

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷
C03C 13/00
C03C 3/118



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02810477.3

[43] 公开日 2004 年 7 月 7 日

[11] 公开号 CN 1511120A

[22] 申请日 2002.5.2 [21] 申请号 02810477.3
[30] 优先权
[32] 2001. 5. 23 [33] FR [31] 01/06859
[86] 国际申请 PCT/FR2002/001509 2002.5.2
[87] 国际公布 WO2002/094728 法 2002.11.28
[85] 进入国家阶段日期 2003.11.24
[71] 申请人 法国圣戈班韦特罗特斯有限公司
地址 法国香伯里
[72] 发明人 E·勒孔特 S·克勒

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 钟守期 段晓玲

权利要求书 2 页 说明书 9 页

[54] 发明名称 低介电常数的增强玻璃纤维
[57] 摘要

本发明涉及增强玻璃纤维，以重量百分比表示，其组成是，SiO₂ 50 至 60%，优选 SiO₂ ≥52% 和/或 SiO₂ ≤57%；Al₂O₃ 10 至 19%，优选 Al₂O₃ ≥13% 和/或 Al₂O₃ ≤17%；B₂O₃ 16 至 25%；P₂O₅ 0.5 至 4%；Na₂O ≤1.5%，优选 Na₂O ≤0.8%；K₂O ≤1.5%，优选 K₂O ≤0.8%；R₂O ≤2%，优选 R₂O ≤1%；CaO ≤10%；MgO ≤10%；F ≤0 至 2%；RO 4 至 15%，优选 RO ≥6% 和/或 RO ≤10%；其它成分 ≤3%；其中 R₂O = Na₂O + K₂O + Li₂O，RO = CaO + MgO。这样的玻璃组合物的介电性能是特别有利的。

ISSN 1008-4274

1、增强玻璃纤维，其组成包括下列组份，以重量百分比表示：

SiO_2	50 至 60%，优选 $\text{SiO}_2 \geq 52\%$ 和/或 $\text{SiO}_2 \leq 57\%$
Al_2O_3	10 至 19%，优选 $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 13\%$ 和/或 $\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 17\%$
B_2O_3	16 至 25%
P_2O_5	0.5 至 4%
Na_2O	$\leq 1.5\%$ ，优选 $\text{Na}_2\text{O} \leq 0.8\%$
K_2O	$\leq 1.5\%$ ，优选 $\text{K}_2\text{O} \leq 0.8\%$
R_2O	$\leq 2\%$ ，优选 $\text{R}_2\text{O} \leq 1\%$
CaO	$\leq 10\%$
MgO	$\leq 10\%$
F	≤ 0 至 2%
RO	4 至 15%，优选 $\text{RO} \geq 6\%$ 和/或 $\text{RO} \leq 10\%$
其它成分	$\leq 3\%$

其中 $\text{R}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O}$ ， $\text{RO} = \text{CaO} + \text{MgO}$ 。

2、权利要求 1 的玻璃纤维，其特征在于，其组成中磷 (P_2O_5) 的含量是 $\text{P}_2\text{O}_5 \geq 1\%$ 和/或 $\text{P}_2\text{O}_5 \leq 3\%$ ，或者甚至 $\text{P}_2\text{O}_5 \leq 2\%$ 。

5 3、上述权利要求之一项的玻璃纤维，其特征在于，其组成中石灰 (CaO) 的含量是 $\text{CaO} \leq 8\%$ ，或者甚至 $\text{CaO} \leq 6\%$ 和/或 $\text{CaO} \geq 2\%$ ，或者甚至 $\text{CaO} \geq 4\%$ 。

4、上述权利要求之一项的玻璃纤维，其特征在于，其组成中氧化镁 (MgO) 的含量是 $\text{MgO} \leq 8\%$ ，或者甚至 $\text{MgO} \leq 6\%$ 和/或 $\text{MgO} \geq 2\%$ 。

10 5、上述权利要求之一项的玻璃纤维，其特征在于，其组成中硼 (B_2O_3) 的含量是 $\text{B}_2\text{O}_3 \geq 18\%$ 和/或 $\text{B}_2\text{O}_3 \leq 22\%$ ，或者甚至 $\text{B}_2\text{O}_3 \leq 20\%$ 。

