



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105518779 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 20

(21) 申请号 201480049661. 1

C03C 3/085(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 09. 10

C03C 3/087(2006. 01)

(30) 优先权数据

G11B 5/84(2006. 01)

2013-188315 2013. 09. 11 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2016. 03. 09

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2014/073911 2014. 09. 10

(87) PCT国际申请的公布数据

W02015/037609 JA 2015. 03. 19

(71) 申请人 HOYA 株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 下岛胜治

(74) 专利代理机构 北京柏杉松知识产权代理事

务所(普通合伙) 11413

代理人 朴云龙 袁波

(51) Int. Cl.

G11B 5/73(2006. 01)

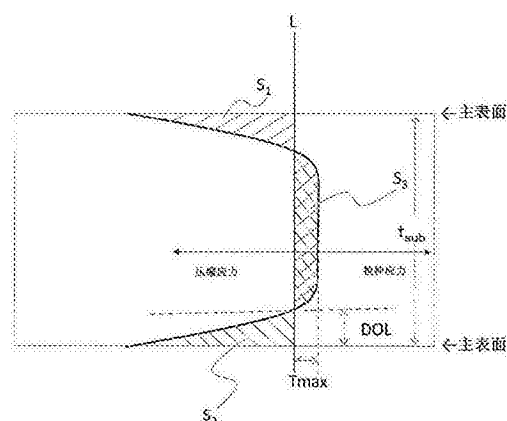
权利要求书2页 说明书34页 附图3页

(54) 发明名称

磁记录介质基板用玻璃及磁记录介质基板

(57) 摘要

本发明的一个方式涉及磁记录介质基板用玻璃,其中,作为必要成分包含  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、及  $\text{MgO}$ ,包含合计为 6 ~ 15 摩尔%的选自  $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  及  $\text{K}_2\text{O}$  的碱金属氧化物,包含合计为 10 ~ 30 摩尔%的选自  $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$  及  $\text{BaO}$  的碱土类金属氧化物, $\text{Li}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  超过 0 且为 0.3 以下, $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})$  为 0.80 以上,玻璃化转变温度为 650℃ 以上,杨氏模量为 80GPa 以上。



1. 一种磁记录介质基板用玻璃, 其中,  
作为必要成分, 包含 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 及 $\text{MgO}$ ,  
包含合计为6~15摩尔%的选自 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 及 $\text{K}_2\text{O}$ 的碱金属氧化物,  
包含合计为10~30摩尔%的选自 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 及 $\text{BaO}$ 的碱土类金属氧化物,  
 $\text{Li}_2\text{O}$ 的含量相对于所述碱金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{Li}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\}$ 超过0且为0.3以下,  
 $\text{MgO}$ 的含量相对于所述碱土类金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})\}$ 为0.80以上,  
玻璃化转变温度为650°C以上,  
杨氏模量为80GPa以上。
2. 根据权利要求1所述的磁记录介质基板用玻璃, 其中,  
 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 及 $\text{Li}_2\text{O}$ 的合计含量相对于所述碱金属氧化物和所述碱土类金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{Li}_2\text{O})/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})\}$ 为0.50以上。
3. 根据权利要求1或2所述的磁记录介质基板用玻璃, 其中,  
 $\text{CaO}$ 的含量相对于所述碱土类金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{CaO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})\}$ 为0.20以下。
4. 根据权利要求1~3中任一项所述的磁记录介质基板用玻璃, 其中,  
在100~300°C的平均热膨胀系数为 $55 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 以上。
5. 根据权利要求1~4中任一项所述的磁记录介质基板用玻璃, 其中,  
以摩尔%表示, 包含:  
56~75%的 $\text{SiO}_2$ ;  
1~20%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  
超过0%且为3%以下的 $\text{Li}_2\text{O}$ ;  
1%以上且不足15%的 $\text{Na}_2\text{O}$ ;  
8~30%的 $\text{MgO}$ ; 以及  
合计超过0摩尔%且为10%以下的选自 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 及 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 的氧化物。
6. 根据权利要求1~4中任一项所述的磁记录介质基板用玻璃, 其中,  
以摩尔%表示, 包含:  
56~75%的 $\text{SiO}_2$ ;  
1~20%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  
超过0%且为3%以下的 $\text{Li}_2\text{O}$ ;  
1%以上且不足15%的 $\text{Na}_2\text{O}$ ;  
0%以上且不足3%的 $\text{K}_2\text{O}$ ; 以及  
8~30%的 $\text{MgO}$ ,  
并且实质上不包含 $\text{BaO}$ ,  
 $\text{K}_2\text{O}$ 的含量相对于碱金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{K}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\}$ 为0.08以下。
7. 根据权利要求1~6中任一项所述的磁记录介质基板用玻璃, 其中,

比模量为30MNm/kg以上。

8.根据权利要求1~7中任一项所述的磁记录介质基板用玻璃,其为化学强化用玻璃。

9.一种磁记录介质基板,其由权利要求1~8中任一项所述的磁记录介质基板用玻璃构成。

10.一种磁记录介质基板,对权利要求1~8中任一项所述的磁记录介质基板用玻璃进行化学强化而成。

11.根据权利要求9或10所述的磁记录介质基板,其中,

由断裂韧性值为 $0.9\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上的玻璃构成。

12.根据权利要求10所述的磁记录介质基板,其由如下的化学强化玻璃构成,即,在通过巴比涅法求出的与两个主表面垂直的假想截面中的应力分布中,拉伸应力分布为凸形状,其中该凸形状不包含向压缩应力侧凹陷的凹部。

13.根据权利要求10所述的磁记录介质基板,其由如下的化学强化玻璃构成,即,通过巴比涅法求出的拉伸应力的平均值 $T_{av}$ 和拉伸应力的最大值 $T_{max}$ 满足下式(1),

$$T_{av}/T_{max} \geq 0.4 \cdots (1)。$$

## 磁记录介质基板用玻璃及磁记录介质基板

[0001] 关联申请的相互参照

[0002] 本申请基于2013年9月11日申请的日本特愿2013-188315号主张优先权,在此特别引用其全部记载作为公开。

### 技术领域

[0003] 本发明涉及适合于作为硬盘等磁记录介质的基板材料的磁记录介质基板用玻璃及使用该玻璃的磁记录介质基板。

### 背景技术

[0004] 伴随着因特网等信息相关基础技术的发展,对磁盘、光盘等信息记录介质的需求也在快速增加。计算机等的磁存储(记录)装置的主要构成要素是磁记录介质和磁记录再生用的磁头。作为磁记录介质,已知有软盘和硬盘。其中,作为硬盘(磁盘)用的基板材料,例如有铝基板、玻璃基板、陶瓷基板、碳基板等,在实用上,根据尺寸、用途而主要使用铝基板和玻璃基板。在笔记本个人计算机用硬盘驱动器中,除了耐冲击性以外,伴随着磁记录介质的高密度记录化而对提高盘基板的表面平滑性的要求变得越来越严格,因此,用表面硬度、刚性差的铝基板来应对是存在极限的。因此,玻璃基板的开发成为当前主流(例如参照日本特开2001-134925号公报、日本特开2011-251854号公报、日本特开2004-43295号公报或英语同族US2003/220183A1、美国专利第7,309,671号、US2008/053152A1及美国专利第7,767,607号、日本特开2005-314159号公报或英语同族US2005/244656A1及美国专利第7,595,273号,在此特别引用它们的全部记载作为公开)。

[0005] 另外,近年来,以谋求磁记录介质的更进一步的高密度记录化为目的,正在探讨研究使用Fe-Pt系、Co-Pt系等的磁各向异性性能高的磁性材料(高Ku(磁晶各向异性常数)磁性材料)(例如参照日本特开2004-362746号公报或英语同族US2004/229006A1及美国专利第7,189,438号,在此特别引用它们的全部记载作为公开)。虽然为了高记录密度化需要减小磁性粒子的粒径,但是另一方面,当粒径减小时,由热涨落造成的磁特性的劣化会成为问题。因为高Ku磁性材料不易受到热涨落的影响,所以期待会有助于高密度记录化。

### 发明内容

[0006] 但是,高Ku磁性材料为了实现高的Ku而需要得到特定的晶体取向状态,因此,需要在高温下进行成膜或在成膜后在高温下进行热处理。因而,为了形成由这些高Ku磁性材料构成的磁记录层,要求玻璃基板具有能够承受上述高温处理的高耐热性,即高的玻璃化转变温度。

[0007] 另一方面,构成磁记录介质的玻璃基板还要求高的机械强度。磁记录介质以例如每1分钟数千转~数万转进行高速旋转,因此要求玻璃基板具有在高速旋转时不会引起大的变形的高的刚性(杨氏模量)。此外,还要求优秀的耐冲击性,使得玻璃基板不会由于磁头和磁记录介质的冲击或磁记录装置自身的冲击而产生裂缝或破裂等损伤。特别是,对于像

近年来正在研究的热辅助方式的磁记录介质那样适用于极高的记录密度的磁记录介质用的玻璃基板,要求特别高的机械强度。

[0008] 然而,当为了应对磁记录介质的高记录密度化而进行玻璃的组成调整使得玻璃基板的耐热性提高时,存在机械强度降低的倾向。

[0009] 本发明的一个方式提供一种同时具有高耐热性和高机械强度的磁记录介质基板用玻璃及磁记录介质基板。

[0010] 本发明的一个方式涉及一种磁记录介质基板用玻璃,其中,

[0011] 作为必要成分,包含 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、及 $\text{MgO}$ ,

[0012] 包含合计为6~15摩尔%的选自 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 及 $\text{K}_2\text{O}$ 的碱金属氧化物,

[0013] 包含合计为10~30摩尔%的选自 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 及 $\text{BaO}$ 的碱土类金属氧化物,

[0014]  $\text{Li}_2\text{O}$ 的含量相对于上述的碱金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{Li}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\}$ 超过0且为0.3以下,

[0015]  $\text{MgO}$ 的含量相对于上述的碱土类金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})\}$ 为0.80以上,

[0016] 玻璃化转变温度为 $650^\circ\text{C}$ 以上,并且

[0017] 杨氏模量为80GPa以上。

[0018] 上述的磁记录介质基板用玻璃是由具有高耐热性和高机械强度的玻璃组合物形成的玻璃,同时具有高玻璃化转变温度和高杨氏模量。

[0019] 根据本发明,能够提供一种磁记录介质基板及包括该基板的磁记录介质,该磁记录介质基板具有能够承受形成由高Ku磁性材料构成的磁记录层时的高温热处理的高耐热性以及能够承受高速旋转和冲击的高机械强度。

## 附图说明

[0020] 图1是化学强化玻璃基板中的应力分布的示意图。

[0021] 图2是化学强化玻璃基板中的应力分布的示意图。

[0022] 图3是式(1)的说明图。

[0023] 图4是式(1)的说明图。

[0024] 图5是示出摩尔比 $\{\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})\}$ 与化学强化玻璃基板的断裂韧性值的关系的图。

[0025] 图6是示出摩尔比 $\{\text{CaO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})\}$ 与化学强化玻璃基板的断裂韧性值的关系的图。

## 具体实施方式

[0026] 在本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃中,作为必要成分包含 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、及 $\text{MgO}$ ,包含合计为6~15摩尔%的选自 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 及 $\text{K}_2\text{O}$ 的碱金属氧化物,包含合计为10~30摩尔%的选自 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 及 $\text{BaO}$ 的碱土类金属氧化物, $\text{Li}_2\text{O}$ 的含量相对于上述的碱金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{Li}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\}$ 大于0且为0.3以下, $\text{MgO}$ 的含量相对于上述的碱土类金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})\}$ 为0.80以上,玻璃化转变温度为 $650^\circ\text{C}$ 以上,且杨氏模量为80GPa以上。

[0027] 本发明的另一个方式涉及：

[0028] 由本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃构成的磁记录介质基板；以及

[0029] 将本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃化学强化而成的磁记录介质基板。

[0030] 以下，对本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃及基板的诸特性进行说明。只要没有特别说明，设以下的诸特性对于化学强化了了的基板是指化学强化后的值。

[0031] 1.玻璃化转变温度

[0032] 如上所述，在通过高Ku磁性材料的导入等来谋求磁记录介质的高记录密度化的情况下，在磁性材料的高温处理等中，磁记录介质用玻璃基板被暴露在高温下。此时，为了不损害基板的极高的平坦性，要求磁记录介质用玻璃基板具有优秀的耐热性。作为耐热性的指标使用玻璃化转变温度，本发明的一个方式的玻璃具有650℃以上的玻璃化转变温度，因此即使在高温处理后也能够维持优秀的平坦性。因此，本发明的一个方式的玻璃适于制作具有高Ku磁性材料的磁记录介质用基板。玻璃化转变温度的优选的范围为670℃以上。玻璃化转变温度的上限例如为750℃左右，但玻璃化转变温度越高越优选，没有特别限定。另外，玻璃化转变温度是在化学强化前后大致固定的值。

[0033] 2.杨氏模量

[0034] 作为磁记录介质的变形，除了HDD的温度变化导致的变形以外，还有高速旋转导致的变形。为了抑制高速旋转时的变形，如上所述，要求提高磁记录介质基板的杨氏模量。本发明的一个方式的玻璃具有80GPa以上的杨氏模量，因此能够抑制高速旋转时的基板变形，即使在具有高Ku磁性材料的高记录密度化了的磁记录介质中，也能够正确地进行数据的读取、写入。

[0035] 杨氏模量的优选的范围为81GPa以上，更优选为82GPa以上，进一步优选为83GPa以上，再进一步优选为84GPa以上，更进一步优选为85GPa以上，再更进一步优选为86GPa以上。杨氏模量的上限没有特别限定，但为了使其它特性为优选的范围，例如可考虑将95GPa作为上限的目标。另外，杨氏模量也是在化学强化处理前后大致固定的值。

[0036] 3.热膨胀系数

[0037] 当构成磁记录介质用玻璃基板的玻璃与HDD的主轴材料（例如不锈钢等）的热膨胀系数的差大时，磁记录介质会因HDD工作时的温度变化而变形，产生记录再生故障等而使可靠性降低。特别是，具有由高Ku磁性材料构成的磁记录层的磁记录介质的记录密度极高，因此即使是磁记录介质的微小的变形也容易引起上述故障。通常HDD的主轴材料在100～300℃的温度范围内具有 $55 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上的平均线膨胀系数（热膨胀系数），本发明的一个方式的玻璃在100～300℃的温度范围内的平均线膨胀系数为 $55 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上，因此能够提高可靠性，能够提供适合于具有由高Ku磁性材料构成的磁记录层的磁记录介质的基板。

[0038] 上述平均线膨胀系数的优选的范围为 $60 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上，更优选的范围为 $63 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上，进一步优选的范围为 $65 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上，再进一步优选的范围为 $70 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上，更进一步优选的范围为 $75 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上。如果考虑主轴材料的热膨胀特性，则上述的平均线膨胀系数的上限优选为例如 $120 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 左右，更优选为 $100 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ，进一步优选为 $88 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 。另外，热膨胀系数是在化学强化前后大致固定的值。

[0039] 此外，在一个方式中，优选500～600℃的温度范围内的平均线膨胀系数为 $60 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上。更优选的范围为 $65 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上，进一步优选的范围为 $70 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上。上述

的平均线膨胀系数的上限优选为例如 $100 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以下,更优选为 $90 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 。通过使用 $500 \sim 600^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内的平均线膨胀系数在上述范围内的玻璃来制作基板,从而能够可靠地防止在对高Ku磁性材料等的多层膜进行成膜后在退火处理过程中或处理后多层膜从玻璃基板剥离、在退火处理过程中基板从保持构件掉落。

#### [0040] 4.比模量·比重

[0041] 为了抑制使磁记录介质进行高速旋转时的变形(基板的弯曲),作为基板材料优选具有高比模量的玻璃。比模量也是在化学强化前后大致固定的值,但本发明的一个方式的玻璃的比模量的优选的范围为 $30.0\text{MNm/kg}$ 以上。比模量更优选为超过 $30.0\text{MNm/kg}$ ,进一步优选为 $30.5\text{MNm/kg}$ 以上。其上限例如为 $40.0\text{MNm/kg}$ 左右,但没有特别限定。比模量是将玻璃的杨氏模量除以密度的量。在此,只要认为密度是对玻璃的比重附加了 $\text{g/cm}^3$ 的单位的量即可。通过玻璃的低比重化,除了能够使比模量增大以外,还能够使基板轻量化。通过基板的轻量化,可实现磁记录介质的轻量化,可减少磁记录介质的旋转所需的功率,能够抑制HDD的功耗。本发明的一个方式的玻璃的比重的优选的范围为2.90以下,更优选的范围为2.80以下,进一步优选的范围为不足2.70。

#### [0042] 5.断裂韧性值

[0043] 断裂韧性值可用以下的方法来测定。

[0044] 使用AKASHI公司制造的装置MVK-E,以压入荷重 $P[\text{N}]$ 将维氏压头压入到加工成板状的试样而在试样中导入压痕及裂缝。当设试样的杨氏模量为 $E[\text{GPa}]$ 、压痕对角线长度为 $d[\text{m}]$ 、表面裂缝的半长为 $a[\text{m}]$ 时,断裂韧性值 $K_{Ic}[\text{Pa} \cdot \text{m}^{1/2}]$ 可用下式表示。

$$[0045] \quad K_{Ic} = [0.026(EP/\pi)^{1/2}(d/2)(a)^{-2}]/[(\pi a)^{-1/2}]$$

[0046] 构成本发明的一个方式的基板的玻璃的断裂韧性值(荷重 $P=9.81\text{N}(1000\text{gf})$ )优选为 $0.9\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上。断裂韧性与耐热性有此消彼长的关系,当为了提高磁记录介质的记录密度而提高基板的耐热性时,断裂韧性值会降低,耐冲击性也会降低。相对于此,根据本发明的一个方式,能够提供一种在提高断裂韧性值的同时使耐热性、刚性、热膨胀特性平衡的适合于对应高记录密度的磁记录介质的玻璃基板。断裂韧性值的优选的范围为 $1.0\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上,更优选的范围为 $1.1\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上,进一步优选的范围为 $1.2\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上。通过使断裂韧性值为 $0.9\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上,从而能够提供耐冲击性优秀、可靠性高的对应高记录密度的磁记录介质。另外,只要没有特别说明,在本发明中断裂韧性值是指将荷重 $P$ 设为 $9.81\text{N}(1000\text{gf})$ 而测定的断裂韧性值。为了准确地测定压痕对角线长度 $d$ 、表面裂缝的半长 $a$ ,优选在玻璃的平滑面例如抛光了的面进行断裂韧性值的测定。此外,在本发明中,对于由化学强化了了的玻璃构成的基板,其断裂韧性值设为化学强化了了的玻璃的值。上述断裂韧性值会根据玻璃组成而变化,还会根据化学强化条件而变化,因此,为了得到由化学强化了了的玻璃构成的本发明的一个方式的磁记录介质基板,能够通过调整组成及化学强化处理条件使上述断裂韧性值为所需的范围。

[0047] 构成本发明的一个方式的基板的玻璃的断裂韧性值也能够用将荷重 $P$ 设为 $4.9\text{N}(500\text{gf})$ 时的断裂韧性值来表示。该情况下,断裂韧性值(荷重 $P=4.9\text{N}(500\text{gf})$ )优选为超过 $0.9\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ ,更优选为 $1.0\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上,进一步优选为 $1.1\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上,再进一步优选为 $1.2\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上,更进一步优选为 $1.3\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上。

#### [0048] 6.耐酸性

[0049] 在生产磁记录介质用玻璃基板时,将玻璃加工成盘状,将主表面加工为极为平坦且平滑。然后,在上述的加工工序之后,通常对玻璃基板进行酸洗涤来除去作为附着在表面的污物的有机物。在此,如果玻璃基板是耐酸性差的玻璃基板,则在上述的酸洗涤时会引起面粗糙化,平坦性、平滑性受到损害,难以作为磁记录介质用玻璃基板使用。特别是对于要求玻璃基板表面的高平坦性、高平滑性的具有由高Ku磁性材料构成的磁记录层的高记录密度化的磁记录介质用玻璃基板,期望具有优秀的耐酸性。

