

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7621519号
(P7621519)

(45)発行日 令和7年1月24日(2025.1.24)

(24)登録日 令和7年1月16日(2025.1.16)

(51)国際特許分類

F I

C 0 3 C 13/00 (2006.01)

C 0 3 C 13/00

C 0 3 C 3/118(2006.01)

C 0 3 C 3/118

請求項の数 4 (全10頁)

(21)出願番号	特願2023-574328(P2023-574328)	(73)特許権者	519433171
(86)(22)出願日	令和4年8月10日(2022.8.10)		タイシャン ファイバーグラス インク
(65)公表番号	特表2024-520955(P2024-520955 A)		TAISHAN FIBERGLASS INC.
(43)公表日	令和6年5月27日(2024.5.27)		中華人民共和国 シャントン タイアン
(86)国際出願番号	PCT/CN2022/111308		シティー ダイユエ ディストリクト ダ
(87)国際公開番号	WO2023/082736		ーウェンコウ インダストリアル ゾーン
(87)国際公開日	令和5年5月19日(2023.5.19)		Dawenkou Industrial
審査請求日	令和5年12月5日(2023.12.5)		Zone, Daiyue Distri
(31)優先権主張番号	202111323970.1		ct, Taian City, Sha
(32)優先日	令和3年11月10日(2021.11.10)		ndong, China
(33)優先権主張国・地域又は機関	中国(CN)	(73)特許権者	523177001
			中国建材集团有限公司
			中華人民共和国 北京市海淀区復興路1
			7号国海広場2号楼(B座)
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 誘電損失の低いガラス繊維組成物

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量百分率で、以下の成分からなり、各成分の含有量が、

SiO₂：50～60％、

B₂O₃：20～30％、

Al₂O₃：8～18％、

CaO：1～6％、

F₂：0.2～1.50％、

SnO₂：0.05～0.5％、

Li₂O：0.05～0.5％、

K₂O+Na₂O≤0.05％であり、

SnO₂とLi₂Oの質量百分率含有量は、SnO₂/Li₂Oの範囲が0.2～3であることを満たし、

F₂とSnO₂の質量百分率含有量は、F₂/SnO₂の範囲が1～5であることを満たすことを特徴とする、誘電損失の低いガラス繊維組成物。

【請求項2】

質量百分率で、各成分の含有量が、

SiO₂：50～60％、

B₂O₃：20～30％、

Al₂O₃：8～18％、

CaO : 1 ~ 6 %、
F₂ : 0.2 ~ 1.50 %、
P₂O₅ : 0.05 ~ 5 %、
SnO₂ : 0.05 ~ 0.5 %、
Li₂O : 0.05 ~ 0.5 %、
K₂O + Na₂O ≤ 0.05 %であり、
SnO₂とLi₂Oの質量百分率含有量は、SnO₂/Li₂Oの範囲が0.2 ~ 3であることを満たし、
F₂とSnO₂の質量百分率含有量は、F₂/SnO₂の範囲が1 ~ 5であることを満たし、
P₂O₅、F₂とSnO₂の質量百分率含有量は、P₂O₅ / (F₂ + SnO₂) の範囲が2 ~ 5であることを満たすことを特徴とする、誘電損失の低いガラス繊維組成物。

10

【請求項3】

質量百分率で、各成分の含有量が、
SiO₂ : 50 ~ 60 %、
B₂O₃ : 20 ~ 30 %、
Al₂O₃ : 8 ~ 18 %、
CaO : 1 ~ 6 %、
F₂ : 0.2 ~ 1.50 %、
SnO₂ : 0.05 ~ 0.5 %、
Li₂O : 0.05 ~ 0.5 %、
K₂O + Na₂O ≤ 0.05 %、
0 % < MgO < 2.0 %であり、
SnO₂とLi₂Oの質量百分率含有量は、SnO₂/Li₂Oの範囲が0.2 ~ 3であることを満たし、
F₂とSnO₂の質量百分率含有量は、F₂/SnO₂の範囲が1 ~ 5であることを満たすことを特徴とする、誘電損失の低いガラス繊維組成物。