6、玻璃纤维和有机材料和/或无机材料的复合材料，其特征在于，包括权利要求 1 至 5 之一定义的玻璃纤维。

15 7、权利要求 1 至 5 之一的玻璃纤维的应用，用于制备印刷电路基底。

8、制备权利要求 1 至 5 之一项中定义的玻璃纤维的方法，其中将从位于一个或多个漏板底部的许多小孔流出的大量熔融玻璃流拉制成连续单丝的一个或多个网，然后将单丝聚集在一起形成一个或多个收集在移动载体上的纤维。

9、权利要求8的方法，其特征在于，进入漏板的小孔的熔融玻璃具有下列组成，以重量百分比表示：

SiO_2	50 至 60 %，优选 $\text{SiO}_2 \geq 52\%$ 和/或 $\text{SiO}_2 \leq 57\%$
Al_2O_3	10 至 19 %，优选 $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 13\%$ 和/或 $\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 17\%$
B_2O_3	16 至 25 %
P_2O_5	0.5 至 4 %
Na_2O	$\leq 1.5\%$ ，优选 $\text{Na}_2\text{O} \leq 0.8\%$
K_2O	$\leq 1.5\%$ ，优选 $\text{K}_2\text{O} \leq 0.8\%$
R_2O	$\leq 2\%$ ，优选 $\text{R}_2\text{O} \leq 1\%$
CaO	$\leq 10\%$
MgO	$\leq 10\%$
F	≤ 0 至 2 %
RO	4 至 15 %，优选 $\text{RO} \geq 6\%$ 和/或 $\text{RO} \leq 10\%$
其它成分	$\leq 3\%$

其中 $\text{R}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O}$ ， $\text{RO} = \text{CaO} + \text{MgO}$ 。

10、适合制备增强玻璃纤维的玻璃组合物，其包括下列组成，以重量百分比表示：

SiO_2	50 至 60 %，优选 $\text{SiO}_2 \geq 52\%$ 和/或 $\text{SiO}_2 \leq 57\%$
Al_2O_3	10 至 19 %，优选 $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 13\%$ 和/或 $\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 17\%$
B_2O_3	16 至 25 %
P_2O_5	0.5 至 4 %
Na_2O	$\leq 1.5\%$ ，优选 $\text{Na}_2\text{O} \leq 0.8\%$
K_2O	$\leq 1.5\%$ ，优选 $\text{K}_2\text{O} \leq 0.8\%$
R_2O	$\leq 2\%$ ，优选 $\text{R}_2\text{O} \leq 1\%$
CaO	$\leq 10\%$
MgO	$\leq 10\%$
F	≤ 0 至 2 %
RO	4 至 15 %，优选 $\text{RO} \geq 6\%$ 和/或 $\text{RO} \leq 10\%$
其它成分	$\leq 3\%$

其中 $\text{R}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O}$ ， $\text{RO} = \text{CaO} + \text{MgO}$ 。

低介电常数的增强玻璃纤维

本发明涉及增强玻璃纤维，也就是说那些可用于增强有机材料和/或无机材料并可用作纺织纤维的增强玻璃纤维，这些纤维可通过机械拉制从位于漏板 (filière) 底部 (通常通过电阻加热) 的孔流出的熔融玻璃流而得。

更确切地说，本发明旨在具有特别有利的新组成的低介电常数玻璃纤维。

对介电常数和介电损耗低的玻璃纤维的需求日益增大，这样的玻璃纤维主要以织物的形式用以增强印刷电路基底。印刷电路基底主要由增强材料 - 特别是玻璃纤维 - 和树脂组成，在树脂上放置各种电子和/或电器元件。

一方面，随着电子和/或电信号 (包括越来越高频的信号) 处理速度的提高，另一方面，随着导致在基底上的密度越来越高的元件微型化，基底的介电性能变得更为关键。如果这些性能没有所期望的特性，那么存在过热和/或信号失真的危险。

常规用于印刷电路板的聚合物基本上由环氧树脂组成。目前已知具有优良介电性能的聚合物，特别是聚酰亚胺树脂、氰酸盐醚、聚酯或者甚至 PTFE，它们的介电性能是令人满意的。

因此，印刷电路板的介电性能方面的任何改善基本上必须依赖于改善增强材料 - 在本发明中是玻璃纤维 - 的性能，其通常占体积的约 60%。

当玻璃通交流电时，一些交流电转化为分散 (dissipée) 在该材料中的电能。该电能被称作介电损耗。对于给定的频率来说，介电损耗与取决于玻璃组成的介电常数和损耗角正切值 ($\tan \delta$) 成比例。介电损耗表示为 (例如参见 J. C. Dubois 在《工程技术 (Techniques de l'Ingenieur)》, 标题“电子学” (Electronique), 第 E 章 1850: 聚合物的介电性质 (Propriétés diélectriques des polymères)):

