

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2024-523409

(P2024-523409A)

(43)公表日 令和6年6月28日(2024.6.28)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
C 0 3 C 10/12 (2006.01)	C 0 3 C 10/12	4 G 0 5 9
C 0 3 C 10/04 (2006.01)	C 0 3 C 10/04	4 G 0 6 2
C 0 3 C 21/00 (2006.01)	C 0 3 C 21/00 1 0 1	
C 0 3 C 3/097(2006.01)	C 0 3 C 3/097	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全56頁)

(21)出願番号	特願2023-577971(P2023-577971)	(71)出願人	397068274 コーニング インコーポレイテッド アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 1 コーニング リヴァーフロント プ ラザ 1
(86)(22)出願日	令和4年6月16日(2022.6.16)	(74)代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
(85)翻訳文提出日	令和6年2月16日(2024.2.16)	(74)代理人	100175042 弁理士 高橋 秀明
(86)国際出願番号	PCT/US2022/033704	(74)代理人	100224775 弁理士 南 毅
(87)国際公開番号	WO2022/266274	(72)発明者	ビール, ジョージ ホールジー アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 1 4 ビッグ フラッツ ウッドランド ド ライヴ 1 6
(87)国際公開日	令和4年12月22日(2022.12.22)		
(31)優先権主張番号	63/212,145		
(32)優先日	令和3年6月18日(2021.6.18)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(81)指定国・地域	AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA ,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,A T,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR ,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC, 最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 前駆体ガラスおよびそれから形成された、機械的耐久性が改善された透明ガラスセラミック物品

(57)【要約】

ガラスセラミック物品は、60モル%から72モル%のSiO₂、2.5モル%から8モル%のAl₂O₃、17モル%から26モル%のLi₂O、0.2モル%から4モル%のZrO₂、および0.5モル%から2モル%のP₂O₅を含む。そのガラスセラミック物品中のアルカリ土類酸化物と遷移金属酸化物の合計は、0.1モル%から6モル%であることがあり、アルカリ土類酸化物は、CaO、MgO、SrO、およびBaOの合計であり、遷移金属酸化物は、La₂O₃、Y₂O₃、Ta₂O₅、およびGeO₂の合計である。このガラスセラミック物品中のP₂O₅とZrO₂の合計は、1モル%から6モル%であることがある。このガラスセラミック物品は、二ケイ酸リチウムと葉長石を含む結晶相を有することがある。このガラスセラミック物品の結晶相における二ケイ酸リチウムと葉長石の総量は、この結晶相の総質量に基づいて、50質量%超であることがある。

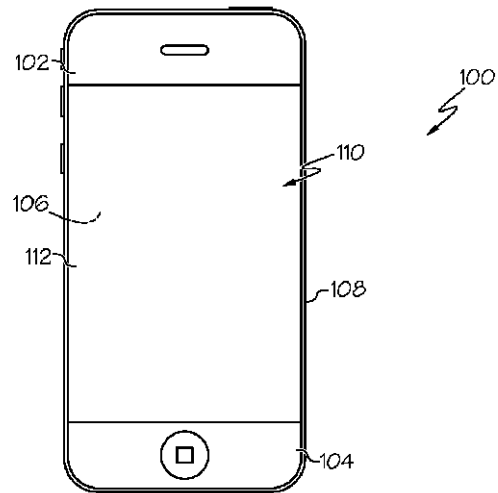


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガラスセラミック物品であって、
 60モル%以上かつ72モル%以下のSiO₂、
 2.5モル%以上かつ8モル%以下のAl₂O₃、
 17モル%以上かつ26モル%以下のLi₂O、
 0.2モル%以上かつ4モル%以下のZrO₂、および
 0.5モル%以上かつ2モル%以下のP₂O₅、

を含み、

アルカリ土類酸化物 + 遷移金属酸化物は、0.1モル%以上かつ6モル%以下であり、
 アルカリ土類酸化物は、CaO、MgO、SrO、およびBaOの合計であり、遷移金属酸化物は、La₂O₃、Y₂O₃、Ta₂O₅、およびGeO₂の合計であり、
 P₂O₅ + ZrO₂は、1モル%以上かつ6モル%以下であり、
 $(SiO_2 + Al_2O_3) / (P_2O_5 + ZrO_2)$ は、12モル%以上かつ34モル%以下であり、

前記ガラスセラミック物品は、ニケイ酸リチウムと葉長石を含む結晶相を有し、ニケイ酸リチウムと葉長石の総量は、前記結晶相の総質量に基づいて、50質量%超である、ガラスセラミック物品。

【請求項 2】

前記ガラスセラミック物品が、0.5モル%以上かつ4モル%以下のZrO₂を含む、
 請求項 1 記載のガラスセラミック物品。 20

【請求項 3】

アルカリ土類酸化物 + 遷移金属酸化物が、0.1モル%以上かつ5モル%以下である、
 請求項 1 または 2 記載のガラスセラミック物品。

【請求項 4】

P₂O₅ + ZrO₂が、2モル%以上かつ5モル%以下である、請求項 1 から 3 いずれか 1 項記載のガラスセラミック物品。

【請求項 5】

$(SiO_2 + Al_2O_3) / (P_2O_5 + ZrO_2)$ が、14モル%以上かつ32モル%以下である、請求項 1 から 4 いずれか 1 項記載のガラスセラミック物品。 30

【請求項 6】

前記ガラスセラミック物品の平均透過率が、0.8mmの物品厚で測定して、400nmから800nmの波長範囲に亘り、50%以上かつ95%以下である、請求項 1 から 5 いずれか 1 項記載のガラスセラミック物品。

【請求項 7】

シェブロンノッチ付き小形角棒法で測定した前記ガラスセラミック物品の破壊靱性K_{IC}が、1.0MPa・m^{1/2}以上である、請求項 1 から 6 いずれか 1 項記載のガラスセラミック物品。

【請求項 8】

ガラスセラミック物品を形成する方法において、
 1 /分以上かつ10 /分以下の速度で、炉内で前駆体ガラス物品を核形成温度に加熱する工程であって、該前駆体ガラス物品は、

60モル%以上かつ72モル%以下のSiO₂、
 2.5モル%以上かつ8モル%以下のAl₂O₃、
 17モル%以上かつ26モル%以下のLi₂O、
 0.5モル%以上かつ4モル%以下のZrO₂、および
 0.5モル%以上かつ2モル%以下のP₂O₅、

を含む前駆体ガラス組成物から作られ、

アルカリ土類酸化物 + 遷移金属酸化物は、0.1モル%以上かつ6モル%以下であり、
 アルカリ土類酸化物は、CaO、MgO、SrO、およびBaOの合計であり、遷移金 50

属酸化物は、 La_2O_3 、 Y_2O_3 、 Ta_2O_5 、および GeO_2 の合計であり、

$\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2$ は、1モル%以上かつ6モル%以下であり、

$(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2)$ は、12モル%以上かつ34モル%以下である、工程、

0.1時間以上かつ8時間以下の期間に亘り前記炉内で前記前駆体ガラス物品を前記核形成温度に維持して、核形成済みの結晶化可能なガラス物品を生成する工程、

1 /分以上かつ10 /分以下の速度で、前記炉内で前記核形成済みの結晶化可能なガラス物品を結晶化温度に加熱する工程、

0.1時間以上かつ8時間以下の期間に亘り前記炉内で前記核形成済みの結晶化可能なガラス物品を前記結晶化温度に維持して、前記ガラスセラミック物品を生成する工程であって、該ガラスセラミック物品は、ニケイ酸リチウムおよび葉長石を含む結晶相を有し、ニケイ酸リチウムと葉長石の総量は、前記結晶相の総質量に基づいて、50質量%超である、工程、および

前記ガラスセラミック物品を室温に冷却する工程、を含む方法。

【請求項9】

2時間以上から12時間以下の期間に亘り350 以上から500 以下の温度で、イオン交換浴中で前記ガラスセラミック物品を強化して、イオン交換済みガラスセラミック物品を形成する工程をさらに含む、請求項8記載の方法。

【請求項10】

前記ガラスセラミック物品が30MPa以上の最大中央張力を有する、請求項9記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【優先権】

【0001】

本出願は、その内容が依拠され、ここに全て引用される、2021年6月18日に出願された米国仮特許出願第63/212145号の米国法典第35編第119条の下での優先権の恩恵を主張するものである。

【技術分野】

【0002】

本明細書は、前駆体ガラス組成物およびガラスセラミック物品に関し、より詳しくは、前駆体ガラス組成物およびそれから形成されたイオン交換可能なガラスセラミック物品に関する。

【背景技術】

【0003】

カバーガラス、ガラスバックプレーン、筐体などのガラス物品が、スマートフォン、タブレット、携帯型メディアプレーヤー、パーソナルコンピュータ、およびカメラなどの消費者向けおよび業務用電子機器の両方に用いられている。これらの携帯型機器の持ち運ぶ性質のために、それらの機器およびその中に含まれるガラス物品は、特に、地面などの硬い表面に偶発的に落とされやすい。さらに、カバーガラスなどのガラス物品は、ガラス物品が、ユーザの指および/またはスタイラス器具を含む様々な物体と必然的に接触する「タッチ」機能性を備えることがある。したがって、ガラス物品は、引っかき傷などの損傷を受けずに、偶発的な落下および日常的な接触に耐えるほど十分に丈夫でなければならない。実際に、ガラス物品の表面に生じる引っかき傷は、ガラスの壊滅的な破壊をもたらす亀裂の開始地点として働くことがあるので、ガラス物品の強度を低下させることがある。

【0004】

さらに、ガラス物品の透過率など、ガラス物品の光学的特徴は、ガラス物品が携帯型電子機器におけるカバーガラスとして組み込まれた場合、重要な検討事項であろう。

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

したがって、ガラスに対して改善された機械的性質を有しつつ、ガラスと類似の光学的特徴も有する代替材料が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

第1の態様A1によれば、ガラスセラミック物品は、60モル%以上かつ72モル%以下の SiO_2 、2.5モル%以上かつ8モル%以下の Al_2O_3 、17モル%以上かつ26モル%以下の Li_2O 、0.2モル%以上かつ4モル%以下の ZrO_2 、および0.5モル%以上かつ2モル%以下の P_2O_5 を含むことがあり、アルカリ土類酸化物+遷移金属酸化物は、0.1モル%以上かつ6モル%以下であり、アルカリ土類酸化物は、 CaO 、 MgO 、 SrO 、および BaO の合計であり、遷移金属酸化物は、 La_2O_3 、 Y_2O_3 、 Ta_2O_5 、および GeO_2 の合計であり、 $P_2O_5 + ZrO_2$ は、1モル%以上かつ6モル%以下であり、 $(SiO_2 + Al_2O_3) / (P_2O_5 + ZrO_2)$ は、12モル%以上かつ34モル%以下であり、このガラスセラミック物品は、ニケイ酸リチウムと葉長石を含む結晶相を有し、ニケイ酸リチウムと葉長石の総量は、結晶相の総質量に基づいて、50質量%超である。

10

【0007】

第2の態様A2は、ガラスセラミック物品が、0.5モル%以上かつ4モル%以下の ZrO_2 を含む、第1の態様A1によるガラスセラミック物品を含む。

20

【0008】

第3の態様A3は、アルカリ土類酸化物+遷移金属酸化物が、0.1モル%以上かつ5モル%以下である、第1の態様A1または第2の態様A2によるガラスセラミック物品を含む。

【0009】

第4の態様A4は、 $P_2O_5 + ZrO_2$ が、2モル%以上かつ5モル%以下である、第1から第3の態様A1~A3のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0010】

第5の態様A5は、 $(SiO_2 + Al_2O_3) / (P_2O_5 + ZrO_2)$ が、14モル%以上かつ32モル%以下である、第1から第4の態様A1~A4のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

30

【0011】

第6の態様A6は、 Li_2O 対 Al_2O_3 のモル比が、2以上かつ12以下である、第1から第5の態様A1~A5のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0012】

第7の態様A7は、 Li_2O 対 Al_2O_3 のモル比が、4以上かつ10以下である、第6の態様A6によるガラスセラミック物品を含む。

【0013】

第8の態様A8は、 Li_2O 対 SiO_2 のモル比が、0.25以上かつ0.5以下である、第1から第7の態様A1~A7のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

40

【0014】

第9の態様A9は、 Li_2O 対 SiO_2 のモル比が、0.25以上かつ0.4以下である、第8の態様A8によるガラスセラミック物品を含む。

【0015】

第10の態様A10は、ガラスセラミック物品が、2.5モル%以上かつ6モル%以下の Al_2O_3 を含む、第1から第9の態様A1~A9のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0016】

第11の態様A11は、ガラスセラミック物品が、18モル%以上かつ24モル%以下の Li_2O を含む、第1から第10の態様A1~A10のいずれか1つによるガラスセラ

50

ミック物品を含む。

【0017】

第12の態様A12は、ガラスセラミック物品が、0.7モル%以上かつ1.75モル%以下の P_2O_5 を含む、第1から第11の態様A1~A11のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0018】

第13の態様A13は、 R_2O が、17モル%以上かつ30モル%以下であり、 R_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 、および K_2O の合計である、第1から第12の態様A1~A12のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0019】

第14の態様A14は、ガラスセラミック物品が、0モル%以上かつ6モル%以下の Na_2O 、および0モル%以上かつ6モル%以下の K_2O を含む、第1から第13の態様A1~A13のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0020】

第15の態様A15は、ガラスセラミック物品が、0モル%以上かつ8モル%以下の CaO 、0モル%以上かつ8モル%以下の MgO 、0モル%以上かつ8モル%以下の SrO 、および0モル%以上かつ8モル%以下の BaO を含む、第1から第14の態様A1~A14のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0021】

第16の態様A16は、ガラスセラミック物品が、0モル%以上かつ4モル%以下の La_2O_3 、0モル%以上かつ6モル%以下の Y_2O_3 、0モル%以上かつ3モル%以下の Ta_2O_5 、および0モル%以上かつ2モル%以下の GeO_2 を含む、第1から第15の態様A1~A15のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0022】

第17の態様A17は、ガラスセラミック物品が、0モル%以上かつ8モル%以下の B_2O_3 を含む、第1から第16の態様A1~A16のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0023】

第18の態様A18は、ガラスセラミック物品が、0モル%以上かつ10モル%以下の ZnO を含む、第1から第17の態様A1~A17のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0024】

第19の態様A19は、結晶相の二ケイ酸リチウムと葉長石の粒子が、10nm以上かつ100nm以下の粒径を有する、第1から第18の態様A1~A18のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0025】

第20の態様A20は、ガラスセラミック物品の結晶相が、メタケイ酸リチウム、石英、クリストバライト、またはその組合せをさらに含む、第1から第19の態様A1~A19のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0026】

第21の態様A21は、ガラスセラミック物品の平均透過率が、0.8mmの物品厚で測定して、400nmから800nmの波長範囲に亘り、50%以上かつ95%以下である、第1から第20の態様A1~A20のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0027】

第22の態様A22は、シェブロンノッチ付き小形角棒法(chvron notched short bar method)で測定したガラスセラミック物品の破壊靱性 K_{IC} が、 $1.0MPa \cdot m^{1/2}$ 以上である、第1から第21の態様A1~A21のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0028】

10

20

30

40

50

第 23 の態様 A 23 は、ガラスセラミック物品の弾性率が 90 GPa 以上である、第 1 から第 22 の態様 A 1 ~ A 22 のいずれか 1 つによるガラスセラミック物品を含む。

【0029】

第 24 の態様 A 24 は、ガラスセラミック物品が、2 時間以上から 24 時間以下の期間に亘り 350 以上から 500 以下の温度でイオン交換浴中で化学強化されて、イオン交換済みガラスセラミック物品を形成する、第 1 から第 23 の態様 A 1 ~ A 23 のいずれか 1 つによるガラスセラミック物品を含む。

【0030】

第 25 の態様 A 25 は、イオン交換浴が KNO_3 を含む、第 24 の態様 A 24 によるガラスセラミック物品を含む。

10

【0031】

第 26 の態様 A 26 は、イオン交換浴が NaNO_3 をさらに含む、第 25 の態様 A 25 によるガラスセラミック物品を含む。

【0032】

第 27 の態様 A 27 は、ガラスセラミック物品が 30 MPa 以上の最大中央張力を有する、第 24 から第 26 の態様 A 24 ~ A 26 のいずれか 1 つによるガラスセラミック物品を含む。

【0033】

第 28 の態様 A 28 は、ガラスセラミック物品が 80 MPa 以上の表面圧縮応力を有する、第 24 から第 27 の態様 A 24 ~ A 27 のいずれか 1 つによるガラスセラミック物品を含む。

20

【0034】

第 29 の態様 A 29 は、ガラスセラミック物品が 0.025 t 以上の圧縮深さを有する、第 24 から第 28 の態様 A 24 ~ A 28 のいずれか 1 つによるガラスセラミック物品を含む。

【0035】

第 30 の態様 A 30 は、ガラスセラミック物品が、0.025 t 以上かつ 0.28 t 以下のナトリウムイオン浸透深さを有する、第 24 から第 29 の態様 A 24 ~ A 29 のいずれか 1 つによるガラスセラミック物品を含む。

【0036】

第 31 の態様 A 31 は、ガラスセラミック物品が、0 t 以上かつ 0.01 t 以下のカリウムイオン浸透深さを有する、第 24 から第 30 の態様 A 24 ~ A 30 のいずれか 1 つによるガラスセラミック物品を含む。

30

【0037】

第 32 の態様 A 32 によれば、ガラス組成物は、60 モル% 以上かつ 72 モル% 以下の SiO_2 、2.5 モル% 以上かつ 8 モル% 以下の Al_2O_3 、2.5 モル% 以上かつ 8 モル% 以下の Al_2O_3 、1.5 モル% 以上かつ 4 モル% 以下の ZrO_2 、および 0.5 モル% 以上かつ 2 モル% 以下の P_2O_5 を含むことがあり、アルカリ土類酸化物 + 遷移金属酸化物は、0.1 モル% 以上かつ 6 モル% 以下であり、アルカリ土類酸化物は、 CaO 、 MgO 、 SrO 、および BaO の合計であり、遷移金属酸化物は、 La_2O_3 、 Y_2O_3 、 Ta_2O_5 、および GeO_2 の合計であり、 $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2$ は、1 モル% 以上かつ 6 モル% 以下である。

40

【0038】

第 33 の態様 A 33 は、 $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2$ が、1 モル% 以上かつ 6 モル% 以下である、第 32 の態様 A 32 によるガラス組成物を含む。

【0039】

第 34 の態様 A 34 は、 $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2$ が、2 モル% 以上かつ 5 モル% 以下である、第 32 の態様 A 32 または第 33 の態様 A 33 によるガラス組成物を含む。