[0050] 另外,在酸洗涤后,能够接着进行碱洗涤而除去附着在表面的抛光剂等异物,得到更清洁的状态的基板。为了防止在碱洗涤时因面粗糙化而造成的基板表面的平坦性、平滑性的降低,优选玻璃基板为耐碱性优秀的玻璃基板。从上述的低上浮量化的观点出发,具有优秀的耐酸性和耐碱性、基板表面的平坦性、平滑性高也是有利的。在本发明的一个方式中,通过进行玻璃组成的调整,特别是进行对化学耐久性有利的组成调整,从而能够实现优秀的耐酸性和耐碱性。

#### [0051] 7.液相线温度

[0052] 液相线温度是指,在将固体的玻璃以规定范围的速度升温并保持在各温度的情况下,不析出晶体的最低的保持温度。当将玻璃熔融并对得到的熔融玻璃进行成型时,如果成型温度低于液相线温度,则玻璃会晶化,不能生产均质的玻璃。因此,需要使玻璃成型温度为液相线温度以上,但是当成型温度超过1300℃时,例如在对熔融玻璃进行压制成型时所使用的压制成型模会与高温的玻璃反应而容易受到损伤。在将熔融玻璃浇铸到铸模中而进行成型的情况下,铸模也同样容易受到损伤。考虑到这一点,本发明的一个方式的玻璃的液相线温度优选为1300℃以下。液相线温度的更优选的范围是1280℃以下,进一步优选的范围是1250℃以下。在本发明的一个方式中,通过进行上述的玻璃组成调整,从而能够实现上述的优选的范围的液相线温度。下限没有特别限定,将800℃以上考虑为目标即可。

#### [0053] 8.光谱透射率

[0054] 磁记录介质经过在玻璃基板上对包含磁记录层的多层膜进行成膜的工序进行生产。在用当前成为主流的单片式的成膜方式在基板上形成多层膜时,例如,首先将玻璃基板导入到成膜装置的基板加热区域,将玻璃基板加热升温至能够通过溅射等进行成膜的温度。在玻璃基板的温度充分升温后,将玻璃基板移动到第一成膜区域,在玻璃基板上成膜相当于多层膜的最下层的膜。接着,将玻璃基板移动到第二成膜区域,在最下层之上进行成膜。通过像这样将玻璃基板依次移动到后级的成膜区域进行成膜,从而形成多层膜。上述加热和成膜在利用真空泵进行了排气的低压下进行,因此玻璃基板的加热不得不采取非接触方式。因此,关于玻璃基板的加热,适合利用辐射来进行加热。该成膜需要在玻璃基板的温度不低于适合进行成膜的温度的期间进行。当各层的成膜所需的时间过长时,加热的玻璃基板的温度会降低,产生在后级的成膜区域中得不到足够的玻璃基板温度的问题。为了经长时间将玻璃基板保持为可进行成膜的温度,可考虑将玻璃基板加热至更高温度,但是,当玻璃基板的加热速度小时,必须使加热时间更长,也必须加长玻璃基板停留在加热区域的时间。因此,玻璃基板在各成膜区域中的停留时间也会变长,在后级的成膜区域中将不能保持充分的玻璃基板温度。进而,也难以提高生产量。特别是在生产具有由高Ku磁性材料构成的磁记录层的磁记录介质的情况下,为了在规定时间内将玻璃基板加热为高温,应进一步提高玻璃基板的利用辐射的加热效率。



[0055] 在包含 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的玻璃中,在包含波长为2750~3700nm的区域中存在吸收峰。此外,通过添加或作为玻璃成分导入后述的红外线吸收剂,能够提高对更短波长的辐射的吸收,能够使其对波长为700nm~3700nm的波长区域进行吸收。为了通过辐射即红外线照射高效地加热玻璃基板,优选使用在上述的波长区域存在光谱的极大的红外线。对于提高加热速度,可以考虑使红外线的光谱极大波长与基板的吸收峰波长匹配,并且增加红外线功率。当作为红外线源而以高温状态的碳加热器为例时,要增加红外线的功率,只要增加碳加热器的输入即可。但是,当将来自碳加热器的辐射考虑为黑体辐射时,会由于输入增加而使加热器温度上升,因此,红外线的光谱的极大波长会向短波长侧偏移而脱离玻璃的上述吸收波长区域。因此,为了提高基板的加热速度,必须使加热器的功耗过大,会产生加热器的寿命缩短等问题。

[0056] 鉴于这些方面,优选通过进一步增加玻璃在上述的波长区域(波长700~3700nm)中的吸收,从而在使红外线的光谱极大波长与基板的吸收峰波长接近的状态下进行红外线的照射,不使加热器输入过量。因此,为了提高红外线照射加热效率,作为玻璃基板,优选在700~3700nm的波长区域存在换算为厚度2mm的光谱透射率为50%以下的区域,或者遍及上述波长区域具有换算为厚度2mm的光谱透射率为70%以下的透射率特性。例如,选自铁、铜、钴、镱、锰、钆、镨、铈、钕、钐、钒、铬、镍、钼、铪及铟的至少1种金属的氧化物能够作为红外线吸收剂而发挥作用。此外,水分或水分中包含的OH基对3 $\mu\text{m}$ 波段具有强的吸收,因此水分也能作为红外线吸收剂而发挥作用。通过在玻璃组成中适量地导入上述的能够作为红外线吸收剂而发挥作用的成分,从而能够对玻璃基板赋予上述的优选的吸收特性。关于上述的能够作为红外线吸收剂发挥作用的氧化物的添加量,优选的范围为作为氧化物以质量为基准为500ppm~5%,更优选的范围为2000ppm~5%,进一步优选的范围为2000ppm~2%,再进一步优选的范围为4000ppm~2%。此外,对于水分,优选以换算为 $\text{H}_2\text{O}$ 的重量为基准包含超过200ppm,更优选包含220ppm以上。

[0057] 另外,在作为玻璃成分而导入 $\text{Yb}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 的情况下、作为澄清剂而添加Ce氧化物的情况下,能够利用这些成分的红外线吸收来提高基板加热效率。

[0058] 本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃是氧化物玻璃,设以氧化物为基准来表示其玻璃组成。以氧化物为基准的玻璃组成是指,设玻璃原料在熔融时被全部分解而作为氧化物存在于玻璃中来进行换算而得到的玻璃组成。由于上述的玻璃不需要用于晶化的热处理工序且加工性优秀,所以优选为非晶性(无定形)玻璃。

[0059] 本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃适合于进行化学强化。在本发明的一个方式中,化学强化意味着低温型化学强化。

[0060] 另外,在本发明中,“主表面”是指玻璃基板或玻璃的表面中的面积最大的面。在盘状玻璃基板的情况下,盘的圆形的正反相向的一对表面(在有中心孔的情况下除去中心孔。)相当于主表面。

[0061] 在本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃的玻璃组成中,作为必要成分,包含 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$ ,包含合计为6~15摩尔%的选自 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 及 $\text{K}_2\text{O}$ 的碱金属氧化物,包含合计为10~30摩尔%的选自 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 及 $\text{BaO}$ 的碱土类金属氧化物, $\text{Li}_2\text{O}$ 的含量相对于碱金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{Li}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\}$ 超过0且为0.3以下, $\text{MgO}$ 的含量相对于碱土类金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})\}$ 为0.80以上。

[0062] 以下,对本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃的玻璃组成进行更详细的说明。另外,只要没有特别说明,则各成分的含量、合计含量、比例以摩尔为基准进行表示。

[0063]  $\text{SiO}_2$ 是玻璃的网络形成成分,具有提高玻璃稳定性、化学耐久性特别是耐酸性的效果。 $\text{SiO}_2$ 还是发挥如下作用的成分,即,在为了在磁记录介质用玻璃基板上成膜磁记录层等的工序、对通过上述工序形成的膜进行热处理而通过辐射对基板进行加热时,降低基板的热扩散,提高加热效率。当 $\text{SiO}_2$ 的含量过多时, $\text{SiO}_2$ 不完全熔化而在玻璃中产生未熔解物,或者澄清时的玻璃的粘性变得过高而使消泡不充分。当用包含未熔解物的玻璃制作基板时,会因抛光而在基板表面产生未熔解物造成的突起,不能作为要求极高的表面平滑性的磁记录介质基板使用。此外,在用包含气泡的玻璃制作基板时,会因抛光而在基板表面出现部分气泡,该部分成为凹陷而损害基板的主表面的平滑性,因此也不能作为磁记录介质基板使用。根据以上的理由, $\text{SiO}_2$ 的含量优选为56~75%,更优选为58~70%,进一步优选为60~67%。

[0064]  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 是有助于玻璃的网络形成、发挥提高刚性和耐热性的作用的成分。从良好地维持玻璃的耐失透性(稳定性)的观点出发, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量优选为20%以下。此外,从良好地维持玻璃的稳定性、化学耐久性、耐热性的观点出发, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量优选为1%以上。从玻璃的稳定性、化学耐久性、耐热性的观点出发, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量的更优选的范围为1~15%,进一步优选的范围为1~11%。从玻璃的稳定性、化学耐久性、耐热性的观点出发, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量的更优选的范围为1~10%,进一步优选的范围为2~9%,再进一步优选的范围为3~8%。此外,从对玻璃基板进行化学强化处理的观点出发, $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量的范围优选为5~20%。

[0065] 在上述的包含 $\text{SiO}_2$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的玻璃中更优选的玻璃是作为玻璃成分包含碱金属氧化物 $\text{R}_2\text{O}$ ( $\text{R}$ 表示 $\text{Li}$ 、 $\text{Na}$ 或 $\text{K}$ 。) 的玻璃。 $\text{R}_2\text{O}$ 具有改善玻璃的熔融性、改善玻璃的均质性的效果,具有使热膨胀系数增大的效果,还是能够实现化学强化的成分。在本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃中,作为 $\text{R}_2\text{O}$ ,包含不损害高耐热性、对化学强化有效地发挥作用的 $\text{Li}_2\text{O}$ 和 $\text{Na}_2\text{O}$ 来作为必要成分。

[0066] 当 $\text{Li}_2\text{O}$ 的导入量相对于碱金属氧化物的合计含量( $\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ )过多时会导致耐热性降低,当过少时会导致化学强化性能降低。因此,在本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃中,相对于碱金属氧化物的合计调整 $\text{Li}_2\text{O}$ 的导入量,使 $\text{Li}_2\text{O}$ 的含量相对于碱金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{Li}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\}$ 超过0且为0.3以下。从得到后述的 $\text{Li}_2\text{O}$ 的导入带来的效果并且抑制耐热性的降低的观点出发,摩尔比 $\{\text{Li}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\}$ 的更优选的上限为0.25,进一步优选的上限为0.20,再进一步优选的上限为0.15。此外,从抑制化学强化性能的降低的观点出发,摩尔比 $\{\text{Li}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\}$ 的优选的下限为0.001,更优选的下限为0.005,进一步优选的下限为0.01。另外,以下有时将选自 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 及 $\text{K}_2\text{O}$ 的碱金属氧化物统一表示为 $\text{R}_2\text{O}$ 。

[0067]  $\text{Li}_2\text{O}$ 是提高玻璃的刚性的成分。此外,碱金属在玻璃中的移动容易程度的顺序为 $\text{Li}>\text{Na}>\text{K}$ ,因此从化学强化性能的观点出发导入 $\text{Li}$ 也是有利的。因此,本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃作为必要成分包含 $\text{Li}_2\text{O}$ 。另一方面,从抑制耐热性的降低(玻璃化转变温度的降低)的观点出发,优选将 $\text{Li}_2\text{O}$ 的导入量设为4%以下。即, $\text{Li}_2\text{O}$ 的含量的优选的含量超过0%且为4%以下,更优选超过0%且为3%以下。从高刚性、高耐热性及化学强化性能的观点出发, $\text{Li}_2\text{O}$ 的含量的更优选的范围为0.05~3%,进一步优选的范围为0.05~2%,

再进一步优选的范围为0.07~1%，更进一步优选的范围为0.08~0.5%。

[0068]  $\text{Na}_2\text{O}$ 是对改善热膨胀特性有效的成分，因此优选导入1%以上。此外， $\text{Na}_2\text{O}$ 还是有助于化学强化性能的成分，因此从化学强化性能的观点出发导入1%以上也有利的。此外，从良好地维持耐热性的观点出发，优选 $\text{Na}_2\text{O}$ 的含量不足15%。因此，优选使 $\text{Na}_2\text{O}$ 的含量为1%以上且不足15%。从热膨胀特性、耐热性及化学强化性能的观点出发， $\text{Na}_2\text{O}$ 的含量的更优选的范围为4~13%，进一步优选的范围为5~11%。

[0069]  $\text{K}_2\text{O}$ 是对改善热膨胀特性有效的成分。但是，过量的导入会导致耐热性、导热率的降低，化学强化性能也会变差。此外，与其它碱金属Li、Na相比，K的原子序数大，在碱金属成分中，具有降低断裂韧性值的作用。此外，在将本发明的一个方式的基板制成化学强化玻璃基板的情况下，K具有降低离子交换的效率的作用。因此，本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃优选是 $\text{K}_2\text{O}$ 的含量不足3%的玻璃。 $\text{K}_2\text{O}$ 的含量的优选的范围为0~2%，更优选的范围为0~1%，进一步优选的范围为0~0.5%，更进一步优选的范围为0~0.1%，优选实质上不导入。另外，本发明中，“实质上不包含”、“实质上不导入”意味着不有意在玻璃原料中添加特定的成分，但并不排除作为杂质混入的情况。与玻璃组成相关的0%的记载也是相同意思。

[0070] 当选自 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 及 $\text{K}_2\text{O}$ 的碱金属氧化物的合计含量、即 $\text{R}_2\text{O}$ 的含量( $\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ )不足6%时，玻璃的熔融性和热膨胀特性降低，当超过15%时，耐热性降低或者化学耐久性变差。因此，在本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃中， $\text{R}_2\text{O}$ 的含量设为6~15%。 $\text{R}_2\text{O}$ 的含量的优选的范围为7~15%，更优选的范围为8~12%。

[0071] 如上所述， $\text{Li}_2\text{O}$ 在过量导入时会导致耐热性降低，此外，相对于 $\text{Na}_2\text{O}$ 的导入量过多时，也有导致耐热性降低的趋势，因此优选相对于 $\text{Na}_2\text{O}$ 的导入量调整 $\text{Li}_2\text{O}$ 的导入量，使 $\text{Li}_2\text{O}$ 的含量相对于 $\text{Na}_2\text{O}$ 的含量的摩尔比( $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ )的范围为不足0.50。从得到 $\text{Li}_2\text{O}$ 的导入带来的效果并且抑制耐热性降低的观点出发，上述的摩尔比( $\text{Li}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ )的范围更优选为0.005以上且不足0.50，进一步优选的范围为0.009~0.40，更进一步优选的范围为0.01~0.20，再更进一步优选的范围为0.01~0.10。

[0072] 进而，在碱金属氧化物中 $\text{K}_2\text{O}$ 的原子序数大，使导热率降低的作用大，在化学强化性能方面是不利的，因此优选相对于碱金属氧化物的总量限制所述 $\text{K}_2\text{O}$ 的含量。具体地说，优选将 $\text{K}_2\text{O}$ 的含量相对于碱金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{K}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\}$ 设为0.08以下。从化学强化性能和导热率的观点出发，上述摩尔比优选为0.06以下，更优选为0.05以下，进一步优选为0.03以下，再进一步优选为0.02以下，特别优选为0.01以下，最优选实质上为0，即最优选不导入 $\text{K}_2\text{O}$ 。

[0073] 本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃作为必要成分包含 $\text{MgO}$ 。 $\text{MgO}$ 发挥提高刚性(杨氏模量)并且提高玻璃的熔融性的效果。此外，碱土类金属氧化物 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 、 $\text{BaO}$ 具有改善玻璃的熔融性的效果、增大热膨胀系数的效果。

[0074] 如上所述， $\text{MgO}$ 是必要成分，但当过量导入时，有使玻璃的液相线温度过度上升而使耐失透性降低的趋势。因此， $\text{MgO}$ 的优选的含量的范围为8~30%，更优选的范围为8~25%，进一步优选的范围为8~22%，再进一步优选的范围为10~22%，更进一步优选的范围为13~20%。

[0075] 从提高热膨胀特性和杨氏模量、以及低比重化的观点出发，在一个方式中， $\text{CaO}$ 的

导入量的优选的范围为0~9%,更优选的范围为0~5%,进一步优选的范围为0~2%,再进一步优选的范围为0~1%,更进一步优选的范围为0~0.8%,也可以实质上不导入(即,CaO的含量也可以为0%)。

[0076] SrO是提高热膨胀特性的成分,但与MgO、CaO相比是提高比重的成分,因此其导入量优选为4%以下,更优选为3%以下,进一步优选为2%以下,再进一步优选为1%以下,也可以实质上不导入(即,SrO的含量也可以为0%)。

[0077] 此外,为得到高的玻璃化转变温度,从混合碱土类效果的观点出发,优选碱土类金属氧化物不是添加多种,而是只添加碱土类氧化物中的单一成分,在添加多种的情况下,能够以如下方式进行选择,即,最多的碱土类氧化物的比例为碱土类金属氧化物总量的70%以上,更优选为80%以上,进一步优选为90%以上,特别优选为95%以上。

[0078] BaO是对于提高玻璃的溶解性、不使失透温度上升有效的成分。另一方面,BaO有可能与大气中的二氧化碳气体反应而生成成为玻璃基板表面的附着物的BaCO<sub>3</sub>,成为造成磁记录装置的磁头元件的损伤等的原因,因此在本发明的玻璃基板中,优选实质上不包含BaO(即,BaO的含量为0%)。

[0079] 如果选自MgO、CaO、SrO及BaO的碱土类金属氧化物R'O(R'表示Mg、Ca、Sr或Ba。)的合计含量即R'O的含量(MgO+CaO+SrO+BaO)过少,则玻璃的刚性和热膨胀特性会降低,如果使R'O的含量过多,则虽然不及R<sub>2</sub>O过多的情况,但是会使玻璃化转变温度降低、使化学耐久性降低。从该观点出发,为了实现高刚性、高热膨胀特性及良好的化学耐久性,在本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃中,R'O的含量的范围为10~30%。R'O的含量的优选的范围为13~23%,更优选的范围为15~20%。

[0080] 在磁记录介质基板用玻璃中,碱金属氧化物和碱土类金属氧化物的导入量对于实现优秀的耐热性和高的机械强度影响大。特别是,碱金属和碱土类金属各自的离子半径对于使玻璃化转变温度高即耐热性高的玻璃的化学强化性能提高产生影响。

[0081] 当将包含Li<sub>2</sub>O和Na<sub>2</sub>O的玻璃浸渍于钠盐和钾盐的混合熔融盐中进行化学强化时,玻璃中的Li<sup>+</sup>离子和熔融盐中的Na<sup>+</sup>离子进行离子交换,此外,玻璃中的Na<sup>+</sup>离子和熔融盐中的K<sup>+</sup>离子进行离子交换,在表面附近形成压缩应力层,在玻璃内部形成拉伸应力层。

[0082] 本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃的玻璃化转变温度高达650℃以上,具有优秀的耐热性,适合于作为用于形成由高Ku磁性材料构成的磁记录层的磁记录介质用基板材料。虽然在磁性材料的高温处理等中玻璃基板会暴露在高温下,但是如果使用像上述那样玻璃化转变温度高的玻璃材料,基板的平坦性就不会受损。

[0083] 关于玻璃中的碱金属离子的扩散速度,离子半径越小的离子,其扩散速度越大,因此熔融盐中的Na<sup>+</sup>离子从玻璃表面到达更深层而形成深的压缩应力层,熔融盐中的K<sup>+</sup>离子到达不了Na<sup>+</sup>离子那样的深层,在距表面浅的部分形成压缩应力层。通过混合盐进行了化学强化的玻璃的深度方向的应力分布成为将通过Na<sup>+</sup>和Li<sup>+</sup>的离子交换形成的应力分布和通过K<sup>+</sup>和Na<sup>+</sup>的离子交换形成的应力分布进行合成的应力分布。因此,深度方向的应力分布平缓地变化,如图1的示意图所示,在通过巴比涅法测定的与2个主表面垂直的假想截面中的应力分布中,拉伸应力分布成为凸形状。在该凸形状中,不包含如后述的图2所示的向压缩应力侧凹陷的凹部。此外,形成比较深的压缩应力层。另外,在图1中,中央的L线的左侧为压缩应力的区域,右侧为拉伸应力的区域。

