



(21) 申请号 202180049421.1

(22) 申请日 2021.10.04

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115884948 A

(43) 申请公布日 2023.03.31

(30) 优先权数据
2020-170774 2020.10.08 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2023.01.10

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2021/036664 2021.10.04

(87) PCT国际申请的公布数据
W02022/075273 JA 2022.04.14

(73) 专利权人 日东纺绩株式会社
地址 日本福岛县福岛市乡野目字东1番地

(72) 发明人 贯井洋佑

(74) 专利代理机构 北京怡丰知识产权代理有限公司 11293
专利代理师 李艳丽 高华丽

(51) Int.Cl.
B29B 15/08 (2006.01)
B29K 105/12 (2006.01)
C08L 67/02 (2006.01)
C08K 7/14 (2006.01)
C08K 3/36 (2006.01)
C08K 3/20 (2006.01)
C03C 13/00 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 101300199 A, 2008.11.05
CN 101549958 A, 2009.10.07

审查员 么文静

权利要求书1页 说明书18页

(54) 发明名称

玻璃纤维增强树脂成型品

(57) 摘要

本发明提供一种玻璃纤维增强树脂成型品。该玻璃纤维增强树脂成型品兼具高尺寸稳定性和低介电特性。在玻璃纤维增强树脂成型品中，玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维的纤维直径D在5.0~15.0 μm的范围内，所述玻璃纤维在测定频率1GHz下的介电常数Dk在4.0~7.0的范围内，所述玻璃纤维的线性膨胀系数C在2.0~6.0ppm/K的范围内，所述玻璃纤维的数均纤维长度L在150~400 μm的范围内，所述D、Dk、C和L满足下述式(1)： $57.9 \leq Dk \times C^{1/4} \times L^{1/2} / D^{1/4} \leq 70.6$ ……(1)。

1. 一种玻璃纤维增强树脂成型品,其特征在于,
所述玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维具备下述组成:
包含相对于玻璃纤维的总量为60.00~70.00质量%范围的 SiO_2 ;
20.00~30.00质量%范围的 Al_2O_3 ;
5.00~11.0质量%范围的 MgO ;
0.15~1.50质量%范围的 Fe_2O_3 ;
合计0.02~0.20质量%范围的 Li_2O 、 Na_2O 和 K_2O ;
0.01~0.10质量%范围的 CaO ;以及
0.01~0.10质量%范围的 ZrO_2 ;
 B_2O_3 、 TiO_2 和 F_2 的含有率均小于0.01质量%,
 MgO 的含有率相对于 Fe_2O_3 与 CaO 的合计含有率之比($\text{MgO}/(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{CaO})$)为17.0~37.0的范围,
所述玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维的纤维直径 D 在5.0~15.0 μm 的范围内,
所述玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维在测定频率1GHz下的介电常数 D_k 在4.0~7.0的范围内,
所述玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维的线性膨胀系数 C 在2.0~6.0ppm/K的范围内,
所述玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维的数均纤维长度 L 在150~400 μm 的范围内,
所述 D 、 D_k 、 C 和 L 满足下述式(1):
$$58.2 \leq D_k \times C^{1/4} \times L^{1/2} / D^{1/4} \leq 61.7 \dots \dots (1)。$$
2. 根据权利要求1所述的玻璃纤维增强树脂成型品,其特征在于,所述玻璃纤维增强树脂成型品所包含的树脂为聚对苯二甲酸丁二醇酯。

玻璃纤维增强树脂成型品

[技术领域]

[0001] 本发明涉及一种玻璃纤维增强树脂成型品。

[背景技术]

[0002] 以往,为了提高树脂成型品的强度,玻璃纤维在各种用途中被广泛使用。在玻璃纤维增强树脂成型品中,具备E玻璃组成的玻璃纤维(E玻璃纤维)是最常用的。其中,E玻璃组成是相对于玻璃纤维的总量包含52.0~56.0质量%范围的SiO₂、12.0~16.0质量%范围的Al₂O₃、合计20.0~25.0质量%范围的MgO和CaO、以及5.0~10.0质量%范围的B₂O₃的组成。

[0003] 近年来,随着玻璃纤维增强树脂成型品的用途扩大至便携式电子设备零件、汽车等的金属替代材料等,玻璃纤维增强树脂成型品所要求的性能也在提高。

[0004] 为了配合玻璃纤维增强树脂成型品所要求的性能的提高,本申请人提出了一种使用具备E玻璃组成以外的玻璃组成的玻璃纤维的玻璃纤维增强树脂成型品(参照专利文献1、专利文献2)。

[0005] 专利文献1记载了一种包含具备如下玻璃组成的玻璃纤维的玻璃纤维增强树脂成型品,该玻璃组成相对于玻璃纤维的总量包含57.0~60.0质量%范围的SiO₂、17.5~20.0质量%范围的Al₂O₃、8.5~12.0质量%范围的MgO、10.0~13.0质量%范围的CaO、0.5~1.5质量%范围的B₂O₃、以及合计98.0质量%以上的SiO₂、Al₂O₃、MgO和CaO,该玻璃纤维增强树脂成型品兼具高拉伸强度、高弯曲强度、高弯曲弹性模量和高冲击强度。

[0006] 另外,专利文献2记载了一种包含具备如下玻璃组成的玻璃纤维的玻璃纤维增强树脂成型品,该玻璃组成相对于玻璃纤维的总量包含52.0~57.0质量%范围的SiO₂、13.0~17.0质量%范围的Al₂O₃、15.0~21.5质量%范围的B₂O₃、2.0~6.0质量%范围的MgO、2.0~6.0质量%范围的CaO、1.0~4.0质量%范围的TiO₂、小于1.5质量%的F₂、以及合计小于0.6质量%的Li₂O、Na₂O和K₂O,该玻璃纤维增强树脂成型品兼具高拉伸强度、高冲击强度、低介电常数及低介电损耗角正切。

[0007] 另外,在专利文献2中记载了玻璃纤维增强树脂成型品中的介电损耗能量与玻璃纤维增强树脂成型品的介电常数和介电损耗角正切成比例,由下式(α)表示。通常,已知玻璃相对于交流电流将能量吸收为热,玻璃所吸收的能量为介电损耗能量。

[0008] $W = kfv^2 \times \epsilon \tan \delta \cdots \cdots (\alpha)$

[0009] 在式(α)中,W表示介电损耗能量,k表示常数,f表示频率,v²表示电位梯度,ε表示介电常数,tanδ表示介电损耗角正切。根据式(α)可知,介电常数和介电损耗角正切越大,介电损耗就越大,玻璃的发热就越多。

[0010] 因此,通过降低玻璃纤维增强树脂成型品的介电常数和介电损耗角正切,能够抑制在有交流电流流动的环境下的玻璃纤维增强树脂成型品的发热。

[0011] 此外,玻璃对交流电流吸收作为热的能量,因此,当将上述树脂成型品用于上述电子设备的壳体或零件时,存在该树脂成型品发热的问题。

[0012] [现有技术文献]

- [0013] 专利文献
[0014] 专利文献1:日本特开2017-31414号公报
[0015] 专利文献2:日本特开2017-52974号公报

[发明内容]

[0016] 发明要解决的课题

[0017] 近年来,正在以便携式电子设备为中心推进零件的轻薄短小化、零件集成密度的增加。另外,为了通过削减零件数量来削减成本,积极进行了使铁、金属、树脂、纤维增强树脂等异种材料物尽其用的研究,特别是在玻璃纤维增强树脂成型品中,与金属(具体为铝、不锈钢等)的一体成型的采用例正在增多。因此,特别是在便携式电子设备零件中使用的玻璃纤维增强树脂成型品中,要求与金属的接合部更牢固。玻璃纤维增强树脂成型品相对于热的变形(收缩、膨胀)的程度一般比金属大,该变形量的不同会减弱与金属的接合,可推定为引起粘接不良、设备不良的一个主要原因。因此,玻璃纤维增强树脂成型品需要具备比以往更高的尺寸稳定性、特别是更低的线性膨胀系数。另外,为了配合对便携式电子设备的高频的应对,也提高了玻璃纤维增强树脂成型品中的发热抑制的重要性,也需要降低玻璃纤维增强树脂成型品的介电特性。

[0018] 然而,在专利文献1或专利文献2所记载的包含具备玻璃组成的玻璃纤维的玻璃纤维增强树脂成型品中,存在无法兼具高尺寸稳定性和低介电特性的问题。

[0019] 本发明的目的在于解决该问题,提供一种兼具高尺寸稳定性和低介电特性的玻璃纤维增强树脂成型品。

[0020] 用于解决课题的手段

[0021] 为了实现上述目的,本发明的玻璃纤维增强树脂成型品,其特征在于,玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维的纤维直径D在 $5.0 \sim 15.0 \mu\text{m}$ 的范围内,玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维在测定频率1GHz下的介电常数Dk在 $4.0 \sim 7.0$ 的范围内,玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维的线性膨胀系数C在 $2.0 \sim 6.0 \text{ppm/K}$ 的范围内,玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维的数均纤维长度L在 $150 \sim 400 \mu\text{m}$ 的范围内,所述D、Dk、C和L满足下述式(1):

