

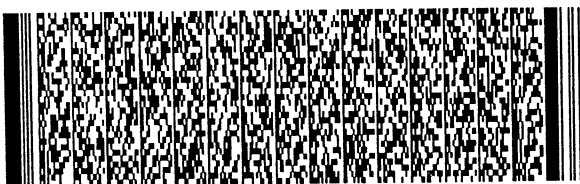
申請日期：	91.5.22	案號：	901/2240
類別：	C03 C ³ /89		

(以上各欄由本局填註)

公告本

發明專利說明書

一、 發明名稱	中 文	低膨脹性透明玻璃陶瓷、玻璃陶瓷基板及光學導波元件
	英 文	LOW EXPANSION TRANSPARENT GLASS-CERAMICS, GLASS-CERAMIC SUBSTRATES, AND OPTICAL WAVEGUIDE ELEMENTS
二、 發明人	姓 名 (中文)	1. 南川 弘行 2. 大原 和夫 3. 後藤 直雪
	姓 名 (英文)	1. HIROYUKI MINAMIKAWA 2. KAZUO OHARA 3. NAOYUKI GOTO
	國 籍	1. 日本 2. 日本 3. 日本
	住、居所	1. 日本國神奈川縣相模原市小山1-15-30日商小原股份有限公司內 2. 日本國神奈川縣相模原市小山1-15-30日商小原股份有限公司內 3. 日本國神奈川縣相模原市小山1-15-30日商小原股份有限公司內
三、 申請人	姓 名 (名稱) (中文)	1. 日商小原股份有限公司
	姓 名 (名稱) (英文)	1. KABUSHIKI KAISHA OHARA
	國 籍	1. 日本
	住、居所 (事務所)	1. 日本國神奈川縣相模原市小山1-15-30
	代表人 姓 名 (中文)	1. 油谷 純正
	代表人 姓 名 (英文)	1.



本案已向

國(地區)申請專利	申請日期	案號	主張優先權
日本 JP	2000/07/07	特願2000-206914	有
日本 JP	2000/09/08	特願2000-273411	有
日本 JP	2001/03/09	特願2001-066304	有

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無



五、發明說明 (1)

發明背景

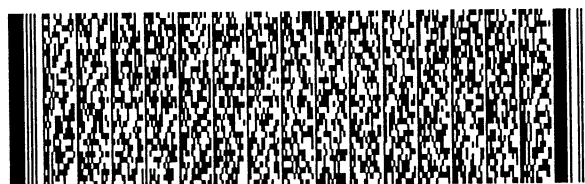
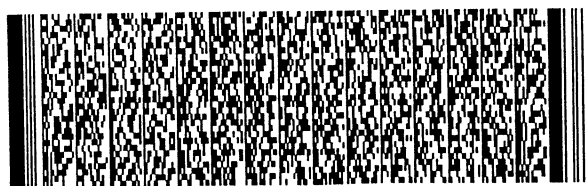
本發明係有關於低膨脹性透明玻璃陶瓷，玻璃陶瓷基板及包含此等低膨脹性透明玻璃陶瓷之光學導波元件。

玻璃陶瓷技藝已知有若干種由含有成核劑之 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O}$ 系統之基本玻璃經熔解及熱處理而形成之低膨脹性透明玻璃陶瓷。

例如，美國專利第3,499,773號揭示選擇性提供非透明部份之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其係自含有一或多種 TiO_2 ， ZrO_2 及 SnO_2 作為成核劑及視需要小量之 MgO ， CaO ， SrO ， BaO 等之 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O}$ 系統之基本玻璃製得。為製造此專利所揭示之玻璃陶瓷，熔解溫度為 1537°C 至 1593°C （實例1： 2800°F 至 2900°F ）。美國專利第4,341,543號揭示自含有 TiO_2 及 ZrO_2 作為成核劑之 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O}$ 系統之基本玻璃製得之透明玻璃陶瓷。為製造此專利所揭示之玻璃陶瓷，熔解溫度為 1650°C 。

然而，在製造上述專利之專利說明書中所揭示之這些玻璃陶瓷時，需要相當高的溫度來熔解基本玻璃，以致很難大規模製造具有優異光學均質度之玻璃陶瓷。

美國專利第3,681,102號說明，含尖晶石晶體作為主晶相及具平均直線熱膨脹係數在 25×10^{-7} 至 40×10^{-7} 範圍內之 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ 系統之玻璃陶瓷係在 1650°C 至 1800°C 範圍內之熔解溫度下獲得。日本專利申請案公開公告平11-335139號說明，含尖晶石晶體作為主晶相及具平均直線熱膨脹係數在 33×10^{-7} 至 40×10^{-7} 範圍內之



五、發明說明 (2)