[0084] 即使玻璃表面的裂缝生长而到达拉伸应力层,在具有上述的应力分布的化学强化玻璃中,玻璃也不会断裂。

[0085] 另一方面,在对包含 $\text{Na}_2\text{O}$ 、不包含 $\text{Li}_2\text{O}$ 的玻璃进行化学强化的情况下,将玻璃浸渍于钾熔融盐中,通过玻璃中的 $\text{Na}^+$ 离子与熔融盐中的 $\text{K}$ 离子的交换,在玻璃表面附近形成压缩应力层。 $\text{K}^+$ 离子与 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Li}^+$ 相比扩散速度小,因此到达不了玻璃深层,压缩应力层浅,深度方向的应力分布急剧地变化,如图2的示意图所示,在通过巴比涅法测定的与2个主表面垂直的假想截面中的应力分布中,在从主表面间的中央部靠近各个主表面侧的部位成为极大。也就是说,拉伸应力成为极大的位置变为2处。这样的极大被称为高值(uphill)。在这样的玻璃中,假设玻璃表面的裂缝生长而到达拉伸应力层时,裂缝的前端到达拉伸应力的极大区域,因此由于拉伸应力断裂的进程加剧,引起所谓的延迟断裂。

[0086] 本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃作为玻璃成分包含 $\text{Li}_2\text{O}$ 和 $\text{Na}_2\text{O}$ ,因此通过在 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 的混合盐中进行化学强化,从而能够防止延迟断裂。从更加有效地防止产生延迟断裂的观点出发,优选 $\text{Li}_2\text{O}$ 的含量为0.05%以上。

[0087] 可是,在对玻璃化转变温度高的玻璃进行化学强化的情况下,强化处理温度也会变为高温。在对玻璃化转变温度高的玻璃进行化学强化的情况下,在玻璃化转变温度较低的现有的玻璃中未成为问题的离子交换效率的降低会变得显著。

[0088] 本发明人对这一点进行了研究,结果得到了如下见解。

[0089] 碱金属离子 $\text{Li}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、碱土类金属离子 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Sr}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 的鲍林(Pauling)离子半径如表1所示。

[0090] [表1]

[0091]

| 碱金属离子         | 离子半径  | 碱土类金属离子          | 离子半径  |
|---------------|-------|------------------|-------|
| $\text{Li}^+$ | 60pm  | $\text{Mg}^{2+}$ | 65pm  |
| $\text{Na}^+$ | 95pm  | $\text{Ca}^{2+}$ | 99pm  |
| $\text{K}^+$  | 133pm | $\text{Sr}^{2+}$ | 113pm |
|               |       | $\text{Ba}^{2+}$ | 135pm |

[0092] 根据表1可知, $\text{Li}^+$ 和 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$ 和 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ 和 $\text{Sr}^{2+}$ 的离子半径为相近的值。当提高强化处理温度时,除了玻璃中和熔融盐中的碱金属离子彼此的离子交换之外,还会发生玻璃中的碱土类金属离子和熔融盐中的碱金属离子的离子交换。特别是,可以认为离子半径的值相近的碱金属离子与碱土类金属离子的离子交换速度增加。

[0093] 在使用钠盐和钾盐的混合熔融盐在高温对包含 $\text{CaO}$ 的玻璃进行化学强化的情况下,与玻璃中的 $\text{Na}^+$ 和熔融盐中的 $\text{K}^+$ 的离子交换并行地发生玻璃中的 $\text{Ca}^{2+}$ 和熔融盐中的 $\text{Na}^+$ 的离子交换,可认为碱金属离子彼此的交换受到阻碍。

[0094] 关于玻璃中的 $\text{Mg}^{2+}$ ,如果不使用锂熔融盐就不会发生玻璃中的 $\text{Mg}^{2+}$ 和熔融盐中的 $\text{Li}^+$ 的离子交换。此外,玻璃中的 $\text{Sr}^{2+}$ 的离子半径大,其扩散速度慢,因此不易与熔融盐中的 $\text{K}^+$ 进行交换。

[0095] 此外, $\text{MgO}$ 和 $\text{CaO}$ 为优先导入的成分,优选导入合计为10~30%的量。这是因为,如果 $\text{MgO}$ 和 $\text{CaO}$ 的合计含量不足10%,则刚性和热膨胀特性会降低,如果超过30%,则化学耐久性降低。从优先导入 $\text{MgO}$ 和 $\text{CaO}$ 而良好地得到刚性和热膨胀特性的效果的观点出发, $\text{MgO}$ 和

CaO的合计含量的更优选的范围为10~25%，进一步优选的范围为10~22%，再进一步优选的范围为11~20%，更进一步优选的范围为12~20%。

[0096] 在本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃中，为了解决认为是由高耐热性玻璃的化学强化所特有的离子交换效率的降低而引起的机械强度的降低，通过提高作为碱土类金属氧化物中对于在不降低离子交换效率的情况下提高杨氏模量有效的成分的MgO的比例，即，通过将MgO的含量相对于MgO、CaO、SrO及BaO的合计含量的摩尔比( $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})$ )设为0.80以上，从而能够解决上述的机械强度的降低。从维持离子交换效率、维持机械强度的观点出发，摩尔比( $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})$ )的优选的范围为0.85~1.00，更优选的范围为0.90~1.00，进一步优选的范围为0.95~1.00。

[0097] 可是，本发明人的研究组获得了如下的新的见解，即，当作为玻璃成分使多种碱土类金属氧化物共存时，会示出玻璃化转变温度降低的倾向。根据该见解，为了维持耐热性，优选尽可能集中导入一种碱土类金属氧化物。即，从维持耐热性的方面考虑，也优选将摩尔比( $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})$ )设为上述范围。

[0098] 此外，作为本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃的优选的方式，为了解决认为是由高耐热性玻璃的化学强化所特有的离子交换效率的降低而引起的机械强度的降低，优选抑制碱土类金属氧化物中的降低离子交换效率的CaO的比例。即，优选将CaO的含量相对于MgO、CaO、SrO及BaO的合计含量的摩尔比( $\text{CaO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})$ )设为0.20以下。由此，能够解决上述的机械强度的降低。从维持离子交换效率、维持机械强度的观点出发，摩尔比( $\text{CaO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})$ )的优选的范围为0~0.18，更优选的范围为0~0.16，进一步优选的范围为0~0.15，再进一步优选的范围为0~0.10。

[0099] 另外，在碱土类金属氧化物中BaO最具有将玻璃化转变温度维持得高的作用，但如上所述，优选实质上不包含BaO。因此，优选将MgO及CaO的合计含量相对于作为碱土类金属氧化物的MgO、CaO及SrO的合计含量的摩尔比 $\{(\text{MgO}+\text{CaO})/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO})\}$ 设为0.86以上，使得不会由于不含BaO而使玻璃化转变温度降低。这是因为，在碱土类金属氧化物的总量固定的情况下，比起将其总量分配到多种碱土类金属氧化物，通过集中分配到1种或2种碱土类金属氧化物，从而能够将玻璃化转变温度维持得高。即，通过将上述摩尔比设为0.86以上，从而能够抑制由于不含BaO造成的玻璃化转变温度的降低。此外，如前所述，玻璃基板所要求的特性之一为高刚性(高杨氏模量)，但如后所述，作为玻璃基板所要求的优选的特性，也可以举出比重小。为了高杨氏模量化和低比重化，优先导入碱土类金属氧化物中的MgO和CaO是有利的，因此，将上述摩尔比设为0.86以上，还具有实现玻璃基板的高杨氏模量化和低比重化的效果。从上述说明的观点出发，摩尔比 $\{(\text{MgO}+\text{CaO})/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO})\}$ 更优选为0.88以上，进一步优选为0.90以上，再进一步优选为0.93以上，更进一步优选为0.95以上，再更进一步优选为0.97以上，再更进一步优选为0.98以上，特别优选为0.99以上，最优选为1。

[0100]  $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、MgO、CaO及SrO的合计含量( $\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}$ )优选为20~40%。这是因为，通过使其为20%以上，从而能够良好地维持玻璃的熔融性、热膨胀系数及刚性，通过使其为40%以下，从而能够良好地维持化学耐久性和耐热性。从更好地维持上述的诸特性的观点出发，上述的合计含量的更优选的范围为20~35%，进一步优选的范围为21~33%，更进一步优选的范围为23~30%。

[0101] 如上所述, MgO、CaO及Li<sub>2</sub>O是对于实现提高玻璃的刚性(高杨氏模量化)有效的成分, 当这3种成分的合计相对于碱金属氧化物和碱土类金属氧化物的合计过少时, 将难以提高杨氏模量。因此, 在一个方式中, 以使MgO、CaO及Li<sub>2</sub>O的合计含量相对于上述碱金属氧化物和碱土类金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{(MgO+CaO+Li_2O)/(Li_2O+Na_2O+K_2O+MgO+CaO+SrO+MgO)\}$ 为0.50以上的方式, 相对于上述的碱金属氧化物和碱土类金属氧化物的合计调整MgO、CaO及Li<sub>2</sub>O的导入量。为了进一步提高玻璃基板的杨氏模量, 上述的摩尔比优选设为0.55以上, 更优选设为0.60。此外, 从玻璃的稳定性的观点出发, 上述的摩尔比优选设为0.80以下, 更优选设为0.77以下, 进一步优选设为0.75以下。

[0102] 本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃也可以包含选自ZrO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>及Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的氧化物。ZrO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>是提高刚性和耐热性的成分, 因此优选导入至少一种, 但是过量的导入会使玻璃的熔融性和热膨胀特性降低。因此, 上述的氧化物的合计含量的范围优选为超过0%且为10%以下, 更优选为0.5~10%。上述的氧化物的合计含量的更优选的上限为9%, 进一步优选的上限为8%, 再进一步优选的上限为7%, 更进一步的优选上限为6%, 再更进一步优选的上限为3.5%, 再更进一步优选的上限为3%。另一方面, 上述的氧化物的合计含量的更优选的下限是1.5%, 进一步优选的下限是2%。在一个方式中, 上述的氧化物的合计含量的范围更优选设为2~10%, 进一步优选设为2~9%, 再进一步优选设为2~7%, 更进一步优选设为2~6%。

[0103] 此外, 如上所述, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>也是提高刚性和耐热性的成分, 但是上述的氧化物提高杨氏模量的作用更大。在一个方式中, 通过以相对于Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的摩尔比为0.1以上的方式导入上述的氧化物, 即, 通过将上述的氧化物的合计含量相对于Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量的摩尔比 $\{(ZrO_2+TiO_2+Y_2O_3+La_2O_3+Gd_2O_3+Nb_2O_5+Ta_2O_5)/Al_2O_3\}$ 设为0.10以上, 从而能够实现刚性和耐热性的提高。从进一步提高刚性和耐热性的观点出发, 上述摩尔比优选设为0.20以上, 更优选设为0.30以上。此外, 从玻璃的稳定性的观点出发, 上述摩尔比优选设为3.00以下, 更优选设为2.00以下, 进一步优选设为1.00以下, 再进一步优选设为0.80以下, 更进一步优选设为0.70以下。

[0104] B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>是改善玻璃基板的脆性、提高玻璃的熔融性的成分, 但是过量的导入会使耐热性降低, 因此, 在上述的各玻璃中, 其导入量优选设为0~3%, 更优选设为0~2%, 进一步优选设为0%以上且不足1%, 再进一步优选设为0~0.5%, 也可以实质上不导入。

[0105] Cs<sub>2</sub>O是在不损害所需的特性、性质的范围内可少量导入的成分, 但是和其它的碱金属氧化物相比是使比重增加的成分, 因此也可以实质上不导入。

[0106] ZnO是优化玻璃的熔融性、成型性及稳定性、提高刚性、提高热膨胀特性的成分, 但是过量的导入会使耐热性和化学耐久性降低, 因此其导入量优选设为0~3%, 更优选设为0~2%, 进一步优选设为0~1%, 也可以实质上不导入。

[0107] 如上所述, ZrO<sub>2</sub>为提高刚性和耐热性的成分, 并且也是提高化学耐久性的成分, 但是过量的导入会导致玻璃的熔融性降低, 因此, 在一个方式中, 其导入量优选设为超过0%且为10%以下, 更优选设为1~10%。ZrO<sub>2</sub>的含量的更优选的上限为9%, 进一步优选的上限为8%, 再进一步优选的上限为7%, 更进一步优选的上限为6%, 再更进一步优选的上限为3.5%, 再更进一步优选的上限为3%。另一方面, ZrO<sub>2</sub>的含量的更优选的下限为1.5%, 进一步优选的下限为2%。在另一个方式中, 优选将ZrO<sub>2</sub>的导入量设为1~8%, 更优选设为1~6%, 进一步优选设为2~6%。

[0108]  $\text{TiO}_2$ 具有抑制玻璃的比重增加且提高刚性的作用,由此是能够提高比模量的成分。但是,当过量导入时,在玻璃基板和水接触时有时会在基板表面生成与水的反应生成物而成为产生附着物的原因,因此其导入量优选设为0~6%,更优选设为0~5%,进一步优选设为0~3%,再进一步优选设为0~2%。

[0109]  $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Yb}_2\text{O}_3$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 及 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 是在提高化学耐久性、耐热性、提高刚性、断裂韧性方面有利的成分,但是过量的导入会使熔融性变差,比重也会变重。此外,由于是使用昂贵的原料,所以优选减少含量。因此,上述的成分的导入量作为合计量优选设为0~3%,更优选设为0~2%,进一步优选设为0~1%,再进一步优选设为0~0.5%,更进一步优选设为0~0.1%,在重视熔融性提高、低比重化及降低成本时,优选实质上不导入。

[0110]  $\text{HfO}_2$ 也是在提高化学耐久性、耐热性、提高刚性、断裂韧性方面有利的成分,但是过量的导入会使熔融性变差,比重也会变重。此外,因为使用昂贵的原料,所以优选减少含量,优选实质上不导入。

[0111] 考虑到对环境的影响,Pb、As、Cd、Te、Cr、Tl、U及Th优选实质上不导入。

[0112] 此外,从提高耐热性并且提高熔融性的观点出发, $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 及 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 的合计含量相对于碱金属氧化物( $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 及 $\text{K}_2\text{O}$ )的合计含量的摩尔比 $\{(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2+\text{TiO}_2+\text{Y}_2\text{O}_3+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Gd}_2\text{O}_3+\text{Nb}_2\text{O}_5+\text{Ta}_2\text{O}_5)/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\}$ 的优选的范围为3~15,更优选的范围为3~12,进一步优选的范围为4~12,再进一步优选的范围为5~12,更进一步优选的范围为5~11,再更进一步优选的范围为5~10。

[0113] 考虑如上的各玻璃成分的特性,作为具有良好的耐热性和高机械强度的本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃的一个实施方式,可举出以下构成。即,优选以如下方式进行了组成调整的玻璃,其中,包含:

[0114] 56~75摩尔%的 $\text{SiO}_2$ ;

[0115] 1~20摩尔%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;

[0116] 合计为6~15摩尔%的选自 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 及 $\text{K}_2\text{O}$ 的碱金属氧化物;

[0117] 超过0摩尔%且为3摩尔%以下的 $\text{Li}_2\text{O}$ ;

[0118] 1摩尔%以上且不足15摩尔%的 $\text{Na}_2\text{O}$ ;

[0119] 合计为10~30摩尔%的选自 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 及 $\text{BaO}$ 的碱土类金属氧化物;

[0120] 8~30摩尔%的 $\text{MgO}$ ;以及

[0121] 合计为超过0摩尔%且为10摩尔%以下的选自 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 及 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 的氧化物,

[0122]  $\text{Li}_2\text{O}$ 的含量相对于上述的碱金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{Li}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\}$ 超过0且为0.3以下,

[0123]  $\text{MgO}$ 的含量相对于上述的碱土类金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})\}$ 为0.80以上,

[0124] 玻璃化转变温度为650°C以上,

[0125] 杨氏模量为80GPa以上。

[0126] 此外,在本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃的一实施方式中,优选以满足以下条件中的1个,更优选满足2个,进一步优选满足全部3个条件的方式进行了组成调整的玻璃,该条件为:



[0127] 100~300℃的平均线膨胀系数为 $60 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上;

[0128] 比模量为30MNm/kg以上;以及

[0129] 断裂韧性值为 $0.9\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上。

[0130] 关于组成调整,例如上述的玻璃中的 $\text{K}_2\text{O}$ 的含量的优选的范围如上所述。此外,作为碱土类金属氧化物的一种的 $\text{BaO}$ 具有降低断裂韧性的作用,因此优选以使断裂韧性值为 $0.9\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上的方式限制其含量的上限。断裂韧性值的优选的范围如上所述。在使用以荷重4.9N(500gf)测定而得到的断裂韧性值的情况下,以使断裂韧性值(荷重4.9N(500gf))超过 $0.9\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 的方式限制 $\text{BaO}$ 的含量的上限即可。断裂韧性值(荷重4.9N(500gf))的优选的范围如上所述。如上所述,也可以不包含 $\text{BaO}$ 。另外,在本发明的一个方式的基板为化学强化玻璃基板的情况下,在该基板中,构成上述碱金属氧化物的碱金属原子的至少一部分被离子交换。在本发明中,只要没有特别说明,对于与化学强化了了的玻璃基板相关的玻璃组成也是相同的。

[0131] 本发明的一个方式的磁记录介质用基板的优选方式是以进行化学强化而成作为特征的玻璃基板,即,是化学强化了了的玻璃基板。通过化学强化能够进一步提高玻璃基板的断裂韧性值。从进一步提高断裂韧性值方面考虑,优选通过硝酸钾或者硝酸钠的熔融物,或者硝酸钾和硝酸钠的熔融物进行化学强化。在为了得到该玻璃基板而实施化学强化处理的本发明的玻璃中,作为玻璃成分包含能够进行离子交换的成分 $\text{Li}_2\text{O}$ 和 $\text{Na}_2\text{O}$ 。

[0132] 本发明的一个方式的磁记录介质用玻璃基板在具有高耐热性(玻璃化转变温度为 $650^{\circ}\text{C}$ 以上)的同时具有高机械强度(包含高杨氏模量、高比模量、高断裂韧性的任一种)。因此,本发明的一个方式的玻璃基板适合于在要求高可靠性的旋转数为5000rpm以上的磁记录装置中使用,更适合于在旋转数为7200rpm以上的磁记录装置中使用,进一步适合于旋转数为10000rpm以上的磁记录装置中使用。

[0133] 同样,本发明的一个方式的磁记录介质用基板适合于在要求高可靠性的搭载有DFH(Dynamic Flying Height,动态飞行高度)头的磁记录装置中使用。

[0134] 以下,对本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃的另一个实施方式进行例示。

[0135] 即,作为磁记录介质基板用玻璃,优选以如下方式进行了组成调整的玻璃,其中,包含:

[0136] 56~75摩尔%的 $\text{SiO}_2$ ;

[0137] 1~20摩尔%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;

[0138] 合计为6~15摩尔%的选自 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 及 $\text{K}_2\text{O}$ 的碱金属氧化物;

[0139] 超过0摩尔%且为3摩尔%以下的 $\text{Li}_2\text{O}$ ;

[0140] 1摩尔%以上且不足15摩尔%的 $\text{Na}_2\text{O}$ ;

[0141] 0摩尔%以上且不足3摩尔%的 $\text{K}_2\text{O}$ ;

[0142] 合计为10~30摩尔%的选自 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 及 $\text{SrO}$ 的碱土类金属氧化物;以及

[0143] 8~30摩尔%的 $\text{MgO}$ ,并且

[0144] 实质上不包含 $\text{BaO}$ ,

[0145]  $\text{Li}_2\text{O}$ 的含量相对于上述的碱金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{Li}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\}$ 超过0且为0.3以下,

[0146] MgO的含量相对于上述的碱土类金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO})\}$ 为0.80以上,

[0147]  $\text{K}_2\text{O}$ 的含量相对于上述的碱金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{K}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\}$ 为0.08以下。

[0148] 在上述的磁记录介质基板用玻璃中,还优选MgO和CaO的合计含量相对于碱土类金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{(\text{MgO}+\text{CaO})/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO})\}$ 为0.86以上,优选MgO、CaO及 $\text{Li}_2\text{O}$ 的合计含量相对于 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、MgO、CaO及SrO的合计含量的摩尔比 $\{(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{Li}_2\text{O})/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO})\}$ 为0.50以上。

[0149] 此外,上述的磁记录介质基板用玻璃优选为如下的玻璃,即,选自 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 及 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 的氧化物的合计含量超过0%且为10%以下,并且上述的氧化物的合计含量相对于 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量的摩尔比 $\{(\text{ZrO}_2+\text{TiO}_2+\text{Y}_2\text{O}_3+\text{La}_2\text{O}_3+\text{Gd}_2\text{O}_3+\text{Nb}_2\text{O}_5+\text{Ta}_2\text{O}_5)/\text{Al}_2\text{O}_3\}$ 为0.30以上。