20

【請求項4】

質量百分率で、各成分の含有量が、
SiO₂ : 50 ~ 60 %、
B₂O₃ : 20 ~ 30 %、
Al₂O₃ : 8 ~ 18 %、
CaO : 1 ~ 6 %、
F₂ : 0.2 ~ 1.50 %、
P₂O₅ : 0.05 ~ 5 %、
SnO₂ : 0.05 ~ 0.5 %、
Li₂O : 0.05 ~ 0.5 %、
K₂O + Na₂O ≤ 0.05 %、
0 % < MgO < 2.0 %であり、
SnO₂とLi₂Oの質量百分率含有量は、SnO₂/Li₂Oの範囲が0.2 ~ 3であることを満たし、
F₂とSnO₂の質量百分率含有量は、F₂/SnO₂の範囲が1 ~ 5であることを満たし、
P₂O₅、F₂とSnO₂の質量百分率含有量は、P₂O₅ / (F₂ + SnO₂) の範囲が2 ~ 5であることを満たすことを特徴とする、誘電損失の低いガラス繊維組成物。

30

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガラス繊維の技術分野に属し、具体的には、誘電損失の低いガラス繊維組成物に関する。

50

【背景技術】

【0002】

5G通信の発展に伴い、低誘電率材料に対する性能要求は、さらに厳しくなる。5Gの最大の利点は伝送速度が速いことであり、それに伴う最大の欠点は透過力差、減衰が大きいことであり、ガラスは高周波の電磁界で電気エネルギーの一部を熱エネルギーに変換して損失を発生させる。これは、伝送媒体の材料に誘電率が低く、誘電損失が小さいという特徴を持っていることを要求し、これにより、信号伝送がより早く、信号遅延がより低く、信号忠実度がより高いことを実現できる。

【0003】

中国特許CN102503153Aには、48wt%～58wt%のSiO₂、10wt%～18wt%のAl₂O₃、18wt%～28wt%のB₂O₃、0～6wt%のCaO、0～6wt%のMgO、0.5wt%～8wt%のY₂O₃、0.2wt%～0.6wt%のCeO₂、0～3wt%のF₂、0～1wt%のNa₂O、K₂OとLi₂O、0～0.45wt%のTiO₂、0～0.5wt%のFe₂O₃を含む低誘電率ガラス繊維が開示される。当該ガラス繊維は、室温で周波数が1MHzである時、誘電率が4.1～4.5で、誘電損失が 6×10^{-4} ～ 9×10^{-4} である。

10

【0004】

中国特許CN104556710Aには、異形ガラス繊維及びその製造方法が開示され、前記異形ガラス繊維は、モル百分率で、以下の成分：SiO₂ 52%～58%、B₂O₃ 16%～24%、Al₂O₃ 13%～19%、CaO 1%～5%、MgO 4.2%～8%、F₂ 0.4%～2%、Li₂O 0～0.5%、Fe₂O₃ 0～0.4%、K₂O 0～0.2%、Na₂O 0～0.2%を含む。当該異形ガラス繊維は、室温で周波数が1MHzである時、誘電率が4.7未満で、誘電損失係数 10^{-3} 未満である。

20

【0005】

中国特許CN103482876Aには、プリント配線基板用低誘電率ガラス繊維が開示され、前記ガラス繊維は、以下の質量百分率の成分：SiO₂ 48%～53%、Al₂O₃ 13%～16%、B₂O₃ 19%～25%、P₂O₅ 0.5%～2%、CaO 5.0%～8.5%、La₂O₃ 0.5%～8%、ZnO 0.5%～2.5%、TiO₂ 0.5%～2%、Na₂O、K₂OとLi₂O 1%未満、SO₃ 0.45%未満、Fe₂O₃ 0.45%未満を含む。それは非常に低い誘電率と誘電損失を有し、室温で周波数が1MHzである時、誘電率が4.8～5.5で、誘電損失が $4 \sim 8 \times 10^{-4}$ である。

30

【0006】

上記特許文献中のガラス繊維は、低い粘度があるが、誘電性能は1MHzの条件下で検出されたもので、ガラスの誘電損失は、周波数が高くなるにつれて増大する。例えば、常温、1MHzでは珪酸塩ガラスの $\tan \delta = 9 \times 10^{-4}$ であり、3000MHzでは 36×10^{-4} となる。したがって、上記特許では、常温と1MHzで検出した場合にのみ誘電損失が相対的に低い。

