



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107531548 A

(43)申请公布日 2018.01.02

(21)申请号 201680023633.1

(22)申请日 2016.03.23

(30)优先权数据

1505091.7 2015.03.26 GB

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.10.24

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2016/050812 2016.03.23

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/151322 EN 2016.09.29

(71)申请人 皮尔金顿集团有限公司

地址 英国兰开夏郡

(72)发明人 M·J·霍斯利 S·泰勒

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 李跃龙

(51)Int.Cl.

G03C 3/087(2006.01)

H01L 31/048(2014.01)

权利要求书2页 说明书9页

(54)发明名称

新玻璃

(57)摘要

公开了一种玻璃,其具有包含以下氧化物的组成(重量%): SiO_2 61-70%、 Al_2O_3 0-9%、 Na_2O 10-13%、 K_2O 0-1%、 MgO 2-6%、 CaO 6-16%、 SrO 0-1%、 ZrO_2 0-1%、 TiO_2 2-15%。玻璃可能具有大于570°C的应变点,并且在高温下具有良好的尺寸稳定性,使得它们适用于在升高的温度下加工的防火玻璃和基材,例如用于显示面板、信息存储盘和半导体器件包括光伏电池的基材。公开了玻璃的物理性质,例如热膨胀系数、密度和折射指数,以及熔化和液相线温度。该玻璃适用于通过浮法工艺制造,以片材形式生产平板玻璃。

1. 玻璃, 具有包含以下氧化物的组成 (以重量%计):

SiO_2 61-70%

Al_2O_3 0-9%

Na_2O 10-13%

K_2O 0-1%

MgO 2-6%

CaO 6-16%

SrO 0-1%

ZrO_2 0-1%

TiO_2 2-15%,

该玻璃具有大于570℃的应变点。

2. 根据权利要求1所述的玻璃, 其包含以下氧化物 (以重量%计):

SiO_2 61-69%

Al_2O_3 0-8%

CaO 7-13%

TiO_2 2-13%。

3. 根据权利要求1或2所述的玻璃, 其包含3-12%的 TiO_2 , 优选3至11%的 TiO_2 , 更优选4至10%的 TiO_2 , 更优选4至6%的 TiO_2 。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的玻璃, 其具有大于580℃, 优选大于585℃, 更优选大于590℃的应变点。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的玻璃, 其具有小于1500℃, 优选小于1480℃, 更优选小于1460℃的熔化温度 (在该温度下粘度 = $\log 2$ 泊)。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的玻璃, 其具有小于1200℃, 优选小于1180℃, 更优选小于1160℃, 更优选小于1140℃, 更优选小于1120℃, 最优选小于1100℃的液相线温度。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的玻璃, 其具有大于-100℃, 优选大于-80℃, 更优选大于-60℃, 更优选大于-40℃, 更优选大于-20℃, 最优选大于0℃的热加工温度范围 (定义为液相线温度减去 $T \log 4$ 泊)。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的玻璃, 其具有 $70-90 \times 10^{-7} \text{℃}^{-1}$ (50-350℃), 优选 $74-86 \times 10^{-7} \text{℃}^{-1}$ (50-350℃) 的热膨胀系数。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的玻璃, 其具有在25℃下 $2.50-2.70 \text{g cm}^{-3}$, 优选在25℃下 $2.52-2.68 \text{g cm}^{-3}$, 更优选在25℃下 $2.54-2.66 \text{g cm}^{-3}$ 的密度。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的玻璃, 其具有1.50-1.62, 优选1.52-1.59, 更优选1.53-1.58的折射指数。

11. 玻璃片材, 由根据前述权利要求中任一项所述的玻璃形成。

12. 玻璃基材, 包含根据前述权利要求中任一项所述的玻璃。

13. 光伏电池,包含根据权利要求12所述的玻璃基材。

新玻璃

[0001] 本发明涉及玻璃,更具体地涉及新玻璃、新玻璃组合物和由新玻璃组合物构成的基材。新玻璃组合物是钠钙硅玻璃,但与已知的钠钙硅玻璃,特别是通常用于通过浮法工艺生产平板玻璃的那些钠钙硅玻璃相比具有相对高的应变点。因此,本发明的新玻璃适用于在高温下需要良好尺寸稳定性的应用,例如防火窗玻璃和用于在高温下加工的基材。这些基材适用于涂层的沉积和显示面板、盘例如磁记录盘、半导体器件包括光伏电池,特别是太阳能电池的制造等应用。