[0150] 具有以上例示的玻璃组成的磁记录介质基板用玻璃能够通过化学强化处理在玻璃表面形成离子交换层。

[0151] (玻璃的制法)

[0152] 本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃例如能够通过以下方式得到,即,以可得到上述的组成的玻璃的方式称量氧化物、碳酸盐、硝酸盐、氢氧化物等原料,进行混合而制成调配原料,将该调配原料投入到熔融容器中在 $1400\sim 1600^\circ\text{C}$ 的范围加热、熔融,进行澄清、搅拌而制作不包含气泡、未溶解物的均质的熔融玻璃,对该熔融玻璃进行成型。在熔融玻璃的成型中可以使用压制成型法、铸造法、浮法、溢流下拉法等。在压制成型法中,能够对熔融玻璃进行压制而成型为盘状,适合于作为对磁记录介质基板用的坯件进行成型的方法。

[0153] 在压制成型法中,尤其优选使相当于1个基板坯件的量的熔融玻璃落下而对处于空中的熔融玻璃进行压制成型的方法。在上述方法中,因为用一对压制成型模夹住空中的熔融玻璃进行压制,所以能够从与各压制成型模相接的面均匀地冷却玻璃,能够制造平坦性好的基板坯件。

[0154] (化学强化玻璃)

[0155] 本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃适合于作为化学强化用玻璃。

[0156] 因为通过上述的组成调整赋予了良好的化学强化性能,所以能够通过化学强化处理在玻璃表面容易地形成离子交换层,能够在表面的一部分或全部形成离子交换层。离子交换层能够通过如下方法来形成,即,在高温下使基板表面与碱金属盐接触,从而使该碱金属盐中的碱金属离子与基板中的碱金属离子进行交换。

[0157] 通常的离子交换以如下方式进行,即,加热碱金属硝酸盐而使其成为熔融盐,将基板浸渍于该熔融盐。在代替基板中的离子半径小的碱金属离子而导入离子半径大的碱金属离子时,在基板表面形成压缩应力层。由此,能够提高磁记录介质用玻璃基板的断裂韧性,提高其可靠性。

[0158] 化学强化能够根据需要将预先加工的上述的玻璃浸渍于例如包含钠盐和钾盐的混合熔融盐中进行。优选作为钠盐使用硝酸钠,作为钾盐使用硝酸钾。如上所述,本发明的磁记录介质基板用玻璃是作为必要成分包含 $\text{Li}_2\text{O}$ 的玻璃,因此离子交换优选通过离子半

径比Li大的Na、K来进行。

[0159] 通过离子交换还能够降低化学强化玻璃表面的碱溶出量。另外,在进行化学强化的情况下,优选在比构成基板的玻璃的应变点高且比玻璃化转变温度低的温度且在碱熔融盐不会热分解的温度范围进行离子交换。基板具有离子交换层能够通过如下方法来确认,该方法是,利用巴比涅法观察玻璃的截面(切开离子交换层的面)来确认的方法,从玻璃表面起测定碱金属离子的深度方向上的浓度分布的方法,等。

[0160] 强化处理温度(熔融盐的温度)、强化处理时间(将玻璃浸渍于熔融盐中的时间)可适宜地进行调整。例如,强化处理温度的范围只要以400~570℃为目标进行调整即可。强化处理时间的范围只要以0.5~10小时为目标进行调整即可,优选以1~6小时为目标进行调整。

[0161] 如上所述,玻璃的玻璃化转变温度、热膨胀系数、杨氏模量、比模量、比重、光谱透射率在化学强化前后示出大致固定的值,因此在本发明中,化学强化前后的热膨胀系数、杨氏模量、比模量、比重、光谱透射率的各特性作为相同的值来处理。另外,无定形状态的玻璃在进行化学强化后也维持无定形状态。

[0162] 本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃可通过化学强化而示出上述的应力分布,由此,能够防止产生延迟断裂。因此,对本发明的一个方式的玻璃进行化学强化而成的本发明的磁记录介质用玻璃基板是不易发生延迟断裂且能够具有高耐热性和优秀的机械强度的玻璃基板,能够示出对上述磁记录介质基板用玻璃进行化学强化而成的玻璃具有的各种特点。

[0163] 本发明的一个方式的磁记录介质基板可以是由如下化学强化玻璃构成的玻璃基板,在该化学强化玻璃中,在通过巴比涅法求出的与2个主表面垂直的假想截面中的应力分布中,拉伸应力分布为凸形状,其中,该凸形状不包含向压缩应力侧凹陷的凹部。对于该应力分布,像之前说明的那样,通过示出这样的应力分布,从而能够防止产生延迟断裂。例如,在上述假想截面中,在将距主表面的深度设为x时,将深度x处的应力值S(x)称为应力分布。应力分布通常以两个主表面间的中心成为线对称。为了知道应力分布,只要相对于2个主表面垂直地剖开玻璃基板,通过巴比涅法来观察剖面即可。

[0164] 作为应力分布的优选的方式,可举出如下方式,即,在两主表面附近处压缩应力值成为极大,随着深度x增加压缩应力值减小,随着变得比压缩应力和拉伸应力平衡的深度 $x_0$ 还深,压缩应力转为拉伸应力,拉伸应力值缓缓地增加而在2个主表面间的中央部或中央部附近取极大值。如图1所示,该极大值有时也在深度方向上的固定区域中维持。如果是具有这样的应力分布的玻璃基板,即使在基板表面产生的裂缝的深度变得比 $x_0$ 深,也能够防止裂缝由于拉伸应力而急剧生长并最终断裂的延迟断裂。

[0165] 本发明的一个方式的磁记录介质基板可以是由如下化学强化玻璃构成的玻璃基板,在该化学强化玻璃中,通过巴比涅法求出的拉伸应力的平均值 $T_{av}$ 与拉伸应力的最大值 $T_{max}$ 满足下式(1):

[0166]  $T_{av}/T_{max} \geq 0.4 \cdots (1)$ 。

[0167] 以下,基于图3和图4对式(1)进行说明。

[0168] 拉伸应力的最大值 $T_{max}$ 是上述拉伸应力值的极大值。在图3中,拉伸应力的平均值 $T_{av}$ 可通过以下方式求出,即,以使面积 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 成为 $S_1+S_2=S_3$ 的方式决定作为拉伸应力和

压缩应力的中心线的L线。当设从与S<sub>2</sub>侧的主表面平行的假想直线与垂直于2个主表面且通过T<sub>max</sub>的假想直线的交点到S<sub>2</sub>侧的主表面的距离为DOL时,使 $T_{av} = S_3 / (t_{sub} - 2 \times DOL)$ ,可算出拉伸应力的平均值T<sub>av</sub>。

[0169]  $T_{av}/T_{max} \geq 0.4$ ,优选为 $T_{av}/T_{max} \geq 0.5$ ,更优选为 $T_{av}/T_{max} \geq 0.7$ 。关于 $T_{av}/T_{max}$ 的上限值,例如为 $T_{av}/T_{max} < 1.0$ 。

[0170] 由式(1)规定的 $T_{av}/T_{max}$ 能够作为表示不存在之前在图2示出并说明的高值的情况的指标来使用,存在高值的玻璃基板的T<sub>max</sub>大,因此 $T_{av}/T_{max} < 0.4$ 。

[0171] 相对于此,满足上述式(1)的玻璃不存在高值,因此可抑制产生延迟断裂。

[0172] 另外,对于如图2所示存在高值的玻璃基板,如图4所示,以使面积S<sub>4</sub>、S<sub>5</sub>、S<sub>6</sub>、S<sub>7</sub>、S<sub>8</sub>为 $S_4 + S_5 + S_6 = S_7 + S_8$ 的方式来决定L线。进而,可使 $T_{av} = (S_7 + S_8 - S_6) / (t_{sub} - 2 \times DOL)$ 而算出T<sub>av</sub>。在图2中,拉伸应力层被S<sub>6</sub>分为两个层S<sub>7</sub>和S<sub>8</sub>,但是,在像图1所示的那样拉伸应力层由一层构成的情况下,如上所述,只要根据 $T_{av} = S_3 / (t_{sub} - 2 \times DOL)$ 算出T<sub>av</sub>即可。

[0173] 本发明的另一个方式涉及:

[0174] 由本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃构成的磁记录介质基板坯件;以及

[0175] 包括对上述磁记录介质基板坯件进行加工的步骤的磁记录介质的制造方法。

[0176] 在此,磁记录介质基板坯件(以下,称为基板坯件)是指,进行加工而制成磁记录介质用玻璃基板之前的基板用玻璃母材。关于构成基板坯件的玻璃的组成、特性以及组成和特性的优选的范围,如前所述。

[0177] 因为磁记录介质用玻璃基板呈盘状,所以本发明的一个方式的基板坯件优选为盘状。

[0178] 基板坯件能通过以下方式进行制作,即,以可得到上述的玻璃的方式调配玻璃原料,进行熔融而制成熔融玻璃,将制作的熔融玻璃通过压制成型法、下拉法或浮法中的任何一种方法成型为板状,根据需要对得到的板状的玻璃进行加工。

[0179] 在压制成型法中,切断流出的熔融玻璃,得到所需的熔融玻璃块,用压制成型模对该熔融玻璃块进行压制成型而制作薄壁圆盘状的基板坯件。

[0180] 本发明的另一个方式涉及在本发明的一个方式的磁记录介质基板上具有磁记录层的磁记录介质。

[0181] 以下,对本发明的一个方式的磁记录介质进行更详细的说明。

[0182] 本发明的一个方式的磁记录介质例如能够是具有如下结构的盘状磁记录介质(称为磁盘、硬盘等),即,在玻璃基板的主表面上,从靠近该主表面的一方依次至少层叠有附着层、基底层、磁性层(磁记录层)、保护层、润滑层。

[0183] 例如,将玻璃基板导入到进行了抽真空的成膜装置内,用DC磁控溅射法在Ar环境中在玻璃基板主表面上从附着层到磁性层依次进行成膜。作为附着层例如能够使用CrTi,作为基底层例如能够使用CrRu。在上述的成膜后,例如通过CVD法使用C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>来成膜保护层,在同一腔室内,能够通过进行对表面导入氮的氮化处理,从而形成磁记录介质。之后,能够通过利用浸涂法在保护层上涂敷例如PFPE(全氟聚醚),从而形成润滑层。

[0184] 此外,也可以使用溅射法(包括DC磁控溅射法、RF磁控溅射法等)、真空蒸镀法等众所周知的成膜方法在基底层与磁性层之间形成软磁性层、品种层、中间层等。

[0185] 关于上述各层的细节,可以参照例如日本特开2009-110626号公报的[0027]~

[0032]段,其全部记载作为特别公开而引用于此。另外,可以在玻璃基板与软磁性层之间形成由导热性高的材料构成的散热层,后面将对其进行详细说明。

[0186] 如前所述,为了磁记录介质的进一步的高密度记录化,优选由高Ku磁性材料形成磁记录层。从这一点出发,作为优选的磁性材料可举出Fe-Pt系磁性材料、Co-Pt系磁性材料或Fe-Co-Pt系磁性材料。另外,在这里“系”意味着含有。即,本发明的磁记录介质优选作为磁记录层而具有包含Fe和Pt、Co和Pt、或Fe、Co及Pt的磁记录层。例如,Co-Cr系等以往通用的磁性材料的成膜温度为250~300℃左右,相对于此,上述磁性材料的成膜温度通常为超过500℃的高温。进而,关于这些磁性材料,通常在成膜后为了使晶体取向性一致而在超过成膜温度的温度进行高温热处理(退火)。因此,在使用Fe-Pt系磁性材料、Co-Pt系磁性材料、或Fe-Co-Pt系磁性材料来形成磁记录层时,基板将暴露于上述高温。在此,当构成基板的玻璃是缺乏耐热性的玻璃时,在高温下会变形而使平坦性受损。相对于此,本发明的磁记录介质所含的基板是示出优秀的耐热性(玻璃化转变温度为650℃以上)的基板,因此,即使在使用Fe-Pt系磁性材料、Co-Pt系磁性材料、或Fe-Co-Pt系磁性材料来形成磁记录层之后,也能够维持高平坦性。上述磁记录层例如可通过如下方式来形成,即,在Ar环境中,用DC磁控溅射法对Fe-Pt系磁性材料、Co-Pt系磁性材料、或Fe-Co-Pt系磁性材料进行成膜,接着在加热炉内实施更高温的热处理。

[0187] 可是,Ku(磁晶各向异性常数)与矫顽力 $H_c$ 成比例。矫顽力 $H_c$ 表示磁化反转的磁场的强度。如前所述,高Ku磁性材料对热涨落具有耐性,因此,即使将磁性粒子微粒化也不易发生由热涨落造成的磁化区域的劣化,作为适合于进行高密度记录化的材料而为人所知。但是如上所述,Ku与 $H_c$ 存在比例关系,因此越是提高Ku, $H_c$ 也会变得越高,即,不易发生由磁头造成的磁化的反转,难以写入信息。因此,近年来如下记录方式备受关注,即,在通过记录头写入信息时从记录头对数据写入区域瞬间地施加能量而使矫顽力降低,由此辅助高Ku磁性材料的磁化反转。

[0188] 这样的记录方式被称为能量辅助记录方式,其中,利用激光的照射来辅助磁化反转的记录方式被称为热辅助记录方式,利用微波进行辅助的记录方式被称为微波辅助记录方式。如上所述,根据本发明的一个方式,能够利用高Ku磁性材料来形成磁记录层,因此通过高Ku磁性材料和能量辅助记录的组合,能够实现例如面记录密度超过1太字节/inch<sup>2</sup>的高密度记录。即,本发明的一个方式的磁记录介质优选在能量辅助记录方式中使用。另外,关于热辅助记录方式,例如在IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS,VOL.44,No.1,JANUARY 2008 119中有详细的记载,关于微波辅助记录方式,例如在IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS,VOL.44,No.1,JANUARY 2008 125中有详细的记载,在本发明的一个方式中,也能够利用这些文献记载的方法来进行能量辅助记录。这些文献的全部记载作为特别公开而引用于此。

[0189] 本发明的一个方式的磁记录介质基板(例如,磁盘用玻璃基板)、磁记录介质(例如,磁盘)对其尺寸均没有特别限定,例如,因为能够实现高记录密度化,所以也可以将介质和基板小型化。例如,除了标称直径2.5英寸以外,还能够做成为更小的直径(例如,1英寸、1.8英寸)或3英寸、3.5英寸等尺寸。

[0190] 接着,对磁记录介质基板的制造方法进行说明。

[0191] 首先,以可得到规定的玻璃组成的方式称量氧化物、碳酸盐、硝酸盐、硫酸盐、氢氧

化物等玻璃原料,调配并充分混合,在熔融容器内例如在1400~1600℃的范围进行加热、熔融、澄清、搅拌,制作充分进行了消泡的均质化的熔融玻璃。另外,也可以根据需要在玻璃原料中以外加方式添加澄清剂。作为澄清剂,优选使用Sn氧化物和Ce氧化物。理由如下。

[0192] Sn氧化物在玻璃熔融时在高温下放出氧气,导入玻璃中包含的微小的气泡使其成为大气泡而容易上浮,从而促进澄清的作用优秀。另一方面,Ce氧化物在低温导入在玻璃中作为气体存在的氧作为玻璃成分,从而消除气泡的作用优秀。在气泡的大小(残留在固化了的玻璃中的气泡(空洞)的大小)为0.3mm以下的范围中,无论是比较大的气泡还是极小的气泡,Sn氧化物除去气泡的作用都很强。当与Sn氧化物一同添加Ce氧化物时,50 $\mu$ m~0.3mm左右的大气泡的密度会骤减至几十分之一左右。像这样,通过使Sn氧化物和Ce氧化物共存,从而能够在从高温区域到低温区域的宽的温度范围内提高玻璃的澄清效果,因此优选添加Sn氧化物和Ce氧化物。

[0193] 如果Sn氧化物和Ce氧化物的外加添加量的合计为0.02质量%以上,就能够期待充分的澄清效果。在使用包含即使是微小且少量的未熔解物的玻璃来制作基板时,如果通过抛光而在玻璃基板表面出现未熔解物,则会在玻璃基板表面产生突起或者未熔解物脱落的部分变成凹坑而使玻璃基板表面的平滑性受损,将不能作为磁记录介质用的基板进行使用。相对于此,如果Sn氧化物和Ce氧化物的外加添加量的合计为3.5质量%以下,就能够充分地溶解到玻璃中,因此能防止混入未熔解物。

[0194] 另外,某成分(以下,记为“成分A”。)的外加的添加量是指,将成分A以外的玻璃成分的含量的合计设为100质量%时用质量%表示的成分A的含量。因此,外加的Sn氧化物的添加量是指,将Sn氧化物以外的玻璃成分的含量的合计设为100质量%时用质量%表示的Sn氧化物的含量。此外,外加的Ce氧化物的添加量是指,将Ce氧化物以外的玻璃成分的含量的合计设为100质量%时用质量%表示的Ce氧化物的含量。而且,Sn氧化物和Ce氧化物的外加添加量的合计是指这样算出的外加的Sn氧化物的添加量和外加的Ce氧化物的添加量的合计。

[0195] 此外,Sn和Ce在制作晶化玻璃的情况下发挥生成晶核的作用。因为本发明的玻璃基板由非晶质性玻璃构成,所以期望不会由于加热而析出晶体。当Sn、Ce的量过多时,将容易发生这样的晶体的析出。因此,Sn氧化物、Ce氧化物都应避免过多的添加。

[0196] 从以上的观点出发,优选将Sn氧化物和Ce氧化物的外加添加量的合计设为0.02~3.5质量%。Sn氧化物和Ce氧化物的外加添加量的合计的优选的范围是0.1~2.5质量%,更优选的范围是0.1~1.5质量%,进一步优选的范围是0.5~1.5质量%。

[0197] 从在玻璃熔融中在高温下有效地放出氧气的方面考虑,作为Sn氧化物优选使用SnO<sub>2</sub>。

[0198] 另外,作为澄清剂能够在0~1质量%的范围内以外加方式添加硫酸盐,但是在玻璃熔融中有熔融物沸腾溢出的可能性,玻璃中的杂质会骤增,因此在担心上述沸腾溢出的情况下,优选不导入硫酸盐。另外,只要是能够在不损害本发明的目的的情况下得到澄清效果的澄清剂,也可以使用上述的澄清剂以外的澄清剂。但是,如上所述,应避免添加环境负荷大的As。此外,考虑到对环境的负荷,也优选不使用Sb。

[0199] 接着,经过将制作的熔融玻璃通过压制成型法、下拉法或浮法中的任一种方法成型为板状并对得到的板状玻璃进行加工的工序,从而能够得到基板形状的玻璃成型品,即

本发明的一个方式的磁记录介质基板坯件。

[0200] 在压制成型法中,切断流出的熔融玻璃,得到所需的熔融玻璃块,用压制成型模对其进行压制成型而制作薄壁圆盘状的基板坯件。

[0201] 在下拉法中,使用筒状的成型体引导熔融玻璃,使熔融玻璃向成型体的两侧溢出,在成型体的下方使沿着成型体流下的两个熔融玻璃流合流,然后向下方拉伸而成型为片状。该方法也称为熔合法,通过使与成型体表面接触的玻璃的面相互贴合在一起,从而能够得到没有接触痕的玻璃片。此后,从得到的片材挖出薄壁圆盘状的基板坯件。

[0202] 在浮法中,使熔融玻璃流出到蓄有熔融锡等的浮槽上,一边拉伸一边成型为片状玻璃。此后,从得到的片材挖出薄壁圆盘状的基板坯件。

[0203] 在这样制得的基板坯件设置中心孔,实施内外周加工,并对两主表面实施打磨、抛光。接着,经过包括酸洗涤和碱洗涤的洗涤工序,能够得到盘状的基板。

[0204] 本发明的一个方式的磁记录介质基板的制造方法可以包括:对断裂韧性值 $K_{Ic}$ 比 $1.3\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 小的玻璃材料进行抛光的工序;以及在上述抛光工序后进行化学强化的工序。