【0040】

第 35 の態様 A 35 は、 Li_2O 対 Al_2O_3 のモル比が、2 以上かつ 12 以下である

50

、第32から第34の態様A32～A34のいずれか1つによるガラス組成物を含む。

【0041】

第36の態様A36は、 Li_2O 対 Al_2O_3 のモル比が、4以上かつ10以下である、第35の態様A35によるガラス組成物を含む。

【0042】

第37の態様A37は、 Li_2O 対 SiO_2 のモル比が、0.25以上かつ0.5以下である、第32から第36の態様A32～A36のいずれか1つによるガラス組成物を含む。

【0043】

第38の態様A38は、 Li_2O 対 SiO_2 のモル比が、0.25以上かつ0.4以下である、第37の態様A37によるガラス組成物を含む。 10

【0044】

第39の態様A39は、ガラス組成物が、2.5モル%以上かつ6モル%以下の Al_2O_3 を含む、第32から第38の態様A32～A38のいずれか1つによるガラス組成物を含む。

【0045】

第40の態様A40は、ガラス組成物が、18モル%以上かつ24モル%以下の Li_2O を含む、第32から第39の態様A32～A39のいずれか1つによるガラス組成物を含む。

【0046】

第41の態様A41は、ガラス組成物が、0.7モル%以上かつ1.75モル%以下の P_2O_5 を含む、第32から第40の態様A32～A40のいずれか1つによるガラス組成物を含む。 20

【0047】

第42の態様A42は、 R_2O が、17モル%以上かつ30モル%以下であり、 R_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 、および K_2O の合計である、第32から第41の態様A32～A41のいずれか1つによるガラス組成物を含む。

【0048】

第43の態様A43は、ガラス組成物が、0モル%以上かつ8モル%以下の CaO 、0モル%以上かつ8モル%以下の MgO 、0モル%以上かつ8モル%以下の SrO 、および0モル%以上かつ8モル%以下の BaO を含む、第32から第42の態様A32～A42のいずれか1つによるガラス組成物を含む。 30

【0049】

第44の態様A44は、ガラス組成物が、0モル%以上かつ4モル%以下の La_2O_3 、0モル%以上かつ6モル%以下の Y_2O_3 、0モル%以上かつ3モル%以下の Ta_2O_5 、および0モル%以上かつ2モル%以下の GeO_2 を含む、第32から第43の態様A32～A43のいずれか1つによるガラス組成物を含む。

【0050】

第45の態様A45は、ガラス組成物が、0モル%以上かつ8モル%以下の B_2O_3 を含む、第32から第44の態様A32～A44のいずれか1つによるガラス組成物を含む。 40

【0051】

第46の態様A46は、ガラス組成物が、0モル%以上かつ10モル%以下の ZnO を含む、第32から第45の態様A32～A45のいずれか1つによるガラス組成物を含む。

【0052】

第47の態様A47は、ガラスセラミック物品は、1 /分以上かつ10 /分以下の速度で、炉内で前駆体ガラス物品を核形成温度に加熱する工程であって、前駆体ガラス物品は、60モル%以上かつ72モル%以下の SiO_2 、2.5モル%以上かつ8モル%以下の Al_2O_3 、17モル%以上かつ26モル%以下の Li_2O 、0.5モル%以上かつ 50

4モル%以下の ZrO_2 、および0.5モル%以上かつ2モル%以下の P_2O_5 を含む前駆体ガラス組成物から作られ、アルカリ土類酸化物+遷移金属酸化物は、0.1モル%以上かつ6モル%以下であり、アルカリ土類酸化物は、 CaO 、 MgO 、 SrO 、および BaO の合計であり、遷移金属酸化物は、 La_2O_3 、 Y_2O_3 、 Ta_2O_5 、および GeO_2 の合計であり、 $P_2O_5 + ZrO_2$ は、1モル%以上かつ6モル%以下であり、 $(SiO_2 + Al_2O_3) / (P_2O_5 + ZrO_2)$ は、12モル%以上かつ34モル%以下である、工程；0.1時間以上かつ8時間以下の期間に亘り炉内で前駆体ガラス物品を核形成温度に維持して、核形成済みの結晶化可能なガラス物品を生成する工程；1 /分以下かつ10 /分以上の速度で、炉内で核形成済みの結晶化可能なガラス物品を結晶化温度に加熱する工程；0.1時間以上かつ8時間以下の期間に亘り炉内で核形成済みの結晶化可能なガラス物品を結晶化温度に維持して、ガラスセラミック物品を生成する工程であって、ガラスセラミック物品は、ニケイ酸リチウムおよび葉長石を含む結晶相を有し、ニケイ酸リチウムと葉長石の総量は、結晶相の総質量に基づいて、50質量%超である、工程；およびガラスセラミック物品を室温に冷却する工程を含むことがある。

10

【0053】

第48の態様A48は、ガラスセラミック物品の平均透過率が、0.8mmの物品厚で測定して、400nmから800nmの波長範囲に亘り、50%以上かつ95%以下である、第47の態様A47によるガラスセラミック物品を含む。

【0054】

第49の態様A49は、シェブロンノッチ付き小形角棒法で測定したガラスセラミック物品の破壊靱性 K_{IC} が、 $1.0 MPa \cdot m^{1/2}$ 以上である、第47の態様A47または第48の態様A48によるガラスセラミック物品を含む。

20

【0055】

第50の態様A50は、ガラスセラミック物品の弾性率が90GPa以上である、第47から第49の態様A47~A49のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0056】

第51の態様A51は、2時間以上から12時間以下の期間に亘り350 以上から500 以下の温度で、イオン交換浴中でガラスセラミック物品を強化して、イオン交換済みガラスセラミック物品を形成する工程をさらに含む、第47から第50の態様A47~A50のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

30

【0057】

第52の態様A52は、イオン交換浴が KNO_3 を含む、第51の態様A51によるガラスセラミック物品を含む。

【0058】

第53の態様A53は、イオン交換浴が $NaNO_3$ をさらに含む、第52の態様A52によるガラスセラミック物品を含む。

【0059】

第54の態様A54は、ガラスセラミック物品が30MPa以上の最大中央張力を有する、第51から第53の態様A51~A53のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

40

【0060】

第55の態様A55は、ガラスセラミック物品が80MPa以上の表面圧縮応力を有する、第51から第54の態様A51~A54のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0061】

第56の態様A56は、ガラスセラミック物品が0.025t以上の圧縮深さを有する、第51から第55の態様A51~A55のいずれか1つによるガラスセラミック物品を含む。

【0062】

第57の態様A57は、ガラスセラミック物品が、0.025t以上かつ0.28t以

50

下のナトリウムイオン浸透深さを有する、第 5 1 から第 5 6 の態様 A 5 1 ~ A 5 6 のいずれか 1 つによるガラスセラミック物品を含む。

【 0 0 6 3 】

第 5 8 の態様 A 5 8 は、ガラスセラミック物品が、0 t 以上かつ 0 . 0 1 t 以下のカリウムイオン浸透深さを有する、第 5 1 から第 5 7 の態様 A 5 1 ~ A 5 7 のいずれか 1 つによるガラスセラミック物品を含む。

【 0 0 6 4 】

第 5 9 の態様 A 5 9 によれば、消費者向け電子機器は、前面、背面、および側面を有する筐体；少なくとも部分的に筐体内に設けられた電気部品であって、少なくとも制御装置、メモリ、および筐体の前面にまたはそれに隣接して設けられたディスプレイを含む電気部品；およびディスプレイを覆って配置されているおよび筐体の一部を形成するの少なくとも一方である、第 1 の態様 A 1 のガラスセラミック物品を含むことがある。

10

【 0 0 6 5 】

ここに記載されたガラスセラミック物品の追加の特徴と利点は、以下の詳細な説明に述べられており、一部は、その説明から当業者に容易に明白となるか、または以下の詳細な説明、特許請求の範囲、並びに添付図面を含む、ここに記載された実施の形態を実施することによって、認識されるであろう。

【 0 0 6 6 】

先の一般的な説明および以下の詳細な説明の両方とも、様々な実施の形態を記述しており、請求項の主題の性質および特徴を理解するための概要または骨子を提供する意図があることが理解されよう。添付図面は、様々な実施の形態のさらなる理解を与えるために含まれ、本明細書に包含され、その一部を構成する。図面は、ここに記載された様々な実施の形態を図解しており、説明と共に、請求項の主題の原理および作動を説明する働きをする。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 7 】

【 図 1 】ここに記載された 1 つ以上の実施の形態によるガラスセラミック物品のいずれかを組み込んだ電子機器の平面図

【 図 2 】図 1 の電子機器の斜視図

【 図 3 】比較ガラス組成物から製造された比較ガラスセラミック物品、およびここに記載された 1 つ以上の実施の形態による前駆体ガラス組成物から製造された例示のガラスセラミック物品の中央張力のプロット（x 軸：イオン交換時間；y 軸：中央張力）

30

【 図 4 】比較ガラス組成物から製造された比較ガラスセラミック物品、およびここに記載された 1 つ以上の実施の形態による前駆体ガラス組成物から製造された例示のガラスセラミック物品の中央張力のプロット（x 軸：イオン交換時間；y 軸：中央張力）

【 図 5 】比較ガラス組成物から製造された比較ガラスセラミック物品、およびここに記載された 1 つ以上の実施の形態による前駆体ガラス組成物から製造された例示のガラスセラミック物品の中央張力のプロット（x 軸：イオン交換時間；y 軸：中央張力）

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 6 8 】

ここで、前駆体ガラス組成物およびそれから形成された、機械的耐久性が改善されたガラスセラミック物品の様々な実施の形態を詳しく参照する。実施の形態によれば、ガラスセラミック物品は、60 モル% 以上かつ 72 モル% 以下の SiO_2 、2.5 モル% 以上かつ 8 モル% 以下の Al_2O_3 、1.7 モル% 以上かつ 2.6 モル% 以下の Li_2O 、0.2 モル% 以上かつ 4 モル% 以下の ZrO_2 、および 0.5 モル% 以上かつ 2 モル% 以下の P_2O_5 を含む。そのガラスセラミック物品中のアルカリ土類酸化物と遷移金属酸化物の合計は、0.1 モル% から 6 モル% であることがあり、アルカリ土類酸化物は、 CaO 、 MgO 、 SrO 、および BaO の合計であり、遷移金属酸化物は、 La_2O_3 、 Y_2O_3 、 Ta_2O_5 、および GeO_2 の合計である。このガラスセラミック物品中の P_2O_5 と ZrO_2 の合計は、1 モル% から 6 モル% であることがある。このガラスセラミック物品は、

40

50

ニケイ酸リチウムと葉長石を含む結晶相を有することがある。このガラスセラミック物品の結晶相におけるニケイ酸リチウムと葉長石の総量は、この結晶相の総質量に基づいて、50質量%超であることがある。前駆体ガラス組成物およびそれからイオン交換可能なガラスセラミック物品を形成する方法の様々な実施の形態が、添付図面を具体的に参照して、ここに述べられている。

【0069】

範囲は、「約」ある特定値から、および/または「約」別の特定値まで、とここに表現されることがある。そのような範囲が表現された場合、別の実施の形態は、そのある特定値から、および/または他方の特定値まで、を含む。同様に、値が、「約」という先行詞を使用して、近似として表現されている場合、その特定値が別の実施の形態を形成することが理解されよう。範囲の各々の端点が、他方の端点に関してと、他方の端点とは関係なくの両方で有意であることがさらに理解されよう。

10

【0070】

ここに用いられている方向を示す用語 - 例えば、上、下、右、左、前、後、上部、底部 - は、描かれた図面に関してのみ使用され、絶対的な向きを暗示する意図はない。

【0071】

特に明記のない限り、ここに述べられたどの方法も、その工程を特定の順序で行うことを必要とすると解釈されることも、またはどの装置についても、特定の向きが要求されていることも決して意図されていない。したがって、方法の請求項が、その工程がしたがうべき順序を実際に挙げていない場合、または装置の請求項が、個々の構成部材に対する順序または向きを実際に列挙していない場合、もしくはそれらの工程が特定の順序に限定されるべきことが、請求項または説明において他に具体的に述べられていない場合、もしくは装置の構成部材に対する特定の順序または向きが列挙されていない場合、順序または向きがいかようにも暗示されることは決して意図されていない。このことは、工程の配列、操作の流れ、構成部材の順序、または構成部材の向き；文法構成または句読法に由来する明白な意味；および明細書に記載された実施の形態の数またはタイプに関する論理事項を含む、解釈に関するどの可能性のある非表現基準にも適用される。

20

【0072】

ここに用いられているように、名詞は、文脈上明白に他の意味に解釈すべき場合を除いて、複数の対象を含む。それゆえ、例えば、構成部材に対する言及は、文脈上明白に他の意味に解釈すべき場合を除いて、そのような構成部材を2つ以上有する態様を含む。

30

【0073】

「実質的に含まない」という用語は、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の特定の構成成分の濃度および/または不在を記述するために使用される場合、その構成成分が、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品に意図的に加えられていないことを意味する。しかしながら、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、0.1モル%未満の量の汚染物質または混入物として構成成分を微量で含有することがある。

【0074】

「0モル%」および「含まない(free)」という用語は、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の特定の構成成分の濃度および/または不在を記述するために使用される場合、その構成成分が、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中に存在しないことを意味する。

40

【0075】

ここに記載された前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品の実施の形態において、構成成分(例えば、SiO₂、Al₂O₃など)の濃度は、特に明記のない限り、酸化物基準のモルパーセント(モル%)で規定されている。

【0076】

ここに用いられている「破壊靱性(K_{IC})」という用語は、ガラス組成物が破壊に抵抗する能力を表す。破壊靱性は、ガラス物品のイオン交換(IOX)処理前のK_{IC}値を

50

測定する場合など、非強化ガラス物品に測定され、それによって、I O X 前のガラス基板の特性を表す。ここに記載された破壊靱性試験法は、I O X 処理が施されたガラスには適していない。しかし、I O X 処理前の同じガラス（例えば、ガラス基板）にここに記載されたように行われる破壊靱性測定は、I O X 処理後の破壊靱性と相関関係があり、したがって、そのように使用される。K_{IC} 値の測定に利用されるシェブロンノッチ付き小形角棒（CNSB）法は、Y^{*}_mが、Bubsey, R. T. 等の「Closed-Form Expressions for Crack-Mouth Displacement and Stress Intensity Factors for Chevron-Notched Short Bar and Short Rod Specimens Based on Experimental Compliance Measurements」NASA Technical Memorandum 83796、1～30頁（1992年10月）の式5を用いて計算されることを除いて、Reddy, K. P. R. 等の「Fracture Toughness Measurement of Glass and Ceramic Materials Using Chevron-Notched Specimens」J. Am. Ceram. Soc., 71 [6], C-310-C-313（1988年）に開示されている。K_{IC} 値を測定するために利用したダブルトーション法および固定具は、Shyam, A. およびLara-Curzio, E. の「The double-torsion testing technique for determination of fracture toughness and slow crack growth of materials: A review」J. Mater. Sci., 第41巻、4093～4104頁、（2006年）に記載されている。このダブルトーション測定法は、概して、シェブロンノッチ付き小形角棒法よりもわずかに高いK_{IC} 値を生じる。特に明記のない限り、全ての破壊靱性値は、シェブロンノッチ付き小形角棒（CNSB）法により測定された。

10

20

【0077】

透過率データ（全透過率および拡散透過率）は、PerkinElmer Inc.（米国、マサチューセッツ州、ウォルサム）により製造されたLambda 950 UV/VIS分光光度計で測定した。このLambda 950装置は、150mmの線分球を備えていた。データは、試料位置に何も置かない状態をベースライン(open baseline)とし、Spectralon（登録商標）基準反射率ディスクを使用して収集した。全透過率（Total Tx）について、試料は、積分球のエントリーポイントに固定される。拡散透過率（Diffuse Tx）について、球の出口ポートの上にある「Spectralon」基準反射率ディスクを取り除いて、軸上光を球から出し、ライトトラップに入れることができる。試料が置かれていない状態で、拡散部分のゼロオフセット測定を行って、ライトトラップの効率を決定する。拡散透過率測定値を補正するために、式： $Diffuse\ Tx = Diffuse\ 測定 - (Zero\ Offset * (Total\ Tx / 100))$ を使用して、試料測定値からゼロオフセット寄与を差し引く。（ $\%Diffuse\ Tx / \%Total\ Tx$ ）として、全波長について、散乱比を測定する。

30

【0078】

ここに用いられているような「平均透過率」という用語は、各整数の波長が等しく重み付けられた、所定の波長範囲内で行われた透過率測定値の平均を称する。ここに記載された実施の形態において、「平均透過率」は、400nmから800nmの波長範囲（端点を含む）に亘り報告される。

40

【0079】

「透明」という用語は、ここに記載された前駆体ガラス組成物から形成されたガラスセラミック物品を記載するために使用される場合、そのガラスセラミック物品が、0.8mmの物品厚で400nmから800nmの波長範囲（端点を含む）の光の垂直入射で測定したときに、85%以上の平均透過率を有することを意味する。

【0080】

「透明ヘイズ(transparent haze)」という用語は、ここに記載された前駆体ガラス組成物から形成されたガラスセラミック物品を記載するために使用される場合、そのガラスセラミック物品が、0.8mmの物品厚で400nmから800nmの波長範囲（端点を含む）の光の垂直入射で測定したときに、50%以上かつ85%未満の平均透過率を有

50

することを意味する。

【0081】

「半透明」という用語は、ここに記載された前駆体ガラス組成物から形成されたガラスセラミック物品を記載するために使用される場合、そのガラスセラミック物品が、0.8 mmの物品厚で400 nmから800 nmの波長範囲（端点を含む）の光の垂直入射で測定したときに、20%以上かつ50%未満の平均透過率を有することを意味する。

【0082】

「不透明」という用語は、ここに記載された前駆体ガラス組成物から形成されたガラスセラミック物品を記載するために使用される場合、そのガラスセラミック物品が、0.8 mmの物品厚で400 nmから800 nmの波長範囲（端点を含む）の光の垂直入射で測定したときに、20%未満の平均透過率を有することを意味する。

10

【0083】

ここに用いられているような「融点」という用語は、前駆体ガラス組成物の粘度が200ポアズである温度を称する。

【0084】

ここに用いられているような「軟化点」という用語は、前駆体ガラス組成物の粘度が $1 \times 10^{7.6}$ ポアズである温度を称する。軟化点は、ASTM C1351Mに似た、温度の関数として 10^7 から 10^9 ポアズの無機ガラスの粘度を測定する平行板粘度測定法にしたがって測定される。