[0002] 虽然普通钠钙硅玻璃(即常用于建筑物和车辆的窗户和其他窗玻璃的钠钙硅玻璃组合物)对于许多上述应用具有在室温下的合适性能,但是这些应用可能需要在高温下加工玻璃,即在高于应变点,或退火点,或甚至玻璃的软化点的温度下。在这样升高的温度下加工玻璃会导致在玻璃中产生永久的内部应力,可能导致玻璃的变形或断裂。在加工过程中,玻璃甚至可变得畸变或变形。因此,已经尝试提供更适合于高温加工的玻璃,即由于具有相对高的应变点而具有改善的高温稳定性的玻璃。

[0003] 通常使用的钠钙浮法玻璃的应变点(其定义为玻璃的粘度为 $10^{14.5}$ 泊的温度,表示为 $T_{\log 14.5}$ 泊)在约510°C至540°C的范围内,取决于精确的组成。然而,许多具有较高应变点的玻璃是已知的。具有高应变点的一组玻璃是所谓的无碱玻璃。遗憾的是,这些玻璃由于缺乏作为助熔剂的碱而难以生产。这些玻璃中的许多也不适合通过浮法工艺成型。替代的成型方法的使用通常增加成本,并且可导致较差的表面平坦度或平滑度。无碱玻璃的另一个问题是它们倾向于具有非常低的热膨胀系数,这使得它们不适于某些应用。

[0004] 与普通或“正常”的钠钙硅浮法玻璃相比,具有相对高应变点的另一组玻璃含有增加的钾碱和降低的苏打。遗憾的是,高钾碱玻璃本身难以在浮法车间中常用的开放式蓄热炉中生产,因为在这种炉中可能难以澄清高钾碱玻璃。

[0005] 已经进行了许多尝试以提供比具有普通浮法玻璃更高的应变点的钠钙硅玻璃组合物。US 5,599,754公开了一种用于基材的玻璃组合物,其可用于平板显示面板,特别是用于等离子体显示面板。所要求保护的组合物含有6至9%的 SrO ,这是昂贵的,且在这些相对高水平下使用时显著增加了原料的成本。

[0006] US 6,905,991是含有相对低水平的苏打(2-8% Na_2O)和相对高水平的钾碱(0-8%,但是所有实施例包含至少3.5%的 K_2O)的钠钙硅玻璃组合物的实例。所得玻璃可用于生产防火窗玻璃板或用于显示面板的基材。

[0007] WO 98/49111公开了一种用于等离子体显示面板的玻璃组合物,该玻璃具有比以前用于等离子体显示面板的玻璃更低的密度。玻璃中的总碱土金属氧化物中所含的 BaO 和 SrO 的总量在1-8%的范围内。这些氧化物仍是昂贵的。

[0008] US 6,087,284涉及适用于显示技术的铝硅酸盐玻璃。该专利试图找到具有高转变温度、低密度且中途曝光(solarisation)稳定的玻璃。优选玻璃含有最多痕量的 MgO 或完全不含。因此它代表了与普通或通常浮法玻璃的组成的显著偏差。

[0009] US 7,273,668涉及一种适用于化学强化的具有高耐热性的玻璃组合物。该组合物可用于制备用于磁记录介质的玻璃基材,例如硬盘驱动器。遗憾的是,这种玻璃容易失透,

这可能使制造困难,并降低产量。

[0010] KR 2009 0111680 A公开了用于显示面板的玻璃组合物,其寻求改善电极图案的反应性和故障率。

[0011] JP 2010 143790 A公开了一种用于太阳能电池的玻璃基材的制造方法,其中可以有效地回收废玻璃。废玻璃用作玻璃原料的一部分,然后将其在玻璃熔炉中熔化并成型为玻璃基材。

[0012] US 8,828,897涉及具有高热稳定性和低加工温度的铝硅酸盐玻璃。该玻璃可用作光伏应用和其它太阳能技术应用的基材玻璃、顶衬玻璃和/或覆盖玻璃。

[0013] US 8,895,463涉及一种用于太阳能电池例如Cu-In-Ga-Se (“CIGS”)太阳能电池的玻璃基材。该发明的玻璃组成显著偏离普通钠钙硅玻璃,低苏打和高钾碱。