【0007】

中国特許CN113135666Aには、SiO₂：50～58%、Al₂O₃：10～16%、B₂O₃：20～28%、MgO：1～4%、CaO：1～4%、Li₂O：0.05～0.5%、Na₂O：0.05～0.6%、K₂O：0.05～0.8%、TiO₂：0.2～1.5%、CeO₂：0～1%、SnO₂：0.01～1.5%、Fe₂O₃：0～0.1%を含む低誘電ガラス繊維が開示されている。シリカ、アルミナ、ホウ素酸化物の割合を適正に設定することにより、ガラス繊維に低い誘電率と誘電損失を有させ、ガラス粘度を適切に調整する。前記ガラス繊維は、室温で周波数が10GHzである場合、誘電率が4.2～4.5であり、誘電損失が 2.5×10^{-3} ～ 4.4×10^{-3} である。当該特許では、誘電率と誘電損失が高い。

40

【0008】

以上の問題に基づいて、高周波でのスケール生産に適した低誘電率、低誘電損失、低粘度、気泡ゼロのガラス繊維組成物の開発が急務である。

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、低誘電率、低誘電損失、低粘度、気泡ゼロのガラス繊維組成物を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明に係る誘電損失の低いガラス繊維組成物は、質量百分率で、各成分の含有量が、

SiO_2 : 50 ~ 60 %、

B_2O_3 : 20 ~ 30 %、

Al_2O_3 : 8 ~ 18 %、

CaO : 1 ~ 6 %、

F_2 : 0.2 ~ 1.50 %、

SnO_2 : 0.05 ~ 0.5 %、

Li_2O : 0.05 ~ 0.5 %、

$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} \leq 0.05\%$ である。

10

【0011】

好ましくは、前記誘電損失の低いガラス繊維組成物は、質量百分率で、各成分の含有量が、

SiO_2 : 50 ~ 60 %、

B_2O_3 : 20 ~ 30 %、

Al_2O_3 : 8 ~ 18 %、

CaO : 1 ~ 6 %、

F_2 : 0.2 ~ 1.50 %、

P_2O_5 : 0.05 ~ 5 %、

SnO_2 : 0.05 ~ 0.5 %、

Li_2O : 0.05 ~ 0.5 %、

$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} \leq 0.05\%$ である。

20

【0012】

好ましくは、前記誘電損失の低いガラス繊維組成物は、質量百分率で、各成分の含有量が、

SiO_2 : 50 ~ 60 %、

B_2O_3 : 20 ~ 30 %、

Al_2O_3 : 8 ~ 18 %、

CaO : 1 ~ 6 %、

F_2 : 0.2 ~ 1.50 %、

SnO_2 : 0.05 ~ 0.5 %、

Li_2O : 0.05 ~ 0.5 %、

$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} \leq 0.05\%$ 、

$0 < \text{MgO} < 2.0$ である。

40

【0013】

好ましくは、前記誘電損失の低いガラス繊維組成物は、質量百分率で、各成分の含有量が、

SiO_2 : 50 ~ 60 %、

B_2O_3 : 20 ~ 30 %、

Al_2O_3 : 8 ~ 18 %、

CaO : 1 ~ 6 %、

F_2 : 0.2 ~ 1.50 %、

P_2O_5 : 0.05 ~ 5 %、

SnO_2 : 0.05 ~ 0.5 %、

50

$\text{Li}_2\text{O} : 0.05 \sim 0.5\%$ 、
 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} \leq 0.05\%$ 、
 $0 < \text{MgO} < 2.0$ である。

【0014】

ここで、

SnO_2 と Li_2O の質量百分率含有量は、 $\text{SnO}_2 / \text{Li}_2\text{O}$ の範囲が $0.2 \sim 3$ であることを満たす。

F_2 と SnO_2 の質量百分率含有量は、 $\text{F}_2 / \text{SnO}_2$ の範囲が $1 \sim 5$ であることを満たす。

P_2O_5 、 F_2 と SnO_2 の質量百分率含有量は、 $\text{P}_2\text{O}_5 / (\text{F}_2 + \text{SnO}_2)$ の範囲が $2 \sim 5$ であることを満たす。

10

【0015】

本発明でガラス繊維組成物を製造する原料は、それぞれ、石英粉末、無水ホウ酸、アルミナ、ウォラストナイト、酸化マグネシウム、酸化スズ、蛍石、メタリン酸アルミニウム、スポジュメンである。