[0022] $57.9 \leq Dk \times C^{1/4} \times L^{1/2} / D^{1/4} \leq 70.6 \dots \dots (1)$ 。

[0023] 根据本发明的玻璃纤维增强树脂成型品,所述D、Dk、C和L在上述范围内,且满足上述式(1)的条件,由此,能够兼具高尺寸稳定性和低介电特性。其中,玻璃纤维增强树脂成型品兼具高尺寸稳定性和低介电特性是指,下面所示的尺寸稳定性·介电特性指标在0.85以下。尺寸稳定性·介电特性指标是指,本发明的玻璃纤维增强树脂成型品在测定频率1GHz下的介电常数MDk乘以本发明的玻璃纤维增强树脂成型品的线性膨胀系数MC而得到的值(MDk×MC)与基准玻璃纤维增强树脂成型品在测定频率1GHz下的介电常数EDk乘以基准玻璃纤维增强树脂成型品的线性膨胀系数EC而得到的值的比((MDk×MC)/(EDk×EC))。其中,基准玻璃纤维增强树脂成型品是指,具备E玻璃组成、与本发明的玻璃纤维增强树脂成型品相同的玻璃含有率含有纤维直径 $11.0 \mu\text{m}$ 的玻璃纤维、并且在与成型本发明的玻璃纤维增强树脂成型品的条件相同的成型条件下制造的玻璃纤维增强树脂成型品。

[0024] 玻璃纤维在测定频率1GHz下的介电常数Dk可以通过以下方法进行测定。首先,例

如利用在300~650°C范围的温度的马弗炉中将玻璃纤维增强树脂成型品加热0.5~24小时左右等方式,使有机物分解。然后,将剩余的玻璃纤维放入铂坩锅中,在电炉中在1600°C的温度下保持6小时,一边搅拌一边使其熔融,由此得到均质的熔融玻璃。接着,将包含熔融玻璃的铂坩锅从电炉中取出,将熔融玻璃冷却。接着,从铂坩锅中敲打出熔融玻璃后,为了消除玻璃的应变,在应变消除温度(660~750°C)下加热2小时,花8小时冷却至室温(20~25°C),得到玻璃块。接着,使用切削加工机、例如金刚石切割刀和研磨机,将得到的玻璃块加工成宽度3mm、长度80mm、厚度1mm的试验片。接着,对于所得到的试验片,依据JIS C 2565:1992,测定测定频率1GHz下的介电常数,由此能够测定玻璃纤维在测定频率1GHz下的介电常数Dk。

[0025] 玻璃纤维的线性膨胀系数C能够通过以下方法进行计算。首先,与前述的玻璃纤维的介电常数的测定方法完全相同地得到玻璃块。接着,使用切削加工机、例如金刚石切割刀和研磨机,将得到的玻璃块加工成4mm×4mm×20mm的试验片。接着,以升温速度10°C/分钟对所得到的试验片进行加热,在50~200°C范围的温度下,使用热机械分析装置(株式会社日立高新技术制造)测定伸长量,根据该伸长量计算出线性膨胀系数,由此能够计算出玻璃纤维的线性膨胀系数C。

[0026] 玻璃纤维增强树脂成型品在测定频率1GHz下的介电常数可以依据JIS C 2565:1992进行测定。

[0027] 玻璃纤维增强树脂成型品的线性膨胀系数能够依据JIS K 7197:2012(测定温度范围:50~200°C,升温速度:10°C/分钟)进行计算。

[0028] 另外,优选地,在本发明的玻璃纤维增强树脂成型品中,所述D、Dk、C和L满足下述式(2):

$$[0029] \quad 58.2 \leq Dk \times C^{1/4} \times L^{1/2} / D^{1/4} \leq 61.7 \dots \dots (2)。$$

[0030] 根据本发明的玻璃纤维增强树脂成型品,所述D、Dk、C和L在上述范围内,且满足上述式(2)的条件,由此,玻璃纤维增强树脂成型品以更高的水准兼具高尺寸稳定性和低介电特性。其中,玻璃纤维增强树脂成型品以更高的水准兼具高尺寸稳定性和低介电特性是指,下面所示的尺寸稳定性·介电特性指标在0.80以下。尺寸稳定性·介电特性指标是指,本发明的玻璃纤维增强树脂成型品在测定频率1GHz下的介电常数MDk乘以本发明的玻璃纤维增强树脂成型品的线性膨胀系数MC而得到的值(MDk×MC)与基准玻璃纤维增强树脂成型品在测定频率1GHz下的介电常数EDk乘以基准玻璃纤维增强树脂成型品的线性膨胀系数EC而得到的值的比((MDk×MC)/(EDk×EC))。其中,基准玻璃纤维增强树脂成型品是指,具备E玻璃组成、与本发明的玻璃纤维增强树脂成型品相同的玻璃含有率含有纤维直径11.0μm的玻璃纤维、并且在与成型本发明的玻璃纤维增强树脂成型品的条件相同的成型条件下制造的玻璃纤维增强树脂成型品。

[0031] 另外,优选地,在本发明的玻璃纤维增强树脂成型品中,玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维具备相对于玻璃纤维的总量包含以下成分的组成:60.00~70.00质量%范围的SiO₂;20.00~30.00质量%范围的Al₂O₃;5.00~15.0质量%范围的MgO;0.15~1.50质量%范围的Fe₂O₃;以及合计0.02~0.20质量%范围的Li₂O、Na₂O和K₂O。

[0032] 另外,优选地,在本发明的玻璃纤维增强树脂成型品中,玻璃纤维增强树脂成型品所包含的树脂为聚对苯二甲酸丁二醇酯。

[具体实施方式]

[0033] 接着,对本发明的实施方式进行更加详细的说明。

[0034] 本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品,其特征在于,玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维的纤维直径D在5.0~15.0 μm 的范围内,玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维在测定频率1GHz下的介电常数Dk在4.0~7.0的范围内,玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维的线性膨胀系数C在2.0~6.0ppm/K的范围内,玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维的数均纤维长度L在150~400 μm 的范围内,上述D、Dk、C和L满足下述式(1):

$$[0035] \quad 57.9 \leq Dk \times C^{1/4} \times L^{1/2} / D^{1/4} \leq 70.6 \dots \dots (1)。$$

[0036] 根据本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品,上述D、Dk、C和L在上述范围内,且满足上述式(1)的条件,由此,玻璃纤维增强树脂成型品兼具高尺寸稳定性和低介电特性。

[0037] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品中,当上述玻璃纤维的纤维直径D小于5.0 μm 时,在对树脂和玻璃纤维进行混炼时,玻璃纤维根数明显增多,因此生产率降低,另外,纤维长度明显变短,因此无法得到充分的加强效果。另一方面,在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品中,当上述玻璃纤维的纤维直径D超过15.0 μm 时,树脂-玻璃纤维间的接触表面积变小,因此无法得到充分的加强效果。

[0038] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品中,上述玻璃纤维的纤维直径D优选在6.0~14.0 μm 的范围内,更优选在7.0~13.0 μm 的范围内,进一步优选在8.0~12.0 μm 的范围内,特别优选在8.5~11.5 μm 的范围内。

[0039] 本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品中的上述玻璃纤维的纤维直径D例如能够通过以下方式进行计算:首先,对玻璃纤维增强树脂成型品的截面进行研磨,接着,使用电子显微镜,对100根以上玻璃长丝测定玻璃长丝的直径的长度,求出它们的平均值。此外,玻璃长丝通常具有圆形的截面形状。

[0040] 此外,玻璃纤维通常是多根玻璃长丝集束而形成的,但在玻璃纤维增强树脂成型品中,上述集束通过经过成型加工而被解开,以玻璃长丝的状态分散存在于玻璃纤维增强树脂成型品中。

[0041] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品中,测定频率1GHz下的介电常数Dk小于4.0的玻璃纤维的制造性低,因此,从经济性的观点出发难以使用。另一方面,当上述玻璃纤维在测定频率1GHz下的介电常数Dk超过7.0时,玻璃纤维增强树脂成型品无法具备充分的介电特性。

[0042] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品中,上述玻璃纤维在测定频率1GHz下的介电常数Dk优选在5.1~5.9的范围内,更优选在5.2~5.6的范围内,进一步优选在5.3~5.5的范围内。

[0043] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品中,上述玻璃纤维的线性膨胀系数C小于2.0ppm/K的玻璃纤维的制造性低,因此,从经济性的观点出发难以使用。另一方面,当上述玻璃纤维的线性膨胀系数C超过6.0ppm/K时,玻璃纤维增强树脂成型品无法具备充分的尺寸稳定性。

[0044] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品中,上述玻璃纤维的线性膨胀系数C优选在2.2~3.4ppm/K的范围内,更优选在2.5~3.1ppm/K的范围内,进一步优选在2.6~