【0085】

ここに用いられているような「液相粘度」という用語は、失透の発現時（すなわち、ASTM C829-81による勾配炉測定法で決定されるような液相温度）での前駆体ガラス組成物の粘度を称する。

20

【0086】

ここに用いられているような「液相温度」という用語は、前駆体ガラス組成物が、ASTM C829-81による勾配炉法にしたがって測定して、失透し始める温度を称する。

【0087】

ここに記載されたような、ガラスセラミック物品の弾性率（ヤング率とも称される）は、ギガパスカル（GPa）の単位で与えられ、ASTM C623にしたがって測定される。

30

【0088】

ここに記載されているようなガラスセラミック物品の剛性率は、ギガパスカル（GPa）の単位で与えられており、ASTM C623にしたがって測定される。

【0089】

ここに記載されているようなポアソン比は、ASTM C623にしたがって測定される。

【0090】

ここに記載されているような「線熱膨張係数」および「CTE」という用語は、25から300の温度範囲に亘り、ASTM E228-85にしたがって測定され、「 $\times 10^{-7} /$ 」で表される。

40

【0091】

表面圧縮応力は、有限会社折原製作所（日本国）により製造されたFSM-6000のような市販の機器などの表面応力計（FSM）で測定される。表面応力測定は、応力光学係数（SOC）の測定に依存し、応力光学係数はガラスセラミック物品の複屈折に関連付けられる。次に、SOCは、その内容がここに全て引用される、「Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient」と題するASTM規格C770-16に記載された手順C（ガラスディスク法）にしたがって測定される。圧縮深さ（DOC）は、当該技術分野で公知の散乱光偏光器（SCALP）と連動したFSMで測定される。FSMは、カリウムイオン交換に関する圧縮深さを測定し、SCALPは、ナトリウムイオン交換の圧縮深さを測定する。最大中央張力（CT）値は、当該

50

技術分野で公知の S C A L P 技術を使用して測定される。本明細書で中央張力 (C T) について報告されている値は、特に明記のない限り、最大中央張力を指す。

【 0 0 9 2 】

「圧縮深さ」および「 D O C 」という用語は、圧縮応力が引張応力に移行するガラスセラミック物品中の位置を称する。

【 0 0 9 3 】

ここに用いられている「イオン交換後のナトリウムイオン浸透深さ」という用語は、イオン交換過程で導入されたナトリウムイオンがガラスセラミック物品中に拡散するガラスセラミック物品内の深さ（すなわち、ガラス物品の表面から内部領域までの距離）であって、ナトリウムイオンの濃度が、グロー放電発光分光法 (G D - O E S) で決定して、最小値に到達する深さを称する。

10

【 0 0 9 4 】

ここに用いられている「イオン交換後のカリウムイオン浸透深さ」という用語は、イオン交換過程で導入されたカリウムイオンがガラスセラミック物品中に拡散するガラスセラミック物品内の深さ（すなわち、ガラス物品の表面から内部領域までの距離）であって、カリウムイオンの濃度が、 G D - O E S で決定して、最小値に到達する深さを称する。

【 0 0 9 5 】

ここに用いられている「粒径」という用語は、 M . N . R a h a m a n の「 Ceramic Processing」、CRC Press、2007年、107頁に記載されたように、走査電子顕微鏡法を使用して測定される粒子の最大寸法の平均サイズを称する。

20

【 0 0 9 6 】

ここに用いられている「アスペクト比」という用語は、 M . N . R a h a m a n の「 Ceramic Processing」、CRC Press、2007年、107頁に記載されたように、走査電子顕微鏡法を使用して測定される粒子における、最大寸法とそれに垂直な最小寸法の平均比を称する。

【 0 0 9 7 】

ここに記載されたような、走査電子顕微鏡法 (S E M) を使用した電子線回折像は、 4 . 7 m m の作動距離 (W D)、 3 . 0 0 の電子高張力 (e l e c t r o n h i g h t e n s i o n) (E H T)、および高真空モードで、 Z E I S S G e m i n i S E M 5 0 0 走査型電子顕微鏡で撮影した。

30

【 0 0 9 8 】

ここに用いられている「前駆体ガラス組成物」という用語は、熱処理の際に、前駆体ガラス物品またはガラスセラミック物品を形成するガラス組成物を称する。

【 0 0 9 9 】

ここに用いられている「前駆体ガラス物品」という用語は、熱処理の際に、結晶相の核形成を生じる 1 種類以上の核形成剤を含有するガラス物品を称する。

【 0 1 0 0 】

ここに用いられている「ガラスセラミック物品」という用語は、前駆体ガラス組成物から形成されたガラス物品を熱処理して、結晶相の核形成を誘発することにより形成された物品を称する。実施の形態において、ガラスセラミック物品は約 1 % から約 9 9 % の結晶化度を有する。

40

【 0 1 0 1 】

読みやすくするために、「前駆体ガラス組成物」という用語が、発明を実施するための形態の全体に亘り言及されている。しかしながら、ここに記載されたガラスセラミック物品は、前駆体ガラス組成物から形成された前駆体ガラス物品を熱処理することによって製造されることを認識すべきである。

【 0 1 0 2 】

ガラスセラミック物品は、概して、結晶粒（亀裂成長を妨げる）が存在するために、ガラスから形成された物品と比べて改善された破壊靱性を有し、このガラスセラミック物品の比較的高い弾性率を有する。しかしながら、ガラスセラミック物品に固有の微細構造の

50

ために、所望の透明性を達成することが難しいことがある。さらに、前駆体ガラス組成物中に存在するアルカリ酸化物が、熱処理後の結晶相に含まれることがあり、イオン交換に利用できないことがある。

【0103】

上述した問題を軽減する前駆体ガラス組成物およびそれから形成されたガラスセラミック物品が、ここに開示されている。詳しくは、ここに記載された前駆体ガラス組成物は、比較的高濃度の Li_2O 、 Al_2O_3 、 K_2O 、 P_2O_5 、および ZrO_2 を含み、残留ガラス相中に比較的多量の Li_2O を有する、透明または透明ヘイズ (transparent haze) の二ケイ酸リチウムと葉長石を含有するガラスセラミック物品を生じる。それゆえ、残留ガラス相は、容易にイオン交換されるであろう。さらに、二ケイ酸リチウムおよび葉長石ナノ結晶は、連結微細構造を有し、これは、ガラスセラミック物品の破壊靱性を改善するのに役立つことがある。「連結微細構造 (interlocking microstructure)」は、互いにかみ合い、絡み合った細長く無作為に配向されたナノ結晶を意味する。この連結構造は、亀裂の蛇行経路を作り、亀裂の伝搬を妨げる。 Al_2O_3 含有量、並びに比較的多量の二ケイ酸リチウムと葉長石 (例えば、結晶相の総質量に基づいて、50質量%超) は、ガラスのみから形成された物品と比べて比較的高い弾性率をもたらすことがある。それに加え、ここに記載された前駆体ガラス組成物は、アルカリ土類酸化物 (すなわち、 CaO 、 MgO 、 SrO 、 BaO) および / または遷移金属酸化物 (すなわち、 La_2O_3 、 Y_2O_3 、 Ta_2O_5 、および GeO_2) を含み、これらは、主に、残留ガラスに分配されることがあり、比較的高い最大中央張力を有するガラスセラミック物品を生じることがある。

10

20

【0104】

ここに記載された前駆体ガラス組成物およびガラスセラミック物品は、アルミノケイ酸リチウム前駆体ガラス組成物およびガラスセラミック物品と記載されることがあり、 SiO_2 、 Al_2O_3 、および Li_2O を含む。ここに記載された前駆体ガラス組成物およびガラスセラミック物品は、 SiO_2 、 Al_2O_3 、および Li_2O に加え、所望の二ケイ酸リチウム相および葉長石相を含む結晶相を達成するために、 ZrO_2 および P_2O_5 をさらに含む。ここに記載された前駆体ガラス組成物およびガラスセラミック物品は、結果として得られるガラスセラミック物品の最大中央張力を増加させるために、アルカリ土類酸化物 (すなわち、 CaO 、 MgO 、 SrO 、 BaO) および / または遷移金属酸化物 (すなわち、 La_2O_3 、 Y_2O_3 、 Ta_2O_5 、および GeO_2) をさらに含む。

30

40

【0105】

SiO_2 は、ここに記載された前駆体ガラス組成物における主なガラス形成材であり、ガラスセラミック物品の網状構造を安定化させる機能を果たすことがある。前駆体ガラス組成物中の SiO_2 の濃度は、前駆体ガラス組成物に熱処理を施して、前駆体ガラス組成物をガラスセラミック物品に転化させるときに、二ケイ酸リチウムと葉長石を含む結晶相を形成するように十分に高い (例えば、60モル%以上) べきである。 SiO_2 の濃度は、純粋な SiO_2 または高 SiO_2 ガラスの熔融温度は望ましくなく高いので、前駆体ガラス組成物の融点を制御するために制限される (例えば、72モル%以下に) ことがある。それゆえ、 SiO_2 の濃度を制限することは、結果として得られるガラスセラミック物品の溶けやすさおよび成形性を改善するのに役立つことがある。

【0106】

したがって、実施の形態において、前記前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、60モル%以上かつ72モル%以下の SiO_2 を含むことがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の SiO_2 の濃度は、60モル%以上、64モル%以上、またさらには66モル%以上であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の SiO_2 の濃度は、72モル%以下、またさらには70モル%以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の SiO_2 の濃度は、60モル%以上か

50

つ 7 2 モル % 以下、 6 0 モル % 以上かつ 7 0 モル % 以下、 6 4 モル % 以上かつ 7 2 モル % 以下、 6 4 モル % 以上かつ 7 0 モル % 以下、 6 6 モル % 以上かつ 7 2 モル % 以下、 またさらには 6 6 モル % 以上かつ 7 0 モル % 以下、 もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。

【 0 1 0 7 】

A l ₂ O ₃ は、葉長石の成分であり、この結晶相を達成するために、ここに記載された前駆体ガラス組成物中に含まれる。A l ₂ O ₃ は、S i O ₂ のように、ガラス網状構造を安定化させることもあり、それに加え、結果として得られるガラスセラミック物品に改善された機械的性質および化学的耐久性を与える。A l ₂ O ₃ の濃度も、前駆体ガラス組成物の粘度を制御するように調整されることがある。しかしながら、A l ₂ O ₃ の濃度が高すぎると、溶融物の粘度が増加することがあり、ニケイ酸リチウムのナノ結晶の分率が、かみ合った構造を形成できない程度まで、減少することがある。A l ₂ O ₃ の濃度は、結果として得られるガラスセラミック物品がニケイ酸リチウムを有し、所望の破壊靱性（例えば、1 . 0 M P a ・ m ^{1 / 2} 以上）を有するように十分に高い（例えば、2 . 5 モル % 以上）べきである。しかしながら、A l ₂ O ₃ の濃度が高すぎる（例えば、8 モル % を超える）と、溶融物の粘度が増加し、それによって、結果として得られるガラスセラミック物品の成形性が損なわれることがあり、ニケイ酸リチウムのナノ結晶の分率が、低下することがある。

10

【 0 1 0 8 】

実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、2 . 5 モル % 以上かつ 8 モル % 以下の A l ₂ O ₃ を含むことがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、2 . 5 モル % 以上かつ 6 モル % 以下の A l ₂ O ₃ を含むことがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の A l ₂ O ₃ の濃度は、2 . 5 モル % 以上、3 モル % 以上、またさらには 3 . 5 モル % 以上であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の A l ₂ O ₃ の濃度は、8 モル % 以下、6 モル % 以下、またさらには 4 . 5 モル % 以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の A l ₂ O ₃ の濃度は、2 . 5 モル % 以上かつ 8 モル % 以下、2 . 5 モル % 以上かつ 6 モル % 以下、2 . 5 モル % 以上かつ 4 . 5 モル % 以下、3 モル % 以上かつ 8 モル % 以下、3 モル % 以上かつ 6 モル % 以下、3 モル % 以上かつ 4 . 5 モル % 以下、3 . 5 モル % 以上かつ 8 モル % 以下、3 . 5 モル % 以上かつ 6 モル % 以下、またさらには 3 . 5 モル % 以上かつ 4 . 5 モル % 以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。

20

30

【 0 1 0 9 】

L i ₂ O は、ニケイ酸リチウムと葉長石の成分であり、これらの所望の相を達成するために、ここに記載された前駆体ガラス組成物中に含まれる。L i ₂ O は、結果として得られるガラスセラミック物品のイオン交換可能性にも役立つ。L i ₂ O は、前駆体ガラス組成物の軟化点を低下させ、それによって、結果として得られるガラスセラミック物品の成形性を高める。L i ₂ O の濃度は、結果として得られるガラスセラミック物品が、結晶相の総質量に基づいて、5 0 質量 % 以上の量でニケイ酸リチウムと葉長石を有するように十分に高い（例えば、1 7 モル % 以上）べきである。しかしながら、L i ₂ O の濃度が高すぎる（例えば、2 6 モル % を超える）と、溶融物の粘度が望ましくなく上昇し、それによって、結果として得られる前駆体ガラスおよびガラスセラミック物品の成形性が低下することがある。

40

【 0 1 1 0 】

したがって、実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、1 7 モル % 以上かつ 2 6 モル % 以下の L i ₂ O を含むことがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、1 8 モル % 以上かつ 2 4 モル % 以下の L i ₂ O を含むことがある。実施の形態にお

50

いて、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Li_2O の濃度は、17モル%以上、18モル%以上、またさらには20モル%以上であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Li_2O の濃度は、26モル%以下、24モル%以下、またさらには22モル%以下であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Li_2O の濃度は、17モル%以上かつ26モル%以下、17モル%以上かつ24モル%以下、17モル%以上かつ22モル%以下、18モル%以上かつ26モル%以下、18モル%以上かつ24モル%以下、18モル%以上かつ22モル%以下、20モル%以上かつ26モル%以下、20モル%以上かつ24モル%以下、またさらには20モル%以上かつ22モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。 10

【0111】

実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Al_2O_3 の濃度に対する前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Li_2O の濃度のモル比（すなわち、 Li_2O （モル%）対 Al_2O_3 （モル%））は、所望の二ケイ酸リチウムと葉長石を含む結晶相を達成するために、2以上かつ12以下であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Li_2O 対 Al_2O_3 のモル比は、4以上かつ10以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Li_2O 対 Al_2O_3 のモル比は、2以上、またさらには4以上であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Li_2O 対 Al_2O_3 のモル比は、12以下、10以下、またさらには8以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Li_2O 対 Al_2O_3 のモル比は、2以上かつ12以下、2以上かつ10以下、2以上かつ8以下、4以上かつ12以下、4以上かつ10以下、またさらには4以上かつ8以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。 20

【0112】

実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の SiO_2 の濃度に対する前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Li_2O の濃度のモル比（すなわち、 Li_2O （モル%）対 SiO_2 （モル%））は、所望の二ケイ酸リチウムと葉長石を含む結晶相を達成するために、0.25以上かつ0.5以下であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Li_2O 対 SiO_2 のモル比は、0.25以上かつ0.4以下であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Li_2O 対 SiO_2 のモル比は、0.25以上、またさらには0.3以上であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Li_2O 対 SiO_2 のモル比は、0.5以下、0.4以下、またさらには0.35以下であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Li_2O 対 SiO_2 のモル比は、0.25以上かつ0.5以下、0.25以上かつ0.4以下、0.25以上かつ0.35以下、0.3以上かつ0.5以下、0.3以上かつ0.4以下、またさらには0.3以上かつ0.35以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。 30 40

【0113】

ここに記載された前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、 Na_2O および / または K_2O など、 Li_2O 以外のアルカリ金属酸化物をさらに含むことがある。 Na_2O は、結果として得られるガラスセラミック物品のイオン交換可能性に役立つことに加え、融点を低下させ、結果として得られるガラスセラミック物品の成形性を改善する。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られ 50

るガラスセラミック物品は、0モル%以上かつ6モル%以下の Na_2O を含むことがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Na_2O の濃度は、0モル%以上、またさらには1モル%以上であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Na_2O の濃度は、6モル%以下、5モル%以下、4モル%以下、またさらには3モル%以下であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Na_2O の濃度は、0モル%以上かつ6モル%以下、0モル%以上かつ5モル%以下、0モル%以上かつ4モル%以下、0モル%以上かつ3モル%以下、1モル%以上かつ6モル%以下、1モル%以上かつ5モル%以下、1モル%以上かつ4モル%以下、またさらには1モル%以上かつ3モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、 Na_2O を実質的に含まない、または含まないことがある。

【0114】

K_2O は、イオン交換を促進し、圧縮深さを増加させ、融点を低下させて、結果として得られるガラスセラミック物品の成形性を改善する。しかしながら、 K_2O の添加により、表面圧縮応力と融点が低くなりすぎることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、0モル%以上かつ6モル%以下の K_2O を含むことがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の K_2O の濃度は、0モル%以上、またさらには1モル%以上であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の K_2O の濃度は、6モル%以下、5モル%以下、4モル%以下、またさらには3モル%以下であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の K_2O の濃度は、0モル%以上かつ6モル%以下、0モル%以上かつ5モル%以下、0モル%以上かつ4モル%以下、0モル%以上かつ3モル%以下、1モル%以上かつ6モル%以下、1モル%以上かつ5モル%以下、1モル%以上かつ4モル%以下、またさらには1モル%以上かつ3モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成された任意と全ての部分的範囲にあることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、 K_2O を実質的に含まない、または含まないことがある。

【0115】

ここに用いられているように、 R_2O は、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中に存在する Li_2O 、 Na_2O 、および K_2O の合計(モル%) (すなわち、 $\text{R}_2\text{O} = \text{Li}_2\text{O}(\text{モル}\%) + \text{Na}_2\text{O}(\text{モル}\%) + \text{K}_2\text{O}(\text{モル}\%)$)である。 Li_2O 、 Na_2O 、および K_2O などのアルカリ酸化物は、前駆体ガラス組成物の軟化点と成形温度を低下させ、それによって、前駆体ガラス組成物中の多量の SiO_2 による、前駆体ガラス組成物の軟化点と成形温度の上昇を相殺する。軟化点と成形温度は、前駆体ガラス組成物中にアルカリ酸化物の組合せ(例えば、2種類以上のアルカリ酸化物)を含むことによって、さらに低下させることができ、この現象は「混合アルカリ効果」と称される。しかしながら、アルカリ酸化物の量が多すぎると、前駆体ガラス組成物の平均熱膨張係数が $100 \times 10^{-7} /$ 超に増加し、このことは望ましくないであろう。