其中

W 是分散在玻璃中的电能或介电损耗;

$$W = k.f.v^2.\epsilon.\tan \delta$$

K 是常数;

F 是频率;

V 是电位梯度;

ϵ 是介电常数; 和

5 $\tan \delta$ 是介电损耗角正切值或介电损耗因子。

如果 $\tan \delta < 0.1$, 那么通常将 $\epsilon \tan \delta$ 表示为 ϵ'' 。

从该公式可以清楚地看出, 频率越高, 或者 ϵ 和/或 $\tan \delta$ 越高, 那么介电损耗将变得越大。

在本文的其余部分中, 术语“介电性能”是指偶 (ϵ 、 ϵ'')。为
10 了使信号失真最小化, 希望 ϵ 和 ϵ'' 尽可能地低。

因此重要地是获得玻璃组成, 其能够纤维化以形成连续的增强纤维, 其介电性能可以与最新的印刷电路板的要求相匹配。

更确切地, 应该注意到提高构件的操作频率的趋势, 该频率范围是 GHz (吉赫) 的数量级, 特别地对于电话是 0.9 至 1.8 GHz。

15 因此, 特别地对于该应用领域来说, 研究玻璃纤维在该频率范围中的行为并优化其组成以限制介电损耗是非常重要的。

应该注意到在该领域中公开的现有的研究涉及在 MHz 数量级的频率范围中玻璃的介电性能。

因此本发明的目的是提供一种新的用于形成增强纤维的玻璃组合物, 其介电性能在 MHz 范围内与已知玻璃的介电性能处于相同的数量级, 该玻璃组合物同时具有改善了的在 GHz 范围中的介电性能, 同时
20 仍然具有令人满意的成纤性能以便经济地获得增强纤维。

此外, 希望所述玻璃具有好的抗水解性能。

在说明书的其余部分中, 规定如下:

25 在介电性能方面:

- “MHz 范围”是在其中表征了玻璃的介电性能的频率范围, 特别是在 1 MHz;

- “GHz 范围”是其中表征了玻璃的介电性能的频率范围, 特别是在 10 GHz;

30 - 通常认为, 如果在 1MHz 下测量时 ϵ'' 小于 50×10^{-4} ; 在 10GHz 下测量时 ϵ'' 小于 100×10^{-4} , 那么介电性能是令人满意的。

此外, 希望 ϵ 值低, 优选低于 6, 或甚至低于或等于 5。

成纤性能方面，其特别地是由下列决定：

- 对应于 10^3 泊粘度的温度，用“ $T(\log \eta = 3)$ ”表示，其给出了关于通常在其附近实现成纤（特别是由铂漏板）的温度的信息；

- “液线温度”，用“ $T_{\text{液线}}$ ”表示，其对应于最耐熔晶体的生长率是零的温度。液线温度给出了其中玻璃可以具有失透倾向的温度范围的上限。

如果 $T(\log \eta = 3)$ 小于或等于 1350°C 并且如果 $T_{\text{液线}}$ 大于 100°C ，优选大于 300°C ，低于 $T(\log \eta = 3)$ ，那么可以经济地使玻璃成纤化。 $T(\log \eta = 3)$ 和 $T_{\text{液线}}$ 之间的差值越大，越可能顺利地完

10 成成纤化，并越可以使成纤化期间的断裂危险降低至最低。

术语“抗水解性”意味着由于沥取玻璃不得不溶解的能力。

该性能是通过测定细研磨（ 360 至 $400\ \mu\text{m}$ ）的在保持在沸点下的水中放置 5 小时（在 100 毫升水中 10 克玻璃）的玻璃粉末的重量损失。在快速冷却之后，过滤该溶液，部分滤液在蒸发之后称量。以这种方式，测定每克测试玻璃的提取的玻璃量（“沥取”玻璃，mg），这用

15 “DGG”表示。DGG 的值越低，该玻璃的抗水解性越好。如果 DGG 值低于 25，优选低于 10，那么认为玻璃的抗水解性是好的。

因此大多数常规使用的增强玻璃纤维是由这种玻璃形成的纤维，即其是由 SiO_2 - Al_2O_3 - CaO 三元相图的 1170°C 低共熔体生产的玻璃，特别地该纤维被称作 E-玻璃纤维，其原型描述在 US-A-2 334 981 和