[0205] 在抛光等的机械加工中,断裂韧性小的玻璃更容易加工。因此,在本发明的一个方式的磁记录介质基板的制造方法中,在对断裂韧性值 $K_{Ic}$ 比 $1.3\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 小的玻璃材料进行机械加工后进行化学强化来提高断裂韧性,由此能够容易地制造断裂韧性值高、耐冲击性优秀的玻璃基板。断裂韧性值能够通过化学强化条件而控制为所需的值。例如,越是对化学强化条件进行强化(例如,延长处理时间),越能够提高断裂韧性值。

[0206] 上述玻璃材料的化学强化前的断裂韧性值优选为 $1.2\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以下,更优选为 $1.1\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以下,进一步优选为 $1.0\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以下,再进一步优选为 $0.9\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以下,更进一步优选为 $0.8\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以下。

[0207] 在本发明的一个方式的磁记录介质基板的制造方法中,也可以在化学强化工序后进一步进行抛光工序。本发明的一个方式的磁记录介质基板的制造方法的优选的方式具有化学强化工序,所述磁记录介质用玻璃基板的制造方法的特征在于,上述化学强化工序是使化学强化后的玻璃材料的断裂韧性值 $K_{Ic}$ (后)与化学强化前的玻璃材料的断裂韧性值 $K_{Ic}$ (前)的比( $K_{Ic}$ (后)/ $K_{Ic}$ (前))为1.5以上的工序。在该方法中,将具有适合于机械加工的断裂韧性值的玻璃材料在抛光等机械加工后进行化学强化而提高断裂韧性值,使比( $K_{Ic}$ (后)/ $K_{Ic}$ (前))为1.5以上,进而为1.7以上,由此能够容易地制造耐冲击性优秀的磁记录介质基板。另外,本发明的一个方式的磁记录介质基板的制造方法中的 $K_{Ic}$ (前)、 $K_{Ic}$ (后)均是以同样的荷重测定的断裂韧性值,在以荷重 $9.81\text{N}$ ( $1000\text{gf}$ )测定 $K_{Ic}$ (前)的情况下,使 $K_{Ic}$ (后)也为以荷重 $9.81\text{N}$ ( $1000\text{gf}$ )测定的值,在以荷重 $4.9\text{N}$ ( $500\text{gf}$ )测定 $K_{Ic}$ (前)的情况下,使 $K_{Ic}$ (后)也为以荷重 $4.9\text{N}$ ( $500\text{gf}$ )测定的值。

[0208] 可是,在化学强化玻璃基板的制作中,作为玻璃成分包含的 $\text{B}_2\text{O}_3$ 一方面使 $K_{Ic}$ (前)增加、使化学强化前的机械加工性降低,另一方面对改善化学强化性能没有贡献,因此,为了得到 $K_{Ic}$ (后)/ $K_{Ic}$ (前)大的玻璃,优选将 $\text{B}_2\text{O}_3$ 的含量限制在 $0\sim 3\%$ 的范围,更优选限制在 $0\sim 2\%$ 的范围,进一步优选限制在 $0\%$ 以上且不足 $1\%$ 的范围,再进一步优选限制在 $0\sim 0.5\%$ 的范围,再更进一步优选实质上不导入。另外,化学强化前的断裂韧性值 $K_{Ic}$ (前)是在抛光工序后测定的值。

[0209] 此外,本发明的一个方式的磁记录介质基板也能够由如下玻璃构成,该玻璃是对

K<sub>2</sub>O的含量相对于碱金属氧化物的合计含量的摩尔比{K<sub>2</sub>O/(Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)}为0.08以下的玻璃实施了化学强化处理的玻璃,其中,玻璃化转变温度为650℃以上,且断裂韧性值为0.9MPa·m<sup>1/2</sup>以上。

[0210] 此外,本发明的一个方式的磁记录介质基板也能够由如下玻璃构成,在该玻璃中,玻璃化转变温度为650℃以上,杨氏模量为80GPa以上,比模量为30MNm/kg以上,且断裂韧性值为0.9MPa·m<sup>1/2</sup>以上。

[0211] 在笔记本个人计算机用的HDD中通常使用外径尺寸为2.5英寸的磁记录介质,其中使用的玻璃基板的板厚以往为0.635mm,为了在不改变比模量的情况下提高基板的刚性、进一步改善耐冲击性的目的,优选设例如0.7mm以上的板厚,更优选设为0.8mm以上的板厚。

[0212] 形成磁记录层的主表面优选具有下述(1)~(3)的表面性。

[0213] (1)使用原子力显微镜在1μm×1μm的范围中以512×256像素的分辨率测定的表面粗度的算术平均Ra为0.15nm以下;

[0214] (2)在5μm×5μm的范围中测定的表面粗度的算术平均Ra为0.12nm以下;

[0215] (3)波长100μm~950μm的表面波度的算术平均Wa为0.5nm以下。

[0216] 关于成膜在基板上的磁记录层的晶粒大小,例如,在垂直记录方式中为不足10nm。即使为了进行高记录密度化而使比特尺寸微小化,当基板表面的表面粗度大时,也无法提高磁特性。相对于此,如果是上述(1)、(2)的2种表面粗度的算术平均Ra为上述范围的基板,则即使为了进行高记录密度化而使比特尺寸微小化也能够改善磁特性。此外,通过使上述(3)的表面波度的算术平均Wa为上述范围,从而能够提高HDD中的磁头的上浮稳定性。为了实现同时具有上述(1)~(3)的表面性的基板,提高玻璃的耐酸性、耐碱性是有效的。

[0217] 本发明的一个方式的磁记录介质被称为磁盘、硬盘等,适合于台式个人计算机、服务器用计算机、笔记本型个人计算机、移动型个人计算机等的内部存储装置(固定盘等)、对图像和/或声音进行记录再生的便携式记录再生装置的内部存储装置、车载音响的记录再生装置等,如上所述,特别适合于能量辅助记录方式。

[0218] 接着,对磁记录装置进行说明。

[0219] 本发明的一个方式的磁记录装置是能量辅助磁记录方式的磁记录装置,具有:至少具有用于加热磁记录介质的主表面的热源、记录元件部、再生元件部的热辅助磁记录头;以及上述的本发明的磁记录介质。

[0220] 根据本发明的一个方式,通过搭载本发明的一个方式的磁记录介质,从而能够提供具有高记录密度和高可靠性的磁记录装置。

[0221] 此外,上述的磁记录装置具有高强度的基板,因此即使在旋转数为5000rpm以上、优选为7200rpm以上、更优选为10000rpm以上的高速旋转时也具有充分的可靠性。

[0222] 进而,从高记录密度化的观点出发,上述的磁记录装置优选搭载有DFH(Dynamic Flying Height:动态飞行高度)头。

[0223] 作为上述磁记录装置,可例示台式个人计算机、服务器用计算机、笔记本型个人计算机、移动型个人计算机等各种计算机的内部存储装置(固定盘等)、对图像和/或声音进行记录再生的便携式记录再生装置的内部存储装置、车载音响的记录再生装置。

[0224] 实施例

[0225] 以下,通过实施例对本发明进行更详细的说明。但是,本发明不限于实施例所示



的方式。

[0226] (1)熔融玻璃的制作

[0227] 以可得到表2~表6所示的No.1~No.22(实施例)及表7所示的No.23(比较例)的各组成的玻璃的方式,称量氧化物、碳酸盐、硝酸盐、氢氧化物等的原料进行混合而制成调配原料。将该原料投入到熔融容器在1400~1600℃的温度范围进行3~6小时的加热、熔融,进行澄清、搅拌而制作不包含气泡、未熔解物的均质的熔融玻璃。在得到的No.1~No.22的玻璃中,未发现气泡、未熔解物、晶体的析出、构成熔融容器的耐火物的混入物。

[0228] (2)基板坯件的制作

[0229] 接着,通过下述方法A或B来制作圆盘状的基板坯件。

[0230] (方法A)

[0231] 使澄清、均质化了的上述的熔融玻璃从管以固定流量流出,并且用压制成型用的下模接住,以在下模上得到规定量的熔融玻璃块的方式用切断刀切断流出的熔融玻璃。然后,将载有熔融玻璃块的下模立刻从管下方搬出,使用与下模相向的上模及体模压制成型为直径66mm、厚度2mm的薄壁圆盘状。在将压制成型品冷却至不会变形的温度之后,将其从模中取出而进行退火,得到基板坯件。另外,在上述成型中使用多个下模依次将流出的熔融玻璃成型为圆盘形状的基板坯件。

[0232] (方法B)

[0233] 将澄清、均质化了的上述的熔融玻璃从上部连续地浇铸到设置有圆筒状的贯通孔的耐热性铸模的贯通孔,成型为圆柱状而从贯通孔的下侧取出。在对取出的玻璃进行退火之后,使用多线切割机在与圆柱轴垂直的方向上以固定间隔对玻璃进行切片加工,制作圆盘状的基板坯件。

[0234] 另外,虽然在本实施例中采用了上述的方法A、B,但是下述方法C、D也适合作为圆盘状的基板坯件的制造方法。

[0235] (方法C)

[0236] 也能够使上述的熔融玻璃流出到浮槽上,成型(利用浮法的成型)为片状的玻璃,接着在进行退火之后从玻璃片挖出圆盘状的玻璃而得到基板坯件。

[0237] (方法D)

[0238] 也能够将上述的熔融玻璃通过溢流下拉法(熔合法)成型为片状的玻璃并进行退火,接着从玻璃片挖出圆盘状的玻璃而得到基板坯件。

[0239] (3)玻璃基板的制作

[0240] 在用上述的各方法得到的基板坯件的中心开贯通孔,进行外周、内周的研磨加工,对圆盘的主表面进行打磨、抛光(镜面抛光加工)而完成直径65mm、厚度0.8mm的磁盘用玻璃基板。将得到的玻璃基板用1.7质量%的氟硅酸( $\text{H}_2\text{SiF}_6$ )水溶液进行洗涤,接着使用1质量%的氢氧化钾水溶液进行洗涤,接着用纯水进行冲洗,然后使其干燥。在对由实施例的玻璃制作的基板的表面进行放大观察时,未发现表面粗糙等,是平滑的表面。

[0241] 接着,将上述的盘状的玻璃基板浸渍于硝酸钠和硝酸钾的混合熔融盐中,通过离子交换(化学强化)得到了表面具有离子交换层的玻璃基板。化学强化条件如表2~表6所示。像这样实施离子交换处理(化学强化处理)对提高玻璃基板的耐冲击性是有效的。通过巴比涅法来观察从实施了离子交换处理的多个玻璃基板进行采样的玻璃基板的截面(切开

离子交换层的面),确认了形成有离子交换层。

[0242] 离子交换层可以形成在玻璃基板表面的整个区域,也可以只形成在外周面,还可以只形成在外周面和内周面。

[0243] 此外,也可以在离子交换处理后以留下离子交换层的方式进行镜面抛光处理。在该情况下,优选将抛光处理的加工余量设为 $10\mu\text{m}$ 以下,更优选设为 $5\mu\text{m}$ 以下,这样能够充分留下离子交换层, $K_{1c}$ 不会过低,因此优选。

[0244] (4)磁盘的制作

[0245] 通过以下的方法在由实施例的玻璃得到的玻璃基板的主表面上依次形成附着层、基底层、磁性层、保护层、润滑层而得到磁盘。

[0246] 首先,使用进行了抽真空的成膜装置,用DC磁控溅射法在Ar环境中依次对附着层、基底层及磁性层进行成膜。

[0247] 此时,附着层使用CrTi靶以成为厚度 $20\text{nm}$ 的无定形CrTi层的方式进行成膜。接着,使用单片、静止相向型成膜装置在Ar环境中用DC磁控溅射法形成由CrRu构成的 $10\text{nm}$ 厚的层作为基底层。另外,磁性层以成为厚度 $10\text{nm}$ 的FePt或CoPt层的方式使用FePt或CoPt靶在 $400^{\circ}\text{C}$ 的成膜温度进行成膜。

[0248] 将磁性层的成膜也结束的磁盘从成膜装置移到加热炉内进行退火。退火时加热炉内的温度的范围设为 $650\sim 700^{\circ}\text{C}$ 。

[0249] 接着,利用将乙烯作为材料气体的CVD法来形成 $3\text{nm}$ 的由氢化碳构成的保护层。此后,通过浸涂法形成使用PFPE(全氟聚醚)而构成的润滑层。润滑层的膜厚为 $1\text{nm}$ 。

[0250] 通过以上的制造工序,得到磁盘。

[0251] 1.玻璃的评价

[0252] (1)玻璃化转变温度 $T_g$ 、热膨胀系数

[0253] 对于表2~表6所示的玻璃,使用理学公司制造的热机械分析装置(Thermoplus TMA8310)测定了加工成板状并以表2~表6所示的条件实施了化学强化处理的试样的玻璃化转变温度 $T_g$ 及 $100\sim 300^{\circ}\text{C}$ 的平均线膨胀系数 $\alpha$ 和 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 的平均线膨胀系数。另外,因为上述特性均在化学强化处理前后几乎不变化,所以化学强化处理前的玻璃也视为具有通过上述的测定得到的玻璃化转变温度 $T_g$ 及 $100\sim 300^{\circ}\text{C}$ 的平均线膨胀系数 $\alpha$ 、 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 的平均线膨胀系数。

[0254] 对于表7所示的玻璃,对未进行化学强化的试样与上述同样地进行了各特性的测定。

[0255] (2)杨氏模量

[0256] 对于表2~表6所示的玻璃,用超声波法测定了加工成板状并以表2~6所示的条件实施了化学强化处理的试样的杨氏模量。另外,因为杨氏模量在化学强化处理前后几乎不变化,所以化学强化处理前的玻璃也视为具有通过上述的测定得到的杨氏模量。

[0257] 对于表7所示的玻璃,对未进行化学强化的试样与上述同样地进行了杨氏模量的测定。

[0258] (3)比重

[0259] 对于表2~表6所示的玻璃,用阿基米德法测定了加工成板状并以表2~6所示的条件实施了化学强化处理的试样的比重。另外,因为比重在化学强化处理前后几乎不变化,所

以化学强化处理前的玻璃基板也视为具有通过上述的测定得到的比重。

[0260] 对于表7所示的玻璃,对未进行化学强化的试样与上述同样地进行了比重的测定。

[0261] (4)比模量

[0262] 根据在上述(2)中得到的杨氏模量和在(3)中得到的比重算出比模量。

[0263] (5)断裂韧性值

[0264] 对于表2~表6所示的玻璃,使用AKASHI公司制造的装置MVK-E以压入荷重9.81N将维氏压头压入到加工成板状并以表2~6所示的条件实施了化学强化处理的试样中,对试样导入压痕和裂缝。

[0265] 此外,对于No.1、No.2的玻璃,以压入荷重4.9N将维氏压头压入到以表2所示的条件实施了化学强化处理的试样中,对试样导入压痕和裂缝。

[0266] 进而,对于No.1、No.2的玻璃,对未进行化学强化的未强化品与上述同样地施加荷重9.81N或者荷重4.9N而对试样导入压痕和裂缝。

[0267] 测定试样的杨氏模量E[GPa]、压痕对角线长度、表面裂缝的半长,根据荷重、试样的杨氏模量算出断裂韧性值 $K_{Ic}$ 。

[0268] (6) $T_{av}/T_{max}$

[0269] 对于表2~表6所示的玻璃,对于加工成板状并以表2~表6所示的条件实施了化学强化处理的试样用巴比涅法来观察板厚方向的截面,用上述的方法算出 $T_{max}$ 和 $T_{av}$ ,根据算出的值求出 $T_{av}/T_{max}$ 。

[0270] 2.基板的评价(表面粗度、表面波度)

[0271] 对于表2~表6所示的玻璃,用原子力显微镜(AFM)以 $256 \times 256$ 像素的分辨率对化学强化处理前后的各基板的主表面(层叠有磁记录层等的面)的 $5\mu m \times 5\mu m$ 的矩形区域进行观察,测定了在 $1\mu m \times 1\mu m$ 的范围中以 $512 \times 256$ 像素的分辨率测定的表面粗度的算术平均 $R_a$ 、在 $5\mu m \times 5\mu m$ 的范围中测定的表面粗度的算术平均 $R_a$ 。

[0272] 使用光学式表面形状测定装置测定了化学强化处理前后的各基板的主表面(层叠有磁记录层等的面)的波长 $100\mu m \sim 950\mu m$ 的表面波度的算术平均 $W_a$ 。

[0273] 在 $1\mu m \times 1\mu m$ 的范围测定的表面粗度的算术平均 $R_a$ 的范围为 $0.05 \sim 0.15nm$ ,在 $5\mu m \times 5\mu m$ 的范围测定的表面粗度的算术平均 $R_a$ 的范围为 $0.03 \sim 0.12nm$ ,波长 $100\mu m \sim 950\mu m$ 的表面波度的算术平均 $W_a$ 为 $0.2 \sim 0.5nm$ ,是作为在高记录密度的磁记录介质中使用的基板没有问题的范围。

[0274] [表2]

[0275]

| 玻璃組成                                                                             | No.1                                    |                                     | No.2  |       |       |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|
|                                                                                  | 成分%                                     | 質量%                                 | 成分%   | 質量%   |       |
| 玻璃組成                                                                             | SiO <sub>2</sub>                        | 61.00                               | 59.50 | 60.50 | 60.08 |
|                                                                                  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>          | 11.00                               | 13.50 | 11.50 | 13.07 |
|                                                                                  | Li <sub>2</sub> O                       | 1.00                                | 0.30  | 1.00  | 0.29  |
|                                                                                  | Ba <sub>2</sub> O                       | 13.50                               | 10.50 | 11.50 | 11.90 |
|                                                                                  | K <sub>2</sub> O                        | 3.5                                 | 0.5   | 0.5   | 0.8   |
|                                                                                  | MgO                                     | 15.50                               | 10.00 | 16.00 | 10.40 |
|                                                                                  | CaO                                     | 0.0                                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
|                                                                                  | SnO                                     | 0.0                                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
|                                                                                  | BaF <sub>2</sub>                        | 0.0                                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
|                                                                                  | ZnO                                     | 1.00                                | 2.00  | 1.00  | 2.00  |
|                                                                                  | 合計                                      | 100.0                               | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
|                                                                                  | R <sub>2</sub> O+CaO+MgO+BaO            | 33.50                               | 23.50 | 33.50 | 23.50 |
|                                                                                  | CaO/(MgO+CaO+BaO+BeO)                   | 0                                   | 0     | 0     | 0     |
|                                                                                  | MgO/(MgO+CaO+BaO+BeO)                   | 1                                   | 1     | 1     | 1     |
|                                                                                  | 特性                                      | Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O | 0.000 | 0.048 | 0.001 |
| Li <sub>2</sub> O/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)         |                                         | 0.007                               | 0.048 | 0.003 | 0.043 |
| Li <sub>2</sub> O/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)         |                                         | 11.50                               | 11.00 | 12.00 | 11.50 |
| MgO+CaO+BaO                                                                      |                                         | 13.50                               | 10.00 | 16.00 | 10.40 |
| MgO+CaO                                                                          |                                         | 13.50                               | 10.00 | 16.00 | 10.40 |
| (MgO+CaO)/(MgO+CaO+BaO+BeO)                                                      |                                         | 1.0                                 | 1.0   | 1.0   | 1.0   |
| Li <sub>2</sub> O/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)         |                                         | 0                                   | 0     | 0     | 0     |
| Li <sub>2</sub> O/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)         |                                         | 27.00                               | 21.00 | 28.00 | 21.00 |
| (MgO+CaO+BaO)/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+MgO+CaO+BaO) |                                         | 0.01                                | 0.00  | 0.01  | 0.00  |
| (CaO+BaO)/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+MgO+CaO+BaO)     |                                         | 0.00                                | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| 2CaO+BaO+Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+MgO+CaO+BaO        |                                         | 1.00                                | 2.00  | 1.00  | 2.00  |
| 性質                                                                               |                                         | 性質                                  |       |       |       |
| 玻璃化轉變溫度 [°C]                                                                     |                                         | 2400                                | 2340  | 2340  | 2340  |
| 平均熱膨脹係數 (×10 <sup>-6</sup> /°C) (100~200°C)                                      |                                         | 74                                  | 68    | 68    | 68    |
| 新製特性値 [Mpa·m <sup>1/2</sup> ] (強化品)<br>化學強化条件                                    |                                         | 特性値 [GPa]                           | 43    | 43    | 43    |
|                                                                                  | 比強度 [MN/kg]                             | 22.5                                | 22.5  | 22.5  | 22.5  |
|                                                                                  | T <sub>0.5</sub> [sec]                  | 0.01                                | 0.01  | 0.01  | 0.01  |
|                                                                                  | 強度 0.1N (1000gf)                        | 0.01                                | 0.01  | 0.01  | 0.01  |
|                                                                                  | 強度 4.9N (500gf)                         | 0.01                                | 0.01  | 0.01  | 0.01  |
|                                                                                  | 溫度 [°C]                                 | 450                                 | 450   | 450   | 450   |
|                                                                                  | 時間 [h]                                  | 4                                   | 4     | 4     | 4     |
|                                                                                  | 熔點 [°C]                                 | 600                                 | 600   | 600   | 600   |
|                                                                                  | Na <sub>2</sub> O [wt]                  | 40                                  | 40    | 40    | 40    |
|                                                                                  | 強度 0.1N (1000gf)                        | 1.5                                 | 1.5   | 1.5   | 1.5   |
|                                                                                  | 強度 4.9N (500gf)                         | 2.15                                | 2.15  | 2.15  | 2.15  |
|                                                                                  | × (10 <sup>-3</sup> N/mm <sup>2</sup> ) | 0.02                                | 0.02  | 0.02  | 0.02  |