【0116】

実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の R_2O の濃度は、17モル%以上かつ30モル%以下であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の R_2O の濃度は、17モル%以上、19モル%以上、またさらには21モル%以上であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の R_2O の濃度は、30モル%以下、27モル%以下、またさらには25モル%以下であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果と

して得られるガラスセラミック物品中の R_2O の濃度は、17モル%以上かつ30モル%以下、17モル%以上かつ27モル%以下、17モル%以上かつ25モル%以下、19モル%以上かつ30モル%以下、19モル%以上かつ27モル%以下、19モル%以上かつ25モル%以下、21モル%以上かつ30モル%以下、21モル%以上かつ27モル%以下、またさらには21モル%以上かつ25モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。

【0117】

ここに記載された前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、 ZrO_2 をさらに含む。 ZrO_2 は、葉長石の粒径を減少させるのに役立つことがあり、このことは、透明または透明ヘイズのガラスセラミック物品の形成にとって重要であろう。 ZrO_2 は、 SiO_2 および Al_2O_3 のように、網状構造形成材の機能を果たし、それによって、成形中の失透を減少させ、液相温度を低下させることによりガラスの安定性を改善することがある。 ZrO_2 を添加すると、結果として得られるガラスセラミック物品の化学的耐久性が改善されることもある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、0.2モル%以上かつ4モル%以下の ZrO_2 を含むことがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、0.5モル%以上かつ4モル%以下の ZrO_2 を含むことがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の ZrO_2 の濃度は、1.5モル%以上かつ4モル%以下の ZrO_2 を含むことがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の ZrO_2 の濃度は、0.2モル%以上、0.5モル%以上、1モル%以上、またさらには1.5モル%以上であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の ZrO_2 の濃度は、4モル%以下、またさらには3.5モル%以下であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の ZrO_2 の濃度は、0.2モル%以上かつ4モル%以下、0.2モル%以上かつ3.5モル%以下、0.5モル%以上かつ4モル%以下、0.5モル%以上かつ3.5モル%以下、1モル%以上かつ4モル%以下、1モル%以上かつ3.5モル%以下、1.5モル%以上かつ4モル%以下、またさらには1.5モル%以上かつ3.5モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。

【0118】

ここに記載された前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、 P_2O_5 をさらに含む。 P_2O_5 は、ガラス中の結晶相のバルク核形成を生じ、それによって、ガラスをガラスセラミック物品に転換させる核形成剤の機能を果たす。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、0.5モル%以上かつ2モル%以下の P_2O_5 を含むことがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、0.7モル%以上かつ1.75モル%以下の P_2O_5 を含むことがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の P_2O_5 の濃度は、0.5モル%以上、0.7モル%以上、またさらには0.9モル%以上であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の P_2O_5 の濃度は、2モル%以下、1.75モル%以下、1.5モル%以下、またさらには1.25モル%以下であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の P_2O_5 の濃度は、0.5モル%以上かつ2モル%以下、0.5モル%以上かつ1.75モル%以下、0.5モル%以上かつ1.5モル%以下、0.5モル%以上かつ1.25モル%以下、0.7モル%以上かつ2モル%以下、0.7モル%以上かつ1.75モル%以下、0.7モル%以上かつ1.5モル%以下、0.7モル%以上かつ1.25モル%以下、0.9モル%以上かつ2モル%以下、0.9モル%以上かつ1.75モル%以下、0.9モル%以上かつ1.5モル%以下、またさらには0.9モル%以上かつ1.25モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれ

れかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。

【0119】

実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品における P_2O_5 と ZrO_2 の合計（モル％）（すなわち、 P_2O_5 （モル％） + ZrO_2 （モル％））は、ガラス中の結晶相のバルク核形成を生じ、それによって、ガラスをガラスセラミック物品に転換させるのに十分に高い（例えば、1モル％以上）べきである。 P_2O_5 と ZrO_2 の合計は、透明または透明ヘイズのガラスセラミック物品を生成するために限定される（例えば、6モル％以下に）ことがある。したがって、実施の形態において、 P_2O_5 と ZrO_2 の合計は、1モル％以上かつ6モル％以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の P_2O_5 + ZrO_2 は、2モル％以上かつ5モル％以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の P_2O_5 + ZrO_2 は、1モル％以上、またさらには2モル％以上であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の P_2O_5 + ZrO_2 は、6モル％以下、5モル％以下、またさらには4モル％以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の P_2O_5 + ZrO_2 は、1モル％以上かつ6モル％以下、1モル％以上かつ5モル％以下、1モル％以上かつ4モル％以下、2モル％以上かつ6モル％以下、2モル％以上かつ5モル％以下、またさらには2モル％以上かつ4モル％以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。

【0120】

実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品における、 $(SiO_2$ （モル％） + Al_2O_3 （モル％）） / $(P_2O_5$ （モル％） + ZrO_2 （モル％））と表される、 P_2O_5 と ZrO_2 の合計（モル％）（すなわち、 P_2O_5 （モル％） + ZrO_2 （モル％））に対する SiO_2 と Al_2O_3 の合計（モル％）（すなわち、 SiO_2 （モル％） + Al_2O_3 （モル％））のモル比は、所望のニケイ酸リチウム相と葉長石相を確実に形成するために、12モル％以上かつ34モル％以下であることがある。理論で束縛する意図はないが、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品における $(SiO_2$ （モル％） + Al_2O_3 （モル％）） / $(P_2O_5$ （モル％） + ZrO_2 （モル％））が34モル％より大きいと、石英相などの他の結晶相が形成されるであろうと考えられる。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品における $(SiO_2$ （モル％） + Al_2O_3 （モル％）） / $(P_2O_5$ （モル％） + ZrO_2 （モル％））は、14モル％以上かつ32モル％以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品における $(SiO_2$ （モル％） + Al_2O_3 （モル％）） / $(P_2O_5$ （モル％） + ZrO_2 （モル％））は、12モル％以上、14モル％以上、16モル％以上、18モル％以上、またさらには20モル％以上であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品における $(SiO_2$ （モル％） + Al_2O_3 （モル％）） / $(P_2O_5$ （モル％） + ZrO_2 （モル％））は、34モル％以下、32モル％以下、30モル％以下、またさらには28モル％以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品における $(SiO_2$ （モル％） + Al_2O_3 （モル％）） / $(P_2O_5$ （モル％） + ZrO_2 （モル％））は、12モル％以上かつ34モル％以下、12モル％以上かつ32モル％以下、12モル％以上かつ30モル％以下、12モル％以上かつ28モル％以下、14モル％以上かつ34モル％以下、14モル％以上かつ32モル％以下、14モル％以上かつ30モル％以下、14モル％以上かつ28モル％以下、16モル％以上かつ34モル％以下、16モル％以上かつ32モル％以下、16モル％以上かつ30モル％以下、16モル％以上かつ28モル％以下、18モル％以上かつ34モル％以下、18モル％以上かつ32モル％以

下、18モル%以上かつ30モル%以下、18モル%以上かつ28モル%以下、20モル%以上かつ34モル%以下、20モル%以上かつ32モル%以下、20モル%以上かつ30モル%以下、またさらには20モル%以上かつ28モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。

【0121】

ここに記載された前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、アルカリ土類酸化物および/または遷移金属酸化物をさらに含む。そのアルカリ土類酸化物および遷移金属酸化物は、結晶化中に残留ガラス相に主に分配されることがあり、これにより、ガラス網状構造が充填される。イオン交換中のアルカリ拡散性は、アルカリ土類酸化物および/または遷移金属酸化物の存在によってより高充填されているガラス網状構造のために、遅くなることがあるが、ガラス網状構造中に交換されるイオンにより、それほど充填されていないガラス網状構造よりも、イオン当たり比較的より大きい応力が生じる。より大きい応力は、結果として得られるガラスセラミック物品の最大中央張力を増加させる。したがって、前駆体ガラス組成物中にアルカリ土類酸化物および/または遷移金属酸化物を含ませると、結果として得られるガラスセラミック物品の最大中央張力が増加するであろう。

【0122】

「アルカリ土類酸化物」は、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中に存在するCaO、MgO、SrO、およびBaOの合計(モル%) (すなわち、アルカリ土類酸化物 = CaO (モル%) + MgO (モル%) + SrO (モル%) + BaO (モル%)) である。「遷移金属酸化物」は、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中に存在するLa₂O₃、Y₂O₃、Ta₂O₅、およびGeO₂の合計(すなわち、La₂O₃ (モル%) + Y₂O₃ (モル%) + Ta₂O₅ (モル%) + GeO₂ (モル%)) である。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品におけるアルカリ土類酸化物と遷移金属酸化物の合計(モル%) (すなわち、アルカリ土類酸化物(モル%) + 遷移金属酸化物(モル%)) は、0.1モル%以上かつ6モル%以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品におけるアルカリ土類酸化物と遷移金属酸化物の合計は、0.1モル%以上かつ5モル%以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品におけるアルカリ土類酸化物と遷移金属酸化物の合計は、0.1モル%以上、0.2モル%以上、0.5モル%以上、0.7モル%以上、またさらには1モル%以上であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品におけるアルカリ土類酸化物と遷移金属酸化物の合計は、6モル%以下、5モル%以下、4モル%以下、3モル%以下、またさらには2モル%以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品におけるアルカリ土類酸化物と遷移金属酸化物の合計は、0.1モル%以上かつ6モル%以下、0.1モル%以上かつ5モル%以下、0.1モル%以上かつ4モル%以下、0.1モル%以上かつ3モル%以下、0.1モル%以上かつ2モル%以下、0.2モル%以上かつ6モル%以下、0.2モル%以上かつ5モル%以下、0.2モル%以上かつ4モル%以下、0.2モル%以上かつ3モル%以下、0.2モル%以上かつ2モル%以下、0.5モル%以上かつ6モル%以下、0.5モル%以上かつ5モル%以下、0.5モル%以上かつ4モル%以下、0.5モル%以上かつ3モル%以下、0.5モル%以上かつ2モル%以下、0.7モル%以上かつ6モル%以下、0.7モル%以上かつ5モル%以下、0.7モル%以上かつ4モル%以下、0.7モル%以上かつ3モル%以下、0.7モル%以上かつ2モル%以下、1モル%以上かつ6モル%以下、1モル%以上かつ5モル%以下、1モル%以上かつ4モル%以下、1モル%以上かつ3モル%以下、またさらには1モル%以上かつ2モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。

【0123】

10

20

30

40

50

れかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、SrOを実質的に含まない、または含まないことがある。

【0126】

実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、0モル%以上かつ8モル%以下のBaOを含むことがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中のBaOの濃度は、0モル%以上、1モル%以上、またさらには2モル%以上であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中のBaOの濃度は、8モル%以下、7モル%以下、6モル%以下、5モル%以下、またさらには4モル%以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中のBaOの濃度は、0モル%以上かつ8モル%以下、0モル%以上かつ7モル%以下、0モル%以上かつ6モル%以下、0モル%以上かつ5モル%以下、0モル%以上かつ4モル%以下、1モル%以上かつ8モル%以下、1モル%以上かつ7モル%以下、1モル%以上かつ6モル%以下、1モル%以上かつ5モル%以下、1モル%以上かつ4モル%以下、2モル%以上かつ8モル%以下、2モル%以上かつ7モル%以下、2モル%以上かつ6モル%以下、2モル%以上かつ5モル%以下、またさらには2モル%以上かつ4モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、BaOを実質的に含まない、または含まないことがある。

10

20

【0127】

実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中のアルカリ土類酸化物の濃度は、0モル%以上、0.1モル%以上、0.2モル%以上、0.5モル%以上、0.7モル%以上、またさらには1モル%以上であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中のアルカリ土類酸化物の濃度は、10モル%以下、6モル%以下、4モル%以下、3モル%以下、またさらには2モル%以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中のアルカリ土類酸化物の濃度は、0モル%以上かつ10モル%以下、0モル%以上かつ6モル%以下、0モル%以上かつ4モル%以下、0モル%以上かつ3モル%以下、0モル%以上かつ2モル%以下、0.1モル%以上かつ10モル%以下、0.1モル%以上かつ6モル%以下、0.1モル%以上かつ4モル%以下、0.1モル%以上かつ3モル%以下、0.1モル%以上かつ2モル%以下、0.2モル%以上かつ10モル%以下、0.2モル%以上かつ6モル%以下、0.2モル%以上かつ4モル%以下、0.2モル%以上かつ3モル%以下、0.2モル%以上かつ2モル%以下、0.5モル%以上かつ10モル%以下、0.5モル%以上かつ6モル%以下、0.5モル%以上かつ4モル%以下、0.5モル%以上かつ3モル%以下、0.5モル%以上かつ2モル%以下、0.7モル%以上かつ10モル%以下、0.7モル%以上かつ6モル%以下、0.7モル%以上かつ4モル%以下、0.7モル%以上かつ3モル%以下、0.7モル%以上かつ2モル%以下、1モル%以上かつ10モル%以下、1モル%以上かつ6モル%以下、1モル%以上かつ4モル%以下、1モル%以上かつ3モル%以下、またさらには1モル%以上かつ2モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、アルカリ土類酸化物を実質的に含まない、または含まないことがある。

30

40

【0128】

実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、0モル%以上かつ4モル%以下のLa₂O₃を含むことがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中のLa₂O₃の濃度は、0モル%以上、0.1モル%以上、0.2モル%以上、またさらに

50

は0.5モル%以上であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の La_2O_3 の濃度は、4モル%以下、3モル%以下、2モル%以下、またさらには1モル%以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の La_2O_3 の濃度は、0モル%以上かつ4モル%以下、0モル%以上かつ3モル%以下、0モル%以上かつ2モル%以下、0モル%以上かつ1モル%以下、0.1モル%以上かつ4モル%以下、0.1モル%以上かつ3モル%以下、0.1モル%以上かつ2モル%以下、0.1モル%以上かつ1モル%以下、0.2モル%以上かつ4モル%以下、0.2モル%以上かつ3モル%以下、0.2モル%以上かつ2モル%以下、0.2モル%以上かつ1モル%以下、0.5モル%以上かつ4モル%以下、0.5モル%以上かつ3モル%以下、0.5モル%以上かつ2モル%以下、またさらには0.5モル%以上かつ1モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、 La_2O_3 を実質的に含まない、または含まないことがある。

10

【0129】

実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、0モル%以上かつ6モル%以下の Y_2O_3 を含むことがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Y_2O_3 の濃度は、0モル%以上、0.1モル%以上、0.5モル%以上、またさらには1モル%以上であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Y_2O_3 の濃度は、6モル%以下、5モル%以下、4モル%以下、3モル%以下、またさらには2モル%以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Y_2O_3 の濃度は、0モル%以上かつ6モル%以下、0モル%以上かつ5モル%以下、0モル%以上かつ4モル%以下、0モル%以上かつ3モル%以下、0モル%以上かつ2モル%以下、0.1モル%以上かつ6モル%以下、0.1モル%以上かつ5モル%以下、0.1モル%以上かつ4モル%以下、0.1モル%以上かつ3モル%以下、0.1モル%以上かつ2モル%以下、0.5モル%以上かつ6モル%以下、0.5モル%以上かつ5モル%以下、0.5モル%以上かつ4モル%以下、0.5モル%以上かつ3モル%以下、0.5モル%以上かつ2モル%以下、1モル%以上かつ6モル%以下、1モル%以上かつ5モル%以下、1モル%以上かつ4モル%以下、1モル%以上かつ3モル%以下、またさらには1モル%以上かつ2モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、 Y_2O_3 を実質的に含まない、または含まないことがある。

20

30

【0130】

実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、0モル%以上かつ3モル%以下の Ta_2O_5 を含むことがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Ta_2O_5 の濃度は、0モル%以上、0.1モル%以上、0.2モル%以上、またさらには0.5モル%以上であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Ta_2O_5 の濃度は、3モル%以下、2モル%以下、またさらには1モル%以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の Ta_2O_5 の濃度は、0モル%以上かつ3モル%以下、0モル%以上かつ2モル%以下、0モル%以上かつ1モル%以下、0.1モル%以上かつ3モル%以下、0.1モル%以上かつ2モル%以下、0.1モル%以上かつ1モル%以下、0.2モル%以上かつ3モル%以下、0.2モル%以上かつ2モル%以下、0.2モル%以上かつ1モル%以下、0.5モル%以上かつ3モル%以下、0.5モル%以上かつ2モル%以下、またさらには0.5モル%以上かつ1モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にある

40

50

ことがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、 Ta_2O_5 を実質的に含まない、または含まないことがある。

【0131】

実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、0モル%以上かつ2モル%以下の GeO_2 を含むことがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の GeO_2 の濃度は、0モル%以上、0.1モル%以上、0.2モル%以上、またさらには0.5モル%以上であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の GeO_2 の濃度は、2モル%以下、またさらには1モル%以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の GeO_2 の濃度は、0モル%以上かつ2モル%以下、0モル%以上かつ1モル%以下、0.1モル%以上かつ2モル%以下、0.1モル%以上かつ1モル%以下、0.2モル%以上かつ2モル%以下、0.2モル%以上かつ1モル%以下、0.5モル%以上かつ2モル%以下、またさらには0.5モル%以上かつ1モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、 GeO_2 を実質的に含まない、または含まないことがある。

10

【0132】

実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の遷移金属酸化物の濃度は、0モル%以上、0.1モル%以上、0.2モル%以上、0.5モル%以上、0.7モル%以上、またさらには1モル%以上であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の遷移金属酸化物の濃度は、10モル%以下、6モル%以下、4モル%以下、3モル%以下、またさらには2モル%以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の遷移金属酸化物の濃度は、0モル%以上かつ10モル%以下、0モル%以上かつ6モル%以下、0モル%以上かつ4モル%以下、0モル%以上かつ3モル%以下、0モル%以上かつ2モル%以下、0.1モル%以上かつ10モル%以下、0.1モル%以上かつ6モル%以下、0.1モル%以上かつ4モル%以下、0.1モル%以上かつ3モル%以下、0.1モル%以上かつ2モル%以下、0.2モル%以上かつ10モル%以下、0.2モル%以上かつ6モル%以下、0.2モル%以上かつ4モル%以下、0.2モル%以上かつ3モル%以下、0.2モル%以上かつ2モル%以下、0.5モル%以上かつ10モル%以下、0.5モル%以上かつ6モル%以下、0.5モル%以上かつ4モル%以下、0.5モル%以上かつ3モル%以下、0.5モル%以上かつ2モル%以下、0.7モル%以上かつ10モル%以下、0.7モル%以上かつ6モル%以下、0.7モル%以上かつ4モル%以下、0.7モル%以上かつ3モル%以下、0.7モル%以上かつ2モル%以下、1モル%以上かつ10モル%以下、1モル%以上かつ6モル%以下、1モル%以上かつ4モル%以下、1モル%以上かつ3モル%以下、またさらには1モル%以上かつ2モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、遷移金属酸化物を実質的に含まない、または含まないことがある。