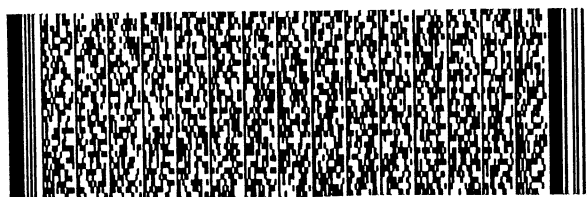
$\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ 系統之玻璃陶瓷係在 1600°C 至 1625°C 範圍內之熔解溫度下獲得。然而，這些玻璃陶瓷皆需要 1600°C 或以上的高熔解溫度，而且含有已知為非常硬的晶體的鋅尖晶石 (ZnAl_2O_4)，因此很難拋光。

日本專利申請案公開公告平10-321759及平10-321760號說明，低膨脹性玻璃陶瓷係在相當低的熔解溫度下獲得。然而，這些玻璃陶瓷全部為不透明玻璃陶瓷，未曾獲得透明玻璃陶瓷。

光學導波元件一般係由配置於基材上之下包層，芯及上包層所組成。由 SiO_2 構成之 SiO_2 係用作為下及上包層，摻雜 GeO_2 所製成之 $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 芯則用作為芯及 Si 單晶晶片或石英則用作為基板(日本專利申請案公開公告平7-113923，平11-2733及2000-121867號)。

最近的趨勢係為低膨脹性透明玻璃陶瓷尋求更高的物理及化學性質。這些性質包括：

- (1) 基本玻璃之熔解及淨化必須很容易，且為此目的，基本玻璃之材料不應包括筋紋，氣泡或含入物，但應具有高光學均質度。
- (2) 沉澱之晶體必須很細且具優良透明度，尤其是在可見光線區域具優良之透光率。
- (3) 材料應實質不含 Na_2O 或 K_2O ，因為若材料含有 Na_2O 或 K_2O ，則此等成分之離子會在玻璃處理時分散，造成困難。
- (4) 低膨脹性透明玻璃陶為獲得所需性質一般含有相當高量之 SiO_2 ，而因此一般需要 1600°C 或以上的相當高熔解溫



五、發明說明 (3)

度。然而，從製造方法設計及品質管制的觀點而言，低熔解溫度為較佳。

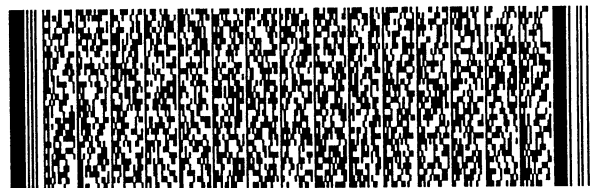
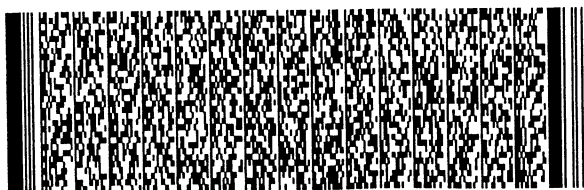
在Si單晶晶片用作為利用光學導波元件之排列導波柵(AWG)型平面光波電路之基板之情形時，基板之表面在製造方法中係曝露在超過800℃之溫度下，為此理由，基板會由於基板與基板上所提供各層之間的熱膨脹差異而發生變形或扭曲，而此種變形或扭曲依次會引起光波長變化並損害基板之平整度。既使在正常使用狀態下，Si單晶與SiO₂間的熱膨脹係數的差異會在排列導波柵產生應力，造成排列導波柵之折射率變化，而此即必須在排列導波柵之中心插入波長片。利用Si單晶作為基板還有一項缺點，即必須調整溫度。

另一方面，利用石英作為基板，與Si單晶比較，在熱傳導度，機械性質及加工容易度方面也不利。

因此，本發明之一目的為消除以上所述先前技藝技術之缺點，及消彌可解決此等缺點之玻璃陶瓷需用高熔解溫度的問題。

本發明之另一目的為提供低膨脹性透明玻璃陶瓷，及可在相當低熔解溫度，更明確言之，1530℃或以下獲得之玻璃陶瓷基板。

本發明之另一目的為提供利用此等低膨脹性透明玻璃陶瓷之光學導波元件，更特定言之，排列導波柵(AWG)型平面光波電路；該低膨脹性透明玻璃陶瓷可維持混合積體電路之必要性質且可以低成本製造。



五、發明說明 (4)