【発明の効果】

【0016】

本発明の有益な効果は、以下の通りである。

【0017】

SiO_2 は、シリコン四面体の構造で不規則な連続ネットワーク構造を構成している。当該構造は、高い結合強度を有し、構造が緊密であり、外電場によって分極しにくく、コンダクタンスや弛緩などの損失も生じにくい。このため、 SiO_2 含有量が多いと、ガラス誘電率や誘電損失を著しく低減させ、機械的強度を増強させる。しかし、含有量が多くなると、粘度が上昇し、熔融製錬の難易度が高くなる。例えば、石英ガラスは、誘電損失が 0.0001 と非常に低い、粘度が高く、溶解しにくい。本発明は、 SiO_2 含有量の範囲を $50 \sim 60\%$ に限定する。

20

【0018】

B_2O_3 は、高温でホウ素がホウ素-酸素三角体として存在し、粘度を下げることで、しかし、ホウ素含有量が一定の値に達すると、それは代わりに粘度を増加させるので、ホウ素含有量が高すぎると、生産に不利になる。また、 B_2O_3 の含有量が多すぎると、 SiO_2 格子が析出しやすく、分相が発生する。また、 B_2O_3 の添加は、 B^{3+} を導入して $\text{B}-\text{O}$ を形成し、その結合エネルギーは $\text{Si}-\text{O}$ 結合エネルギーよりも大きく、ガラス中でガラスネットワーク構造を安定させ、酸素イオンの分極を制限する役割を果たすことができる。したがって、 B_2O_3 の添加により、誘電率と誘電損失を低減させることができる。本発明は、 B_2O_3 含有量の範囲を $20 \sim 30\%$ に限定する。

30

【0019】

Al_2O_3 の添加は、ガラスの晶析を効果的に抑制することができる。多成分ガラスにおいて、 Al_2O_3 は、破断ネットワークを接続する役割を果たすことができるため、ネットワーク構造が緊密になり、ガラス強度が向上するが、 $\text{Al}-\text{O}$ 結合エネルギーが $\text{Si}-\text{O}$ 結合エネルギーより弱く、遊離酸素が増加して損失を増大させる。本発明は、 Al_2O_3 含有量の範囲を $8 \sim 18\%$ に限定する。

40

【0020】

CaO は、ネットワーク外体に属し、カルシウムイオン配位数は一般的に 6 であり、構造中の活動性が小さく、一般にガラスから析出しにくく、高温時の活動性が高い。 Ca^{2+} には、ブリッジ酸素を分極させ、及びシリコン結合を弱める作用があるため、粘度を低下させる作用があり、材料性を短縮できるとともに遊離酸素による損失が増大する可能性がある。本発明は、 CaO 含有量の範囲を $1 \sim 6\%$ に限定する。

【0021】

本発明は、さらに、 SnO_2 及び F_2 に加えて MgO を添加することにより、 MgO はガラス系の粘度を低下させることができる。しかし、含有量が多すぎると誘電率や誘電損

50

失が高くなるため、本発明は、 MgO 含有量の範囲を $MgO < 2.0$ に限定する。

【0022】

P_2O_5 は、ガラス構造中に常に燐酸素四面体として存在するガラス形成体であり、ガラスの骨格としてガラスの分相温度を高め、ガラスの耐温性能を向上させることもできるし、ガラスの材料性を短縮することもでき、技術的研究ではDSCによるガラスの膨張軟化点温度試験を用いてP導入後は未導入の軟化点温度より上昇し、後段製品の耐温性向上に寄与することが認められた。また、単一の P_2O_5 原料は吸湿しやすく、しかも原料配合過程で凝集しやすく、配合材の均一性を悪化させ、しかも貯蔵条件に対する要求が高いことから、本発明はメタリン酸アルミニウム又は縮合リン酸アルミニウム原料で P_2O_5 を導入して、配合材中に P_2O_5 を均一に分散させ、配合材の熔融過程で B_2O_3 の溶解速度が速く、均一に分布する P_2O_5 に局所的に包み込まれ、揮発量を低減し、ガス排出量を低減する。しかし、導入量が多すぎると、低温粘度が大幅に上昇し、またP含有量が多すぎるとBから遊離酸素を奪いやすくなり、ガラスの失透を引き起こし、晶析が生成する。本発明は、 Al_2O_3 含有量 > 8 の場合、高B、P導入による分相抑制に有効であることを見出し、 Al_2O_3 、 P_2O_5 、 B_2O_3 比率を制御することによりガラスの成形温度を低下させ、結晶析出を抑制するものであり、本発明は P_2O_5 含有量の範囲を $0.05 \sim 5\%$ に制御する。