[0276]

[表3]

[0277]

| 玻璃组成                                                                                                                                                                                     |  | 物理性能  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 化学性能  |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                                                                                                                                                                                          |  | No.3  |       | No.4  |       | No.5  |       | No.6  |       | No.7  |       | No.8  |       | No.9  |       | No.10 |       | No.11 |       | No.12 |       | No.13 |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                          |  | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                                                                                         |  | 65    | 64.73 | 65    | 65.55 | 67    | 67.08 | 68    | 64.42 | 61    | 59.89 | 61    | 62.87 | 63    | 62.19 | 63    | 62.19 | 63    | 62.19 | 63    | 62.19 | 63    | 62.19 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                                                                                           |  | 6     | 10.43 | 6     | 8.95  | 4     | 6.78  | 5     | 8.34  | 11    | 18.26 | 11    | 19.05 | 11    | 15.78 | 10    | 15.78 | 10    | 15.78 | 10    | 15.78 | 10    | 15.78 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                        |  | 1     | 0.20  | 1     | 0.49  | 1     | 0.50  | 1     | 0.35  | 1     | 0.49  | 1     | 0.48  | 1     | 0.49  | 1     | 0.49  | 1     | 0.49  | 1     | 0.49  | 1     | 0.49  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| K <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                         |  | 9     | 8.24  | 8     | 8.07  | 7     | 7.22  | 9     | 9.13  | 7     | 6.57  | 11    | 13.47 | 8     | 6.19  | 8     | 6.19  | 8     | 6.19  | 8     | 6.19  | 8     | 6.19  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| CaO                                                                                                                                                                                      |  | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MgO                                                                                                                                                                                      |  | 17    | 11.35 | 14    | 9.18  | 17    | 11.40 | 18    | 10.55 | 20    | 12.82 | 16    | 10.05 | 19    | 12.56 | 19    | 12.56 | 19    | 12.56 | 19    | 12.56 | 19    | 12.56 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                        |  | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| BaO                                                                                                                                                                                      |  | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ZrO <sub>2</sub>                                                                                                                                                                         |  | 2     | 4.08  | 3     | 6.02  | 5     | 8.15  | 4     | 7.06  | 1     | 2.01  | 1     | 1.98  | 1     | 2.02  | 1     | 2.02  | 1     | 2.02  | 1     | 2.02  | 1     | 2.02  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 合计                                                                                                                                                                                       |  | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MgO/(CaO+Na <sub>2</sub> O+BaO)                                                                                                                                                          |  | 17    | 11.35 | 14    | 9.18  | 17    | 11.40 | 18    | 10.55 | 20    | 12.82 | 16    | 10.05 | 19    | 12.56 | 19    | 12.56 | 19    | 12.56 | 19    | 12.56 | 19    | 12.56 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| CaO/(MgO+CaO+Na <sub>2</sub> O+BaO)                                                                                                                                                      |  | 0.000 | 0.000 | 0.176 | 0.220 | 0.056 | 0.075 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MgO/(BaO+CaO+Na <sub>2</sub> O+BaO)                                                                                                                                                      |  | 1.000 | 1.000 | 0.824 | 0.770 | 0.944 | 0.925 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O                                                                                                                                                      |  | 0.111 | 0.084 | 0.135 | 0.093 | 0.143 | 0.098 | 0.111 | 0.084 | 0.154 | 0.075 | 0.095 | 0.046 | 0.187 | 0.080 | 0.187 | 0.080 | 0.187 | 0.080 | 0.187 | 0.080 | 0.187 |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Li <sub>2</sub> O/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)                                                                                                                 |  | 0.100 | 0.091 | 0.111 | 0.097 | 0.125 | 0.095 | 0.130 | 0.097 | 0.153 | 0.088 | 0.087 | 0.044 | 0.143 | 0.074 | 0.143 | 0.074 | 0.143 | 0.074 | 0.143 | 0.074 | 0.143 |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Li <sub>2</sub> O/(Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)                                                                                                                                   |  | 10.00 | 8.74  | 9.00  | 8.58  | 9.00  | 7.72  | 10.00 | 9.82  | 9.82  | 7.06  | 11.50 | 10.88 | 7.03  | 6.58  | 10.88 | 6.58  | 10.88 | 6.58  | 10.88 | 6.58  | 10.88 |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MgO/(CaO+Na <sub>2</sub> O)                                                                                                                                                              |  | 17.00 | 11.25 | 17.00 | 11.52 | 18.00 | 12.39 | 18.00 | 12.55 | 19.50 | 12.82 | 13.50 | 10.05 | 19.00 | 12.56 | 19.00 | 12.56 | 19.00 | 12.56 | 19.00 | 12.56 | 19.00 |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MgO/(CaO+Na <sub>2</sub> O+BaO)                                                                                                                                                          |  | 17.00 | 11.35 | 17.00 | 11.52 | 18.00 | 12.39 | 18.00 | 12.55 | 19.50 | 12.82 | 13.50 | 10.05 | 19.00 | 12.56 | 19.00 | 12.56 | 19.00 | 12.56 | 19.00 | 12.56 | 19.00 |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| MgO/(CaO+Na <sub>2</sub> O+BaO+K <sub>2</sub> O)                                                                                                                                         |  | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Li <sub>2</sub> O/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)                                                                                                                 |  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Li <sub>2</sub> O/(Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+BaO+CaO+Na <sub>2</sub> O)                                                                                                         |  | 27.00 | 21.08 | 25.00 | 20.48 | 20.00 | 20.05 | 26.00 | 20.18 | 27.00 | 18.84 | 27.00 | 21.00 | 26.00 | 18.15 | 26.00 | 18.15 | 26.00 | 18.15 | 26.00 | 18.15 | 26.00 |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| BaO/(MgO+Na <sub>2</sub> O+Li <sub>2</sub> O)/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+MgO+CaO+Na <sub>2</sub> O)                                                           |  | 0.07  | 0.08  | 0.08  | 0.07  | 0.07  | 0.08  | 0.08  | 0.08  | 0.08  | 0.08  | 0.08  | 0.08  | 0.08  | 0.08  | 0.08  | 0.08  | 0.08  | 0.08  | 0.08  | 0.08  | 0.08  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| CaO/(MgO+Na <sub>2</sub> O+Li <sub>2</sub> O)/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+MgO+CaO+Na <sub>2</sub> O)                                                           |  | 0.03  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ZrO <sub>2</sub> /TiO <sub>2</sub> +ZrO <sub>2</sub> +HfO <sub>2</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TeO <sub>2</sub> |  | 2.01  | 4.18  | 3.01  | 6.02  | 5.01  | 6.15  | 3.01  | 6.15  | 3.01  | 6.15  | 3.01  | 6.15  | 3.01  | 6.15  | 3.01  | 6.15  | 3.01  | 6.15  | 3.01  | 6.15  | 3.01  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 比重                                                                                                                                                                                       |  | 2.543 | 2.545 | 2.545 | 2.545 | 2.57  | 2.57  | 2.58  | 2.58  | 2.58  | 2.58  | 2.58  | 2.58  | 2.58  | 2.58  | 2.58  | 2.58  | 2.58  | 2.58  | 2.58  | 2.58  | 2.58  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 玻璃化转变温度(℃)                                                                                                                                                                               |  | 671   | 671   | 671   | 671   | 680   | 680   | 680   | 680   | 680   | 680   | 680   | 680   | 680   | 680   | 680   | 680   | 680   | 680   | 680   | 680   | 680   |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均膨胀系数(×10 <sup>-6</sup> /℃)                                                                                                                                                             |  | 66    | 66    | 66    | 66    | 61    | 61    | 66    | 66    | 66    | 66    | 66    | 66    | 66    | 66    | 66    | 66    | 66    | 66    | 66    | 66    | 66    |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均热膨胀系数(×10 <sup>-6</sup> /℃)                                                                                                                                                            |  | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    | 71    |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 杨氏模量(GPa)                                                                                                                                                                                |  | 84.0  | 84.0  | 84.0  | 84.0  | 86.2  | 86.2  | 85.3  | 85.3  | 86.2  | 86.2  | 85.3  | 85.3  | 86.2  | 86.2  | 85.3  | 85.3  | 86.2  | 86.2  | 85.3  | 85.3  | 85.3  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 比模量(MPa/G)                                                                                                                                                                               |  | 33.0  | 32.5  | 32.5  | 32.5  | 33.5  | 33.5  | 33.0  | 33.0  | 33.5  | 33.5  | 33.0  | 33.0  | 33.5  | 33.5  | 33.0  | 33.0  | 33.5  | 33.5  | 33.0  | 33.0  | 33.0  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 断裂韧性值                                                                                                                                                                                    |  | 1.55  | 1.4   | 1.4   | 1.4   | 1.45  | 1.45  | 1.5   | 1.5   | 1.7   | 1.7   | 1.6   | 1.6   | 1.55  | 1.55  | 1.6   | 1.6   | 1.55  | 1.55  | 1.6   | 1.6   | 1.6   |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| [Mpa·m <sup>1/2</sup> ]                                                                                                                                                                  |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=400℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                     |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=450℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                     |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=500℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                     |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=550℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                     |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=600℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                     |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=650℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                     |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=700℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                     |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=750℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                     |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=800℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                     |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=850℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                     |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=900℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                     |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=950℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                     |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1000℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1050℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1100℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1150℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1200℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1250℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1300℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1350℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1400℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1450℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1500℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1550℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1600℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1650℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1700℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1750℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1800℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1850℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1900℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=1950℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=2000℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=2050℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=2100℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=2150℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=2200℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=2250℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=2300℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>2</sub> =60:40                                                                                                                    |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 强化温度=2350℃<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> , Na                                                                                                                                          |  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

[0278] [表4]

[0279]

| 玻璃组成                                                                                                                                                                                                                | 批10   |       | 批11   |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                                                                                                                                                                                                                     | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                                    | 68.00 | 69.23 | 69.50 | 64.48 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                                                                                                                      | 5.00  | 8.43  | 5.00  | 6.25  |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                                   | 1     | 0.49  | 1     | 0.45  |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                                   | 7     | 7.17  | 8     | 8.12  |
| K <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                                    | 3.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| MgO                                                                                                                                                                                                                 | 17.0  | 11.33 | 16.0  | 10.57 |
| CaO                                                                                                                                                                                                                 | 1.0   | 0.0   | 1.0   | 0.9   |
| SnO                                                                                                                                                                                                                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| PbO                                                                                                                                                                                                                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| ZnO                                                                                                                                                                                                                 | 3.0   | 6.11  | 3.5   | 7.07  |
| 合计                                                                                                                                                                                                                  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| MgO+CaO+SnO+PbO                                                                                                                                                                                                     | 18.00 | 12.26 | 17.00 | 11.49 |
| CaO/(MgO+CaO+SnO+PbO)                                                                                                                                                                                               | 0.286 | 0.078 | 0.059 | 0.080 |
| MgO/(MgO+CaO+SnO+PbO)                                                                                                                                                                                               | 0.714 | 0.924 | 0.941 | 0.920 |
| Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                 | 0.143 | 0.058 | 0.125 | 0.080 |
| Li <sub>2</sub> O/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)                                                                                                                                            | 0.125 | 0.054 | 0.111 | 0.057 |
| Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                | 8.00  | 7.66  | 9.00  | 8.51  |
| MgO+CaO+SnO                                                                                                                                                                                                         | 18.00 | 12.26 | 17.00 | 11.49 |
| MgO+CaO                                                                                                                                                                                                             | 18.00 | 12.26 | 17.00 | 11.49 |
| (MgO+CaO)/(MgO+CaO+SnO+PbO)                                                                                                                                                                                         | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  |
| K <sub>2</sub> O/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)                                                                                                                                             | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+MgO+CaO+SnO                                                                                                                                                    | 26.00 | 19.82 | 26.00 | 20.10 |
| (MgO+CaO+Li <sub>2</sub> O)/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+MgO+CaO+SnO)                                                                                                                      | 0.731 | 0.860 | 0.892 | 0.896 |
| (ZnO+TiO <sub>2</sub> +V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +I <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.600 | 0.775 | 0.700 | 0.847 |
| ZnO+TiO <sub>2</sub> +V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +I <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                  | 3.00  | 6.11  | 3.30  | 7.57  |
| 断裂韧性[Mpa·m <sup>1/2</sup> ]                                                                                                                                                                                         | 1.48  |       | 1.39  |       |
| 化学钢化温度[°C]                                                                                                                                                                                                          | 500   |       | 450   |       |
| 化学钢化时间[小时]                                                                                                                                                                                                          | 6     |       | 2     |       |
| NaNO <sub>3</sub> :NaNO <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                | 50:10 |       | 80:20 |       |
| T <sub>500</sub> /Tmax                                                                                                                                                                                              | 0.85  |       | 0.84  |       |
| 比重                                                                                                                                                                                                                  | 2.58  |       | 2.59  |       |
| 玻璃化转变温度[°C]                                                                                                                                                                                                         | 661   |       | 661   |       |
| 平均热膨胀系数[×10 <sup>-6</sup> /°C]                                                                                                                                                                                      | 63    |       | 65    |       |
| (100~300°C)                                                                                                                                                                                                         |       |       |       |       |
| 平均热膨胀系数[×10 <sup>-6</sup> /°C]                                                                                                                                                                                      | 73    |       | 76    |       |
| (500~600°C)                                                                                                                                                                                                         |       |       |       |       |
| 杨氏模量[GPa]                                                                                                                                                                                                           | 86.5  |       | 86.3  |       |
| 比重[KN/m <sup>3</sup> ]                                                                                                                                                                                              | 33.5  |       | 33.3  |       |
| 特性                                                                                                                                                                                                                  |       |       |       |       |

[0280]

[表5]

[0281]

| 玻璃组成                                                                                                                                                                                                    | No.12 |       | No.13 |       | No.14 |       | No.15 |       | No.16 |       | No.17 |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                                                                                                                                                                         | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                        | 65    | 64.52 | 83    | 61.78 | 65.12 | 64.89 | 64.94 | 64.58 | 64.61 | 62.19 | 64.02 | 63.59 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                                                                                                          | 8     | 10.12 | 10    | 16.24 | 6.01  | 10.13 | 5.99  | 10.12 | 5.96  | 13.08 | 6.81  | 9.66  |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                       | 1     | 0.49  | 1     | 0.49  | 0.6   | 0.3   | 0.6   | 0.3   | 0.4   | 0.2   | 0.2   | 0.1   |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                       | 3     | 3.23  | 6     | 6.97  | 9.24  | 9.46  | 8.39  | 8.61  | 8.33  | 8.75  | 8.97  | 9.88  |
| K <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| MgO                                                                                                                                                                                                     | 16.5  | 11.00 | 17.0  | 11.18 | 17.03 | 11.34 | 16.90 | 11.22 | 16.90 | 11.23 | 16.74 | 11.15 |
| CaO                                                                                                                                                                                                     | 0.5   | 0.46  | 2.6   | 1.53  | 0.0   | 0.00  | 1.1   | 1.02  | 1.59  | 1.43  | 2.40  | 3.31  |
| SnO                                                                                                                                                                                                     | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   |
| BaO                                                                                                                                                                                                     | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   | 0     | 0.0   |
| ZnO                                                                                                                                                                                                     | 2     | 4.08  | 1     | 2.01  | 2     | 4.08  | 2     | 4.07  | 1.99  | 4.09  | 1.97  | 4.07  |
| 合计                                                                                                                                                                                                      | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   |
| MgO+CaO+SnO+BaO                                                                                                                                                                                         | 17.00 | 11.46 | 19.60 | 13.01 | 17.03 | 11.34 | 16.98 | 12.34 | 16.48 | 12.74 | 16.23 | 13.46 |
| CaO/(MgO+CaO+SnO+BaO)                                                                                                                                                                                   | 0.028 | 0.040 | 0.106 | 0.141 | 0.000 | 0.000 | 0.061 | 0.063 | 0.086 | 0.115 | 0.128 | 0.172 |
| MgO/(MgO+CaO+SnO+BaO)                                                                                                                                                                                   | 0.971 | 0.960 | 0.894 | 0.859 | 1.000 | 1.000 | 0.939 | 0.937 | 0.914 | 0.884 | 0.871 | 0.828 |
| Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                     | 0.111 | 0.053 | 0.167 | 0.081 | 0.065 | 0.032 | 0.072 | 0.036 | 0.047 | 0.023 | 0.023 | 0.011 |
| Li <sub>2</sub> O/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)                                                                                                                                | 0.100 | 0.090 | 0.143 | 0.076 | 0.061 | 0.031 | 0.067 | 0.034 | 0.045 | 0.023 | 0.023 | 0.011 |
| Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O                                                                                                                                                    | 10.00 | 9.72  | 7.00  | 5.66  | 9.84  | 9.76  | 8.39  | 8.31  | 8.35  | 9.96  | 8.87  | 8.88  |
| MgO+CaO+SnO                                                                                                                                                                                             | 17.00 | 11.46 | 19.60 | 13.01 | 17.03 | 11.34 | 16.98 | 12.34 | 16.48 | 12.74 | 16.23 | 13.46 |
| (MgO+CaO)/(MgO+CaO+SnO+BaO)                                                                                                                                                                             | 17.00 | 11.46 | 19.60 | 13.01 | 17.03 | 11.34 | 16.98 | 12.34 | 16.48 | 12.74 | 16.23 | 13.46 |
| K <sub>2</sub> O/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)                                                                                                                                 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+MgO+CaO+SnO                                                                                                                                        | 27.00 | 21.18 | 26.60 | 19.57 | 26.87 | 21.10 | 27.07 | 21.25 | 27.44 | 21.70 | 28.10 | 22.44 |
| (MgO+CaO+Li <sub>2</sub> O)/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+MgO+CaO+SnO)                                                                                                          | 0.67  | 0.58  | 0.77  | 0.68  | 0.66  | 0.53  | 0.69  | 0.58  | 0.69  | 0.60  | 0.68  | 0.60  |
| (ZnO+TiO <sub>2</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +HfO <sub>2</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.23  | 0.40  | 0.13  | 0.12  | 0.33  | 0.40  | 0.23  | 0.40  | 0.33  | 0.40  | 0.23  | 0.40  |
| ZnO+TiO <sub>2</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +HfO <sub>2</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +7Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 2.00  | 4.08  | 1.00  | 2.01  | 2.00  | 4.09  | 2.00  | 4.07  | 1.99  | 4.09  | 1.97  | 4.01  |
| 比重                                                                                                                                                                                                      | 2.55  |       | 2.56  |       | 2.54  |       | 2.53  |       | 2.562 |       | 2.569 |       |
| 玻璃化转变温度[°C]                                                                                                                                                                                             | 669   |       | 700   |       | 679   |       | 679   |       | 681   |       | 681   |       |
| 平均热膨胀系数[×10 <sup>-6</sup> /°C]                                                                                                                                                                          | 67    |       | 66    |       | 67    |       | 66    |       | 67    |       | 68    |       |
| (100~300°C)                                                                                                                                                                                             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 平均热膨胀系数[×10 <sup>-6</sup> /°C]                                                                                                                                                                          | 79    |       | 65    |       | 77    |       | 76    |       | 78    |       | 78    |       |
| (500~600°C)                                                                                                                                                                                             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 杨氏模量[GPa]                                                                                                                                                                                               | 83.9  |       | 86.4  |       | 84.1  |       | 84.9  |       | 85.1  |       | 85.8  |       |
| 比容[cm <sup>3</sup> /kg]                                                                                                                                                                                 | 32.9  |       | 33.8  |       | 33.1  |       | 33.3  |       | 33.2  |       | 33.4  |       |
| 断裂韧性值<br>[Mpa·m <sup>1/2</sup> ]                                                                                                                                                                        | 1.5   |       | 1.45  |       | 1.33  |       | 1.24  |       | 1.1   |       | 1.1   |       |
| 强化温度=400°C<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> /NaNO <sub>3</sub> =60:40                                                                                                                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 强化温度=450°C<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> /NaNO <sub>3</sub> =60:40                                                                                                                                    | 1.66  |       | 1.55  |       | 1.6   |       | 1.55  |       | 1.26  |       | 1.28  |       |
| 强化温度=500°C<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> /NaNO <sub>3</sub> =60:40                                                                                                                                    | 1.7   |       | 1.6   |       | 1.74  |       | 1.68  |       | 1.41  |       | 1.41  |       |
| 强化温度=500°C<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> /NaNO <sub>3</sub> =60:40                                                                                                                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 强化温度=400°C<br>强化时间=4小时<br>KNO <sub>3</sub> /NaNO <sub>3</sub> =60:40                                                                                                                                    | 0.80  |       | 0.81  |       | 0.76  |       | 0.77  |       | 0.85  |       | 0.81  |       |
| T <sub>av</sub> /T <sub>max</sub>                                                                                                                                                                       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