20 US-A-2 571 074 中。E-玻璃纤维具有基本上基于二氧化硅、三氧化二铝、石灰和氧化硼的玻璃组成。在“E-玻璃”型玻璃组成中，实际含量是 5 至 13 重量%的氧化硼替代了一些二氧化硅。此外 E-玻璃纤维的特征在于有限的碱金属氧化物（基本上是 Na_2O 和/或 K_2O ）含量。它们的介电性能对于印刷电路基底新的要求来说证明是不足的。

25

其它类的玻璃纤维是已知的，并且可以从非常富含二氧化硅和硼的组合物获得。这类被称作“D-玻璃”的玻璃包含约 75% SiO_2 、20% B_2O_3 和 3% 碱金属。这些玻璃因它们的介电性能之故而特别有利，但是它们非常难以成纤化（ $T(\log \eta = 3) > 1400^\circ\text{C}$ ）并因此是特别昂贵的。

30 最近已经提出了可以获得有效介电性能并获得相对经济的成纤化条件的新组合物。该组合物例如描述在申请 W099/39363 和 W099/52833 中。

这些组合物，尽管因它们在 MHz 范围中测定的介电性能之故而特别有利，在 GHz 范围中表现出高的介电损耗，结果如表I所示。

本发明的玻璃纤维是由基本上包括在下面限定的范围中的下列成分的组合物获得的，以重量百分比表示：

SiO ₂	50 至 60 %
Al ₂ O ₃	10 至 19 %
B ₂ O ₃	16 至 25 %
P ₂ O ₅	0.5 至 4 %
Na ₂ O	小于或等于 1.5 %
K ₂ O	小于或等于 1.5 %
R ₂ O (Na ₂ O+K ₂ O+Li ₂ O)	小于或等于 2 %
CaO	小于或等于 10 %
MgO	小于或等于 10 %
RO (CaO+ MgO)	4 至 15 %
F	0 至 2 %
其他	小于或等于 3 %

5 因此，本发明提供一种选择的新组合物以在 MHz 范围中获得好的介电性能。

令人惊奇地发现，本发明的组合物也在 GHz 范围中具有好的介电性能。

10 本发明的组合物可以获得令人满意的和有利的成纤化性能，允许经济地进行成纤化，特别是因为 $T(\log \eta = 3) \leq 1350^\circ\text{C}$ 。

本发明的组合物显著地具有非常低的液线温度，特别地低于或等于 1000°C 。因此在纤维化坩埚的冷区域中和在将玻璃从熔炉输送至纤维化坩埚的管道中成纤期间失透的危险性明显降低。

15 此外，本发明的组合物具有好的抗水解性，特别是具有低于 10 的 DGG 值。

二氧化硅是形成本发明玻璃骨架 (reseau) 的氧化物之一，并且起稳定它们的主要作用。

所选择的组合物的二氧化硅含量是 50 至 60%，特别地大于 52%，和/或特别地低于或等于 57%。

20 氧化铝也是形成本发明玻璃骨架的成分，并且在这些玻璃的抗水

解性方面起重要作用。在本发明限定的范围中，将该氧化物的含量降低至低于 10% 意味着该玻璃对水解侵蚀更敏感，同时过度地提高该氧化物的含量产生失透的危险和粘度的升高。

该选择的组合物的氧化铝 (Al_2O_3) 含量是 10 至 19%，特别是大于或等于 13%，和/或特别地低于或等于 17%。

选择的组合物的石灰 (CaO) 含量低于或等于 10%，特别是低于或等于 8%，甚至是低于或等于 6%，和/或优选大于或等于 2%，或甚至大于或等于 4%。

所选择的组合物的氧化镁含量小于或等于 10%，特别地小于或等于 8%，或者甚至小于或等于 6%，和/或优选大于或等于 2%。

磷（以 P_2O_5 的形式表示）的加入似乎是本发明的根本点。 P_2O_5 是 0.5 至 4%，优选大于或等于 1% 和/或优选小于或等于 3%，或甚至小于或等于 2%。该氧化物似乎在介电性能方面扮演重要角色，特别是 GHz 范围中，如下面的结果所示。

在碱土金属氧化物、石灰和氧化镁方面的上述限定可以调节本发明玻璃的粘度和控制失透。通过选择这些碱土金属氧化物的总量为 4 至 15%，优选大于或等于 6 和/或优选小于或等于 10% 可以获得好的纤维化性。