【0023】

アルカリ金属酸化物である Li_2O 、 K_2O 、 Na_2O は、ガラス粘度特性を急速に低下させ、ガラスの熔融と清澄に寄与する。しかし、アルカリ金属と酸素との結合は極めて分極しやすく、誘電損失を著しく増大させる。本発明は、 Li_2O を少量添加することにより、誘電損失を保証する前提の下で粘度を低下させ、ガラス熔融に寄与する。本発明は、原料中の K_2O 、 Na_2O 含有量を厳密に制御し、少量存在が原料中の不純物から導入され、添加する必要がない。本発明は、 Li_2O の範囲を $0.05 \sim 0.5\%$ 、 $K_2O + Na_2O \leq 0.05\%$ に限定して、低い融解製錬温度で誘電損失の低いガラスが得られることを保証する。

【0024】

SnO_2 は、高温で分解して O_2 を生成し、ガス分圧を低下させ、気泡排出に有利である。さらに重要なことは、本発明の $SnO_2 + Li_2O$ は複合清澄剤として機能し、 Sn^{4+} 外電子層の干渉を受けて Li^+ の分極作用が強くなり、 Li_2O の有益な効果を効果的に高めることであり、ガラス清澄過程におけるガラス液の表面張力が低下し、気泡を効率よく排出し、ガラス均一性を向上させ、低誘電ガラス繊維生産に必要なゼロ気泡率を実現する。また、配合材の熔融温度が大幅に低下し、B、Fの揮発を減少させる。本発明は、 SnO_2 含有量の範囲を $0.05 \sim 0.5\%$ に制御し、重量百分率の比 SnO/Li_2O の含有量を $0.2 \sim 3$ 重量%に制御する。

【0025】

Fは、原子半径が小さく、O原子に相対して分極しにくく、SiとSi-F結合を形成し、Si-Oの一部を代替して、ガラスネットワーク中で網切れ作用をするとともに、ガラス中に形成されるSi-F、B-F、Al-F結合の強さがSi-O、B-O、Al-O結合の強さよりも弱い。このような二重作用は、ガラスの熔融温度を低下させ、粘度を低下させ、ガラスの表面張力を低下させるために、ガラスの成形工程の難易度の低下に寄与する。且つ、形成されたSi-F結合が分極しにくく、誘電損失を低減する。本発明は、 F_2 含有量の範囲を $0.2 \sim 1.5\%$ に制御する。

【0026】

また、本発明における F_2 と SnO_2 の含有量の比は、ガラスの誘電損失に大きく影響し、少量の SnO_2 を導入すると両者が協働して誘電損失の低減が顕著になる。重量百分率の比 F_2/SnO_2 の範囲が $1 \sim 5$ では、本発明の効果は明らかである。実験の結果、 F_2 や SnO_2 単独添加又は F_2/SnO_2 の範囲が $1 \sim 5$ でなければ、いずれも本発明の目的を達成できないことが分かる。 F_2 と SnO_2 を併用すると、 F_2 は SnO_2 の周囲に分散してSn-F結合を形成し、Si-F、B-F、Al-Fと協働してガラスの熔融温度

をさらに低下させ、粘度を低下させ、ガラスの表面張力を低下させる。

【0027】

以上のことから、本発明は、 SnO_2 と F_2 を同時に添加し、 F_2/SnO_2 の比を制御することにより、ガラス繊維に低い誘電率と誘電損失を有させるだけでなく、ガラス繊維の粘度を低下させて、ガラス繊維中の気泡数がゼロとなる。

【0028】

また、本発明は、 SnO_2 及び F_2 に加えて P_2O_5 を添加し、 $\text{P}_2\text{O}_5/(\text{F}_2 + \text{SnO}_2)$ の比を2～5の範囲に制御することにより、ガラス繊維の誘電率と誘電損失をさらに低減させる。