[0282] [表6]

[0283]

| 玻璃组成                                                                                                                                                                                                                              | Na18  |       | Na19  |       | Na20  |       | Na21  |       | Na22  |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                                                                                                                                                                                                   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   | 摩尔%   | 质量%   |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                                                  | 84.89 | 84.00 | 84.74 | 84.20 | 85.70 | 85.15 | 85.37 | 84.92 | 85.26 | 84.79 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                                                                                                                                    | 5.95  | 10.02 | 5.97  | 10.06 | 6.00  | 10.10 | 6.06  | 10.17 | 6.03  | 10.15 |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                                                 | 0.20  | 0.10  | 0.40  | 0.20  | 0.10  | 0.05  | 0.10  | 0.05  | 0.10  | 0.05  |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                                                 | 10.29 | 10.62 | 9.99  | 10.24 | 9.00  | 9.20  | 9.18  | 9.36  | 9.55  | 9.56  |
| K <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                                                  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| MgO                                                                                                                                                                                                                               | 16.88 | 11.22 | 16.91 | 11.26 | 17.20 | 11.43 | 17.24 | 11.39 | 17.21 | 11.37 |
| CaO                                                                                                                                                                                                                               | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| SrO                                                                                                                                                                                                                               | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| BaO                                                                                                                                                                                                                               | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| ZrO                                                                                                                                                                                                                               | 1.98  | 4.04  | 1.99  | 4.06  | 2.00  | 4.07  | 2.00  | 4.10  | 2.00  | 4.09  |
| 合计                                                                                                                                                                                                                                | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   | 100   |
| MgO+CaO+SrO+BaO                                                                                                                                                                                                                   | 16.88 | 11.22 | 16.91 | 11.26 | 17.20 | 11.43 | 17.24 | 11.39 | 17.21 | 11.37 |
| CaO/(MgO+CaO+SrO+BaO)                                                                                                                                                                                                             | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| MgO/(MgO+CaO+SrO+BaO)                                                                                                                                                                                                             | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                               | 0.019 | 0.009 | 0.040 | 0.020 | 0.011 | 0.005 | 0.011 | 0.005 | 0.011 | 0.005 |
| Li <sub>2</sub> O/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)                                                                                                                                                          | 0.019 | 0.009 | 0.038 | 0.019 | 0.011 | 0.005 | 0.011 | 0.005 | 0.011 | 0.005 |
| Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                              | 10.69 | 10.72 | 10.39 | 10.43 | 9.10  | 9.25  | 9.28  | 9.43  | 9.45  | 9.51  |
| MgO+CaO+SrO                                                                                                                                                                                                                       | 16.88 | 11.22 | 16.91 | 11.26 | 17.20 | 11.43 | 17.24 | 11.39 | 17.21 | 11.37 |
| MgO+CaO                                                                                                                                                                                                                           | 16.88 | 11.22 | 16.91 | 11.26 | 17.20 | 11.43 | 17.24 | 11.39 | 17.21 | 11.37 |
| (MgO+CaO)/(MgO+CaO+SrO+BaO)                                                                                                                                                                                                       | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   |
| K <sub>2</sub> O/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)                                                                                                                                                           | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+MgO+CaO+SrO                                                                                                                                                                  | 27.47 | 21.94 | 27.30 | 21.69 | 26.30 | 20.63 | 26.52 | 20.82 | 26.66 | 20.86 |
| (MgO+CaO+Li <sub>2</sub> O)/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+MgO+CaO+SrO)                                                                                                                                    | 0.62  | 0.52  | 0.63  | 0.53  | 0.68  | 0.56  | 0.65  | 0.55  | 0.65  | 0.54  |
| ZrO <sub>2</sub> +TiO <sub>2</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.33  | 0.40  | 0.33  | 0.40  | 0.33  | 0.40  | 0.33  | 0.40  | 0.33  | 0.40  |
| ZrO <sub>2</sub> +TiO <sub>2</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                 | 1.98  | 4.04  | 1.99  | 4.05  | 2.00  | 4.07  | 2.00  | 4.10  | 2.00  | 4.09  |
| 比重                                                                                                                                                                                                                                | 2.543 |       | 2.545 |       | 2.542 |       | 2.544 |       | 2.543 |       |
| 玻璃化转变温度[°C]                                                                                                                                                                                                                       | 680   |       | 678   |       | 700   |       | 698   |       | 695   |       |
| 平均热膨胀系数[×10 <sup>-1</sup> /°C]<br>(100~300°C)                                                                                                                                                                                     | 74.3  |       | 88.0  |       | 84.7  |       | 70.6  |       | 83.5  |       |
| 平均热膨胀系数[×10 <sup>-1</sup> /°C]<br>(500~600°C)                                                                                                                                                                                     | 87.6  |       | 80.2  |       | 76.2  |       | 76.2  |       | 75.7  |       |
| 杨氏模量[GPa]                                                                                                                                                                                                                         | 83    |       | 83    |       | 83    |       | 83    |       | 83    |       |
| 比模量[MN/Kg]                                                                                                                                                                                                                        | 32.6  |       | 32.6  |       | 32.7  |       | 32.6  |       | 32.5  |       |
| T <sub>av</sub> /T <sub>max</sub>                                                                                                                                                                                                 | 0.52  |       | 0.54  |       | 0.48  |       | 0.47  |       | 0.47  |       |
| 温度[°C]                                                                                                                                                                                                                            | 450   |       | 450   |       | 450   |       | 500   |       | 500   |       |
| 时间[小时]                                                                                                                                                                                                                            | 4     |       | 4     |       | 4     |       | 4     |       | 4     |       |
| 熔体法                                                                                                                                                                                                                               |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| KNO <sub>3</sub> [%]                                                                                                                                                                                                              | 60    |       | 60    |       | 60    |       | 60    |       | 60    |       |
| NaNO <sub>2</sub> [%]                                                                                                                                                                                                             | 40    |       | 40    |       | 40    |       | 40    |       | 40    |       |

[0284] [表7]



[0285]

| 玻璃组成                                                                                                                                                                                                                                | No.23 |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
|                                                                                                                                                                                                                                     | 摩尔%   | 质量%   |
| SiO <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                                                    | 66    | 63.98 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                                                                                                                                                                                      | 6     | 9.96  |
| Li <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                                                   | 1     | 0.10  |
| Na <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                                                   | 8     | 2.88  |
| K <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                                                    | 0     | 0     |
| MgO                                                                                                                                                                                                                                 | 12.0  | 11.15 |
| CaO                                                                                                                                                                                                                                 | 5.0   | 2.41  |
| SrO                                                                                                                                                                                                                                 | 0     | 0.0   |
| BaO                                                                                                                                                                                                                                 | 0     | 0.0   |
| ZrO                                                                                                                                                                                                                                 | 3     | 4.01  |
| 合计                                                                                                                                                                                                                                  | 100   | 100   |
| MgO/(CaO+SrO+BaO)                                                                                                                                                                                                                   | 17.00 | 13.46 |
| CaO/(MgO+CaO+SrO+BaO)                                                                                                                                                                                                               | 0.294 | 0.172 |
| MgO/(MgO+CaO+SrO+BaO)                                                                                                                                                                                                               | 0.706 | 0.828 |
| Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                                 | 0.125 | 0.011 |
| Li <sub>2</sub> O/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)                                                                                                                                                            | 0.111 | 0.011 |
| Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O                                                                                                                                                                                | 2.00  | 3.98  |
| MgO+CaO+SrO                                                                                                                                                                                                                         | 17.00 | 13.46 |
| MgO+CaO                                                                                                                                                                                                                             | 17.00 | 13.46 |
| (MgO+CaO)/(MgO+CaO+SrO+BaO)                                                                                                                                                                                                         | 1.0   | 1.0   |
| K <sub>2</sub> O/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)                                                                                                                                                             | 0     | 0     |
| Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+MgO+CaO+SrO                                                                                                                                                                    | 26.00 | 22.44 |
| (MgO+CaO+Li <sub>2</sub> O)/(Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+MgO+CaO+SrO)                                                                                                                                      | 0.69  | 0.60  |
| (ZrO <sub>2</sub> +TiO <sub>2</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.80  | 0.40  |
| ZrO <sub>2</sub> +TiO <sub>2</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                   | 2.00  | 4.01  |
| 比重                                                                                                                                                                                                                                  | 2.6   |       |
| 玻璃化转变温度[℃]                                                                                                                                                                                                                          | 670   |       |
| 平均热膨胀系数[×10 <sup>-7</sup> /℃]<br>(100~300℃)                                                                                                                                                                                         | 67    |       |
| 平均热膨胀系数[×10 <sup>-7</sup> /℃]<br>(500~600℃)                                                                                                                                                                                         | 79    |       |
| 杨氏模量                                                                                                                                                                                                                                | 85.8  |       |
| 比重[KN/Kg]                                                                                                                                                                                                                           | 33.0  |       |
| 特性                                                                                                                                                                                                                                  |       |       |

[0286] 如表2~表6所示, No.1~No.22的玻璃基板同时具有高耐热性(高玻璃化转变温度)、高刚性(高杨氏模量)、高热膨胀系数、高断裂韧性这4个磁记录介质基板所要求的特性。进而, 根据表2~表6所示的结果还能够确认, No.1~No.22的玻璃基板具有能够耐受高速旋转的高比模量, 并且是低比重, 能够实现基板的轻量化。除此之外还可确认, 为了制作玻璃基板而在实施例中所使用的玻璃能够通过化学强化处理而容易地形成离子交换层, 其结果示出高断裂韧性。

[0287] 根据以上的结果可确认, 根据本发明的一个方式, 可得到同时具有磁记录介质基板所要求的特性的玻璃。

[0288] 图5是对表3、表4所示的No.3~No.9、No.10、No.11的玻璃相对于摩尔比(MgO/(MgO+CaO+SrO+BaO))描绘了化学强化处理后的断裂韧性值的图表。图6是对表3、表4所示的No.3~No.9、No.10、No.11的玻璃相对于摩尔比(CaO/(MgO+CaO+SrO+BaO))描绘了化学强化处理后的断裂韧性值的图表。

[0289] 根据这些图表能够确认, 越是提高摩尔比(MgO/(MgO+CaO+SrO+BaO))或者越是降低摩尔比(CaO/(MgO+CaO+SrO+BaO)), 断裂韧性值即机械强度就越高。

[0290] 另一方面, 当使用表7所示的摩尔比(MgO/(MgO+CaO+SrO+BaO))为0.706、摩尔比(CaO/(MgO+CaO+SrO+BaO))为0.294的玻璃(No.23)在熔融盐的温度为500℃的温度进行化学强化的情况下, 断裂韧性值为0.74MPa·m<sup>1/2</sup>。进而, 将多个玻璃同时浸渍于500℃的熔融盐而进行了化学强化, 结果熔融盐急剧劣化, 强化后的断裂韧性值未达到0.74MPa·m<sup>1/2</sup>。同样地, 即使将多个玻璃依次浸渍于500℃的熔融盐而进行化学强化, 在第2次以后进行化学强化的玻璃的断裂韧性值也急剧降低。推测这是因为, 如上所述, 玻璃组成中包含的Ca<sup>2+</sup>离子溶出到熔融盐中而阻碍了碱金属离子彼此的离子交换。另外, 在摩尔比(MgO/(MgO+CaO+

SrO+BaO))小于0.8的情况下、摩尔比(CaO/(MgO+CaO+SrO+BaO))小于0.2的情况下也观察到了同样的结果。

[0291] 相对于此,在表2~6所示的No.1~22的各玻璃中,即使将多个玻璃同时浸渍于熔融盐而进行化学强化,也能够维持 $0.90\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上的断裂韧性值。此外,在No.1~22的各玻璃中,即使将多个玻璃依次浸渍于熔融盐而进行化学强化,也能够维持 $0.90\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上的断裂韧性值。

[0292] 像这样,在摩尔比(MgO/(MgO+CaO+SrO+BaO))为0.80以上的玻璃或者摩尔比(CaO/(MgO+CaO+SrO+BaO))为0.20以下的玻璃中,不易产生由化学强化造成的熔融盐的劣化,能够稳定地生产具有高断裂韧性值的化学强化玻璃。相对于此,当摩尔比(MgO/(MgO+CaO+SrO+BaO))不足0.80、摩尔比(CaO/(MgO+CaO+SrO+BaO))超过0.20时,熔融盐由于化学强化而劣化,难以维持高断裂韧性值。

[0293] 另外,在化学强化后的No.1~No.9的玻璃中,在表面形成有深度为 $30\sim 120\mu\text{m}$ 的压缩应力层,压缩应力的大小为 $2.0\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以上的值( $19.6\text{MPa}$ 以上的值)。此外,在化学强化后的No.10~No.22的玻璃中,在表面形成有深度为 $20\sim 120\mu\text{m}$ 的压缩应力层,压缩应力的大小为 $2.0\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以上的值( $19.6\text{MPa}$ 以上的值)。

[0294] 根据以上的结果可确认,根据本发明的一个方式,可得到同时具有磁记录介质用基板所要求的特性的玻璃。

[0295] 此外,除了在离子交换处理后从 $0.5\sim 5\mu\text{m}$ 的范围内适当选择加工余量来实施镜面抛光以外,与上述同样地制作了玻璃基板。通过巴比涅法观察得到的多个玻璃基板的截面,结果形成有离子交换层,未发现机械强度的劣化。其它特性与上述相同。

[0296] 在对各实施例(化学强化后的No.1~No.22的各玻璃)通过上述的巴比涅法进行观察而得到的截面照片中,在与2个主表面垂直的假想截面中的应力分布中,拉伸应力分布为凸形状,未发现高值。根据这些应力分布用基于图3说明的上述方法求出 $T_{\text{av}}/T_{\text{max}}$ ,结果No.1~No.15的玻璃的化学强化后的 $T_{\text{av}}/T_{\text{max}}$ 的值均为0.7以上。此外,No.16~No.22的玻璃的化学强化后的 $T_{\text{av}}/T_{\text{max}}$ 的值均为0.4以上。

[0297] 为证实示出上述的应力分布的化学强化玻璃基板不会示出延迟断裂,进行了以下的试验。

[0298] 在实施例中测定了断裂韧性值的化学强化处理后的试样中,存在以压入荷重 $9.81\text{N}$ 压入维氏压头而生成的压痕。将该具有压痕的试样放入到环境试验机中在温度为 $80^\circ\text{C}$ 相对湿度为80%的环境下放置7天,然后取出,观察压痕。对各实施例各准备100个试样,进行上述试验的结果是,在任一个试样中都未发现裂缝从压痕起伸长。

[0299] 根据以上的延迟断裂的加速试验的结果可确认,在实施例的化学强化玻璃基板中可得到防止延迟断裂的效果。

[0300] 3.磁盘的评价

[0301] (1)平坦性

[0302] 通常,只要平坦度为 $5\mu\text{m}$ 以下,就能够进行可靠性高的记录再生。用平坦度测定装置测定通过上述方法使用实施例的玻璃基板形成的各磁盘表面的平坦度(盘表面的最高的部分与最低的部分的上下方向(与表面垂直的方向)上的距离(高低差)),结果任一磁盘的平坦度均为 $5\mu\text{m}$ 以下。根据该结果能够确认,实施例的玻璃基板在形成FePt层或CoPt层时的

高温处理中也未发生大的变形。

[0303] (2)加载卸载试验

[0304] 将通过上述的方法使用实施例的玻璃基板形成的各磁盘搭载在以旋转数为10000rpm的高速进行旋转的2.5英寸型硬盘驱动器中,进行加载卸载(Load Unload,以下称为LUL)试验。在上述的硬盘驱动器中,主轴电动机的主轴是不锈钢制的。任一磁盘的LUL的耐久次数都超过了60万次。此外,当在LUL试验过程中产生由于与主轴材料的热膨胀系数不同而造成的变形、由于高速旋转而造成的弯曲时,会在试验过程中产生碰撞故障或过热(thermal asperity)故障,但是,任一磁盘在试验过程中均未产生这些故障。

[0305] (3)耐冲击性试验

[0306] 制作磁盘用玻璃基板(尺寸为2.5英寸,板厚为0.8mm),使用Lansmont公司制造的MODEL-15D进行了冲击试验。该冲击试验通过如下方式进行,即将磁盘用玻璃基板组装到模仿HDD的主轴及夹钳部制作的专用的冲击试验用夹具中,在相对于主表面的垂直方向上以1msec施加1500G的正弦半波脉冲的冲击,并观察该磁盘用玻璃基板的破损状况。

[0307] 其结果,在实施例的玻璃基板中未观察到破损。另一方面,在比较例的玻璃基板中观察到了破损。对该破损产生部进行了详细调查,结果发现大多位于盘内径部。

[0308] 根据以上结果能够确认,根据本发明可得到耐冲击性优秀、能够实现可靠性高的记录再生的磁记录介质用玻璃基板。

[0309] 将通过上述方法使用实施例的玻璃基板制作的磁盘搭载在通过激光的照射来辅助磁化反转的记录方式(热辅助记录方式)的硬盘驱动器中,制作热辅助记录方式的磁记录装置。上述磁记录装置具有:具有用于加热磁记录介质(磁盘)的主表面的热源(激光源)、记录元件部、再生元件部的热辅助磁记录头;以及磁盘。另外,上述的磁记录装置的磁头是DFH(Dynamic Flying Height,动态飞行高度)头,磁盘的旋转数为10000rpm。

[0310] 另外,将制作的磁盘搭载在通过微波进行辅助的记录方式(微波辅助记录方式)的硬盘驱动器中,制作微波辅助记录方式的信息记录装置。根据像这样组合了高Ku磁性材料和能量辅助记录的信息记录装置,能够像之前说明的那样实现高密度记录。

[0311] 根据本发明的一个方式,能够提供最适合进行高密度记录化的磁记录介质。

[0312] 最后,总结上述的各方式。

[0313] 根据一个方式,可提供一种磁记录介质基板用玻璃,其中,作为必要成分,包含 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、及 $\text{MgO}$ ,包含合计为6~15摩尔%的选自 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 及 $\text{K}_2\text{O}$ 的碱金属氧化物,包含合计为10~30摩尔%的选自 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 及 $\text{BaO}$ 的碱土类金属氧化物, $\text{Li}_2\text{O}$ 的含量相对于碱金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{Li}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\}$ 超过0且为0.3以下, $\text{MgO}$ 的含量相对于碱土类金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})\}$ 为0.80以上,玻璃化转变温度为650℃以上,杨氏模量为80GPa以上。

[0314] 作为磁记录介质基板用玻璃,更优选满足以下的玻璃组成及特性的一种以上。

[0315]  $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 及 $\text{Li}_2\text{O}$ 的合计含量相对于碱金属氧化物和碱土类金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{Li}_2\text{O})/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})\}$ 为0.50以上。

[0316]  $\text{CaO}$ 的含量相对于碱土类金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{CaO}/(\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO})\}$ 为0.20以下。

[0317] 100~300℃的平均线膨胀系数为 $55 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 以上的玻璃。