3.0ppm/K的范围内。

[0045] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品中,当上述玻璃纤维的数均纤维长度L小于150 μm 时,玻璃纤维对玻璃纤维增强树脂成型品的加强效果不充分。另一方面,当上述玻璃纤维的数均纤维长度L超过400 μm 时,玻璃纤维增强树脂成型品的外观会受到损害。

[0046] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品中,上述玻璃纤维的数均纤维长度L优选在170~340 μm 的范围内,更优选在200~320 μm 的范围内,进一步优选在210~300 μm 的范围内,特别优选在220~290 μm 的范围内,最优选在225~285 μm 的范围内。

[0047] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品中,上述玻璃纤维的数均纤维长度L例如能够通过以下方法进行计算。首先,在650 $^{\circ}\text{C}$ 的马弗炉中将玻璃纤维增强树脂成型品加热0.5~24小时左右,使有机物分解。接着,将残存的玻璃纤维移至玻璃培养皿,使用丙酮使玻璃纤维分散于培养皿的表面。接着,对于分散于培养皿表面的1000根以上的玻璃纤维,使用实体显微镜测定纤维长度。然后,求出平均值,由此,能够计算出上述玻璃纤维的数均纤维长度L。

[0048] 在此,在通过注射成型得到本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品的情况下,本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的上述玻璃纤维的数均纤维长度L例如可以通过调整投入到双轴混炼机中的短切原丝的长度、双轴混炼机的螺杆转速来进行控制。例如,投入到双轴混炼机中的短切原丝的长度在1.0~100.0mm的范围内进行调整。通过延长投入到双轴混炼机中的短切原丝的长度,能够延长上述L,通过缩短短切原丝的长度,能够缩短上述L。另外,双轴混炼时螺杆转速在10~1000rpm的范围内进行调整。通过降低双轴混炼时的螺杆转速,能够延长上述L,通过提高转速,能够缩短上述L。

[0049] 上述D、Dk、C和L满足下述式(1),由此,本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品兼具高尺寸稳定性和低介电特性。

$$[0050] \quad 57.9 \leq Dk \times C^{1/4} \times L^{1/2} / D^{1/4} \leq 70.6 \cdots \cdots (1)$$

[0051] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品中,从玻璃纤维增强树脂成型品以更高的水准兼具高尺寸稳定性和低介电特性方面来看,上述D、Dk、C和L优选满足下述式(2),更优选满足下述式(3),进一步优选满足下述式(4)。

$$[0052] \quad 58.2 \leq Dk \times C^{1/4} \times L^{1/2} / D^{1/4} \leq 61.7 \cdots \cdots (2)$$

$$[0053] \quad 59.0 \leq Dk \times C^{1/4} \times L^{1/2} / D^{1/4} \leq 61.0 \cdots \cdots (3)$$

$$[0054] \quad 59.5 \leq Dk \times C^{1/4} \times L^{1/2} / D^{1/4} \leq 60.5 \cdots \cdots (4)$$

[0055] 优选地,在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品中,玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维具备相对于玻璃纤维的总量包含以下成分的组成:60.00~70.00质量%范围的SiO₂;20.00~30.00质量%范围的Al₂O₃;5.00~15.0质量%范围的MgO;0.15~1.50质量%范围的Fe₂O₃;以及合计0.02~0.20质量%范围的Li₂O、Na₂O和K₂O。

[0056] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维中,SiO₂相对于玻璃纤维的总量的含有率优选在60.50~67.50质量%的范围内,更优选在61.00~67.00质量%的范围内,进一步优选在63.00~66.50质量%的范围内,特别优选在64.00~66.00质量%的范围内。

[0057] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维中,Al₂O₃相对于玻璃纤维的总量的含有率优选在20.50~27.50质量%的范围内,更优选在21.00~27.00质量%

的范围内,进一步优选在23.00~26.50质量%的范围内,特别优选在24.00~26.00质量%的范围。

[0058] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维中,MgO相对于玻璃纤维的总量的含有率优选在6.00~14.00质量%的范围内,更优选在7.00~13.00质量%的范围内,进一步优选在8.00~12.50质量%的范围,特别优选在9.00~11.00质量%的范围内。

[0059] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维中, Fe_2O_3 相对于玻璃纤维的总量的含有率优选在0.15~0.50质量%的范围内,更优选在0.20~0.45质量%的范围内,进一步优选在0.25~0.45质量%的范围内,特别优选在0.30~0.40质量%的范围内。本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维以该范围包含 Fe_2O_3 ,由此,能够抑制玻璃纤维的着色,并且提高熔融玻璃的脱泡性以提高玻璃纤维的制造性。

[0060] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维中, Li_2O 、 Na_2O 和 K_2O 相对于玻璃纤维的总量的合计含有率优选在0.03~0.15质量%的范围内,更优选在0.04~0.10质量%的范围内。本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维以该范围包含 Li_2O 、 Na_2O 和 K_2O ,由此,能够维持玻璃纤维的介电常数较低,并且降低熔融玻璃的熔融粘度以提高玻璃纤维的制造性。

[0061] 也可以是,本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维以0.01%~0.10质量%的范围包含CaO。本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维以该范围包含CaO,由此,能够维持玻璃纤维的强度和弹性模量较高,并且降低熔融玻璃的熔融粘度以提高玻璃纤维的制造性。

[0062] 也可以是,本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维以0.01%~0.10质量%的范围包含 ZrO_2 。本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维以该范围包含 ZrO_2 ,由此,能够维持玻璃纤维的线性膨胀系数较低,并且降低熔融玻璃的熔融粘度以提高玻璃纤维的制造性。

[0063] 本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维优选基本上不包含 B_2O_3 、 F_2 和 TiO_2 (即,含有率低于0.01质量%),更优选完全不包含 B_2O_3 、 F_2 和 TiO_2 (即,含有率为0质量%)。本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维基本上不包含 B_2O_3 、 F_2 和 TiO_2 ,由此,能够维持玻璃纤维的弹性模量较高,并且提高玻璃纤维的耐酸性。

[0064] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维中,MgO的含有率与 Fe_2O_3 和CaO的合计含有率的比($\text{MgO}/(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{CaO})$)优选在17.0~37.0的范围内,更优选在20.0~34.0的范围内,进一步优选在21.0~33.0的范围内,特别优选在22.0~32.0的范围内,最优选在23.0~31.0的范围内。本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维以该范围的比包含MgO、 Fe_2O_3 和CaO,由此,能够以较高的水准兼顾玻璃纤维的弹性模量和玻璃纤维的制造性。

[0065] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维中,关于前述各成分的含有率的测定,可以使用ICP发光分光分析装置来测定作为轻元素的Li的含有率,使用波长色散型荧光X射线分析装置来测定其他元素的含有率。作为测定方法,有如下方法:首先,与前述的玻璃纤维的介电常数的测定方法完全相同地得到熔融玻璃。接着,使得到的熔融玻璃从铂坩埚流出到碳板上制成碎玻璃后,将其粉碎并粉末化以得到玻璃粉末。用酸对上

述玻璃粉末进行加热分解后,使用ICP发光分光分析装置对作为轻元素的Li进行定量分析。用压力机将上述玻璃粉末成型为圆盘状后,使用波长色散型荧光X射线分析装置对其他元素进行定量分析。能够对这些定量分析结果进行氧化物换算以计算出各成分的含量和总量,根据这些数值求出前述各成分的含量(质量%)。

[0066] 具备前述的玻璃组成的玻璃纤维能够如以下那样制造。首先,将调配成前述的组成的玻璃原料(玻璃批料)供给至熔融炉,例如在1450~1550°C的范围内的温度下熔融。接着,将熔融的玻璃批料(熔融玻璃)从被控制为规定温度的套管的1~30000个的范围内个数的喷嘴头拉出并进行骤冷,由此形成玻璃长丝。接着,使用涂布装置即涂抹器将集束剂或粘合剂涂布在所形成的玻璃长丝上,一边使用集束器对1~30000根的范围内的玻璃长丝进行集束,一边使用卷取机将其高速卷取到筒管上,由此,能够得到玻璃纤维。

[0067] 在此,作为本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维在成型加工前采取的优选形式,可以列举出短切原丝,在该短切原丝中,构成玻璃纤维的玻璃长丝的根数(集束根数)为优选在1~20000根的范围、更优选在50~10000根的范围、进一步优选在1000~8000根的范围内的根数,将玻璃纤维(也称为玻璃纤维束或玻璃原丝)的长度切割成如下长度:优选在1.0~100.0mm的范围、更优选在1.2~51.0mm的范围、进一步优选在1.5~30.0mm的范围、特别优选在2.0~15.0mm的范围、最优选在2.3~7.8mm的范围内的长度。另外,作为本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维在成型加工前可采取的优选形式,除了短切原丝以外,例如还可以列举粗纱、切割纤维。