【0029】

本発明は、各成分の間の相互作用により、得られるガラス繊維組成物が低誘電率と低誘電損失、低気泡、低粘度を有し、ガラス性能に優れる。

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、本発明を実施形態に関連してさらに説明する。

【0031】

実施例1～7

実施例1～7における誘電損失の低いガラス繊維組成物の組成を、表1に示す。

【0032】

(1) 各成分の含有量に応じて、各化合物を一定の配合比で混合し、均一に混合した後、配合材を白金のつぼに入れて1550～1600℃で熔融させ、1350℃未満で伸線してガラス繊維とした。

ガラスに十分な強度を確保し、伸線工程に適応するため、弾性率強度測定を行う：ガラスを20×20×15mm（長さ×幅×厚さ）のガラスブロックに切断し、被験面が滑らかで平坦であり、超音波厚さ測定器を用いて、下記の式〔厚さ測定器で測定した実際の音速単位はmm/usであるため、下記式中の音速値（cm/s）は、実測値×10⁵で、密度単位：g/cm³で、計算に必要なデータを代入すればよい〕に従って測定する。

【0033】

【数1】

$$(1) \text{ポアソン比}(\nu) = \frac{1-2(V_T/V_L)^2}{2-2(V_T/V_L)^2}$$

ここで、 V_T ＝横波音速（cm/s）、 V_L ＝縦波音速（cm/s）。

【0034】

【数2】

$$(2) \text{ヤング率}(E) = \frac{V_L^2 \rho (1+\nu)(1-2\nu)}{1-\nu}$$

ここで、 V_L ＝縦波音速（cm/s）、 ρ ＝密度（g/cm³）、 ν ＝ポアソン比。

【0035】

(2) 誘電特性測定は、均一に混合した配合材を白金のつぼに入れて熔融し、熔融したサンプルを600℃でアニールして応力を除去した後、Φ50×2mmのサンプルに切り出し、ネットワークベクトルアナライザで10GHzで試験する。

ガラス繊維組成物のlg3.0温度、液相温度、ΔT、誘電率、誘電損失、弾性率、気泡数の各指標を測定したデータを、表1に示す。

【0036】

比較例1～6

比較例1～6におけるガラス繊維組成物の組成を、表2に示す。

当該ガラス繊維組成物の $\lg 3.0$ 温度、液相温度、 ΔT 、誘電率、誘電損失、弾性率、気泡数の各指標を測定したデータを、表 2 に示す。

【 0 0 3 7 】

【表 1】

表1 実施例1～7のデータ表

	含有量範囲	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7
SiO ₂	50-60	55	60	50	56.43	57	56.44	53
B ₂ O ₃	20-30	22.5	20.8	27.77	24	21.5	25.5	24
Al ₂ O ₃	8.0-18	13.87	13.83	12	13	11.85	13	16
CaO	1.0-6.0	3.5	2.1	5	4.1	5	4.1	4
MgO	<2.0	0	0	0	0	1	0	1.22
P ₂ O ₅	0.05-5.0	4	2	4.1	1.5	2.5	0	0
F ₂	0.2-1.5	0.8	0.6	0.6	0.4	0.8	0.4	1.2
SnO ₂	0.05-0.5	0.2	0.35	0.3	0.15	0.2	0.15	0.25
Li ₂ O	0.05-0.5	0.1	0.3	0.2	0.4	0.15	0.4	0.3
K ₂ O+Na ₂ O	≤0.05	0.03	0.02	0.03	0.02	0	0.01	0.03
F ₂ /SnO ₂	1.0-5.0	4.00	1.71	2.00	2.67	4.00	2.67	4.80
P ₂ O ₅ /(F ₂ +SnO ₂)	2-5	4.00	2.11	4.56	2.73	2.50	0.00	0.00
SnO ₂ /Li ₂ O	0.2-3	2.00	1.17	1.50	0.38	1.33	0.38	0.83
$\lg 3.0/^{\circ}\text{C}$		1310	1335	1320	1316	1308	1305	1300
液相温度/ $^{\circ}\text{C}$		1050	1123	1060	1080	1023	998	1010
$\Delta T/^{\circ}\text{C}$		260	212	260	236	28.5	307	290
10GHz 誘電率		4.1	4.07	4.15	4.12	4.15	4.18	4.16
10GHz 誘電損失		0.0015	0.0013	0.0013	0.0016	0.0016	0.0018	0.0017
弾性率/Gpa		60	65	60	60	62	59	63
気泡数 (個/10グラム)		0	0	0	0	0	0	0

