,温度530℃进行8小时的热处理。

[0063] 此外,对第一以及第二工序结束的基板的两面进行研磨,得到厚度0.2mm的钽酸锂单晶基板后,对该含铁元素的钽酸锂单晶基板,进行波长365nm和波长485nm的光透过率进行测定,结果得到波长365nm的光透过率为25%,波长485nm的光透过率为58%。此外,对得到的基板的体积电阻率进行测定,得知其值为 $1.0 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 。

[0064] 实施例3

[0065] 实施例3中,首先,用切克劳斯基单晶生长法使以重量比率含有铁元素为100ppm钽

酸锂单晶成长,得到的块体进行极化处理(Polling)单区域化后,将其切片得到多枚的基板(原料基板)。此外,使通常的钽酸锂单晶基板暴露于1050℃的氢气,以准备多区域化的基板。

[0066] 然后,作为热处理的第一工序,使铁元素为100ppm的单区域化的体积电阻率为 $4.5 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的钽酸锂单晶基板和多区域化的钽酸锂单晶基板接触,常压下,氢100%氛围中,温度570℃进行8小时的热处理。

[0067] 进而,使热处理的第二工序和研磨工序以与实施例1相同的条件来进行,厚度0.2mm的钽酸锂单晶基板得到后,对该含铁元素钽酸锂单晶基板,波长365nm和波长485nm的光透过率进行测定,得知波长365nm的光透过率为20%,波长485nm的光透过率为55%。此外,对得到的基板的体积电阻率进行测定,得知其值为 $5.5 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 。

[0068] 比较例

[0069] 比较例1

[0070] 比较例1中,首先,用切克劳斯基单晶生长法使钽酸锂单晶成长,得到的块体进行极化处理,单区域化后,将其切片得到多枚的基板(原料基板)。

[0071] 进而,将该体积电阻率为 $4.5 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的基板埋入铁和碳酸锂的混合粉($\text{Fe}:\text{Li}_2\text{CO}_3=5:100$ by mass)之后,对混合粉中埋入的基板,常压下,氮100%氛围中,温度540℃进行6小时的热处理。

[0072] 此外,将热处理结束的基板的两面进行研磨,厚度0.2mm的钽酸锂单晶基板得到后,对该钽酸锂单晶基板,测定其体积电阻率,得知其值为 $7.3 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm} \sim 2.3 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 。该基板表面中,有色斑,基板的面内方向的均质性差。

[0073] 在该比较例1中,钽酸锂单晶基板的还原处理仅为1回,为了充分进行还原,所以体积电阻率的最大值为 $2.3 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$,高,基板的面内方向的均质性也差。此外,碳酸锂和铁一起在混合粉中进行热处理,基板表面发生色斑。

[0074] 比较例2

[0075] 比较例2中,首先,用切克劳斯基单晶生长法使钽酸锂单晶成长,得到的块体进行极化处理后,将其切片成多枚的基板。

[0076] 然后,将该体积电阻率为 $4.5 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的基板的两面进行研磨,厚度0.2mm的钽酸锂单晶基板得到后,对该钽酸锂单晶基板,测定波长365nm和波长485nm的光透过率,得知波长365nm的光透过率为72%,波长485nm的光透过率为75%。此外,对得到的基板的体积电阻率进行测定,其值为 $4.5 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 。

[0077] 该比较例2中,由于没有实施钽酸锂单晶基板的还原处理,波长365nm的光透过率高达72%,体积电阻率也高达 $4.5 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$,不能得到满足之物。

[0078] 比较例3

[0079] 比较例3中,首先,用切克劳斯基单晶生长法使以重量比率计铁元素含有100ppm的钽酸锂单晶,得到的块体用极化处理后,切片得到多枚的基板。

[0080] 然后,将该体积电阻率为 $5.0 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ 的基板的两面进行研磨,厚度0.2mm的钽酸锂单晶基板得到后,含该铁元素的钽酸锂单晶基板,进行波长365nm和波长485nm的光透过率的测定,得知波长365nm的光透过率为50%,波长485nm的光透过率为65%。此外,对得到的基板的体积电阻率进行测定和,得知其值为 $5.0 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ 。

[0081] 该比较例3中,由于没有对含铁元素的钽酸锂单晶基板进行还原处理,波长365nm的光透过率为50%,高,此外体积电阻率也为 $5.0 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$,高,没有得到满足之物。

[0082] 比较例4

[0083] 比较例4中,首先,用切克劳斯基单晶生长法使以重量比率计含有铁元素为100ppm的钽酸锂单晶成长,得到的块体进行极化处理后,切片得到多枚的基板。此外,使通常的钽酸锂单晶基板暴露于1050℃的氢气,准备多区域化的基板。

[0084] 然后,作为热处理的第一工序,含铁元素为100ppm的极化处理了的体积电阻率为 $5.0 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ 的钽酸锂单晶基板和多区域化的钽酸锂单晶基板接触,进行常压下,氢100%氛围中,温度570℃的8小时的热处理。

[0085] 进而,作为热处理的第二工序,以与第一工序和同样的处理条件进行热处理。

[0086] 此外,对第一以及第二工序结束的基板的两面进行研磨,厚度0.2mm的钽酸锂单晶基板得到后,对该含铁元素钽酸锂单晶基板,测定波长365nm和波长485nm的光透过率,得知波长365nm的光透过率为25%,波长485nm的光透过率为45%。此外,对得到的基板的体积电阻率进行测定,其值为 $1.0 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 。

[0087] 在该比较例4中,含铁元素的钽酸锂单晶基板实施了还原处理,但是,第二工序中,第一工序结束的原料基板没有与碳酸锂一起进行热处理,波长485nm的光透过率为比50%小的45%,没有得到满足之物。