20

30

40

【0133】

実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、0モル%以上かつ10モル%以下の ZnO を含むことがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の ZnO の濃度は、0モル%以上、またさらには1モル%以上であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の ZnO の濃度は、10モル%以下、6モル%以下、4モル%以下、3モル%以下、またさらには2モル%以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物お

50

よび結果として得られるガラスセラミック物品中のZnOの濃度は、0モル%以上かつ10モル%以下、0モル%以上かつ6モル%以下、0モル%以上かつ4モル%以下、0モル%以上かつ3モル%以下、0モル%以上かつ2モル%以下、1モル%以上かつ10モル%以下、1モル%以上かつ6モル%以下、1モル%以上かつ4モル%以下、1モル%以上かつ3モル%以下、またさらには1モル%以上かつ2モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、ZnOを実質的に含まない、または含まないことがある。

【0134】

ここに用いられているように、ROは、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中に存在するCaO、MgO、ZnO、SrO、およびBaOの合計(モル%) (すなわち、 $RO = CaO(モル\%) + MgO(モル\%) + ZnO(モル\%) + SrO(モル\%) + BaO(モル\%)$)である。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中のROの濃度は、0モル%以上、0.1モル%以上、0.2モル%以上、0.5モル%以上、0.7モル%以上、またさらには1モル%以上であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中のROの濃度は、10モル%以下、6モル%以下、4モル%以下、3モル%以下、またさらには2モル%以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中のROの濃度は、0モル%以上かつ10モル%以下、0モル%以上かつ6モル%以下、0モル%以上かつ4モル%以下、0モル%以上かつ3モル%以下、0モル%以上かつ2モル%以下、0.1モル%以上かつ10モル%以下、0.1モル%以上かつ6モル%以下、0.1モル%以上かつ4モル%以下、0.1モル%以上かつ3モル%以下、0.1モル%以上かつ2モル%以下、0.2モル%以上かつ10モル%以下、0.2モル%以上かつ6モル%以下、0.2モル%以上かつ4モル%以下、0.2モル%以上かつ3モル%以下、0.2モル%以上かつ2モル%以下、0.5モル%以上かつ10モル%以下、0.5モル%以上かつ6モル%以下、0.5モル%以上かつ4モル%以下、0.5モル%以上かつ3モル%以下、0.5モル%以上かつ2モル%以下、0.7モル%以上かつ10モル%以下、0.7モル%以上かつ6モル%以下、0.7モル%以上かつ4モル%以下、0.7モル%以上かつ3モル%以下、0.7モル%以上かつ2モル%以下、1モル%以上かつ10モル%以下、1モル%以上かつ6モル%以下、1モル%以上かつ4モル%以下、1モル%以上かつ3モル%以下、またさらには1モル%以上かつ2モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、ROを実質的に含まない、または含まないことがある。

【0135】

ここに記載された前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、 B_2O_3 をさらに含むことがある。 B_2O_3 は、前駆体ガラス組成物の熔融温度を低下させる。さらに、前駆体ガラス組成物に B_2O_3 を添加することは、前駆体ガラス組成物に熱処理を施して、ガラスセラミック物品を形成するとき、連結結晶微細構造を達成するのに役立つ。それに加え、 B_2O_3 は、結果として得られるガラスセラミック物品の損傷抵抗を改善することもある。熱処理後に存在する残留ガラス相中のホウ素が、アルカリ酸化物や二価陽イオン酸化物(MgO、CaO、SrO、BaO、およびZnOなど)により荷電平衡されない場合、そのホウ素は三方配位状態(または三配位ホウ素)になり、これにより、ガラスの構造が開く。これらの三配位ホウ素原子の周りの網状構造は、四面体配位(または四配位)ホウ素ほど剛性ではない。理論で束縛されるものではないが、三配位ホウ素を含むガラスセラミック物品は、四配位ホウ素と比べて、亀裂形成前に、ある程度の変形を許容できると考えられる。ある程度の変形を許容することにより、ピッカース圧入亀裂発生閾値が増加する。三配位ホウ素を含むガラスセラミック物品の破壊靱性も、増加するであろう。 B_2O_3 は、結果として得られるガラスセラミック物品の成形性

10

20

30

40

50

を改善し、その破壊靱性を増加させるために含まれることがある（例えば、0モル%以上）。しかしながら、 B_2O_3 の濃度が高すぎると、化学的耐久性および液相粘度が低下することがあり、熔融中の B_2O_3 の気化と蒸発が、制御するのが難しくなる。したがって、 B_2O_3 の濃度は、前駆体ガラス組成物の化学的耐久性および製造可能性を維持するために制限される（例えば、8モル%以下に）ことがある。

【0136】

実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、0モル%以上かつ8モル%以下の B_2O_3 を含むことがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の B_2O_3 の濃度は、0モル%以上、1モル%以上、またさらには3モル%以上であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の B_2O_3 の濃度は、8モル%以下、またさらには5モル%以下であることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中の B_2O_3 の濃度は、0モル%以上かつ8モル%以下、0モル%以上かつ5モル%以下、1モル%以上かつ8モル%以下、1モル%以上かつ5モル%以下、3モル%以上かつ8モル%以下、またさらには3モル%以上かつ5モル%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。実施の形態において、その前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、 B_2O_3 を実質的に含まない、または含まないことがある。

10

【0137】

実施の形態において、ここに記載された前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、 TiO_2 、 MnO 、 MoO_3 、 WO_3 、 CdO 、 As_2O_3 、 Sb_2O_3 、硫酸塩などの硫黄系化合物、ハロゲン、またはその組合せなど、混入物をさらに含むことがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、個々の混入物、混入物の組合せ、または全ての混入物を実質的に含まない、または含まないことがある。例えば、実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品は、 TiO_2 、 MnO 、 MoO_3 、 WO_3 、 CdO 、 As_2O_3 、 Sb_2O_3 、硫酸塩などの硫黄系化合物、ハロゲン、またはその組合せを実質的に含まない、または含まないことがある。

20

【0138】

実施の形態において、抗菌成分、化学的清澄剤、または他の追加の成分が、この前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品中に含まれることがある。

30

【0139】

実施の形態において、前駆体ガラス組成物の液相温度は、900以上、またさらには1000以上であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物の液相温度は、1200以下、またさらには1100以下であることがある。実施の形態において、前駆体ガラス組成物の液相温度は、900以上かつ1200以下、900以上かつ1100以下、1000以上かつ1200以下、またさらには1000以上かつ1100以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成された任意と全ての部分的範囲にあることがある。

40

【0140】

ここに記載された前駆体ガラス物品またはそれから形成されるガラスセラミック物品は、どの適切な厚さであってもよく、その厚さは、ガラスセラミック物品の特定の用途に応じて様々であろう。実施の形態において、前駆体ガラス物品またはそれから形成されるガラスセラミック物品は、250 μm 以上かつ6mm以下、250 μm 以上かつ4mm以下、250 μm 以上かつ2mm以下、250 μm 以上かつ1mm以下、250 μm 以上かつ750 μm 以下、250 μm 以上かつ500 μm 以下、500 μm 以上かつ6mm以下、500 μm 以上かつ4mm以下、500 μm 以上かつ2mm以下、500 μm 以上かつ1mm以下、500 μm 以上かつ750 μm 以下、750 μm 以上かつ6mm以下、750 μm 以上かつ4mm以下、750 μm 以上かつ2mm以下、750 μm 以上かつ1mm以

50

下、1 mm以上かつ6 mm以下、1 mm以上かつ4 mm以下、1 mm以上かつ2 mm以下、2 mm以上かつ6 mm以下、2 mm以上かつ4 mm以下、またさらには4 mm以上かつ6 mm以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成された任意と全ての部分的範囲にある厚さを有することがある。

【0141】

先に述べたように、ここに記載された前駆体ガラス組成物から形成されるガラスセラミック物品は、そのガラスセラミック物品がより耐損傷性であるように、増加した破壊靱性を有することがある。実施の形態において、このガラスセラミック物品は、シェブロンノッチ付き小形角棒法で測定して、 $1.0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上の破壊靱性 K_{IC} を有することがある。実施の形態において、このガラスセラミック物品は、シェブロンノッチ付き小形角棒法で測定して、 $1.0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上、 $1.1 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上、またさらには $1.2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上の破壊靱性 K_{IC} を有することがある。

10

【0142】

実施の形態において、ガラスセラミック物品の弾性率は、90 GPa以上であることがある。実施の形態において、ガラスセラミック物品の弾性率は、90 GPa以上またさらには100 GPa以上であることがある。実施の形態において、ガラスセラミック物品の弾性率は、125 GPa以下、またさらには115 GPa以下であることがある。実施の形態において、ガラスセラミック物品の弾性率は、90 GPa以上かつ125 GPa以下、90 GPa以上かつ115 GPa以下、100 GPa以上かつ125 GPa以下、またさらには100 GPa以上かつ115 GPa以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成された任意と全ての部分的範囲にあることがある。

20

【0143】

実施の形態において、前駆体ガラス組成物および結果として得られるガラスセラミック物品の剛性率は、30 GPa以上、またさらには40 GPa以上であることがある。実施の形態において、ガラスセラミック物品の剛性率は、55 GPa以下、またさらには45 GPa以下であることがある。実施の形態において、ガラスセラミック物品の剛性率は、30 GPa以上かつ55 GPa以下、30 GPa以上かつ45 GPa以下、40 GPa以上かつ55 GPa以下、またさらには40 GPa以上かつ45 GPa以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成された任意と全ての部分的範囲にあることがある。

【0144】

実施の形態において、ガラスセラミック物品の平均透過率は、0.8 mmの物品厚で測定して、400 nmから800 nmの波長範囲に亘る光の50%以上かつ95%以下であることがある。実施の形態において、そのガラスセラミック物品の平均透過率は、0.8 mmの物品厚で測定して、400 nmから800 nmの波長範囲に亘る光の50%以上、60%以上、70%以上、またさらには80%以上であることがある。実施の形態において、そのガラスセラミック物品の平均透過率は、0.8 mmの物品厚で測定して、400 nmから800 nmの波長範囲に亘る光の95%以下、またさらには90%以下であることがある。実施の形態において、そのガラスセラミック物品の平均透過率は、0.8 mmの物品厚で測定して、400 nmから800 nmの波長範囲に亘る光の50%以上かつ95%以下、50%以上かつ90%以下、60%以上かつ95%以下、60%以上かつ90%以下、70%以上かつ95%以下、70%以上かつ90%以下、80%以上かつ95%以下、またさらには80%以上かつ90%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成された任意と全ての部分的範囲にあることがある。実施の形態において、そのガラスセラミック物品は、透明または透明ヘイズであることがある。

30

40

【0145】

実施の形態において、ガラスセラミック物品のポアソン比は、0.17以上、またさらには0.19以上であることがある。実施の形態において、ガラスセラミック物品のポアソン比は、0.23以下、またさらには0.21以下であることがある。実施の形態において、ガラスセラミック物品のポアソン比は、0.17以上かつ0.23以下、0.17以上かつ0.21以下、0.19以上かつ0.23以下、またさらには0.19以上かつ

50

0.21以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成された任意と全ての部分的範囲にあることがある。

【0146】

実施の形態において、ガラスセラミック物品のSOCは、2.5nm/mm/MPa以上、またさらには2.4nm/mm/MPa以上であることがある。実施の形態において、そのガラスセラミック物品のSOCは、2.8nm/mm/MPa以下、またさらには2.7nm/mm/MPa以下であることがある。そのガラスセラミック物品のSOCは、2.4nm/mm/MPa以上かつ2.8nm/mm/MPa以下、2.4nm/mm/MPa以上かつ2.7nm/mm/MPa以下、2.5nm/mm/MPa以上かつ2.8nm/mm/MPa以下、2.5nm/mm/MPa以上かつ2.7nm/mm/M

10

【0147】

実施の形態において、ここに記載されたガラスセラミック物品は、その物品を強化するために、イオン交換可能である。典型的なイオン交換過程において、ガラスセラミック物品中のより小さい金属イオンが、ガラスセラミック物品の外面に近い層内の同じ価数のより大きい金属イオンと置換される、すなわち「交換」される。大きい方のイオンによる小さい方のイオンの置換で、ガラスセラミック物品の層内に圧縮応力が生じる。実施の形態において、金属イオンは一価の金属イオン（例えば、Li⁺、Na⁺、K⁺など）であり、イオン交換は、ガラスセラミック物品中のより小さい金属イオンを交換すべきより大きい金属イオンの少なくとも1種類の溶融塩を含む浴中にガラスセラミック物品を浸すこと

20

【0148】

ガラスセラミック物品に曝露される際に、イオン交換溶液（例えば、LiNO₃も含有することがあるKNO₃および/またはNaNO₃溶融塩浴）は、実施の形態によれば、350以上かつ500以下、360以上かつ450以下、370以上かつ440以下、360以上かつ420以下、370以上かつ400以下、375以上かつ475以下、400以上かつ500以下、410以上かつ490以下、420以上かつ480以下、430以上かつ470以下、またさらには440以上かつ460以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成された任意と全ての部分的範囲にある温度であることがある。実施の形態において、ガラスセラミック物品は、2時間以上かつ24時間以下、2時間以上かつ12時間以下、2時間以上かつ6時間以下、8時間以上かつ24時間以下、6時間以上かつ24時間以下、6時間以上かつ12時間以下、8時間以上かつ24時間以下、またさらには8時間以上かつ12時間以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成された任意と全ての部分的範囲にある期間に亘りイオン交換溶液に曝露されることがある。

30

【0149】

結果として生じる圧縮応力層は、2時間のイオン交換時間でガラスセラミック物品の表面に100μm以上の深さ（「圧縮深さ」または「DOC」とも称される）を有することがある。実施の形態において、ガラスセラミック物品は、10μm以上、20μm以上、30μm以上、40μm以上、50μm以上、60μm以上、70μm以上、80μm以上、90μm以上、またさらには100μm以上の圧縮深さを達成するためにイオン交換されることがある。実施の形態において、そのガラスセラミック物品は、厚さ「t」を有し、0.25t以上、0.27t以上、またさらには0.30t以上の圧縮深さを達成するためにイオン交換されることがある。

40

【0150】

この表面圧縮層の発生は、イオン交換されていない材料と比べて、より良好な亀裂抵抗

50

およびより高い曲げ強度にとって有益である。表面圧縮層は、ガラスセラミック物品の本体（すなわち、表面圧縮を含まない区域）に交換されるイオンの濃度と比べて、より高い濃度のガラスセラミック物品中に交換されるイオンを有する。

【0151】

実施の形態において、ここに記載された前駆体ガラス組成物から製造されたガラスセラミック物品は、80 MPa以上、100 MPa以上、またさらには250 MPa以上の、イオン交換強化後の表面圧縮応力を有することがある。実施の形態において、そのガラスセラミック物品は、1 GPa以下、750 MPa以下、またさらには500 MPa以下のイオン交換強化後の表面圧縮応力を有することがある。実施の形態において、そのガラスセラミック物品は、80 MPa以上かつ1 GPa以下、80 MPa以上かつ750 MPa以下、80 MPa以上かつ500 MPa以下、100 MPa以上かつ1 GPa以下、100 MPa以上かつ750 MPa以下、100 MPa以上かつ500 MPa以下、250 MPa以上かつ1 GPa以下、250 MPa以上かつ750 MPa以下、またさらには250 MPa以上かつ500 MPa以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成された任意と全ての部分的範囲にあるイオン交換強化後の表面圧縮応力を有することがある。

10

【0152】

ここに記載されているように、前駆体ガラス組成物中にアルカリ土類酸化物および/または遷移金属酸化物を含ませると、結果として得られるガラスセラミック物品の最大中央張力が増加することがある。実施の形態において、ここに記載された前駆体ガラス組成物から製造されるガラスセラミック物品は、30 MPa以上、50 MPa以上、またさらには100 MPa以上の、イオン交換強化後の中央張力を有することがある。実施の形態において、ここに記載された前駆体ガラス組成物から製造されるガラスセラミック物品は、250 MPa以下、200 MPa以下、またさらには175 MPa以下の、イオン交換強化後の中央張力を有することがある。実施の形態において、ここに記載された前駆体ガラス組成物から製造されるガラスセラミック物品は、30 MPa以上かつ250 MPa以下、30 MPa以上かつ200 MPa以下、30 MPa以上かつ175 MPa以下、50 MPa以上かつ250 MPa以下、50 MPa以上かつ200 MPa以下、50 MPa以上かつ175 MPa以下、100 MPa以上かつ250 MPa以下、100 MPa以上かつ200 MPa以下、またさらには100 MPa以上かつ175 MPa以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にある、イオン交換強化後の中央張力を有することがある。

20

30

【0153】

実施の形態において、前記ガラスセラミック物品は、0.025 t以上、0.1 t以上、またさらには0.2 t以上の、イオン交換後のナトリウムイオン浸透深さ（化学深さ（chemical depth）とも称される）を有することがある。実施の形態において、そのガラスセラミック物品は、0.28 t以下、またさらには0.25 t以下のナトリウムイオン浸透深さを有することがある。実施の形態において、そのガラスセラミック物品は、0.025 t以上かつ0.28 t以下、0.025 t以上かつ0.25 t以下、0.1 t以上かつ0.28 t以下、0.1 t以上かつ0.25 t以下、0.2 t以上かつ0.28 t以下、またさらには0.2 t以上かつ0.25 t以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあるナトリウムイオン浸透深さを有することがある。

40

【0154】

実施の形態において、そのガラスセラミック物品は、0 t以上かつ0.01 t以下の、イオン交換後のカリウムイオン浸透深さを有することがある。

【0155】

実施の形態において、ガラスセラミック物品を製造する過程は、ガラスの均質化および1つ以上の結晶相（例えば、1つ以上の組成、量、形態、サイズまたはサイズ分布などを有する）の結晶化（すなわち、核形成と成長）を誘発するために1つ以上の事前に選択された時間に亘り1つ以上の事前に選択された温度で炉内の前駆体ガラス組成物から形成された前駆体ガラス物品を熱処理する工程を含む。実施の形態において、熱処理は、（i）

50

1 /分以上かつ10 /分以下の速度で炉内の前駆体ガラス物品を核形成温度に加熱すること、(i i) 0 . 1時間以上かつ8時間以下の時間に亘り炉内で核形成温度に前駆体ガラス物品を維持して、核形成された結晶化可能なガラスを生成すること、(i i i) 1 /分以上かつ10 /分以下の速度で炉内の核形成された結晶化可能なガラス物品を結晶化温度に加熱すること、(i v) 0 . 1時間以上かつ8時間以下の時間に亘り炉内で結晶化温度に核形成された結晶化可能なガラス物品を維持して、ガラスセラミック物品を生成すること、および(v) ガラスセラミック物品を室温に冷却することを含むことがある。