[0068] 上述粗纱为,构成玻璃纤维的玻璃长丝的根数为10~30000根的范围内的根数,且不进行切割。另外,上述切割纤维为,构成玻璃纤维的玻璃长丝的根数为1~20000根,且通过球磨机或亨舍尔混合机等公知的方法粉碎成0.001~0.900mm的范围内的长度。

[0069] 优选地,在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维中,出于提高玻璃纤维与树脂的粘接性、提高玻璃纤维与树脂或无机材料的混合物中的玻璃纤维的均匀分散性等目的,其表面也可以被有机物包覆。作为这样的有机物,可以列举聚氨酯树脂、环氧树脂、乙酸乙烯酯树脂、丙烯酸树脂、改性聚丙烯特别是羧酸改性聚丙烯、(聚)羧酸特别是马来酸与不饱和单体的共聚物等树脂、或硅烷偶联剂。

[0070] 另外,本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维,除了这些树脂或硅烷偶联剂以外,还可以被包含润滑剂、表面活性剂等组合物包覆。这样的组合物以未被组合物包覆的状态下的玻璃纤维的质量为基准,按照0.1~2.0质量%的比例包覆玻璃纤维。

[0071] 此外,有机物对玻璃纤维的包覆为,例如,在玻璃纤维的制造工序中,使用辊型涂布器等公知的方法,将集束剂或粘合剂涂布在玻璃纤维上。上述集束剂或粘合剂包含上述树脂、上述硅烷偶联剂或上述组合物的溶液。然后,上述玻璃纤维的包覆可以通过对涂布有上述树脂、上述硅烷偶联剂或上述组合物的溶液的玻璃纤维进行干燥来进行。

[0072] 在此,作为硅烷偶联剂,可以列举氨基硅烷、氯硅烷、环氧硅烷、巯基硅烷、乙烯基硅烷、丙烯酰硅烷、阳离子硅烷。上述硅烷偶联剂可以单独使用这些化合物,或者也可以组合使用两种以上。

[0073] 作为氨基硅烷,可以列举 γ -氨基丙基三乙氧基硅烷、N- β -(氨基乙基)- γ -氨基丙基三甲氧基硅烷、N- β -(氨基乙基)-N'- β -(氨基乙基)- γ -氨基丙基三甲氧基硅烷、 γ -苯胺

基丙基三甲氧基硅烷等。

[0074] 作为氯硅烷,可以列举 γ -氯丙基三甲氧基硅烷等。

[0075] 作为环氧硅烷,可以列举 γ -环氧丙氧基丙基三甲氧基硅烷、 β -(3,4-环氧环己基)乙基三甲氧基硅烷等。

[0076] 作为巯基硅烷,可以列举 γ -巯基三甲氧基硅烷等。

[0077] 作为乙烯基硅烷,可以列举乙烯基三甲氧基硅烷、N- β -(N-乙烯基苄基氨基乙基)- γ -氨基丙基三甲氧基硅烷等。

[0078] 作为丙烯酰硅烷,可以列举 γ -甲基丙烯酰氧基丙基三甲氧基硅烷等。

[0079] 作为阳离子硅烷,可以列举N-(乙烯基苄基)-2-氨基乙基-3-氨基丙基三甲氧基硅烷盐酸盐、N-苄基-3-氨基丙基三甲氧基硅烷盐酸盐等。

[0080] 作为润滑剂,可以列举改性硅油、动物油及其氢化物、植物油及其氢化物、动物性蜡、植物性蜡、矿物类蜡、高级饱和脂肪酸与高级饱和醇的缩合物、聚乙烯亚胺、聚烷基多胺、聚亚麻苜衍生物、脂肪酸酰胺、第四级铵盐。上述润滑剂可以单独使用这些润滑剂,或者也可以组合使用两种以上。

[0081] 作为动物油,可以列举牛脂等。

[0082] 作为植物油,可以列举大豆油、椰子油、菜籽油、棕榈油、蓖麻油等。

[0083] 作为动物性蜡,可以列举蜂蜡、羊毛等。

[0084] 作为植物性蜡,可以列举小烛树蜡、巴西棕榈蜡等。

[0085] 作为矿物类蜡,可以列举石蜡、褐煤蜡等。

[0086] 作为高级饱和脂肪酸与高级饱和醇的缩合物,可以列举月桂醇硬脂酸酯等硬脂酸酯等。

[0087] 作为脂肪酸酰胺,例如可以列举二亚乙基三胺、三亚乙基四胺、四亚乙基五胺等多亚乙基多胺与月桂酸、肉豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸等脂肪酸的脱水缩合物等。

[0088] 作为第四级铵盐,可以列举月桂基三甲基氯化铵等烷基三甲基铵盐等。

[0089] 作为表面活性剂,可以列举非离子系表面活性剂、阳离子系表面活性剂、阴离子系表面活性剂、两性表面活性剂。上述表面活性剂可以单独使用这些表面活性剂,或者也可以组合使用两种以上。

[0090] 作为非离子系表面活性剂,可以列举乙烯氧化物氧化丙烯烷基醚、聚氧乙烯烷基醚、聚氧乙烯-聚氧丙烯-嵌段共聚物、烷基聚氧乙烯-聚氧丙烯-嵌段共聚物醚、聚氧乙烯脂肪酸酯、聚氧乙烯脂肪酸单酯、聚氧乙烯脂肪酸二酯、聚氧乙烯山梨糖醇酐脂肪酸酯、甘油脂肪酸酯环氧乙烷加成物、聚氧乙烯蓖麻油醚、氢化蓖麻油环氧乙烷加成物、烷基胺环氧乙烷加成物、脂肪酸酰胺环氧乙烷加成物、甘油脂肪酸酯、聚甘油脂肪酸酯、季戊四醇脂肪酸酯、山梨糖醇脂肪酸酯、山梨糖醇酐脂肪酸酯、蔗糖脂肪酸酯、多元醇烷基醚、脂肪酸烷醇酰胺、炔二醇、乙炔醇、炔二醇的环氧乙烷加成物、乙炔醇的环氧乙烷加成物等。

[0091] 作为阳离子系表面活性剂,可以列举烷基二甲基苄基氯化铵、烷基三甲基氯化铵、烷基二甲基乙基铵乙基硫酸盐、高级烷基胺盐(乙酸盐、盐酸盐等)、对高级烷基胺的环氧乙烷加成物、高级脂肪酸与聚亚烷基多胺的缩合物、高级脂肪酸与烷醇胺的酯的盐、高级脂肪酸酰胺的盐、咪唑啉型阳离子性表面活性剂、烷基吡啶盐等。

[0092] 作为阴离子系表面活性剂,可以列举高级醇硫酸酯盐、高级烷基醚硫酸酯盐、 α -烯

烃硫酸酯盐、烷基苯磺酸盐、 α -烯烴磺酸盐、脂肪酸卤化物与N-甲基牛磺酸的反应产物、磺基琥珀酸二烷基酯盐、高级醇磷酸酯盐、高级醇环氧乙烷加成物的磷酸酯盐等。

[0093] 作为两性表面活性剂,可以列举烷基氨基丙酸碱金属盐等氨基酸型两性表面活性剂、烷基二甲基甜菜碱等甜菜碱型、咪唑啉型两性表面活性剂等。

[0094] 此外,本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维并不限于玻璃纤维增强树脂成型品中的加强材料,也可以适合用作石膏、水泥等无机材料的加强材料。例如,在用作石膏(尤其是厚度为4~60mm的石膏板)的加强材料的情况下,相对于石膏的总质量,具备上述范围的玻璃纤维能够相对于石膏的总质量以0.1~4.0质量%的范围包含在其中,能够有助于石膏的机械强度、耐火性能、尺寸稳定性等的提高。另外,在石膏中,玻璃纤维可以以30~25000 μm 的数均纤维长度存在。

[0095] 作为本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的树脂,可以使用热塑性树脂或热固性树脂,但由于要求高尺寸稳定性和低介电特性的用途多,因此优选使用热塑性树脂。

[0096] 在此,作为上述热塑性树脂,可以列举聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、苯乙烯/马来酸酐树脂、苯乙烯/马来酰亚胺树脂、聚丙烯腈、丙烯腈/苯乙烯(AS)树脂、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯(ABS)树脂、氯化聚乙烯/丙烯腈/苯乙烯(ACS)树脂、丙烯腈/乙烯/苯乙烯(AES)树脂、丙烯腈/苯乙烯/丙烯酸甲酯(ASA)树脂、苯乙烯/丙烯腈(SAN)树脂、甲基丙烯酸树脂、聚氯乙烯(PVC)、聚偏二氯乙烯(PVDC)、聚酰胺、聚缩醛、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)、聚对苯二甲酸丙二醇酯(PTT)、聚碳酸酯、聚芳硫醚、聚醚砜(PES)、聚苯砜(PPSU)、聚苯醚(PPE)、改性聚苯醚(m-PPE)、聚芳基醚酮、液晶聚合物(LCP)、氟树脂、聚醚酰亚胺(PEI)、聚芳酯(PAR)、聚砜(PSF)、聚酰胺酰亚胺(PAI)、聚氨基双马来酰亚胺(PABM)、热塑性聚酰亚胺(TPI)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、乙烯/乙酸乙烯酯(EVA)树脂、离子聚合物(ION)树脂、聚丁二烯、苯乙烯/丁二烯树脂、聚丁烯、聚甲基戊烯、烯烴/乙醇树脂、环状烯烴树脂、纤维素树脂、聚乳酸等。