[0014] US 2013/0306145 A1还涉及用于CIGS太阳能电池的玻璃基材,并且玻璃组成仍是低苏打和高钾碱。

[0015] US 2013/0313671 A1涉及用于太阳能电池例如CdTe或CIGS电池的玻璃基材。据说,SrO、BaO、B₂O₃和/或ZrO₂的含量有利地为零,以便不损害玻璃片材的成本。然而,经判断所提供的实施例,与普通钠钙硅玻璃相比,该方法仅产生应变点的适中增加。

[0016] 期望提供实现应变点的显著增加的新玻璃,而无玻璃成本的显著增加。玻璃的成本包括原材料的成本以及将其转变为成品玻璃片材的成本,其本身包括燃料、劳动力、所用工厂的成本、其效率水平、所获得的产量等因素。因此,进一步希望提供新的玻璃组合物,其实现应变点的显著增加,并且还能够通过浮法工艺容易地制造,因为该工艺是制造平板玻璃的非常有效的方式。因此,所期望的新玻璃组合物是适于经济制造的组合物。

[0017] 已经令人惊奇地发现,将TiO₂添加到普通浮法玻璃组合物中产生玻璃应变点的显著增加。

[0018] 根据本发明,提供一种具有包含下述氧化物(重量%)的组成的玻璃:

SiO₂ 61-70%

Al₂O₃ 0-9%

Na₂O 10-13%

[0019] **K₂O 0-1%**

MgO 2-6%

CaO 6-16%

SrO 0-1%

ZrO₂ 0-1%

[0020] **TiO₂ 2-15%,**

[0021] 该玻璃具有大于570℃的应变点。

[0022] 还发现,除了提高TiO₂的量之外,提高玻璃组合物中的Al₂O₃也进一步提高了玻璃的应变点。

[0023] 根据本发明的玻璃适合在比普通浮法玻璃更高的温度下加工。本发明的玻璃在升

高的温度下不易变形或畸变,因此具有较高的尺寸稳定性和改善的耐热性。

[0024] 优选地,玻璃组合物包含以下范围内的特定氧化物(重量%):

SiO_2 61-69%

Al_2O_3 0-8%

[0025]

CaO 7-13%

TiO_2 2-13%。

[0026] 有利地,该玻璃包含3-12%的 TiO_2 ,优选3至11%的 TiO_2 ,更优选4至10%的 TiO_2 ,更优选4至9%的 TiO_2 ,更加优选4至8%的 TiO_2 ,最优选4至7%的 TiO_2 。特别合适的玻璃组合物可以含有4至6%的 TiO_2 。任选地,这种玻璃组合物还可以含有3至8%的 Al_2O_3 ,优选4至7%的 Al_2O_3 ,更优选5至6%的 Al_2O_3 。由于二氧化钛(TiO_2)比用于制造浮法玻璃的其它原材料贵,这允许定制根据本发明的玻璃以实现性能和成本之间的期望的平衡。

[0027] 任选地,玻璃组合物不含任何一种或任何数量的以下氧化物: As_2O_3 、 BaO 、 B_2O_3 、 BeO 、 CeO_2 、 Er_2O_3 、 GeO_2 、 Li_2O 、 P_2O_5 、 PbO 、 Sb_2O_3 、 SnO_2 、 SrO 、 V_2O_5 、 ZnO 、 ZrO_2 。由于毒性、成本或其对炉结构的不利影响的原因,这些氧化物可能是令人不快的。然而,由于原料中的杂质,可能存在痕量的这些氧化物。特别地,玻璃组合物可含有0至1%的 BaO 或 B_2O_3 。在考虑的许多应用中,不需要或不希望使玻璃着色,因此在这种情况下,玻璃不含着色剂,例如 CdO 、 CeO_2 、 CoO 、 Co_3O_4 、 Cr_2O_3 、 CuO 、 Er_2O_3 、 MnO_2 、 Nd_2O_3 、 NiO 、 Se 、 V_2O_5 。

[0028] 优选地,根据本发明的玻璃具有大于580℃,更优选大于585℃,更优选大于590℃的应变点。如上所述,期望提供容易通过浮法工艺制造的玻璃。因此,在增加玻璃的应变点的同时,考虑玻璃的其它性质,如熔化温度、液相线温度和热加工温度范围也是重要的,这决定了玻璃如何易于熔化和成型。令人惊奇的是,本发明人能够同时调整所有这些性能以提供具有高应变点和良好制造性能的玻璃。