【0156】

実施の形態において、核形成温度は、600 以上かつ900 以下であることがある 10
 実施の形態において、核形成温度は、600 以上、またさらには650 以上であることがある。実施の形態において、核形成温度は、900 以下、またさらには800 以下であることがある。実施の形態において、核形成温度は、600 以上かつ900 以下、600 以上かつ800 以下、650 以上かつ900 以下、またさらには650 以上かつ800 以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。

【0157】

実施の形態において、結晶化温度は、700 以上かつ1000 以下であることがある 20
 実施の形態において、結晶化温度は、700 以上、またさらには750 以上であることがある。実施の形態において、結晶化温度は、1000 以下、またさらには900 以下であることがある。実施の形態において、結晶化温度は、700 以上かつ1000 以下、700 以上かつ900 以下、750 以上かつ1000 以下、またさらには750 以上かつ900 以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。

【0158】

ここに用いられているように、加熱速度、核形成温度、および結晶化温度は、前駆体ガラス組成物または前駆体ガラス物品が中で熱処理されている炉の加熱速度と温度を称する。

【0159】

前駆体ガラス組成物に加え、結晶化温度に加熱し、温度をその結晶化温度に維持する熱 30
 処理工程の温度 - 時間的プロファイルは、以下の所望の属性の内の1つ以上を生じるように思慮深く定められている：ガラスセラミック物品の結晶相、1つ以上の主結晶相および/または1つ以上の副結晶相および残留ガラス相の比率、1つ以上の主結晶相および/または1つ以上の副結晶相および残留ガラス相の結晶相集合体、および1つ以上の主結晶相および/または1つ以上の副結晶相の中での粒径または粒径分布。これらは、転じて、結果として得られるガラスセラミック物品の最終的な完全性、品質、色、および/または不透明度に影響することがある。

【0160】

ここに記載されたガラスセラミック物品は、結晶相および残留ガラス相を含む。実施の 40
 形態において、その結晶相は二ケイ酸リチウムと葉長石を含むことがある。二ケイ酸リチウム $Li_2Si_2O_5$ は、 $\{Si_2O_5\}$ 四面体配列の波形板に基づく斜方晶である。この結晶は、典型的に、形状が板状またはラス状であり、劈開面が目立つ。葉長石 $Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 8SiO_2$ は、 AlO_4 四面体で結合された Si_4O_{10} 層を含有する、 AlO_4 と SiO_4 の四面体の三次元骨格構造に基づく単斜晶である。二ケイ酸リチウムと葉長石に基づくガラスセラミック物品は、無秩序に配向した連結結晶の微細構造（これらの結晶の周りの蛇行経路により亀裂を材料に伝搬させる結晶構造）のために、高い本体強度および破壊靱性を含む、極めて望ましい機械的性質を提示する。

【0161】

実施の形態において、結晶相の総質量に基づく、結晶相中の二ケイ酸リチウムと葉長石 50
 の総量は、50質量%以上、60質量%以上、またさらには70質量%以上であることがある。

ある。実施の形態において、結晶相の総質量に基づく、結晶相中の二ケイ酸リチウムと葉長石の総量は、99質量%以下、90質量%以下、またさらには85質量%以下であることがある。実施の形態において、結晶相の総質量に基づく、結晶相中の二ケイ酸リチウムと葉長石の総量は、50質量%以上かつ99質量%以下、50質量%以上かつ90質量%以下、50質量%以上かつ85質量%以下、60質量%以上かつ99質量%以下、60質量%以上かつ90質量%以下、60質量%以上かつ85質量%以下、70質量%以上かつ99質量%以下、70質量%以上かつ90質量%以下、またさらには70質量%以上かつ85質量%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。

【0162】

10

実施の形態において、結晶相の総質量に基づく、結晶相中の二ケイ酸リチウムの量は、20質量%以上、またさらには30質量%以上であることがある。実施の形態において、結晶相の総質量に基づく、結晶相中の二ケイ酸リチウムの量は、60質量%以下、またさらには50質量%以下であることがある。実施の形態において、結晶相の総質量に基づく、結晶相中の二ケイ酸リチウムの量は、20質量%以上かつ60質量%以下、20質量%以上かつ50質量%以下、30質量%以上かつ60質量%以下、またさらには30質量%以上かつ50質量%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。

【0163】

実施の形態において、結晶相の総質量に基づく、結晶相中の葉長石の量は、20質量%以上、またさらには30質量%以上であることがある。実施の形態において、結晶相の総質量に基づく、結晶相中の葉長石の量は、60質量%以下、またさらには50質量%以下であることがある。実施の形態において、結晶相の総質量に基づく、結晶相中の葉長石の量は、20質量%以上かつ60質量%以下、20質量%以上かつ50質量%以下、30質量%以上かつ60質量%以下、またさらには30質量%以上かつ50質量%以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成される任意と全ての範囲にあることがある。

20

【0164】

実施の形態において、ガラスセラミック物品の結晶相は、二ケイ酸リチウムと葉長石に加え、メタケイ酸リチウム、石英、クリストパライト、またはその組合せをさらに含むことがある。

30

【0165】

実施の形態において、結晶相の二ケイ酸リチウムと葉長石の粒子の粒径は、ガラスセラミック物品が透明または透明ヘイズであるように、制限される（例えば、100nm以下に）ことがある。実施の形態において、結晶相の二ケイ酸リチウムと葉長石の粒子は、10nm以上、25nm以上、またさらには50nm以上の粒径を有することがある。実施の形態において、結晶相の二ケイ酸リチウムと葉長石の粒子は、100nm以下、またさらには75nm以下の粒径を有することがある。実施の形態において、結晶相の二ケイ酸リチウムと葉長石の粒子は、10nm以上かつ100nm以下、10nm以上かつ75nm以下、25nm以上かつ100nm以下、25nm以上かつ75nm以下、50nm以上かつ100nm以下、またさらには50nm以上かつ75nm以下、もしくはこれらの端点のいずれかから形成された任意と全ての部分的範囲にある粒径を有することがある。

40

【0166】

実施の形態において、結晶相の二ケイ酸リチウムと葉長石の粒子は、2:1以上、5:1以上、10:1以上、20:1以上、25:1以上のアスペクト比を有することがある。

【0167】

実施の形態において、このガラスセラミック物品は、XRDスペクトルのリートベルト解析にしたがって決定して、ガラスセラミック物品の質量で（すなわち、質量%）50質量%以上の結晶相と50質量%以下の残留ガラス相、60質量%以上の結晶相と40質量%以下の残留ガラス相、70質量%以上の結晶相と30質量%以下の残留ガラス相、80

50

質量%以上の結晶相と20質量%以下の残留ガラス相、またさらには90質量%以上の結晶相と10質量%以下の残留ガラス相、もしくはこれらの端点のいずれかから形成された任意と全ての部分的範囲にある結晶相と残留ガラス相を含むことがある。

【0168】

そのガラスセラミック物品は、シートとして提供されることがあり、そのシートは、次に、加圧成形、吹き込み成形、曲げ加工、垂れ加工、真空成形、または他の手段によって、均一な厚さの湾曲片または曲げ片に再成形されることがある。

【0169】

ここに記載されたガラスセラミック物品は、例えば、LCDおよびLEDディスプレイ、コンピュータ用モニター、および現金自動預払機(ATM)を含む消費者向けまたは商業用電子機器におけるカバーガラスまたはガラスバックプレーン用途；例えば、携帯電話、パーソナルメディアプレーヤー、腕時計、およびタブレット型コンピュータを含む携帯型電子機器のための、タッチスクリーンまたはタッチセンサ用途；例えば、半導体ウエハを含む集積回路用途；太陽光発電用途；建築用ガラス用途；自動車または車両用ガラス用途；もしくは商業用または家庭用電化製品用途を含む様々な用途に使用されることがある。実施の形態において、消費者向け電子機器(例えば、スマートフォン、タブレット型コンピュータ、腕時計、パーソナルコンピュータ、ウルトラブック、テレビ、およびカメラ)、建築用ガラス、および/または自動車用ガラスは、ここに記載されたようなガラスセラミック物品を含むことがある。

10

【0170】

ここに開示されたガラスセラミック物品のいずれかを組み込んだ例示の電子機器が、図1および2に示されている。詳しくは、図1および2は、前面104、背面106、および側面108を有する筐体102；筐体の少なくとも部分的に内部または完全に内部にあり、少なくとも、制御装置、メモリ、および筐体の前面にあるまたはそれに隣接するディスプレイ110を含む電気部品(図示せず)；およびディスプレイを覆うように筐体の前面にあるまたはそれを覆うカバー基板112を備えた消費者向け電子機器100を示す。実施の形態において、カバー基板112および筐体102の少なくとも一方の少なくとも一部は、ここに開示されたガラスセラミック物品のいずれかを含有することがある。

20

【実施例】

【0171】

様々な実施の形態がより容易に理解されるように、ここに記載された前駆体ガラス組成物およびガラスセラミック物品の様々な実施の形態を説明することを意図した以下の実施例を参照する。

30

【0172】

表1は、例示と比較の前駆体ガラス組成物(モル%)並びに前駆体ガラス組成物の液相温度を示している。表2は、例示と比較のガラスセラミック物品を得るための熱処理スケジュール、およびガラスセラミック物品のそれぞれの性質を示している。ガラスセラミック物品は、表1に列挙された例示の前駆体ガラス組成物1~29および比較の前駆体ガラス組成物C1~C9から形成した。

【0173】

40

【表 1 - 1】
表 1

例	1	2	3	4	5	6	
SiO_2	68.2	67.6	67.6	68.2	67.6	66.9	
B_2O_3	-	-	-	-	-	-	
Al_2O_3	3.7	3.6	3.6	3.7	3.6	3.6	
Li_2O	21.3	21.1	21.1	21.3	21.1	20.9	
Na_2O	1.2	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	10
K_2O	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
MgO	-	-	-	1.0	1.9	2.8	
CaO	-	1.9	-	-	-	-	
SrO	-	-	-	-	-	-	
BaO	-	-	1.9	-	-	-	
ZnO	-	-	-	-	-	-	
GeO_2	-	-	-	-	-	-	
La_2O_3	1.0	-	-	-	-	-	20
Y_2O_3	-	-	-	-	-	-	
Ta_2O_5	-	-	-	-	-	-	
P_2O_5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	
ZrO_2	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	
SnO_2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
R_2O	23.2	22.9	22.9	23.2	22.9	22.7	
RO	0	1.9	1.9	1.0	1.9	2.8	
アルカリ土類 酸化物	0	1.9	1.9	1.0	1.9	2.8	30
遷移金属酸化物	1.0	0	0	0	0	0	
アルカリ土類 酸化物+遷移 金属酸化物	1.0	1.9	1.9	1.0	1.9	2.8	
$P_2O_5 + ZrO_2$	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.7	
Li_2O/Al_2O_3	5.76	5.86	5.86	5.76	5.86	5.81	
Li_2O/SiO_2	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	
$(SiO_2 + Al_2O_3)/$ $(P_2O_5 + ZrO_2)$	18.44	18.26	18.26	18.44	18.26	19.05	
液相温度 (°C)	1055	1055	1015	1040	1055	1065	40

【 0 1 7 4 】

【表 1 - 2】

表 1 の続き

例	7	8	9	10	11	12	
SiO_2	66.3	68.2	66.9	66.3	68.2	67.6	
B_2O_3	-	-	-	-	-	-	
Al_2O_3	3.6	3.7	3.6	3.6	3.7	3.6	
Li_2O	20.7	21.3	20.9	20.7	21.3	21.1	
Na_2O	1.1	1.2	1.1	1.1	1.2	1.1	10
K_2O	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
MgO	3.8	-	-	-	-	-	
CaO	-	1.0	2.8	3.8	-	-	
SrO	-	-	-	-	1.0	1.9	
BaO	-	-	-	-	-	-	
ZnO	-	-	-	-	-	-	
GeO_2	-	-	-	-	-	-	
La_2O_3	-	-	-	-	-	-	20
Y_2O_3	-	-	-	-	-	-	
Ta_2O_5	-	-	-	-	-	-	
P_2O_5	0.9	1.0	0.9	0.9	1.0	1.0	
ZrO_2	2.8	2.9	2.8	2.8	2.9	2.9	
SnO_2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
R_2O	22.5	23.2	22.7	22.5	23.2	22.9	
RO	3.8	1.0	2.8	3.8	1.0	1.9	
アルカリ土類 酸化物	3.8	1.0	2.8	3.8	1.0	1.9	30
遷移金属酸化物	0	0	0	0	0	0	
アルカリ土類 酸化物+遷移 金属酸化物	3.8	1.0	2.8	3.8	1.0	1.9	
$P_2O_5 + ZrO_2$	3.7	3.9	3.7	3.7	3.9	3.9	
Li_2O/Al_2O_3	5.75	5.76	5.81	5.75	5.76	5.86	
Li_2O/SiO_2	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	
$(SiO_2 + Al_2O_3)/$ $(P_2O_5 + ZrO_2)$	18.89	18.44	19.05	18.89	18.44	18.26	
液相温度 (°C)	1080	1040	1040	1040	1035	1020	40

【 0 1 7 5 】

【表 1 - 3】

表 1 の続き

例	13	14	15	16	17	18	
SiO_2	66.9	66.3	68.2	68.9	68.9	68.9	
B_2O_3	-	-	-	-	-	-	
Al_2O_3	3.6	3.6	3.7	2.7	2.7	2.7	
Li_2O	20.9	20.7	21.3	21.5	21.5	21.5	
Na_2O	1.1	1.1	1.2	1.0	1.0	1.0	10
K_2O	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
MgO	-	-	-	-	-	-	
CaO	-	-	-	-	-	-	
SrO	2.8	3.8	-	-	-	-	
BaO	-	-	1.0	-	-	-	
ZnO	-	-	-	-	-	-	
GeO_2	-	-	-	-	-	-	
La_2O_3	-	-	-	-	-	-	20
Y_2O_3	-	-	-	0.5	0.7	1.0	
Ta_2O_5	-	-	-	-	-	-	
P_2O_5	0.9	0.9	1.0	1.2	1.2	1.2	
ZrO_2	2.8	2.8	2.9	3.4	3.2	2.9	
SnO_2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
R_2O	22.7	22.5	23.2	23.2	23.2	23.2	
RO	2.8	3.8	1.0	0	0	0	
アルカリ土類 酸化物	2.8	3.8	1.0	0	0	0	30
遷移金属酸化物	0	0	0	0.5	0.7	1.0	
アルカリ土類 酸化物+遷移 金属酸化物	2.8	3.8	1.0	0.5	0.7	1.0	
$P_2O_5 + ZrO_2$	3.7	3.7	3.9	4.6	4.4	4.1	
Li_2O/Al_2O_3	5.81	5.75	5.76	7.96	7.96	7.96	
Li_2O/SiO_2	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	
$(SiO_2 + Al_2O_3)/$ $(P_2O_5 + ZrO_2)$	19.05	18.89	18.44	15.57	16.27	17.46	
液相温度 (°C)	1015	1045	1035	1040	1025	1025	40

【 0 1 7 6 】

【表 1 - 4】

表 1 の続き

例	19	20	21	22	23	24	
SiO_2	70.1	69.8	70.1	69.8	70.1	69.8	
B_2O_3	-	-	-	-	-	-	
Al_2O_3	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	
Li_2O	21.3	21.2	21.3	21.2	21.3	21.2	
Na_2O	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	10
K_2O	-	-	-	-	-	-	
MgO	-	-	-	-	-	-	
CaO	-	-	-	-	-	-	
SrO	-	-	-	-	-	-	
BaO	0.2	0.7	-	-	-	-	
ZnO	-	-	-	-	-	-	
GeO_2	-	-	0.2	0.7	-	-	
La_2O_3	-	-	-	-	0.2	0.7	20
Y_2O_3	-	-	-	-	-	-	
Ta_2O_5	-	-	-	-	-	-	
P_2O_5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
ZrO_2	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	
SnO_2	-	-	-	-	-	-	
R_2O	22.8	22.7	22.8	22.7	22.8	22.7	
RO	0.2	0.7	0	0	0	0	
アルカリ土類 酸化物	0.2	0.7	0	0	0	0	30
遷移金属酸化物	0	0	0.2	0.7	0.2	0.7	
アルカリ土類 酸化物+遷移 金属酸化物	0.2	0.7	0.2	0.7	0.2	0.7	
$P_2O_5 + ZrO_2$	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	
Li_2O/Al_2O_3	5.07	5.05	5.07	5.05	5.07	5.05	
Li_2O/SiO_2	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	
$(SiO_2 + Al_2O_3)/$ $(P_2O_5 + ZrO_2)$	28.58	28.46	28.58	28.46	28.58	28.46	
液相温度 (°C)	-	-	-	-	-	-	40

【 0 1 7 7 】

【表 1 - 5】

表 1 の続き

例	25	26	27	28	29	CI	
SiO_2	70.1	69.8	70.1	70.1	69.8	69.0	
B_2O_3	-	-	-	-	-	-	
Al_2O_3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	3.7	
Li_2O	22.5	22.4	22.5	22.5	22.4	21.6	
Na_2O	-	-	-	-	-	1.0	10
K_2O	-	-	-	-	-	0.7	
MgO	-	-	-	-	-	-	
CaO	-	-	-	-	-	-	
SrO	-	-	0.2	-	-	-	
BaO	0.2	0.7	-	-	-	-	
ZnO	-	-	-	-	-	-	
GeO_2	-	-	-	-	-	-	
La_2O_3	-	-	-	-	-	-	20
Y_2O_3	-	-	-	-	-	-	
Ta_2O_5	-	-	-	0.2	0.7	-	
P_2O_5	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	
ZrO_2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.9	
SnO_2	-	-	-	-	-	0.1	
R_2O	22.5	22.4	22.5	22.5	22.4	23.3	
RO	0.2	0.7	0.2	0	0	0	
アルカリ土類 酸化物	0.2	0.7	0.2	0	0	0	30
遷移金属酸化物	0	0	0	0.2	0.7	0	
アルカリ土類 酸化物+遷移 金属酸化物	0.2	0.7	0.2	0.2	0.7	0	
$P_2O_5 + ZrO_2$	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	3.9	
Li_2O/Al_2O_3	5.23	5.21	5.23	5.23	5.21	5.84	
Li_2O/SiO_2	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.31	
$(SiO_2 + Al_2O_3)/$ $(P_2O_5 + ZrO_2)$	26.57	26.46	26.57	26.57	26.46	18.64	
液相温度 (°C)	-	-	-	-	-	1050	40