[0097] 具体地,作为聚乙烯,可以列举高密度聚乙烯(HDPE)、中密度聚乙烯、低密度聚乙烯(LDPE)、直链状低密度聚乙烯(LLDPE)、超高分子量聚乙烯等。

[0098] 作为聚丙烯,可以列举全同立构聚丙烯、无规立构聚丙烯、间同立构聚丙烯及它们的混合物等。

[0099] 作为聚苯乙烯,可以列举具有无规立构结构的无规立构聚苯乙烯即通用聚苯乙烯(GPPS)、在GPPS中加入橡胶成分而得的耐冲击性聚苯乙烯(HIPS)、具有间同立构结构的间同立构聚苯乙烯等。

[0100] 作为甲基丙烯酸树脂,可以列举丙烯酸、甲基丙烯酸、苯乙烯、丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸乙酯、丙烯酸丁酯、甲基丙烯酸丁酯、脂肪酸乙烯酯中的一种单独聚合而成的聚合物、或两种以上共聚而成的聚合物等。

[0101] 作为聚氯乙烯,可以列举通过以往公知的乳液聚合法、悬浮聚合法、微悬浮聚合法、本体聚合法等方法聚合而成的氯乙烯均聚物、或者能够与氯乙烯单体共聚的单体共聚物、或者在聚合物上接枝聚合氯乙烯单体而成的接枝共聚物等。

[0102] 作为聚酰胺,可以列举聚己内酰胺(聚酰胺6)、聚己二酰己二胺(聚酰胺66)、聚己二酰丁二胺(聚酰胺46)、聚丁二胺癸二酸酐(聚酰胺410)、聚己二酰庚二胺(聚酰胺56)、

聚癸二酰庚二胺(聚酰胺510)、聚己二胺癸二酸酐(聚酰胺610)、聚十二烷酰己二胺(聚酰胺612)、聚己二酰癸二胺(聚酰胺106)、聚癸二酰癸二胺(聚酰胺1010)、聚十二烷二酰癸二胺(聚酰胺1012)、聚十一烷酰胺(聚酰胺11)、聚己二酰十一烷二胺(聚酰胺116)、聚十二烷酰胺(聚酰胺12)、聚二甲苯己二酰胺(聚酰胺XD6)、聚二甲苯癸二酰胺(聚酰胺XD10)、聚己二酰间苯二甲胺(聚酰胺MXD6)、聚己二酰对苯二甲胺(聚酰胺PXD6)、聚对苯二甲酰丁二胺(聚酰胺4T)、聚对苯二甲酰戊二胺(聚酰胺5T)、聚对苯二甲酰己二胺(聚酰胺6T)、聚异苯二甲酰己二胺(聚酰胺6I)、聚对苯二甲酰壬二胺(聚酰胺9T)、聚对苯二甲酰癸二胺(聚酰胺10T)、聚对苯二甲酰十一烷二胺(聚酰胺11T)、聚对苯二甲酰十二烷二胺(聚酰胺12T)、聚异苯二甲酰丁二胺(聚酰胺4I)、聚双(3-甲基-4-氨基己基)甲烷对苯二甲酰胺(聚酰胺PACMT)、聚双(3-甲基-4-氨基己基)甲烷间苯二甲酰胺(聚酰胺PACMI)、聚双(3-甲基-4-氨基己基)甲烷十二酰胺(聚酰胺PACM12)、聚双(3-甲基-4-氨基己基)甲烷十四酰胺(聚酰胺PACM14)等成分中的一种或将两种以上的多个成分组合而成的共聚物或它们的混合物等。

[0103] 作为聚缩醛,可以列举以氧亚甲基单元为主要重复单元的均聚物和主要由氧亚甲基单元构成且含有在主链中具有2~8个相邻碳原子的氧亚烷基单元的共聚物等。

[0104] 作为聚对苯二甲酸乙二醇酯,可以列举通过对苯二甲酸或其衍生物与乙二醇缩聚而得到的聚合物等。

[0105] 作为聚对苯二甲酸丁二醇酯,可以列举通过对苯二甲酸或其衍生物与1,4-丁二醇缩聚而得到的聚合物等。

[0106] 作为聚对苯二甲酸丙二醇酯,可以列举通过对苯二甲酸或其衍生物与1,3-丙二醇缩聚而得到的聚合物等。

[0107] 作为聚碳酸酯,可以列举通过使二羟基二芳基化合物与碳酸二苯酯等碳酸酯在熔融状态下反应的酯交换法得到的聚合物、或者通过使二羟基芳基化合物与光气反应的光气法得到的聚合物。

[0108] 作为聚芳硫醚,可以列举直链型聚苯硫醚、通过在聚合后进行固化反应而高分子量化的交联型聚苯硫醚、聚苯硫醚砜、聚亚苯基硫醚、聚苯硫醚酮等。

[0109] 作为改性聚苯醚,可以列举聚(2,6-二甲基-1,4-亚苯基)醚与聚苯乙烯的聚合物合金、聚(2,6-二甲基-1,4-亚苯基)醚与苯乙烯/丁二烯共聚物的聚合物合金、聚(2,6-二甲基-1,4-亚苯基)醚与苯乙烯/马来酸酐共聚物的聚合物合金、聚(2,6-二甲基-1,4-亚苯基)醚与聚酰胺的聚合物合金、聚(2,6-二甲基-1,4-亚苯基)醚与苯乙烯/丁二烯/丙烯腈共聚物的聚合物合金等。

[0110] 作为聚芳基醚酮,可以列举聚醚酮(PEK)、聚醚醚酮(PEEK)、聚醚酮酮(PEKK)、聚醚醚酮酮(PEEKK)等。

[0111] 作为液晶聚合物(LCP),可以列举由选自热致液晶聚酯即芳香族羟基羰基单元、芳香族二羟基单元、芳香族二羰基单元、脂肪族二羟基单元、脂肪族二羰基单元等的一种以上的结构单元构成的(共)聚合物等。

[0112] 作为氟树脂,可以列举聚四氟乙烯(PTFE)、全氟烷氧基树脂(PFA)、氟化乙烯丙烯树脂(FEP)、氟化乙烯四氟乙烯树脂(ETFE)、聚氟乙烯(PVF)、聚偏氟乙烯(PVDF)、聚三氟氯乙烯(PCTFE)、乙烯/三氟氯乙烯树脂(ECTFE)等。

[0113] 作为离聚物(ION)树脂,可以列举烯烃或苯乙烯与不饱和羧酸的共聚物、即将羧基

的一部分用金属离子中和而成的聚合物等。

[0114] 作为烯烃/乙烯醇树脂,可以列举乙烯/乙烯醇共聚物、丙烯/乙烯醇共聚物、乙烯/乙酸乙烯酯共聚物皂化物、丙烯/乙酸乙烯酯共聚物皂化物等。

[0115] 作为环状烯烃树脂,可以列举环己烯等单环体、四环戊二烯等多环体、环状烯烃单体的聚合物等。

[0116] 作为聚乳酸,可以列举L体的均聚物即聚L-乳酸、D体的均聚物即聚D-乳酸、或其混合物即立构复合型聚乳酸等。

[0117] 作为纤维素树脂,可以列举甲基纤维素、乙基纤维素、羟纤维素、羟甲基纤维素、羟乙基纤维素、羟乙基甲基纤维素、羟丙基甲基纤维素、纤维素乙酸酯、纤维素丙酸酯、纤维素丁酸酯等。

[0118] 另外,作为上述热固性树脂,可以列举不饱和聚酯树脂、乙烯酯树脂、环氧(EP)树脂、三聚氰胺(MF)树脂、酚醛树脂(PF)、聚氨酯树脂(PU)、多异氰酸酯、多异氰脲酸酯、聚酰亚胺(PI)、脲醛(UF)树脂、硅(SI)树脂、呋喃(FR)树脂、苯并胍胺(BR)树脂、醇酸树脂、二甲苯树脂、双马来酰亚胺三嗪(BT)树脂、邻苯二甲酸二烯丙酯树脂(PDAP)等。