[0029] 优选地,根据本发明的玻璃具有小于1500℃,优选小于1480℃,更优选小于1460℃的熔化温度(定义为粘度为100泊的温度,即 $\log 2$ 泊,表示为 $T_{\log 2}$ 泊)。这允许原料熔化并变成玻璃而无过多的燃料使用,并且不会对熔化玻璃的炉的结构造成不当的磨损。

[0030] 有利地,根据本发明的玻璃的液相线温度低于1200℃,优选小于1180℃,更优选小于1160℃,更优选小于1140℃,更优选小于1120℃,最优选小于1100℃。较低的液相线温度降低了在炉的较冷区域中的熔化玻璃的失透风险。术语“失透”是指在玻璃中形成晶体诸如硅灰石(在下表I中称为“Woll.”)或透辉石,这是不期望的,因为这样的晶体可出现在最终产物中,使其不合格。

[0031] 期望地,根据本发明的玻璃具有大于-100℃,优选大于-80℃,更优选大于-60℃,更优选大于-40℃,更优选大于-20℃,最优选大于0℃的热加工温度范围(定义为成型温度,即 $T_{\log 4}$ 泊,减去液相线温度),即优选热加工温度范围为正数。一些玻璃成型工艺比其他玻璃成型工艺更容忍负数热加工温度范围,且浮法玻璃工艺能够在负数热加工温度范围内操作。较不负数或较正数的热加工温度范围有助于熔化玻璃成型为产品(例如平板玻璃带),而不发生失透。

[0032] 对于最终产品(例如玻璃片材、玻璃基材、显示面板、盘等)的物理性质来说,适合于玻璃的特定目标应用是有利的。对于这些应用中的一些,普通钠钙硅玻璃在室温下具有

合适的物理性能,但如前所述,它不能在足够高的温度下加工而没有负面影响。根据本发明的另一方面,提供了不仅具有增加的应变点并适合于经济制造,而且在室温下保持适当物理性质的玻璃。

[0033] 例如,根据本发明的这个方面,提供一种玻璃,其具有 $70-90 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ (50-350 $^{\circ}\text{C}$),优选 $72-88 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ (50-350 $^{\circ}\text{C}$),更优选 $74-86 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ (50-350 $^{\circ}\text{C}$),最优选 $76-84 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ (50-350 $^{\circ}\text{C}$)的热膨胀系数。

[0034] 此外,当由炉产生的玻璃从一种组成转变成另一种组成时,诸如密度和折射指数的性质也是重要的。特别重要的转化是从普通浮法玻璃向根据本发明的玻璃转化。这样的转化是在“运行中(on the run)”进行的,即将进料到炉中的原料混合物转化成适合于该新组成的混合物,而不排空炉子或停止熔化。如果两种玻璃组成具有相似的密度和折射指数,则可以减少转化所花费的时间,因为这时两种组成的混合更容易发生。

[0035] 因此,也希望提供具有在25 $^{\circ}\text{C}$ 下 $2.50-2.70 \text{ g cm}^{-3}$,优选在25 $^{\circ}\text{C}$ 下 $2.51-2.69 \text{ g cm}^{-3}$,更优选在25 $^{\circ}\text{C}$ 下 $2.52-2.68 \text{ g cm}^{-3}$,进一步优选在25 $^{\circ}\text{C}$ 下 $2.53-2.67 \text{ g cm}^{-3}$,更加优选在25 $^{\circ}\text{C}$ 下 $2.54-2.66 \text{ g cm}^{-3}$,最优选在25 $^{\circ}\text{C}$ 下 $2.55-2.66 \text{ g cm}^{-3}$ 的密度的玻璃组合物

[0036] 类似地,如果根据本发明的玻璃具有1.50-1.62,优选1.51-1.60,更优选1.52-1.59,更优选1.53-1.58的折射指数,则这是期望的。

[0037] 本发明还包括具有根据所附权利要求的玻璃组成的玻璃制品,特别是由具有本文所要求保护的玻璃组成的玻璃形成的玻璃片材。另外,本发明包括用一个或多个这样的玻璃片材制成的防火窗玻璃。此外,本发明还包括包含具有本文所要求保护的玻璃的玻璃基材,和使用这种玻璃基材制造的任何产品,包括但不限于显示面板、盘、半导体器件和光伏电池,特别是太阳能电池。根据本发明的玻璃基材可以用于CdTe和CIGS (Cu-In-Ga-Se) 太阳能电池等。