【 0 1 7 8 】

【表 1 - 6】

表 1 の続き

例	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
SiO_2	69.0	70.3	69.8	68.2	67.6	70.1	
B_2O_3	-	-	-	-	-	-	
Al_2O_3	2.7	4.3	4.3	3.7	3.6	4.2	
Li_2O	21.6	22.6	22.4	21.3	21.1	21.3	
Na_2O	1.0	-	2.0	1.2	1.1	1.5	10
K_2O	0.7	-	-	0.7	0.7	-	
MgO	-	-	-	-	-	-	
CaO	-	-	-	-	-	-	
SrO	-	-	-	-	-	-	
BaO	-	-	-	-	-	-	
ZnO	-	-	0.7	1.0	1.9	0.2	
GeO_2	-	-	-	-	-	-	
La_2O_3	-	-	-	-	-	-	20
Y_2O_3	-	-	-	-	-	-	
Ta_2O_5	-	-	-	-	-	-	
P_2O_5	1.0	0.8	0.8	1.0	1.0	0.9	
ZrO_2	3.9	2.0	2.0	2.9	2.9	1.7	
SnO_2	0.1	0.0	-	0.1	0.1	-	
R_2O	23.3	22.6	24.4	23.2	22.9	22.8	
RO	0	0	0.7	1.0	1.9	0.2	
アルカリ土類 酸化物	0	0	0	0	0	0	30
遷移金属酸化物	0	0	0	0	0	0	
アルカリ土類 酸化物+遷移 金属酸化物	0	0	0	0	0	0	
$P_2O_5 + ZrO_2$	4.9	2.8	2.8	3.9	3.9	2.6	
Li_2O/Al_2O_3	8.00	5.26	5.21	5.76	5.86	5.07	
Li_2O/SiO_2	0.31	0.32	0.32	0.31	0.31	0.30	
$(SiO_2 + Al_2O_3)/$ $(P_2O_5 + ZrO_2)$	14.63	26.64	26.46	18.44	18.26	28.58	
液相温度 (°C)	1070	-	-	1055	1045	-	40

【 0 1 7 9 】

【表 1 - 7】

表 1 の続き

例	C8	C9	
SiO_2	69.8	70.1	
B_2O_3	-	-	
Al_2O_3	4.2	4.3	
Li_2O	21.2	22.5	
Na_2O	1.5	-	10
K_2O	-	-	
MgO	-	-	
CaO	-	-	
SrO	-	-	
BaO	-	-	
ZnO	0.7	0.2	
GeO_2	-	-	
La_2O_3	-	-	20
Y_2O_3	-	-	
Ta_2O_5	-	-	
P_2O_5	0.9	0.8	
ZrO_2	1.7	2.0	
SnO_2	-	-	
R_2O	22.7	22.5	
RO	0.7	0.2	
アルカリ土類 酸化物	0	0	30
遷移金属酸化物	0	0	
アルカリ土類 酸化物+遷移 金属酸化物	0	0	
$P_2O_5 + ZrO_2$	2.6	2.8	
Li_2O/Al_2O_3	5.05	5.23	
Li_2O/SiO_2	0.30	0.32	
$(SiO_2 + Al_2O_3)/$ $(P_2O_5 + ZrO_2)$	28.46	26.57	
液相温度 (°C)	-	-	40

【 0 1 8 0 】

【表 2 - 1】
表 2

例	1	2	3	4	5	
核形成保持	4時間 580 °C	4時間 560 °C	4時間 560 °C	4時間 580 °C	4時間 560 °C	
結晶化保持	1時間 750 °C	1時間 730 °C	1時間 730 °C	1時間 750 °C	1時間 730 °C	
外観	透明ヘイズ	透明	透明	透明	透明	10
相集合	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	
弾性率 (Gpa)	-	102.7	100.7	-	102	
剛性率 (Gpa)	-	42.6	41.7	-	42.4	
ポアソン比	-	0.204	0.207	-	0.203	
K_{Ic} (CN) ($MPa \cdot m^{1/2}$)	-	1.279	1.113	-	1.109	20
SOC (nm/mm/MPa)	2.626	2.616	2.568	2.645	2.601	

【 0 1 8 1 】

【表 2 - 2】

表 2 の続き

例	6	7	8	9	10	
核形成保持	4時間 560 °C	4時間 560 °C	4時間 580 °C	4時間 580 °C	4時間 560 °C	30
結晶化保持	1時間 710 °C	1時間 710 °C	1時間 750 °C	1時間 750 °C	1時間 730 °C	
外観	透明	透明	透明	透明	透明	
相集合	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	
弾性率 (Gpa)	-	-	-	-	102	
剛性率 (Gpa)	-	-	-	-	42.4	40
ポアソン比	-	-	-	-	0.203	
K_{Ic} (CN) ($MPa \cdot m^{1/2}$)	-	-	-	-	1.109	
SOC (nm/mm/MPa)	-	-	2.633	2.645	2.601	

【 0 1 8 2 】

【表 2 - 3】

表 2 の続き

例	11	12	13	14	15	
核形成保持	4時間 560 °C	4時間 560 °C	4時間 580 °C	4時間 560 °C	4時間 580 °C	
結晶化保持	1時間 710 °C	1時間 710 °C	1時間 750 °C	1時間 710 °C	1時間 750 °C	
外観	透明	透明	透明	透明	透明	10
相集合	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	
弾性率 (Gpa)	-	-	-	-	-	
剛性率 (Gpa)	-	-	-	-	-	
ポアソン比	-	-	-	-	-	
K_{Ic} (CN) ($MPa \cdot m^{1/2}$)	-	-	-	-	-	20
SOC (nm/mm/MPa)	-	-	2.633	2.528	2.616	

【 0 1 8 3 】

【表 2 - 4】

表 2 の続き

例	16	17	18	19	20	
核形成保持	4時間 600 °C	4時間 600 °C	4時間 600 °C	4時間 560 °C	4時間 560 °C	30
結晶化保持	1時間 740 °C	1時間 740 °C	1時間 740 °C	1時間 720 °C	1時間 720 °C	
外観	透明	透明	透明	透明	透明	
相集合	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	
弾性率 (Gpa)	99.8	100.1	100.3	-	-	
剛性率 (Gpa)	41.5	41.5	41.7	-	-	40
ポアソン比	0.202	0.207	0.203	-	-	
K_{Ic} (CN) ($MPa \cdot m^{1/2}$)	1.132	1.109	1.157	-	-	
SOC (nm/mm/MPa)	2.677	2.654	2.638	-	-	

【 0 1 8 4 】

【表 2 - 5】

表 2 の続き

例	21	22	23	24	25	
核形成保持	4時間 560 °C	4時間 560 °C	4時間 560 °C	4時間 560 °C	4時間 580 °C	
結晶化保持	1時間 720 °C	1時間 720 °C	1時間 720 °C	1時間 720 °C	1時間 760 °C	
外観	透明	透明	透明	透明	透明	10
相集合	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	
弾性率 (Gpa)	-	-	-	-	104.2	
剛性率 (Gpa)	-	-	-	-	43.6	
ポアソン比	-	-	-	-	0.195	
K_{Ic} (CN) (MPa·m ^{1/2})	-	-	-	-	-	20
SOC (nm/mm/MPa)	-	-	-	-	2.558	

【0 1 8 5】

【表 2 - 6】

表 2 の続き

例	26	27	28	29	
核形成保持	4時間 580 °C	4時間 580 °C	4時間 580 °C	4時間 580 °C	30
結晶化保持	1時間 760 °C	1時間 760 °C	1時間 760 °C	1時間 760 °C	
外観	透明	透明	透明	透明ヘイズ	
相集合	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石、 クリストパ ライト	
弾性率 (Gpa)	104.3	104.3	104	104.1	40
剛性率 (Gpa)	43.6	43.6	43.5	43.6	
ポアソン比	0.196	0.194	0.195	0.194	
K_{Ic} (CN) (MPa·m ^{1/2})	-	-	-	-	
SOC (nm/mm/MPa)	2.546	2.58	2.594	2.624	

【0 1 8 6】

【表 2 - 7】

表 2 の続き

例	C1	C2	C3	C4	C5	
核形成保持	4 時間 580 °C	4 時間 580 °C	4 時間 580 °C	4 時間 580 °C	4 時間 580 °C	
結晶化保持	1 時間 750 °C	1 時間 750 °C	1 時間 760 °C	1 時間 760 °C	1 時間 750 °C	
外観	透明	透明	透明	透明	透明ヘイズ	10
相集合	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石、 メタケイ酸 リチウム	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	
弾性率 (Gpa)	101.2	100.5	103.8	104	-	
剛性率 (Gpa)	42.3	42	43.5	43.4	-	
ポアソン比	0.198	0.197	0.193	0.195	-	20
K_{Ic} (CN) ($MPa \cdot m^{1/2}$)	1.113	1.116	-	-	-	
SOC (nm/mm/MPa)	2.664	2.707	2.576	2.602	2.684	

【 0 1 8 7 】

【表 2 - 8】

表 2 の続き

例	C6	C7	C8	C9	
核形成保持	4 時間 560 °C	4 時間 560 °C	4 時間 560 °C	4 時間 580 °C	
結晶化保持	1 時間 730 °C	1 時間 720 °C	1 時間 720 °C	1 時間 760 °C	
外観	透明ヘイズ	透明	透明	透明	30
相集合	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	二ケイ酸 リチウム、 葉長石	
弾性率 (Gpa)	-	-	-	104	40
剛性率 (Gpa)	-	-	-	43.4	
ポアソン比	-	-	-	0.197	
K_{Ic} (CN) ($MPa \cdot m^{1/2}$)	-	-	-	-	
SOC (nm/mm/MPa)	-	-	-	2.594	

【 0 1 8 8 】

表 1 の例示の前駆体ガラス組成物および表 2 のガラスセラミック物品で示されるように、ここに記載された前駆体ガラス組成物から形成されたガラスセラミック物品は、破壊靱性および弾性率が改善された透明または透明ヘイズである二ケイ酸リチウムと葉長石のガラスセラミック物品であろう。

【 0 1 8 9 】

ここで図 3 を参照すると、例示の前駆体ガラス組成物 2、3、5、および 12、並びに比較の前駆体ガラス組成物 C 1 から形成されたガラスセラミック物品を、470 の温度で 100% の NaNO_3 イオン交換浴に曝した。図 3 に示されるように、前駆体ガラス組成物に MgO (例示の前駆体ガラス組成物 5 (E 5))、 CaO (例示の前駆体ガラス組成物 2 (E 2))、 SrO (例示の前駆体ガラス組成物 12 (E 12))、および BaO (例示の前駆体ガラス組成物 3 (E 3)) を含ませると、アルカリ土類酸化物も、遷移金属酸化物も含まない、比較の前駆体ガラス組成物 C 1 から形成された比較のガラスセラミック物品の最大中央張力と比べて、例示のガラスセラミック物品の最大中央張力が増加した。

10

【 0 1 9 0 】

ここで図 4 を参照すると、例示の前駆体ガラス組成物 17、および比較の前駆体ガラス組成物 C 2 から形成されたガラスセラミック物品を、470 の温度で 100% の NaNO_3 イオン交換浴に曝した。図 4 に示されるように、前駆体ガラス組成物に Y_2O_3 (例示の前駆体ガラス組成物 17 (E 17)) を含ませると、 Y_2O_3 も、他の遷移金属酸化物も、アルカリ土類酸化物も含まない、比較の前駆体ガラス組成物 C 2 から形成された比較のガラスセラミック物品の最大中央張力と比べて、例示のガラスセラミック物品の最大中央張力が増加した。

20

【 0 1 9 1 】

ここで図 5 を参照すると、例示の前駆体ガラス組成物 29、並びに比較の前駆体ガラス組成物 C 3 および C 4 から形成されたガラスセラミック物品を、470 の温度で 100% の NaNO_3 イオン交換浴に曝した。図 5 に示されるように、前駆体ガラス組成物に Ta_2O_5 (前駆体ガラス組成物 29 (E 29)) を含ませると、 Ta_2O_5 も、他の遷移金属酸化物も、アルカリ土類酸化物も含まない、比較の前駆体ガラス組成物 C 3 および C 4 から形成された比較のガラスセラミック物品の最大中央張力と比べて、例示のガラスセラミック物品の最大中央張力が増加した。

30

【 0 1 9 2 】

図 3 ~ 5 に示されるように、ここに記載された前駆体ガラス組成物にアルカリ土類酸化物および / または遷移金属酸化物を含ませると、アルカリ土類酸化物も、遷移金属酸化物も含まない前駆体ガラス組成物から形成されたガラスセラミック物品と比べて、所定のイオン交換処理で、最大中央張力の増加したガラスセラミック物品が得られる。

【 0 1 9 3 】

さらに、図 3 ~ 5 は、ここに記載された前駆体ガラス組成物に特定のアルカリ土類酸化物および / または遷移金属酸化物を含ませることによって、目標の中央張力がより迅速に達成されるであろうことを示している。例えば、図 3 に示されるように、前駆体ガラス組成物 5 から形成されたガラスセラミック物品は、約 6 時間のイオン交換後に 100 MPa の中央張力を達成したのに対し、他のガラスセラミック物品は、100 MPa の中央張力を達成するのにより長い時間がかかった。アルカリ土類酸化物および / または遷移金属酸化物を含有するガラスセラミック物品は、イオン交換当たりでより大きい応力を生じる (所用のイオン交換時間が短くなる) ので、目標の中央張力がより迅速に達成される。イオン交換時間が短くなると、費用が低下し、高温への曝露で生じるかもしれない応力緩和が小さくなるという利点をもたらされる。したがって、ここに記載された前駆体ガラス組成物は、比較的短い期間で目標の中央張力を達成するために、特定のアルカリ土類酸化物および / または遷移金属酸化物を含むように調整することができる。

40

【 0 1 9 4 】

請求項の主題の精神および範囲から逸脱せずに、ここに記載された実施の形態に、様々

50

な改変および変更を行われてもよいことが、当業者に明白であろう。それゆえ、本明細書は、ここに記載された様々な実施の形態の改変および変更を、そのような改変および変更が特許請求の範囲およびその等価物の範囲内に入るという前提で、包含することが意図されている。

【0195】

以下、本発明の好ましい実施形態を項分け記載する。

【0196】

実施形態1

ガラスセラミック物品であって、

60モル%以上かつ72モル%以下の SiO_2 、

2.5モル%以上かつ8モル%以下の Al_2O_3 、

17モル%以上かつ26モル%以下の Li_2O 、

0.2モル%以上かつ4モル%以下の ZrO_2 、および

0.5モル%以上かつ2モル%以下の P_2O_5 、

を含み、

アルカリ土類酸化物 + 遷移金属酸化物は、0.1モル%以上かつ6モル%以下であり、アルカリ土類酸化物は、 CaO 、 MgO 、 SrO 、および BaO の合計であり、遷移金属酸化物は、 La_2O_3 、 Y_2O_3 、 Ta_2O_5 、および GeO_2 の合計であり、

$\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2$ は、1モル%以上かつ6モル%以下であり、

$(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2)$ は、12モル%以上かつ34モル%以下であり、

前記ガラスセラミック物品は、ニケイ酸リチウムと葉長石を含む結晶相を有し、ニケイ酸リチウムと葉長石の総量は、前記結晶相の総質量に基づいて、50質量%超である、ガラスセラミック物品。

【0197】

実施形態2

前記ガラスセラミック物品が、0.5モル%以上かつ4モル%以下の ZrO_2 を含む、実施形態1に記載のガラスセラミック物品。

【0198】

実施形態3

アルカリ土類酸化物 + 遷移金属酸化物が、0.1モル%以上かつ5モル%以下である、実施形態1または2に記載のガラスセラミック物品。

【0199】

実施形態4

$\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2$ が、2モル%以上かつ5モル%以下である、実施形態1から3のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0200】

実施形態5

$(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2)$ が、14モル%以上かつ32モル%以下である、実施形態1から4のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0201】

実施形態6

Li_2O 対 Al_2O_3 のモル比が、2以上かつ12以下である、実施形態1から5のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0202】

実施形態7

Li_2O 対 Al_2O_3 のモル比が、4以上かつ10以下である、実施形態6に記載のガラスセラミック物品。

【0203】

実施形態8

10

20

30

40

50

Li_2O 対 SiO_2 のモル比が、0.25以上かつ0.5以下である、実施形態1から7のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0204】

実施形態9

Li_2O 対 SiO_2 のモル比が、0.25以上かつ0.4以下である、実施形態8に記載のガラスセラミック物品。

【0205】

実施形態10

前記ガラスセラミック物品が、2.5モル%以上かつ6モル%以下の Al_2O_3 を含む、実施形態1から9のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

10

【0206】

実施形態11

前記ガラスセラミック物品が、18モル%以上かつ24モル%以下の Li_2O を含む、実施形態1から10のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0207】

実施形態12

前記ガラスセラミック物品が、0.7モル%以上かつ1.75モル%以下の P_2O_5 を含む、実施形態1から11のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0208】

実施形態13

R_2O が、17モル%以上かつ30モル%以下であり、 R_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 、および K_2O の合計である、実施形態1から12のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

20

【0209】

実施形態14

前記ガラスセラミック物品が、
0モル%以上かつ6モル%以下の Na_2O 、および
0モル%以上かつ6モル%以下の K_2O 、
を含む、実施形態1から13のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0210】

実施形態15

前記ガラスセラミック物品が、
0モル%以上かつ8モル%以下の CaO 、
0モル%以上かつ8モル%以下の MgO 、
0モル%以上かつ8モル%以下の SrO 、および
0モル%以上かつ8モル%以下の BaO 、
を含む、実施形態1から14のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

30

【0211】

実施形態16

前記ガラスセラミック物品が、
0モル%以上かつ4モル%以下の La_2O_3 、
0モル%以上かつ6モル%以下の Y_2O_3 、
0モル%以上かつ3モル%以下の Ta_2O_5 、および
0モル%以上かつ2モル%以下の GeO_2 、
を含む、実施形態1から15のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

40

【0212】

実施形態17

前記ガラスセラミック物品が、0モル%以上かつ8モル%以下の B_2O_3 を含む、実施形態1から16のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0213】

50

実施形態 18

前記ガラスセラミック物品が、0モル%以上かつ10モル%以下のZnOを含む、実施形態1から17のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0214】

実施形態 19

前記結晶相の二ケイ酸リチウムと葉長石の粒子が、10nm以上かつ100nm以下の粒径を有する、実施形態1から18のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0215】