[0119] 具体地,作为不饱和聚酯,可以列举通过使脂肪族不饱和二羧酸与脂肪族二元醇进行酯化反应而得的树脂。

[0120] 作为乙烯酯树脂,可以列举双酚类乙烯酯树脂、酚醛清漆类乙烯酯树脂。

[0121] 作为环氧树脂,可以列举双酚A型环氧树脂、双酚F型环氧树脂、双酚E型环氧树脂、双酚S型环氧树脂、双酚M型环氧树脂(4,4'-(1,3-苯二异亚丙基)双酚型环氧树脂)、双酚P型环氧树脂(4,4'-(1,4-苯二异亚丙基)双酚型环氧树脂)、双酚Z型环氧树脂(4,4'-环己二烯双酚型环氧树脂)、苯酚酚醛清漆型环氧树脂、甲酚酚醛清漆型环氧树脂、四苯酚基乙烷型酚醛清漆型环氧树脂、具有稠环芳香族烃结构的酚醛清漆型环氧树脂、联苯型环氧树脂、苯二甲基型环氧树脂、苯基芳烷基型环氧树脂等芳烷基型环氧树脂、亚萘基醚型环氧树脂、萘酚型环氧树脂、萘二醇型环氧树脂、2官能~4官能环氧型萘树脂、联萘型环氧树脂、萘芳烷基型环氧树脂、蒽型环氧树脂、苯氧基型环氧树脂、双环戊二烯型环氧树脂、降冰片烯型环氧树脂、金刚烷型环氧树脂、茚型环氧树脂等。

[0122] 作为三聚氰胺树脂,可以列举由三聚氰胺(2,4,6-三氨基-1,3,5-三嗪)与甲醛缩聚而成的聚合物。

[0123] 作为酚醛树脂,可以列举苯酚酚醛清漆树脂、甲酚酚醛清漆树脂、双酚A型酚醛清漆树脂等酚醛清漆型酚醛树脂、羟甲基型甲阶酚醛树脂、二亚甲基醚型甲阶酚醛树脂等甲阶酚醛型酚醛树脂、或者芳基亚烷基型酚醛树脂等,可以列举其中的一种或者两种以上的组合。

[0124] 作为脲醛树脂,可以列举由尿素与甲醛缩合而得的树脂。

[0125] 上述热塑性树脂或热固性树脂可以单独使用,也可以两种以上组合使用。

[0126] 作为本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品所包含的树脂,优选聚酰胺、聚芳硫醚或聚对苯二甲酸丁二醇酯,由于包含满足上述式(1)的玻璃纤维而使尺寸稳定性和介电特性的提高效果好,更优选聚对苯二甲酸丁二醇酯。

[0127] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品中,上述玻璃纤维的含有率例如在10.0~70.0质量%的范围内,优选在20.0~60.0质量%的范围内,更优选在25.0~57.5质量%

的范围内,进一步优选在30.0~55.0质量%的范围内,特别优选在40.0~52.5质量%的范围内,最优选在45.0~52.0质量%的范围内。

[0128] 本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品中的玻璃纤维的含有率能够依据JIS K 7052:1999进行计算。

[0129] 在本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品中,树脂的含有率例如在30.0~90.0质量%的范围内,优选在40.0~80.0质量%的范围内,更优选在42.5~75.0质量%的范围内,进一步优选在45.0~70.0质量%的范围内,特别优选在47.5~60.0质量%的范围内,最优选在48.0~52.0质量%的范围内。

[0130] 本发明的玻璃纤维增强树脂成型品能够以不妨碍本发明的目的的范围包含上述玻璃纤维和上述树脂以外的成分。作为这样的成分,可以列举上述玻璃纤维以外的玻璃纤维(例如,E玻璃纤维、S玻璃纤维)、玻璃纤维以外的增强纤维(例如,碳纤维、金属纤维)、玻璃纤维以外的填充剂(例如,玻璃粉末、滑石、云母)、阻燃剂、紫外线吸收剂、热稳定剂、抗氧化剂、抗静电剂、流动性改良剂、防粘连剂、润滑剂、成核剂、抗菌剂、颜料等。另外,本发明的玻璃纤维增强树脂成型品可以相对于玻璃纤维增强树脂成型品的总量以合计0~40质量%的范围含有这些成分。

[0131] 作为用于得到本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品的成型方法,例如,可以列举注射成型法、注射压缩成型法、双色成型法、中空成型法、发泡成型法(也包括使用超临界流体的方法)、嵌件成型法、模内涂层成型法、挤出成型法、片成型法、热成型法、旋转成型法、层叠成型法、压制成型法、吹塑成型法、冲压成型法、灌注法、手糊成型法、喷涂法、树脂传递成型法、片状模塑料成型法、团状模塑料成型法、拉挤成型法、纤维缠绕法等。在这些方法中,注射成型法的制造效率优异,因此优选。

[0132] 例如,在通过注射成型法制造本发明的玻璃纤维增强树脂成型品的情况下,将上述玻璃纤维的短切原丝与上述树脂进行混炼,接着,从喷嘴挤出,切割成规定长度(例如,1~50mm范围内的长度),由此,能够加工成颗粒的形状而用做成型原料。或者,使上述玻璃纤维的粗纱浸渍熔融的热塑性树脂,然后冷却,接着,切割成规定长度(例如,1~50mm范围内的长度),由此,能够加工成颗粒的形状而用做成型原料。

[0133] 作为本实施方式的玻璃纤维增强树脂成型品的用途,可以列举以智能手机为代表的便携式电子设备的壳体、框体等零件、电池托盘盖、传感器、线圈骨架等汽车电装零件、便携式电子设备以外的电子设备零件、电气连接端子零件等。

[0134] 接着,示出本发明的实施例和比较例。

[0135] 实施例

[0136] [玻璃组成]

[0137] 使用表1所示的组成1~4的四种玻璃组成。在此,组成2相当于E玻璃组成。此外,表中,测定频率1GHz下的玻璃纤维的介电常数和玻璃纤维的线性膨胀系数是通过前述的方法计算的值。

[0138] 可以使用通过与前述的玻璃纤维介电常数的测定方法完全相同的方法得到的玻璃块,通过采用阿基米德原理的比重测定来测定密度。具体地,通过比重测定器(梅特勒-托利多公司制造)测定玻璃块在空气(密度 ρ_1)中的重量A和在作为置换液的离子交换水(密度 ρ_0)中的重量B,根据下述式(β)计算出比重(ρ),由此能够测定玻璃纤维的密度。

[0139] $\rho = \rho_1 + A((\rho_0 - \rho_1) / (A - B)) \cdots \cdots (\beta)$

[0140] 玻璃纤维的强度可以通过以下方法进行测定。首先,与前述的玻璃纤维的介电常数的测定方法完全相同地得到熔融玻璃。接着,使得到的熔融玻璃流出到碳板上制成碎玻璃后,将得到的碎玻璃投入到在容器底部具有一个圆形喷嘴头的小型筒型铂制套管内,将套管加热至规定温度以使投入的碎玻璃的粘度成为 1000 ± 150 泊,使碎玻璃熔融,得到熔融玻璃。用卷取机以规定速度对从上述铂制套管的喷嘴头喷出的熔融玻璃进行卷取以使玻璃纤维直径成为 $13 \pm 2 \mu\text{m}$,一边拉伸一边冷却固化,得到具备正圆形状的圆形截面的玻璃纤维。采集上述铂制套管的喷嘴头与卷取机之间的一根纤维(单丝),将极力抑制了由接触、摩擦引起的劣化的状态下的玻璃纤维作为拉伸强度评价用样品。接着,将得到的单丝与将后述的具备两个夹持部和两个支承部的衬纸的短边的中心点彼此连结的线相应地配置并粘接在长边方向上,制作单丝试验片。接着,用扫描型电子显微镜(日立株式会社制造,商品名:S-3400)测定所得到的单丝的直径,根据得到的直径计算出单丝的截面面积。接着,将上述衬纸中的两个夹持部设置在拉伸试验机(株式会社A&D制造,商品名:台式材料试验机STB-1225S)的夹具间距离设定为25mm的上下夹具上,将上述衬纸中的两个支承部切除,使其处于仅利用上述单丝将夹持部连接的状态,之后,以十字头速度5mm/分钟进行拉伸试验。接着,通过用单丝断裂时的最大载荷值除以单丝的截面面积来计算出拉伸强度。在测定中,将发生了脱线、折线等不完全的断裂的上述单丝试验片除外,计算出 $n=30$ 的上述拉伸强度的平均值,由此能够测定玻璃纤维的强度。

[0141] 此外,上述衬纸具备25mm的短边和50mm的长边,另外,在其内部的中央,以使上述衬纸的短边和长边与短边为15mm、长边为25mm的切口部的短边和长边分别平行的方式具备上述切口部,在上述切口部的短边与上述衬纸的短边之间具备设置在拉伸试验机的夹具上的夹持部,另外,在上述切口部的长边与上述衬纸的长边之间具备连接支承上述两个夹持部的支承部。