此外， CaO 似乎也对抗水解性作为有利的贡献。

在本发明的玻璃纤维组合物中也可以加入碱金属氧化物，特别是氧化钠和氧化钾以便限制失透和可能降低玻璃的粘度。然而，碱金属氧化物的含量 ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O}$) 必须低于或等于 2% 以避免介电性能的恶化和避免玻璃的抗水解性的不利的降低。由于在提供其它成分的原料中存在杂质，碱金属氧化物的含量一般是大于 0.1%，优选小于或等于 1%，或者小于或等于 0.5% 或甚至小于或等于 0.3%。该组合物可以包含仅一种碱金属氧化物（选自 Na_2O 、 K_2O 、 Li_2O ）或可以包含至少二种碱金属氧化物的组合，每种碱金属氧化物的含量小于或等于 1.5%，优选等于或等于 0.8%。

硼含量是 16 至 25%，优选大于或等于 18% 和/或优选小于或等于 22%，或者甚至小于或等于 20%。根据本发明优选的方案，希望将该氧化物的含量限制为一方面与 D-玻璃相比中等的含量，另一方面不降低抗水解性，因为包含硼的原料的成本是非常高的。硼也可以通过加

入作为原料的包含硼的玻璃纤维碎片-例如 E-玻璃纤维碎片-形式而以适中的含量加入。

为了改善玻璃的熔融性，可以加入少量的氟 (F_2)，特别是 0.5 至 2%，或者其可以作为杂质存在，特别是以 0.1 至 0.5% 的量存在。

- 5 可任选的 TiO_2 和/或 Fe_2O_3 的含量宁可被作为是经常在这种组合物中存在的杂质含量。 TiO_2 的含量可以最高达 2 至 3%，但是优选小于 2%，或者甚至小于 1%。

- 10 在本文的其余部分，该组合物的组分的任何百分比必须理解为重量%，并且正如这种组合物中已知的，本发明组合物可以包含最高达 2 或 3% 被认为是不可分析杂质的化合物。

本发明也涉及由该玻璃纤维制成的复合材料和至少通过上述组合物的玻璃纤维增强的有机材料。

优选地，这样的玻璃纤维被用于制备印刷电路基底。

- 15 本发明也涉及制备上述组合物的玻璃纤维的方法，其中将从布置在一个或多个漏板底部的许多小孔流出的大量熔融玻璃流拉制成连续单丝的一个或多个网 (nappe)，然后将单丝聚集在一起形成一个或多个收集在移动载体上的纤维。

优选，供给漏板的孔的熔融玻璃具有下列组成，以重量百分比表示：

SiO_2	50 至 60%，优选 $SiO_2 \geq 52\%$ 和/或 $SiO_2 \leq 57\%$
Al_2O_3	10 至 19%，优选 $Al_2O_3 \geq 13\%$ 和/或 $Al_2O_3 \leq 17\%$
B_2O_3	16 至 25%
P_2O_5	0.5 至 4%
Na_2O	$\leq 1.5\%$ ，优选 $Na_2O \leq 0.8\%$
K_2O	$\leq 1.5\%$ ，优选 $K_2O \leq 0.8\%$
R_2O	$\leq 2\%$ ，优选 $R_2O \leq 1\%$
CaO	$\leq 10\%$
MgO	$\leq 10\%$
F	≤ 0 至 2%
RO	4 至 15%，优选 $RO \geq 6\%$ 和/或 $RO \leq 10\%$
其它成分	$\leq 3\%$

其中 $R_2O = Na_2O + K_2O + Li_2O$ ， $RO = CaO + MgO$ 。

因此可以在类似于 E-玻璃的工艺条件下制备这种玻璃纤维，并因此特别经济地获得具有好的介电性能的玻璃。

本发明也涉及适合于制备增强玻璃纤维的玻璃组合物，其包括下列组分，以重量百分比表示：

SiO_2	50 至 60%，优选 $\text{SiO}_2 \geq 52\%$ 和/或 $\text{SiO}_2 \leq 57\%$
Al_2O_3	10 至 19%，优选 $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 13\%$ 和/或 $\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 17\%$
B_2O_3	16 至 25%
P_2O_5	0.5 至 4%
Na_2O	$\leq 1.5\%$ ，优选 $\text{Na}_2\text{O} \leq 0.8\%$
K_2O	$\leq 1.5\%$ ，优选 $\text{K}_2\text{O} \leq 0.8\%$
R_2O	$\leq 2\%$ ，优选 $\text{R}_2\text{O} \leq 1\%$
CaO	$\leq 10\%$
MgO	$\leq 10\%$
F	≤ 0 至 2%
RO	4 至 15%，优选 $\text{RO} \geq 6\%$ 和/或 $\text{RO} \leq 10\%$
其它成分	$\leq 3\%$

$$\text{R}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O}, \text{RO} = \text{CaO} + \text{MgO}.$$