[0038] 现在将参考表1中列出的以下非限制性实施例进一步描述本发明。在该表中,实施例3-7是根据本发明的,实施例1、2和8至20是比较例。特别地,实施例1是普通浮法玻璃的代表且具有536 $^{\circ}\text{C}$ 的应变点。相比之下,实施例2-20具有574 $^{\circ}\text{C}$ -595 $^{\circ}\text{C}$ 的应变点,根据本发明的实施例跨相同的应变点范围。

[0039] 实施例7具有最高的应变点,即595 $^{\circ}\text{C}$ 。该实施例也具有很低的熔化温度,即1290 $^{\circ}\text{C}$ 。实际上,该在高温下整体具有相对低的粘度,包括仅972 $^{\circ}\text{C}$ 的成形温度。由于该玻璃的液相线温度相对高,在1171 $^{\circ}\text{C}$,因此这导致-199 $^{\circ}\text{C}$ 的热加工温度范围。实施例5和6在应变点方面仅落后(concede)一或二度,且分别具有-91 $^{\circ}\text{C}$ 和-108 $^{\circ}\text{C}$ 的热加工温度范围,从制造方面看这使得它们成为更好的提议。

[0040] 因此,具有根据本发明的玻璃组成的玻璃提供显著增加的应变点,同时保持适当的制造和室温性质,使其适合于高温加工和在升高温下需要增加的尺寸稳定性的其它应用。

[0041] 表1

[0042]

实施例序号	1	2	3	4	5	6	7
组成 (wt %)							
SiO ₂	72.8	69.7	64.2	61.5	66.6	65.4	62
Na ₂ O	13.4	10	11.8	11.7	10.1	10.1	10.1
CaO	8.71	15.3	12.06	12.0	9.2	10.2	12.1
MgO	4.26	4.24	4.29	4.15	4.13	4.22	4.35
Al ₂ O ₃	0.4	0.4	0.11	7.06	5.03	4.12	0.08
ZrO ₂							
TiO ₂			7.2	3.1	4.6	5.5	10.8
SrO							
BaO							
SO ₃	0.31	0.34	0.31	0.34	0.24	0.28	0.34
Fe ₂ O ₃ (痕量组分)	0.015	0.015	0.013	0.107	0.102	0.105	0.103
K ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
成型特征							
液相线温度 (°C)	1066	1201	1116	1157	1158	1154	1171
热加工温度范围(液相线减去T log 4)	-39	-179	-143	-135	-91	-108	-199
主要失透相	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.	Woll.
物理性质							
热膨胀系数 (50°-350°C)	87.1	84.9	89.0	86.4	76.2	77.9	83.1
杨氏模量 E (GNm ⁻²)	74.8	79.9	84.1	80.8	79.2	80.8	84.5
剪切模量 G (GNm ⁻²)	30.5	32.5	33.8	32.9	32.5	33.3	34.3
泊比 σ	0.23	0.23	0.25	0.23	0.22	0.21	0.23
密度 (g/cm ³ @ 25°C)	2.495	2.563	2.619	2.594	2.551	2.572	2.661
折射指数(Nad)	1.5182	1.5388	1.5688	1.5492	1.5441	1.5517	1.589
粘度分布 (°C)							
T log 2 泊 (熔化温度)	1448	1389	1309	1389	1476	1431	1290
T log 2.5 泊	1304	1265	1195	1264	1336	1300	1182
T log 3 泊	1191	1167	1105	1165	1227	1197	1097
T log 4 泊 (成型温度)	1027	1021	973	1021	1067	1046	972
T log 5 泊	912	919	881	921	957	941	885
T log 7.6 泊 (软化点)	732	755	734	762	782	775	747
T log 13 泊 (退火点)	563	600	596	613	619	619	616
T log 13.4 泊	555	592	589	606	611	612	610
T log 14.5 泊 (应变点)	536	575	574	589	593	594	595

[0043] 表1 (续)

[0044]