[0142] 玻璃纤维的弹性模量可以通过以下方法进行测定。首先,与前述的玻璃纤维的强度的测定方法完全相同地得到单丝。接着,将得到的单丝与将后述的具备两个夹持部和两个支承部的衬纸的短边的中心点彼此连结的线相应地配置并粘接在长边方向上,制作单丝试验片。接着,用扫描型电子显微镜(日立株式会社制造,商品名:S-3400)测定所得到的单丝的直径,根据得到的直径计算出单丝的截面面积。接着,将上述衬纸中的两个夹持部设置在拉伸试验机(株式会社A&D制造,商品名:台式材料试验机STB-1225S)的夹具间距离设定为50mm的上下夹具上,将上述衬纸中的两个支承部切除,使其处于仅利用上述单丝将夹持部连接的状态,之后,以十字头速度5mm/分钟进行拉伸试验。接着,将与两点间的应变 $\epsilon_1=0.0005$ 和 $\epsilon_2=0.0025$ 对应的应力分别设为 σ_1 、 σ_2 ,用应力的差($\sigma_2 - \sigma_1$)除以应变的差($\epsilon_2 - \epsilon_1$),由此计算出拉伸弹性模量。在测定中,将发生了脱线单丝试验片除外,计算出 $n=15$ 的上述拉伸弹性模量的平均值,由此能够测定玻璃纤维的弹性模量。

[0143] 此外,上述衬纸具备25mm的短边和75mm的长边,另外,在其内部的中央,以使上述衬纸的短边和长边与短边为15mm、长边为50mm的切口部的短边和长边分别平行的方式具备上述切口部,在上述切口部的短边与上述衬纸的短边之间具备设置在拉伸试验机的夹具上的夹持部,另外,在上述切口部的长边与上述衬纸的长边之间具备连接支承上述两个夹持部的支承部。

[0144] [表1]

	组成 1	组成 2	组成 3	组成 4
SiO ₂ (质量%)	65.00	54.60	59.40	54.50
Al ₂ O ₃ (质量%)	25.00	14.10	18.90	14.60
MgO (质量%)	9.50	1.20	9.90	4.20
CaO (质量%)	0.05	22.40	11.10	4.10
Fe ₂ O ₃ (质量%)	0.30	0.20	0.10	0.10
ZrO ₂ (质量%)	0.05	0.00	0.00	0.00
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O (质量%)	0.10	0.50	0.10	0.20
B ₂ O ₃ (质量%)	0.00	6.10	0.50	19.40
TiO ₂ (质量%)	0.00	0.30	0.00	1.90
F ₂ (质量%)	0.00	0.60	0.00	100
总计 (质量%)	100.00	100.00	100.00	100.00
MgO/ (CaO+Fe ₂ O ₃)	27.1	0.1	0.9	1.0
玻璃纤维的介电常数@1GHz	5.4	6.8	6.4	4.8
玻璃纤维的线性膨胀系数 (ppm/K)	2.8	5.6	4.0	3.3
密度 (g/cm ³)	2.5	2.6	2.6	2.3
玻璃纤维的强度 (GPa)	4.8	3.2	4.2	3.0
玻璃纤维的弹性模量 (GPa)	88	76	85	66

[0145] [树脂]

[0146] 作为聚酰胺(表中,记为PA),使用UBE NYLON 1015B(商品名,宇部兴产株式会社制造)。

[0147] 作为聚苯硫醚(表中,记为PPS),使用Fortron KPS W-203A(商品名,株式会社Kureha制造)。

[0148] 作为聚对苯二甲酸丁二醇酯(表中,记为PBT),使用Duranex2000(商品名,宝理塑料株式会社制造)。

[0149] [成型品的弯曲强度、弯曲弹性模量]

[0150] 玻璃纤维增强树脂成型品的弯曲强度和弯曲弹性模量在试验温度23°C的条件下使用精密万能试验机(株式会社岛津制作所制造,商品名:Autograph AG-5000B)依据JIS K 7171:2016进行了测定。

[0151] [成型品的夏比缺口冲击强度]

[0152] 玻璃纤维增强树脂成型品的成型品的夏比缺口冲击强度依据ISO179进行了测定。

[0153] [成型品的介电常数]

[0154] 在测定频率1GHz下,通过前述的方法进行了测定。

[0155] [成型品的线性膨胀系数]

[0156] 通过前述的方法进行计算。

[0157] [实施例1~3、比较例1~4]

[0158] 调整具备前述的组成1~4的短切原丝的玻璃纤维的纤维直径、切割长度(3mm)和配合量,以使玻璃纤维增强树脂成型品中的玻璃纤维的纤维直径、玻璃纤维的数均纤维长度和玻璃纤维的含有率成为表2所示的实施例1~3和表3所示的比较例1~4那样。接着,将螺杆转速设为100rpm,用双轴混炼机(芝浦机械株式会社制造,商品名:TEM-26SS)对上述短

切原丝和上述聚酰胺进行混炼,制作树脂颗粒。在此,玻璃纤维增强树脂成型品中的玻璃纤维的质量由玻璃纤维的组成、纤维直径、集束根数、以及玻璃纤维的切割长度、根数决定。接着,使用得到的树脂颗粒,通过注射成型机(日精树脂工业株式会社制造,商品名:NEX80)在模具温度90°C、注射温度270°C下进行注射成型,得到实施例1~3和比较例1~4的玻璃纤维增强树脂成型品。对于实施例1~3和比较例1~4的玻璃纤维增强树脂成型品,通过前述的方法评价成型品的弯曲强度、成型品的弯曲弹性模量、成型品的夏比缺口冲击强度、成型品的介电常数以及成型品的线性膨胀系数。结果示于表2和表3。其中,表中的尺寸稳定性·介电特性指标是指,成型品的介电常数MDk乘以成型品的线性膨胀系数MC而得到的值(MDk×MC)与基准玻璃纤维增强树脂成型品的介电常数EDk乘以基准玻璃纤维增强树脂成型品的线性膨胀系数EC而得到的值(EDk×EC)的比((MDk×MC)/(EDk×EC))。其中,基准玻璃纤维增强树脂成型品是指,具备E玻璃组成、与成型品相同的玻璃含有率含有纤维直径11.0μm的玻璃纤维、并且在与成型品相同的成型条件下制造的玻璃纤维增强树脂成型品。

[0160] [表2]

	实施例 1	实施例 2	实施例 3
玻璃纤维的玻璃组成	组成 1	组成 1	组成 1
玻璃纤维的介电常数 Dk	5.4	5.4	5.4
玻璃纤维的线性膨胀系数 C (ppm/K)	2.8	2.8	2.8
玻璃纤维的纤维直径 D (μm)	11	9	11
成型品中的玻璃纤维的数均纤维长度 L (μm)	284	255	245
成型品中的玻璃纤维的含有率 (质量%)	30.0	30.0	50.0
$Dk \times C^{1/4} \times L^{1/2} / D^{1/4}$	64.6	64.4	60.0
[0161] 树脂的种类	PA	PA	PA
成型品中的树脂的含有率 (质量%)	70.0	70.0	50.0
成型品的弯曲强度 (MPa)	273	280	360
成型品的弯曲弹性模量 (GPa)	9	9	16.5
夏比缺口冲击强度 (KJ/cm ²)	19	18	22
成型品的介电常数	3.35	3.35	3.70
成型品的线性膨胀系数 (Ppm/K)	2.71	2.72	2.12
成型品的介电常数×成型品的线性膨胀系数	9.1	9.1	7.8
尺寸稳定性·介电特性指标	0.84	0.84	0.77

[0162] [表3]

	比较例 1	比较例 2	比较例 3	比较例 4
玻璃纤维的玻璃组成	组成 2	组成 2	组成 3	组成 4
玻璃纤维的介电常数 D_k	6.8	6.8	6.4	4.8
玻璃纤维的线性膨胀系数 C (ppm/K)	5.6	5.6	4.0	3.3
玻璃纤维的纤维直径 D (μm)	11	11	11	11
成型品中的玻璃纤维的数均纤维长度 L	261	231	237	248
成型品中的玻璃纤维的含有率 (质量%)	30.0	50.0	30.0	30.0
$D_k \times C^{1/4} \times L^{1/2} / D^{1/4}$	92.8	87.3	76.5	55.9
[0163] 树脂的种类	PA	PA	PA	PA
成型品中的树脂的含有率 (质量%)	70.0	50.0	70.0	70.0
成型品的弯曲强度 (MPa)	250	325	265	242
成型品的弯曲弹性模量 (GPa)	8	14	8.5	7.5
夏比缺口冲击强度 (KJ/cm^2)	15	20	17	16
成型品的介电常数	3.50	4.00	3.50	3.20
成型品的线性膨胀系数 (ppm/K)	3.10	2.56	2.89	2.99
成型品的介电常数 \times 成型品的线性膨胀系数	10.9	10.2	10.1	9.6
尺寸稳定性 \cdot 介电特性指标	1	1	0.93	0.88

[0164] [实施例4~5、比较例5~7]