実施形態 20

前記ガラスセラミック物品の結晶相が、メタケイ酸リチウム、 α -石英、クリストバライト、またはその組合せをさらに含む、実施形態1から19のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0216】

実施形態 21

前記ガラスセラミック物品の平均透過率が、0.8mmの物品厚で測定して、400nmから800nmの波長範囲に亘り、50%以上かつ95%以下である、実施形態1から20のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0217】

実施形態 22

シェブロンノッチ付き小形角棒法で測定した前記ガラスセラミック物品の破壊靱性 K_{IC} が、 $1.0\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 以上である、実施形態1から21のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0218】

実施形態 23

前記ガラスセラミック物品の弾性率が90GPa以上である、実施形態1から22のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0219】

実施形態 24

前記ガラスセラミック物品が、2時間以上から24時間以下の期間に亘り350℃以上から500℃以下の温度でイオン交換浴中で化学強化されて、イオン交換済みガラスセラミック物品を形成する、実施形態1から23のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0220】

実施形態 25

前記イオン交換浴が KNO_3 を含む、実施形態24に記載のガラスセラミック物品。

【0221】

実施形態 26

前記イオン交換浴が NaNO_3 をさらに含む、実施形態25に記載のガラスセラミック物品。

【0222】

実施形態 27

前記ガラスセラミック物品が30MPa以上の最大中央張力を有する、実施形態24から26のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0223】

実施形態 28

前記ガラスセラミック物品が80MPa以上の表面圧縮応力を有する、実施形態24から27のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0224】

実施形態 29

前記ガラスセラミック物品が0.025t以上の圧縮深さを有する、実施形態24から

28のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0225】

実施形態30

前記ガラスセラミック物品が、0.025t以上かつ0.28t以下のナトリウムイオン浸透深さを有する、実施形態24から29のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

【0226】

実施形態31

前記ガラスセラミック物品が、0t以上かつ0.01t以下のカリウムイオン浸透深さを有する、実施形態24から30のいずれか1つに記載のガラスセラミック物品。

10

【0227】

実施形態32

ガラス組成物であって、

60モル%以上かつ72モル%以下の SiO_2 、

2.5モル%以上かつ8モル%以下の Al_2O_3 、

17モル%以上かつ26モル%以下の Li_2O 、

1.5モル%以上かつ4モル%以下の ZrO_2 、および

0.5モル%以上かつ2モル%以下の P_2O_5 、

を含み、

アルカリ土類酸化物 + 遷移金属酸化物は、0.1モル%以上かつ6モル%以下であり、アルカリ土類酸化物は、 CaO 、 MgO 、 SrO 、および BaO の合計であり、遷移金属酸化物は、 La_2O_3 、 Y_2O_3 、 Ta_2O_5 、および GeO_2 の合計であり、

20

$P_2O_5 + ZrO_2$ は、1モル%以上かつ6モル%以下である、ガラス組成物。

【0228】

実施形態33

アルカリ土類酸化物 + 遷移金属酸化物が、0.1モル%以上かつ5モル%以下である、実施形態32に記載のガラス組成物。

【0229】

実施形態34

$P_2O_5 + ZrO_2$ が、2モル%以上かつ5モル%以下である、実施形態32または33に記載のガラス組成物。

30

【0230】

実施形態35

Li_2O 対 Al_2O_3 のモル比が、2以上かつ12以下である、実施形態32から34のいずれか1つに記載のガラス組成物。

【0231】

実施形態36

Li_2O 対 Al_2O_3 のモル比が、4以上かつ10以下である、実施形態35に記載のガラス組成物。

【0232】

実施形態37

Li_2O 対 SiO_2 のモル比が、0.25以上かつ0.5以下である、実施形態32から36のいずれか1つに記載のガラス組成物。

40

【0233】

実施形態38

Li_2O 対 SiO_2 のモル比が、0.25以上かつ0.4以下である、実施形態37に記載のガラス組成物。

【0234】

実施形態39

前記ガラス組成物が、2.5モル%以上かつ6モル%以下の Al_2O_3 を含む、実施形

50

態 3 2 から 3 8 のいずれか 1 つに記載のガラス組成物。

【 0 2 3 5 】

実施形態 4 0

前記ガラス組成物が、18モル%以上かつ24モル%以下の Li_2O を含む、実施形態 3 2 から 3 9 のいずれか 1 つに記載のガラス組成物。

【 0 2 3 6 】

実施形態 4 1

前記ガラス組成物が、0.7モル%以上かつ1.75モル%以下の P_2O_5 を含む、実施形態 3 2 から 4 0 のいずれか 1 つに記載のガラス組成物。

【 0 2 3 7 】

実施形態 4 2

R_2O が、17モル%以上かつ30モル%以下であり、 R_2O は、 Li_2O 、 Na_2O 、および K_2O の合計である、実施形態 3 2 から 4 1 のいずれか 1 つに記載のガラス組成物。

【 0 2 3 8 】

実施形態 4 3

前記ガラス組成物が、

0モル%以上かつ8モル%以下の CaO 、

0モル%以上かつ8モル%以下の MgO 、

0モル%以上かつ8モル%以下の SrO 、および

0モル%以上かつ8モル%以下の BaO 、

を含む、実施形態 3 2 から 4 2 のいずれか 1 つに記載のガラス組成物。

【 0 2 3 9 】

実施形態 4 4

前記ガラス組成物が、

0モル%以上かつ4モル%以下の La_2O_3 、

0モル%以上かつ6モル%以下の Y_2O_3 、

0モル%以上かつ3モル%以下の Ta_2O_5 、および

0モル%以上かつ2モル%以下の GeO_2 、

を含む、実施形態 3 2 から 4 3 のいずれか 1 つに記載のガラス組成物。

【 0 2 4 0 】

実施形態 4 5

前記ガラス組成物が、0モル%以上かつ8モル%以下の B_2O_3 を含む、実施形態 3 2 から 4 4 のいずれか 1 つに記載のガラス組成物。

【 0 2 4 1 】

実施形態 4 6

前記ガラス組成物が、0モル%以上かつ10モル%以下の ZnO を含む、実施形態 3 2 から 4 5 のいずれか 1 つに記載のガラス組成物。

【 0 2 4 2 】

実施形態 4 7

ガラスセラミック物品を形成する方法において、

1 /分以上かつ10 /分以下の速度で、炉内で前駆体ガラス物品を核形成温度に加熱する工程であって、該前駆体ガラス物品は、

60モル%以上かつ72モル%以下の SiO_2 、

2.5モル%以上かつ8モル%以下の Al_2O_3 、

17モル%以上かつ26モル%以下の Li_2O 、

0.5モル%以上かつ4モル%以下の ZrO_2 、および

0.5モル%以上かつ2モル%以下の P_2O_5 、

を含む前駆体ガラス組成物から作られ、

アルカリ土類酸化物 + 遷移金属酸化物は、0.1モル%以上かつ6モル%以下であり

10

20

30

40

50

、アルカリ土類酸化物は、 CaO 、 MgO 、 SrO 、および BaO の合計であり、遷移金属酸化物は、 La_2O_3 、 Y_2O_3 、 Ta_2O_5 、および GeO_2 の合計であり、

$\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2$ は、1モル%以上かつ6モル%以下であり、

$(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / (\text{P}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2)$ は、12モル%以上かつ34モル%以下である、工程、

0.1時間以上かつ8時間以下の期間に亘り前記炉内で前記前駆体ガラス物品を前記核形成温度に維持して、核形成済みの結晶化可能なガラス物品を生成する工程、

1 /分以上かつ10 /分以下の速度で、前記炉内で前記核形成済みの結晶化可能なガラス物品を結晶化温度に加熱する工程、

0.1時間以上かつ8時間以下の期間に亘り前記炉内で前記核形成済みの結晶化可能なガラス物品を前記結晶化温度に維持して、前記ガラスセラミック物品を生成する工程であって、該ガラスセラミック物品は、ニケイ酸リチウムおよび葉長石を含む結晶相を有し、ニケイ酸リチウムと葉長石の総量は、前記結晶相の総質量に基づいて、50質量%超である、工程、および

前記ガラスセラミック物品を室温に冷却する工程、を含む方法。

【0243】

実施形態48

前記ガラスセラミック物品の平均透過率が、0.8mmの物品厚で測定して、400nmから800nmの波長範囲に亘り、50%以上かつ95%以下である、実施形態47に記載の方法。

【0244】

実施形態49

シェブロンノッチ付き小形角棒法で測定した前記ガラスセラミック物品の破壊靱性 K_{Ic} が、 $1.0 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上である、実施形態47または48に記載の方法。

【0245】

実施形態50

前記ガラスセラミック物品の弾性率が90GPa以上である、実施形態47から49のいずれか1つに記載の方法。

【0246】

実施形態51

2時間以上から12時間以下の期間に亘り350 以上から500 以下の温度で、イオン交換浴中で前記ガラスセラミック物品を強化して、イオン交換済みガラスセラミック物品を形成する工程をさらに含む、実施形態47から50のいずれか1つに記載の方法。

【0247】

実施形態52

前記イオン交換浴が KNO_3 を含む、実施形態51に記載の方法。

【0248】

実施形態53

前記イオン交換浴が NaNO_3 をさらに含む、実施形態52に記載の方法。

【0249】

実施形態54

前記ガラスセラミック物品が30MPa以上の最大中央張力を有する、実施形態51から53のいずれか1つに記載の方法。

【0250】

実施形態55

前記ガラスセラミック物品が80MPa以上の表面圧縮応力を有する、実施形態51から54のいずれか1つに記載の方法。

【0251】

実施形態56

10

20

30

40

50

前記ガラスセラミック物品が 0.025 t 以上の圧縮深さを有する、実施形態 5 1 から 5 5 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0252】

実施形態 5 7

前記ガラスセラミック物品が、0.025 t 以上かつ 0.28 t 以下のナトリウムイオン浸透深さを有する、実施形態 5 1 から 5 6 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0253】

実施形態 5 8

前記ガラスセラミック物品が、0 t 以上かつ 0.01 t 以下のカリウムイオン浸透深さを有する、実施形態 5 1 から 5 7 のいずれか 1 つに記載の方法。

10

【0254】

実施形態 5 9

消費者向け電子機器において、

前面、背面、および側面を有する筐体、

少なくとも部分的に前記筐体内に設けられた電気部品であって、少なくとも制御装置、メモリ、および該筐体の前面にまたはそれに隣接して設けられたディスプレイを含む電気部品、および

前記ディスプレイを覆って配置されているおよび前記筐体の一部を形成するの少なくとも一方である、実施形態 1 に記載のガラスセラミック物品、を含む電子機器。

20

【符号の説明】

【0255】

- 100 消費者向け電子機器
- 102 筐体
- 104 前面
- 106 背面
- 108 側面
- 110 ディスプレイ
- 112 カバー基板

【図面】

30

【図 1】

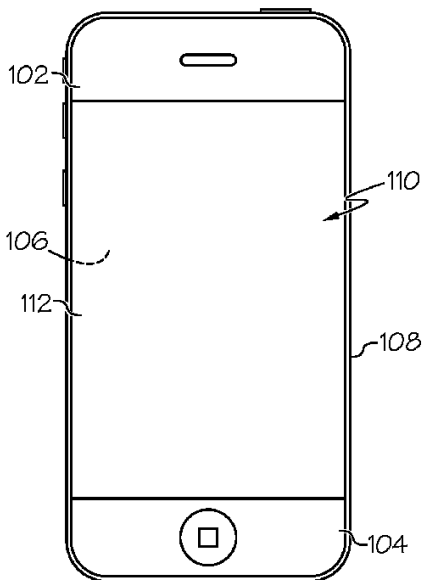


FIG. 1

【図 2】

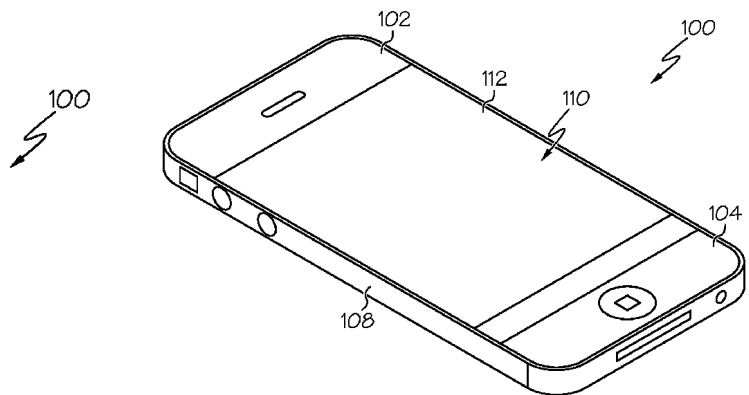
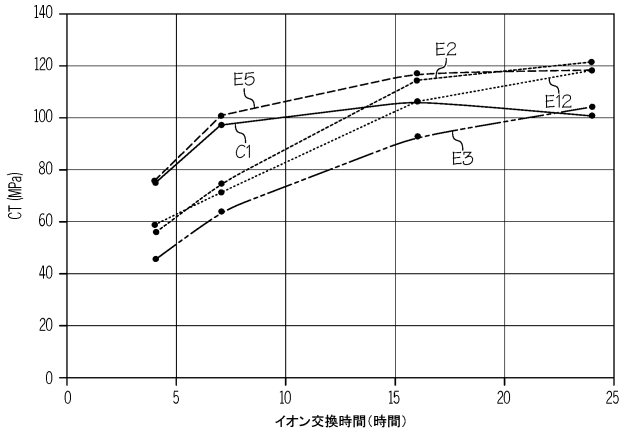


FIG. 2

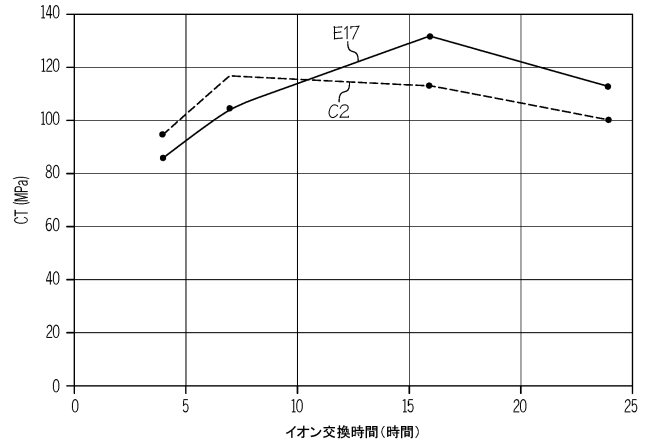
40

50

【 図 3 】

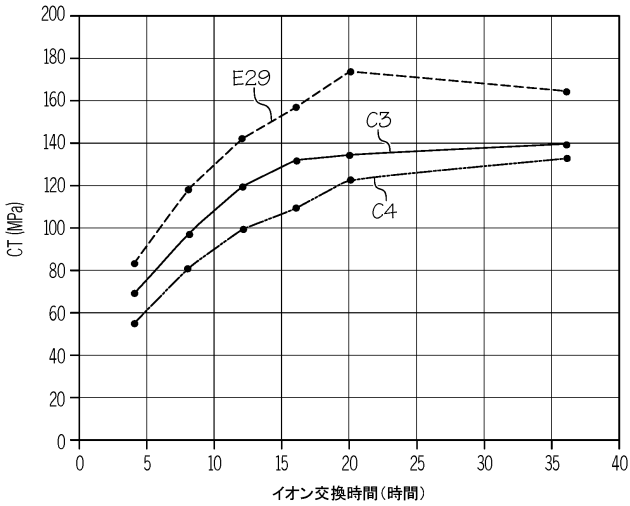


【 図 4 】



10

【 図 5 】



20

30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2022/033704

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV.	C03C3/083	C03C3/087
	C03C3/085	
ADD.	C03C3/097	C03C10/00
	C03C21/00	
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C03C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 112 694 258 A (CHONGQING AUREAVIA HI-TECH GLASS CO LTD) 23 April 2021 (2021-04-23) paragraph [0060]; example 6; tables 1-3 -----	1-59
X	US 2009/118113 A1 (YAGI TOSHITAKA [JP]) 7 May 2009 (2009-05-07) example 12; table 3 -----	32-46
X,P	WO 2022/049823 A1 (AGC INC [JP]) 10 March 2022 (2022-03-10) example C; table 1	32, 34-40, 42-46
X,P	& US 2022/073415 A1 (OHARA SEIKI [JP] ET AL) 10 March 2022 (2022-03-10) example C; table 1 -----	32, 34-40, 42-46
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 29 September 2022		Date of mailing of the international search report 07/10/2022
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Stratford, Katja

10

20

30

40

1

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2022/033704

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 284 340 B1 (ABE MASAHIRO [JP] ET AL) 4 September 2001 (2001-09-04) claim 1 example 2; table 2 column 5, lines 7-16 <p style="text-align: center;">-----</p>	1-59

10

20

30

40

1

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2022/033704

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CN 112694258 A	23-04-2021	CN 112694258 A	23-04-2021
		DE 202022100419 U1	18-02-2022
		EP 4036070 A1	03-08-2022
		JP 2022117461 A	10-08-2022
		KR 20220110104 A	05-08-2022
		US 2022242776 A1	04-08-2022

US 2009118113 A1	07-05-2009	JP 5070006 B2	07-11-2012
		JP 2009114005 A	28-05-2009
		MY 149402 A	30-08-2013
		US 2009118113 A1	07-05-2009

WO 2022049823 A1	10-03-2022	JP 2022044041 A	16-03-2022
		WO 2022049823 A1	10-03-2022

US 6284340 B1	04-09-2001	JP 2001097740 A	10-04-2001
		US 6284340 B1	04-09-2001

10

20

30

40

50

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,N
E,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,
CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,J
O,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,M
Z,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,
TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 フウ, チアン

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 7 0 ペインテッド ポスト タラ プレイス 7

(72)発明者 スミス, シャーリーン マリー

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 0 コーニング ウォーターガ アヴェニュー 2 2 2

(72)発明者 ホイッティア, アラナ マリー

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 7 0 ペインテッド ポスト エルムウッド レーン 5

Fターム(参考) 4G059 AA15 AC16 HB03 HB13 HB14 HB23

4G062 AA11 BB01 CC10 DA06 DA07 DB03 DC01 DD02 DD03 DE01

DF01 EA04 EB01 EC01 ED01 EE01 EF01 EG01 FA01 FB01 FC02

FC03 FD01 FE01 FF01 FG01 FH01 FJ01 FK01 FL01 GA01 GA10

GB01 GC01 GD01 GE01 HH01 HH03 HH05 HH07 HH09 HH11 HH13

HH15 HH17 HH20 JJ01 JJ03 JJ05 JJ07 JJ10 KK01 KK03 KK05

KK07 KK10 MM12 NN29 NN33 NN34 QQ09