[0318] 以摩尔%表示,包含:56~75%的 $\text{SiO}_2$ ;1~20%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;超过0%且为3%以下的 $\text{Li}_2\text{O}$ ;1%以上且不足15%的 $\text{Na}_2\text{O}$ ;8~30%的 $\text{MgO}$ ;以及合计超过0摩尔%且为10%以下的选自 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 及 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 的氧化物。

[0319] 以摩尔%表示,包含:56~75%的 $\text{SiO}_2$ ;1~20%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;超过0%且为3%以下的 $\text{Li}_2\text{O}$ ;1%以上且不足15%的 $\text{Na}_2\text{O}$ ;0%以上且不足3%的 $\text{K}_2\text{O}$ ;以及8~30%的 $\text{MgO}$ ,且实质上不包含 $\text{BaO}$ , $\text{K}_2\text{O}$ 的含量相对于碱金属氧化物的合计含量的摩尔比 $\{\text{K}_2\text{O}/(\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})\}$ 为0.08以下。

[0320]  $\text{Li}_2\text{O}$ 的含量在0.5摩尔%以下,例如其范围为0.08~0.5摩尔%,且实质上不包含 $\text{CaO}$ (即, $\text{CaO}$ 的含量为0摩尔%)。

[0321] 比模量为30MNm/kg以上。

[0322] 在一个方式中,上述的磁记录介质基板用玻璃是化学强化用玻璃。

[0323] 根据本发明的一个方式,可提供一种由上述的磁记录介质基板用玻璃构成的磁记录介质基板。

[0324] 上述的磁记录介质基板优选为对本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃进行化学强化而成的基板。

[0325] 上述的磁记录介质优选断裂韧性值为 $0.9\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上。

[0326] 在一个方式中,上述的磁记录介质基板由如下的化学强化玻璃构成,在该化学强化玻璃中,在通过巴比涅法求出的与2个主表面垂直的假想截面中的应力分布中,拉伸应力分布为凸形状,其中,该凸形状不包含向压缩应力侧凹陷的凹部。

[0327] 在一个方式中,上述的磁记录介质基板由如下的化学强化玻璃构成,在该化学强化玻璃中,通过巴比涅法求出的拉伸应力的平均值 $T_{av}$ 与拉伸应力的最大值 $T_{max}$ 满足下述式(1):

[0328]  $T_{av}/T_{max} \geq 0.4 \cdots (1)$ 。

[0329] 此外,在一个方式中,上述的磁记录介质基板由浸渍于包含钠盐和钾盐的熔融盐而进行了化学强化的玻璃构成。

[0330] 此外,在一个方式中,上述的磁记录介质基板由将包含0.1摩尔%以上的 $\text{Li}_2\text{O}$ 的玻璃浸渍于上述熔融盐而进行了化学强化的玻璃构成。

[0331] 此外,在一个方式中,上述的磁记录介质基板的使用原子力显微镜在 $1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ 范围中以 $512 \times 256$ 像素的分辨率测定的主表面的算术平均粗度( $R_a$ )为0.15nm以下。

[0332] 此外,在一个方式中,上述的磁记录介质基板是用于旋转数为5000rpm以上的磁记录装置的磁记录介质用的基板。

[0333] 此外,在一个方式中,上述的磁记录介质基板是用于搭载有DFH(Dynamic Flying Height,动态飞行高度)头的磁记录装置的磁记录介质用的基板。

[0334] 此外,在一个方式中,上述的磁记录介质基板用于能量辅助磁记录用磁记录介质。

[0335] 本发明的另一个方式涉及由上述的磁记录介质基板用玻璃构成的磁记录介质基板坯件。

[0336] 在一个方式中,上述的磁记录介质基板坯件为盘状。

[0337] 本发明的另一个方式涉及磁记录介质基板的制造方法,其包括对上述的磁记录介质基板坯件进行加工的步骤。

[0338] 在一个方式中,上述的磁记录介质基板的制造方法包括将玻璃浸渍于包含钠盐和钾盐的熔融盐而进行化学强化的工序。

[0339] 此外,在一个方式中,在上述的工序中,将包含0.1摩尔%以上的 $\text{Li}_2\text{O}$ 的玻璃浸渍于上述熔融盐而进行化学强化。

[0340] 此外,在一个方式中,以成为如下的化学强化玻璃的方式进行上述的化学强化,在该化学强化玻璃中,通过巴比涅法求出的拉伸应力的平均值 $T_{av}$ 与拉伸应力的最大值 $T_{max}$ 满足下式(1):

[0341]  $T_{av}/T_{max} \geq 0.4 \cdots (1)$ 。

[0342] 另外,更优选 $T_{av}/T_{max} \geq 0.5$ 。

[0343] 此外,在一个方式中,以成为如下的化学强化玻璃的方式进行上述的化学强化,在该化学强化玻璃中,在通过巴比涅法求出的与2个主表面垂直的假想截面中的应力分布中,拉伸应力分布为凸形状,其中,该凸形状不包含向压缩应力侧凹陷的凹部。

[0344] 本发明的另一个方式涉及在上述的磁记录介质基板上具有磁记录层的磁记录介质。

[0345] 在一个方式中,上述的磁记录层是包含以Fe和/或Co与Pt的合金为主成分的磁性材料的磁记录层,上述的磁记录介质是能量辅助磁记录用磁记录介质。

[0346] 本发明的另一个方式涉及包括如下步骤的磁记录介质的制造方法,该步骤是,在上述的磁记录介质基板的主表面成膜以Fe和/或Co与Pt的合金为主成分的磁性材料,然后进行退火处理,从而形成磁记录层。

[0347] 本发明的另一个方式涉及能量辅助磁记录方式的磁记录装置,其具有:至少具有用于对磁记录介质的主表面进行加热的热源、记录元件部、再生元件部的热辅助磁记录头;以及上述的磁记录介质。

[0348] 在一个方式中,在上述的磁记录装置中,磁记录介质的旋转数为5000rpm以上。

[0349] 另外,在一个方式中,上述的磁记录装置是搭载有DFH(Dynamic Flying Height, 动态飞行高度)头的磁记录装置。

[0350] 此次公开的实施方式在所有的方面都是例示,应认为是非限制性的。本发明的范围不是由上述的说明来示出,而是由权利要求书示出,包含与权利要求书均等的意思和范围内的所有的变更。

[0351] 例如,通过对上述例示的玻璃组成进行在说明书中记载的组成调整,从而能够制作本发明的一个方式的磁记录介质基板用玻璃。

[0352] 此外,当然也能够对在说明书中示例或作为优选的范围记载的事项中的2个事项以上进行任意组合。

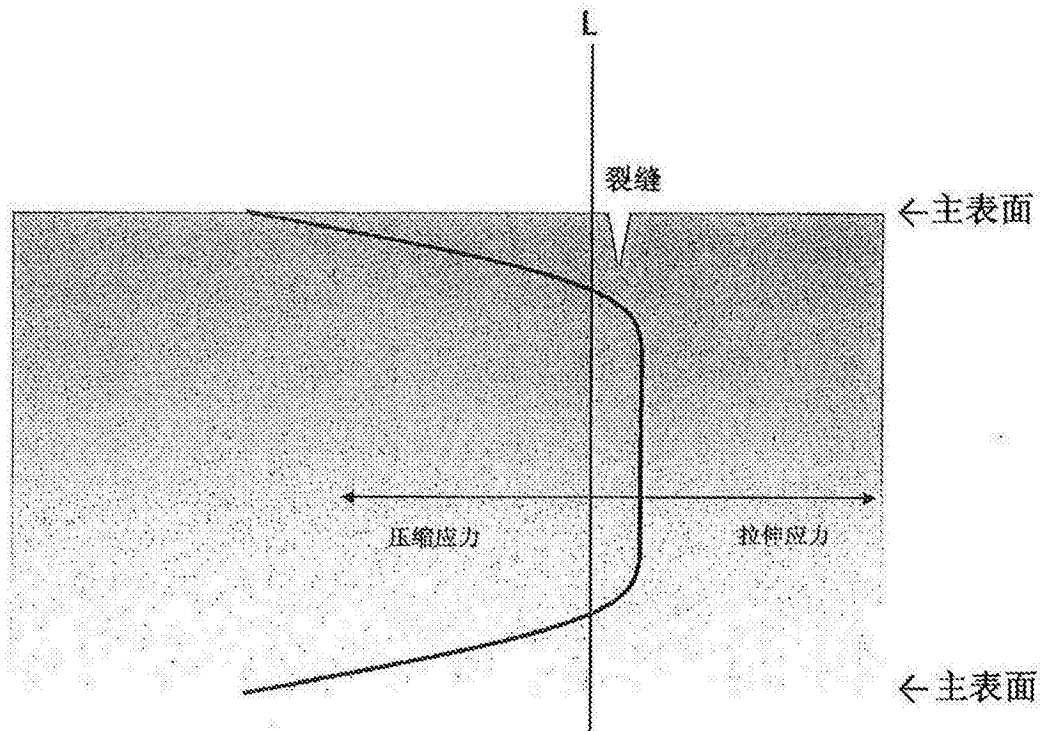


图1

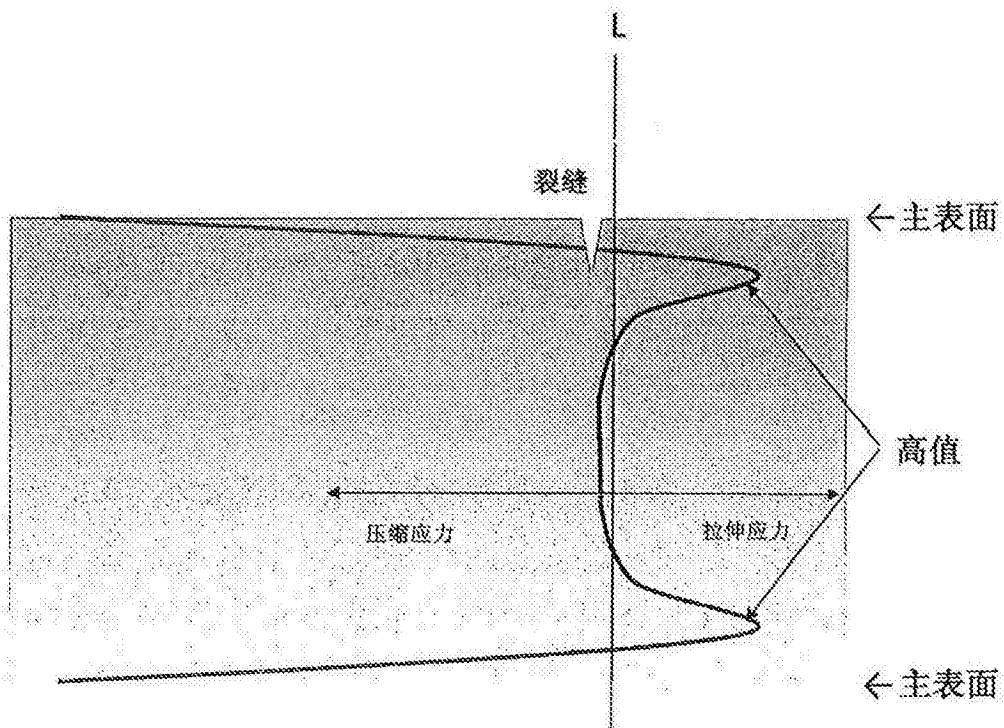


图2

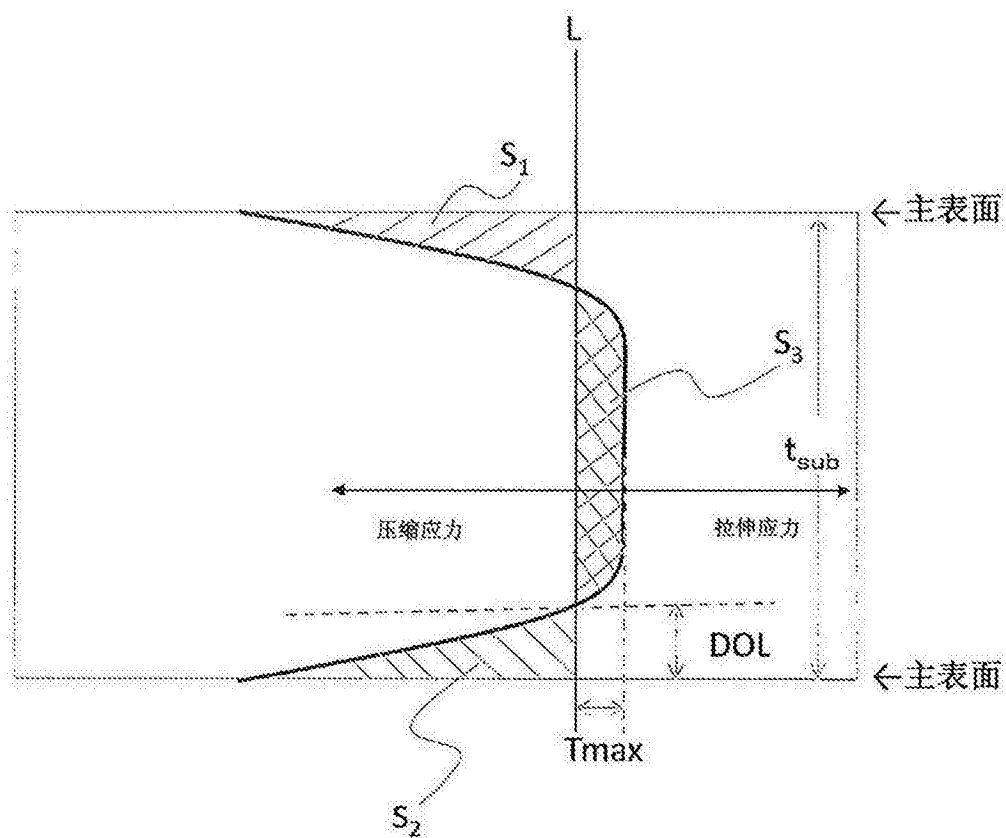


图3

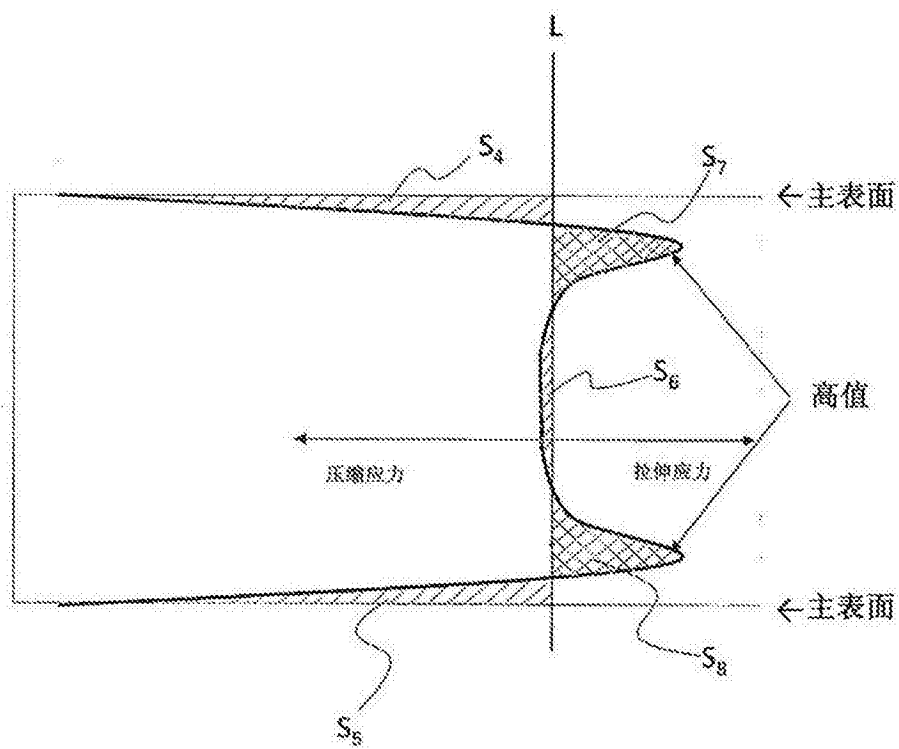


图4

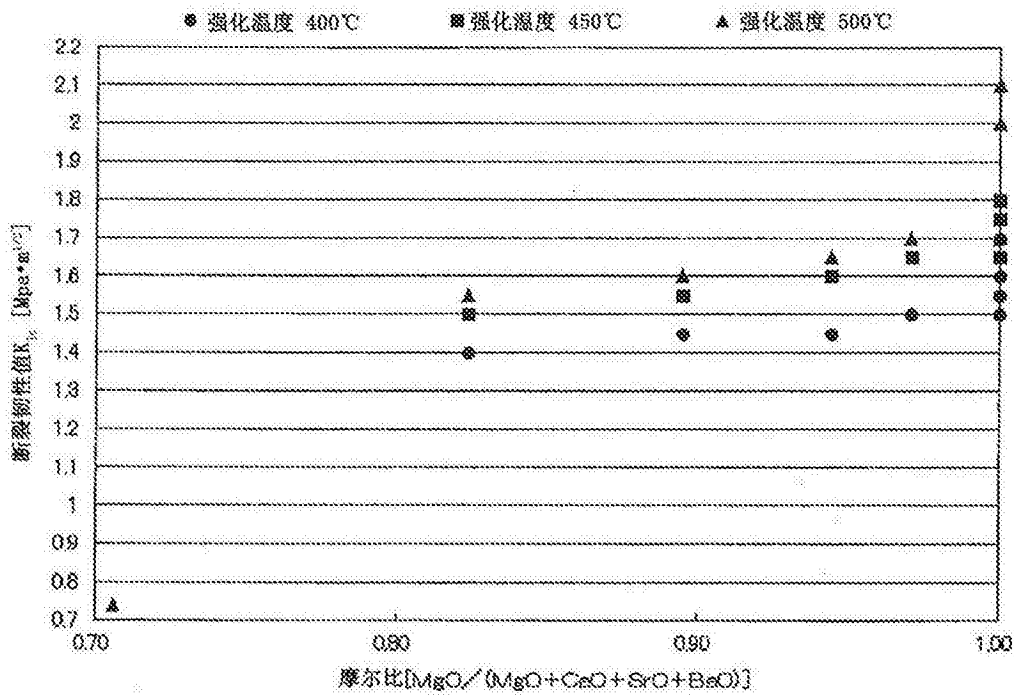


图5

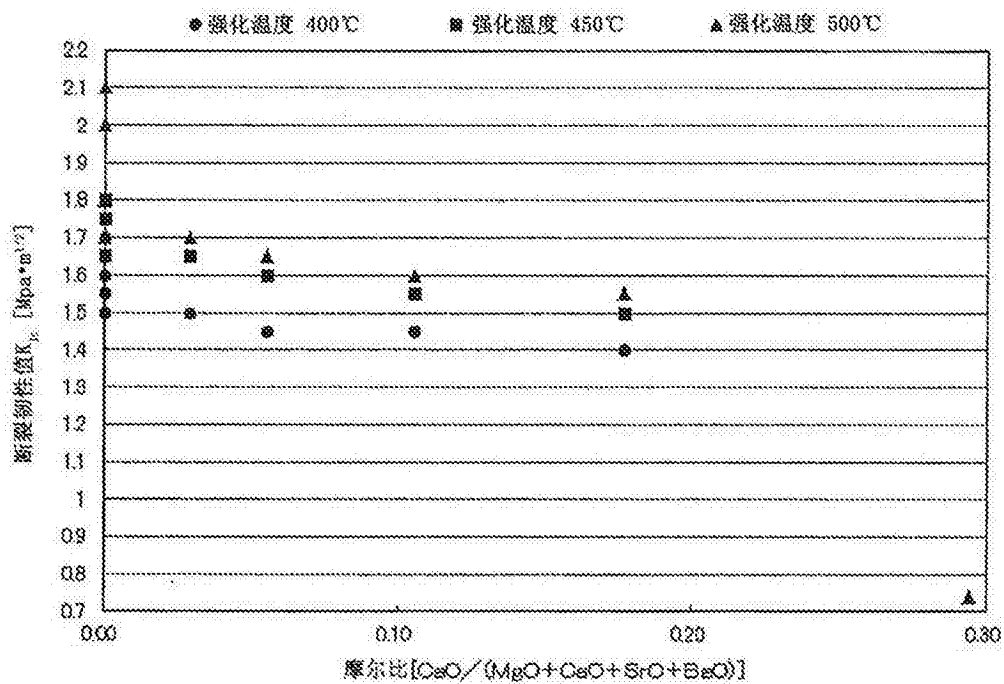


图6