实施例序号	8	9	10	11	12	13	14
组成 (wt %)							
SiO ₂	68.0	68.7	69.1	66.2	64.8	67.7	67.0
Na ₂ O	11.7	12	12.3	10.9	11.8	11.9	11.5
CaO	9.86	8.52	7.24	6.23	11.9	6.51	11.5
MgO	4.43	4.52	4.62	4.21	4.24	4.42	4.40
Al ₂ O ₃	3.47	1.88	0.28	0.08	0.03	0.08	5.20
ZrO ₂	2.14	4.06	6.1	6.8	6.8	8.8	
TiO ₂							
SrO				5.0			
BaO							
SO ₃	0.22	0.21	0.185	0.29	0.31	0.24	0.26
Fe ₂ O ₃ (痕量组分)	0.075	0.075	0.077	0.058	0.015	0.104	0.075
K ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
成型特征							
液相线温度 (°C)	1148	1129	1079	1030	1149	1075	1164
热加工温度范围(液相线减去 T log 4)	-84	-46	14	57	-105	44	-110
主要失透相		透辉石	透辉石	Woll.	Woll.	Woll.	
物理性质							
热膨胀系数 (50°-350°C)	81.8	80.9	79.9	78.7	84.2	76.8	84.7
杨氏模量 E (GNm ⁻²)	78.3	79.3	78.1	80.4	82.8	80	78
剪切模量 G (GNm ⁻²)	32.1	32.4	32.2	33.3	33.6	33.7	32.1
泊松比 σ	0.22	0.22	0.21	0.21	0.23	0.19	0.22
密度(g/cm ³ @ 25°C)	2.554	2.568	2.581	2.668	2.664	2.620	2.541
折射指数(Nad)	1.5322	1.5347	1.5361	1.5452	1.5544	1.5436	1.5298
粘度分布 (°C)							

[0045]

T log 2 泊 (熔化温度)	1456	1472	1478	1453	1380	1482	1452
T log 2.5 泊	1324	1343	1352	1334	1269	1365	1317
T log 3 泊	1219	1239	1249	1237	1180	1268	1211
T log 4 泊 (成型温度)	1064	1082	1093	1087	1043	1118	1054
T log 5 泊	953	970	980	977	944	1007	944
T log 7.6 泊 (软化点)	775	786	793	794	781	818	769
T log 13 泊 (退火点)	605	607	608	609	619	626	602
T log 13.4 泊	597	598	599	600	611	617	594
T log 14.5 泊 (应变点)	577	577	577	579	592	594	575

[0046] 表1 (续)

[0047]

实施例序号	15	16	17	18	19	20
组成 (wt %)						
SiO ₂	65.8	67.7	63.9	64.0	64.8	63.3
Na ₂ O	11.6	11.6	11.3	11.3	10.8	11.5
CaO	11.61	11.88	12.1	10.9	12.6	7.5
MgO	4.21	2.05	4.14	5.27	4.3	4.86
Al ₂ O ₃	6.35	6.41	8.03	8.00	7.06	8.0
ZrO ₂ TiO ₂ SrO BaO						4.3
SO ₃	0.27	0.22	0.33	0.33	0.28	0.27
Fe ₂ O ₃ (痕量组分)	0.014	0.012	0.105	0.105	0.107	0.107
K ₂ O	0.06	0.06	0.01	0.01	0.01	0.02
成型特征						
液相线温度 (°C)	1168	1174	1178	1209	1173	1140
热加工温度范围(液相线减去 T log 4)	-118	-107	-116	-140	-109	-69
主要失透相	Woll.	Woll.	透辉石	透辉石	透辉石	
物理性质						
热膨胀系数 (50°-350°C)	85.2	84.8	84.1	83.4	82.9	83.9
杨氏模量 E (GNm ⁻²)	79.8	77.2	78.9	79.1	79.7	78.7
剪切模量 G (GNm ⁻²)	32.8	31.5	32.8	32.4	32.6	32
泊松比 σ	0.22	0.22	0.20	0.22	0.23	0.23
密度(g/cm ³ @ 25°C)	2.5478	2.5225	2.556	2.550	2.556	2.582
折射指数 (Nad)	1.5311	1.5268	1.5321	1.5317	1.5325	1.5294
粘度分布 (°C)						
T log 2 泊 (熔化温度)	1444	1495	1451	1462	1452	1472
T log 2.5 泊	1310	1347	1320	1329	1321	1337

[0048]

T log 3 泊	1204	1233	1216	1224	1217	1230
T log 4 泊 (成型温度)	1049	1066	1062	1068	1064	1071
T log 5 泊	940	952	953	959	955	958
T log 7.6 泊 (软化点)	768	772	780	783	782	776
T log 13 泊 (退火点)	604	605	615	616	617	602
T log 13.4 泊	597	598	607	608	609	594
T log 14.5 泊 (应变点)	578	579	588	589	590	574