5 通过下面列于表 I 中的实施例 1 和实施例 2 将更充分地理解本发明玻璃纤维提供的优点，这些实施例说明本发明而不是对其的限制。

对比实施例 A、B、C 也列于表 I 中。

10 在这些实施例中，由直径是 $14\mu\text{m}$ 的玻璃丝组成的玻璃纤维是通过拉制熔融玻璃获得的；该玻璃的组成列于表 I 中，以重量百分比表示。

当所有化合物的含量总和略微小于或大于 100% 时，可以理解残余量是杂质和不能分析出的少量组分（其含量至多是 1 至 2%）和/或是在所采用的分析方法中可接受的近似法造成的。

$T(\log \eta = 3)$ 表示玻璃粘度是 10^3 泊时的温度。

15 $T_{\text{液线}}$ 表示玻璃的液线温度，相当于最耐熔相（其可以在玻璃中反玻璃化）具有零生长率并因此相当于该反玻璃化相的熔点的温度。

示出在 1MHz 和 10GHz 这二者下测定的介电性能的值（ ϵ' 、 ϵ'' ）。

在 1MHz 下的测量是以本领域专业人员已知的这类度量的常规方式完成的。

在 10GHz 下的测定是根据 W.B. Westphal ("Distrubuted Circuits", Dielectric materials and applications, the technology Press of MIT and John Wiley & Sons, Inc. New York, Chapman & Hall, Ltd., London, 1954; 特别地参见 69 页) 描述的方法进行的。该方法的原理是以测量靠着波导管放置的盘形试样的介电性能为基础的。

该方法可以在非常高的频率下获得精确的结果。

还说明玻璃的抗水解性的测量方法: 根据上述 "DGG" 试验进行的。

对比实施例 A、B、C 分别相当于:

10 A: E-玻璃

B: D-玻璃

C: 根据专利申请 W099/52833 的玻璃。

可以看出, 本发明的实施例明显综合考虑了成纤化性能和介电性能。

15 这是因为它们的成纤化性能是特别有利的, 特别是液线温度低于 1000°C。

成纤化范围是非常宽的, 特别是 $T(\log \eta = 3)$ 和 $T_{液线}$ 之间的差值大于 300°C。

20 本发明组合物的介电性能与 W099/52833 的组合物介电性能对于 1MHz 下的测量来说处于相同的数量级。

令人惊奇的效果是在 10GHz 下测量本发明玻璃的介电性能的情况下出现的。这是因为本发明玻璃的介电损耗约是 W099/52833 的玻璃的一半, 并且是 E-玻璃的约五分子一。

25 因此, 介电性能明显地接近于 D-玻璃的, 而本发明玻璃的成纤化温度与 D-玻璃相比显著降低。

也可以注意到, 本发明玻璃具有优良的抗水解性。

本发明的玻璃纤维有利地适用于传统 E-玻璃纤维的所有常规应用, 并且可以代替 D-玻璃用于一些领域。

表 1

	实施例1	实施例2	A	B	C
SiO ₂	52,4	53,0	54,4	75,3	52,7
Al ₂ O ₃	15,8	15,8	14,5	0,7	15,9
B ₂ O ₃	19,0	19,6	7,3	19,6	18,8
Na ₂ O	0,5	0,5	0,55	1,8	
K ₂ O	0,3	0,3	0,35	1,2	
R ₂ O	0,8	0,8	0,9	3	0,8
CaO	5,2	5,3	22,1	0,8	4,5
MgO	3,8	3,9	0,25	0,4	4
TiO ₂	0,15	0,15			2,8
P ₂ O ₅	2,6	1,2			
F	0,2	0,2			0,3
γ(log η = 3) (°C)	1342	1327	1200	1410	1305
T液线 (°C)	990	960	1080	< 900	1060
ε _{在 1 MHz}	5,1	4,9	6,6	4,6	5,2
ε'' _{在 1 MHz (x 10⁴)}	≤ 40	≤ 40	80	40	40
ε _{在 10 GHz}	3,4	3,4	2,6	3,0	3,6
ε'' _{在 10 GHz (x 10⁴)}	90	90	600	30	170
DGG	5,8	< 6	7	40	5,8