[0165] 调整具备前述的组成1~4的短切原丝的玻璃纤维的纤维直径、切割长度(3mm)和配合量,以使玻璃纤维增强树脂成型品中的玻璃纤维的纤维直径、玻璃纤维的数均纤维长度和玻璃纤维的含有率成为表4所示的实施例4~5和比较例5~7那样。接着,将螺杆转速设为100rpm,用双轴混炼机(芝浦机械株式会社制造,商品名:TEM-26SS)对上述短切原丝和上述聚苯硫醚进行混炼,制作树脂颗粒。在此,玻璃纤维增强树脂成型品中的玻璃纤维的质量由玻璃纤维的组成、纤维直径、集束根数、以及玻璃纤维的切割长度、根数决定。接着,使用得到的树脂颗粒,通过注射成型机(日精树脂工业株式会社制造,商品名:NEX80)在模具温度140°C、注射温度330°C下进行注射成型,得到实施例4~5和比较例5~7的玻璃纤维增强树脂成型品。对于实施例4~5和比较例5~7的玻璃纤维增强树脂成型品,通过前述的方法评价成型品的弯曲强度、成型品的弯曲弹性模量、成型品的夏比缺口冲击强度、成型品的介电常数以及成型品的线性膨胀系数。结果示于表4。其中,表中的尺寸稳定性 \cdot 介电特性指标是指,成型品的介电常数 MD_k 乘以成型品的线性膨胀系数 MC 而得到的值($MD_k \times MC$)与基准玻璃纤维增强树脂成型品的介电常数 ED_k 乘以基准玻璃纤维增强树脂成型品的线性膨胀系数 EC 而得到的值($ED_k \times EC$)的比($(MD_k \times MC) / (ED_k \times EC)$)。其中,基准玻璃纤维增强树脂成型品是指,具备E玻璃组成、与成型品相同的玻璃含有率含有纤维直径11.0 μm 的玻璃纤维、并且在与成型品相同的成型条件下制造的玻璃纤维增强树脂成型品。

[0166] [表4]

	实施例 4	实施例 5	比较例 5	比较例 6	比较例 7
	组成 1	组成 1	组成 2	组成 3	组成 4
玻璃纤维的玻璃组成					
玻璃纤维的介电常数 Dk	5.4	5.4	6.8	6.4	4.8
玻璃纤维的线性膨胀系数 C (ppm/K)	2.8	2.8	5.3	4	3.3
玻璃纤维的纤维直径 D (μm)	11	9	11	11	11
成型品中的玻璃纤维的数均纤维长度 L	275	252	250	245	243
成型品中的玻璃纤维的含有率 (质量%)	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
$Dk \times C^{1/4} \times L^{1/2} / D^{1/4}$	63.6	64.0	89.6	77.8	55.4
[0167] 树脂的种类	PPS	PPS	PPS	PPS	PPS
成型品中的树脂的含有率 (质量%)	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
成型品的弯曲强度 (MPa)	295	303	265	285	253
成型品的弯曲弹性模量 (GPa)	17	17	15	16	14
夏比缺口冲击强度 (KJ/cm^2)	13	13	12	12.5	12
成型品的介电常数	3.6	3.6	3.7	3.7	3.5
成型品的线性膨胀系数 (ppm/K)	2.47	2.48	2.83	2.68	2.75
成型品的介电常数 \times 成型品的线性膨胀系数	8.9	8.9	10.5	9.9	9.6
尺寸稳定性 \cdot 介电特性指标	0.85	0.85	1.00	0.95	0.92

[0168] [实施例6~8、比较例8~11]

[0169] 调整具备前述的组成1~4的短切原丝的玻璃纤维的纤维直径、切割长度(3mm)和配合量,以使玻璃纤维增强树脂成型品中的玻璃纤维的纤维直径、玻璃纤维的数均纤维长度和玻璃纤维的含有率成为表5所示的实施例6~8和表6所示的比较例8~11那样。接着,将螺杆转速设为100rpm,用双轴混炼机(芝浦机械株式会社制造,商品名:TEM-26SS)对上述短切原丝和上述聚对苯二甲酸丁二醇酯进行混炼,制作树脂颗粒。在此,玻璃纤维增强树脂成型品中的玻璃纤维的质量由玻璃纤维的组成、纤维直径、集束根数、以及玻璃纤维的切割长度、根数决定。接着,使用得到的树脂颗粒,通过注射成型机(日精树脂工业株式会社制造,商品名:NEX80)在模具温度90°C、注射温度250°C下进行注射成型,得到实施例6~8和比较例8~11的玻璃纤维增强树脂成型品。对于实施例6~8和比较例8~11的玻璃纤维增强树脂成型品,通过前述的方法评价成型品的弯曲强度、成型品的弯曲弹性模量、成型品的夏比缺口冲击强度、成型品的介电常数以及成型品的线性膨胀系数。结果示于表5和表6。其中,表中的尺寸稳定性 \cdot 介电特性指标是指,成型品的介电常数MDk乘以成型品的线性膨胀系数MC而得到的值($MDk \times MC$)与基准玻璃纤维增强树脂成型品的介电常数EDk乘以基准玻璃纤维增强树脂成型品的线性膨胀系数EC而得到的值($EDk \times EC$)的比($(MDk \times MC) / (EDk \times EC)$)。其中,基准玻璃纤维增强树脂成型品是指,具备E玻璃组成、以及与成型品相同的玻璃含有率含有纤维直径11.0 μm 的玻璃纤维、并且在与成型品相同的成型条件下制造的玻璃纤维增强树脂成型品。

[0170] [表5]

	实施例 6	实施例 7	实施例 8
玻璃纤维的玻璃组成	组成 1	组成 1	组成 1
玻璃纤维的介电常数 Dk	5.4	5.4	5.4
玻璃纤维的线性膨胀系数 C (ppm/K)	2.8	2.8	2.8
玻璃纤维的纤维直径 D (μm)	11	9	11
成型品中的玻璃纤维的数均纤维长度 L (μm)	273	258	244
成型品中的玻璃纤维的含有率 (质量%)	30.0	30.0	50.0
$Dk \times C^{1/4} \times L^{1/2} / D^{1/4}$	63.4	64.8	59.9
[0171] 树脂的种类	PBT	PBT	PBT
成型品中的树脂的含有率 (质量%)	70.0	70.0	50.0
成型品的弯曲强度 (MPa)	235	240	265
成型品的弯曲弹性模量 (GPa)	10	10	16
夏比缺口冲击强度 (KJ/cm^2)	11	11	13
成型品的介电常数	3.30	3.30	3.65
成型品的线性膨胀系数 (ppm/K)	1.90	1.89	1.52
成型品的介电常数 \times 成型品的线性膨胀系数	6.3	6.2	5.5
尺寸稳定性 \cdot 介电特性指标	0.83	0.83	0.74

[0172] [表6]

	比较例 8	比较例 9	比较例 10	比较例 11
玻璃纤维的玻璃组成	组成 2	组成 2	组成 3	组成 4
玻璃纤维的介电常数 Dk	6.8	6.8	6.4	4.8
玻璃纤维的线性膨胀系数 C (ppm/K)	5.6	5.6	4.0	3.3
玻璃纤维的纤维直径 D (μm)	11	11	11	11
成型品中的玻璃纤维的数均纤维长度 L	254	229	260	246
成型品中的玻璃纤维的含有率 (质量%)	30.0	50.0	30.0	30.0
$Dk \times C^{1/4} \times L^{1/2} / D^{1/4}$	91.5	86.9	80.1	55.7
[0173] 树脂的种类	PBT	PBT	PBT	PBT
成型品中的树脂的含有率 (质量%)	70.0	50.0	70.0	70.0
成型品的弯曲强度 (MPa)	200	230	225	193
成型品的弯曲弹性模量 (GPa)	9	14	9.5	8.5
夏比缺口冲击强度 (KJ/cm^2)	10	12	10.5	10
成型品的介电常数	3.40	3.90	3.40	3.20
成型品的线性膨胀系数 (ppm/K)	2.21	1.93	2.09	2.15
成型品的介电常数 \times 成型品的线性膨胀系	7.5	7.5	7.1	6.9
尺寸稳定性 \cdot 介电特性指标	1	1	0.95	0.92

[0174] 如表2~6所示,显然在实施例1~8的玻璃纤维增强树脂成型品中,玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维的纤维直径D在 $5.0 \sim 15.0 \mu\text{m}$ 的范围内,玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维在测定频率1GHz下的介电常数Dk在 $4.0 \sim 7.0$ 的范围内,玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维的线性膨胀系数C在 $2.0 \sim 6.0 \text{ ppm/K}$ 的范围内,玻璃纤维增强树脂成型品所包含的玻璃纤维的数均纤维长度L在 $150 \sim 400 \mu\text{m}$ 的范围内,上述D、Dk、C和L满足下述式(1)。而且,尺寸稳定性 \cdot 介电特性指标在0.85以下,因此可以说实施例1~8的玻璃纤维增强树脂成型品兼具高尺寸稳定性和低介电特性。

$$[0175] \quad 57.9 \leq Dk \times C^{1/4} \times L^{1/2} / D^{1/4} \leq 70.6 \dots \dots (1)$$

[0176] 另一方面,比较例1~11的玻璃纤维增强树脂成型品不满足上述式(1)。而且,尺寸稳定性 \cdot 介电特性指标超过0.85,因此不能说兼具高尺寸稳定性和低介电特性。