【 0 0 3 8 】

【表 2】

表2 比較例1～6のデータ表

	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4	比較例5	比較例6
SiO ₂	55	55	60	60	55	55
B ₂ O ₃	22.2	22.5	20.8	20.8	22.5	22.5
Al ₂ O ₃	13.87	14.07	14.08	14.33	14.67	14.87
CaO	3.5	3.5	2.1	2.1	3.5	3.5
MgO	0	0	0	0	0	0
P ₂ O ₅	4	4	2	1.5	4	4
F ₂	0.8	0.8	0.6	0.6	0	0
SnO ₂	0.5	0	0.1	0.35	0.2	0
Li ₂ O	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	0.1
K ₂ O+Na ₂ O	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03
F ₂ /SnO ₂	1.60	0.00	6.00	1.71	0	0
P ₂ O ₅ /(F ₂ +SnO ₂)	3.08	5.00	2.86	1.58	20	0
SnO ₂ /Li ₂ O	5.00	0.00	0.33	1.17	2	0
$\lg 3.0/^{\circ}\text{C}$	1360	1375	1365	1392	1384	1398
液相温度/ $^{\circ}\text{C}$	1079	1100	1110	1200	1153	1164
$\Delta T/^{\circ}\text{C}$	281	275	255	192	231	234
10GHz 誘電率	4.55	4.52	4.55	4.58	4.59	4.65
10GHz 誘電損失	0.0035	0.0033	0.0028	0.0030	0.0029	0.0031
弾性率/Gpa	54	55	58	60	52	51
気泡数 (個/10グラム)	10	22	25	12	20	30

【 0 0 3 9 】

表中、 $\lg 3.0$ とは、ガラス液粘度が1000ポイズであるときの温度であり、ガラスの成形温度即ち伸線温度であり、液相温度即ち晶析温度又は分相温度の上限は、ガラスの失透上限温度であり、成形温度と液相温度との差が大きいほど伸線に有利である。

【0040】

表1～2のデータを分析すると、比較例1中の $\text{SnO}_2/\text{Li}_2\text{O}$ の比は、5.00であり、0.2～3の範囲外である。比較例3中の F_2/SnO_2 の比は、6.00であり、1～5の範囲外である。比較例4中の $\text{P}_2\text{O}_5/(\text{F}_2+\text{SnO}_2)$ の比は、1.58であり、2～5の範囲外である。ガラス繊維の粘度が高くなり、ガラス繊維中の気泡の個数も異なる程度増加する。

【0041】

実施例1と比較例2、5、6とを比較すると、本発明の実施例1に比べて、比較例2では SnO_2 が添加されておらず、比較例5では F_2 が添加されておらず、比較例6では SnO_2 と F_2 が添加されていないことがガラス繊維の粘度上昇につながり、ガラス繊維中の気泡の個数が増加していることが分かる。本発明は、 SnO_2 と F_2 を同時に添加し、 F_2/SnO_2 の比を制御することにより、ガラス繊維に低い誘電率と誘電損失を有させるだけでなく、ガラス繊維の粘度を低下させて、ガラス繊維中の気泡数がゼロとなる。また、本発明では、 P_2O_5 を添加し、 $\text{P}_2\text{O}_5/(\text{F}_2+\text{SnO}_2)$ の比を2～5の範囲に制御することにより、ガラス繊維の誘電率と誘電損失をさらに低減させる。

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(74)代理人 110002734
弁理士法人藤本パートナーズ

(72)発明者 唐 志堯
中華人民共和国 271000 山東省泰安市大▲ウェン▼口工業園

(72)発明者 李 永艷
中華人民共和国 271000 山東省泰安市大▲ウェン▼口工業園

(72)発明者 王 加芳
中華人民共和国 271000 山東省泰安市大▲ウェン▼口工業園

(72)発明者 張 艷萍
中華人民共和国 271000 山東省泰安市大▲ウェン▼口工業園

審査官 酒井 英夫

(56)参考文献 特許第7131733 (JP, B1)
国際公開第2022/168963 (WO, A1)
米国特許出願公開第2020/0039870 (US, A1)
米国特許出願公開第2014/0235424 (US, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
C03C 13/00,
C03C 3/091,
C03C 3/097,
C03C 3/118
INTERGLAD