發明概述

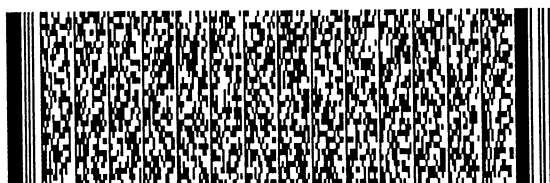
本發明之發明人等為達到上述本發明的目的所作的經年累月之研究及試驗已獲得導致本發明之發現，即可由含 TiO_2 及 ZrO_2 作為成核劑且進一步含有特定量 MgO ， CaO ， SrO ， BaO 或 ZnO 之 SiO_2 - Al_2O_3 - Li_2O 基本玻璃製得低膨脹性透明玻璃陶瓷及玻璃陶瓷基材，而其具有在 100°C 至 300°C 範圍內之平均直線熱膨脹係數 (α) 為在 $+10 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 至 $+35 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 範圍內；具有因基本玻璃之材料可在 1530°C 之低熔解溫度下熔解之優異光學均質度；及也具有由 80% 透光率波長 (T_{80}) 為 700 毫微米或以下所表示之改良透明度。

為達到上述本發明的目的，所提供者為在熔解溫度 1530°C 或以下所得之基本玻璃經熱處理而得之低膨脹性透明玻璃陶瓷，該玻璃陶瓷具有在 100°C 至 300°C 範圍內之平均直線熱膨脹係數 (α) 為在 $+6 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 至 $+35 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 範圍內及具有 80% 透光率波長 (T_{80}) 為 700 毫微米或以下。

在本發明之一方面，其提供者為低膨脹性透明玻璃陶瓷，其中平均直線熱膨脹係數 (α) 在 100°C 至 300°C 範圍內為在 $+6 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 至 $+35 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 之範圍內及在光波長 1550 毫微米下具厚度為 10 毫米之板的內透光率為 75% 或以上。

在本發明之一方面，該低膨脹性透明玻璃陶瓷具耐熱溫度為 800°C 或以上。

在本發明之另一方面，該低膨脹性透明玻璃陶瓷具楊氏模量為 90 GPa 或以上。



五、發明說明 (5)

在本發明之另一方面，該低膨脹性透明玻璃陶瓷含有 β -石英或 β -石英固體溶液作為主晶相。

在本發明之另一方面，該低膨脹性透明玻璃陶瓷含有 1.5-3.5 質量% Li_2O ，以總氧化物之量為準。

在本發明之另一方面，該低膨脹性透明玻璃陶瓷中之溶離(eluting)鋰離子之量為少於0.0050微克/平方厘米。

在本發明之另一方面，該低膨脹性透明玻璃陶瓷含有 3-6 質量% TiO_2 ，以總氧化物之量為準。

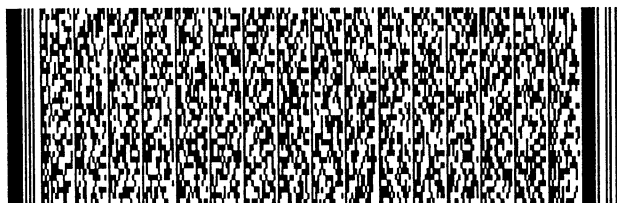
在本發明之另一方面，該低膨脹性透明玻璃陶瓷含有三或更多種RO成分(其中R為Mg, Ca, Sr, Ba或Zn)，其量為0.5質量%或以上，以個別成分對總氧化物之量為準。

在本發明之另一方面，該低膨脹性透明玻璃陶瓷含有較其他RO成分大量之ZnO，以總氧化物之質量%為準。

在本發明之另一方面，該低膨脹性透明玻璃陶瓷含有總量3-13質量%之R'O成分(其中R'為Mg, Ca, Ba或Sr)。

在本發明之另一方面，其提供者為包含以下氧化物質量% (以總氧化物之量為準)之低膨脹性透明玻璃陶瓷：

SiO_2	50-65%
Al_2O_3	20-30%
MgO	0.5-2%
CaO	0.5-2%
SrO	0-10%
BaO	1-5%
ZnO	0.5-15%



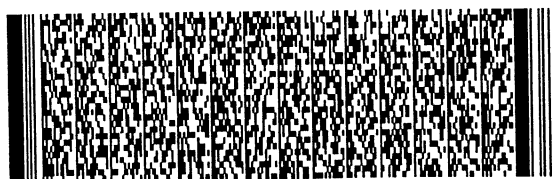
五、發明說明 (6)

Li_2O	1.5-3.5%
TiO_2	3-6%
ZrO_2	1-5%
Nb_2O_5	0-5%
La_2O_3	0-5%
Y_2O_3	0-5%
As_2O_3 及 / 或 Sb_2O_3	0-2%

在本發明之另一方面，其提供者為一種製造玻璃陶瓷之方法，包含下列步驟：

在包含以下氧化物質量%（以總氧化物之量為準）之玻璃材料：

SiO_2	50-65%
Al_2O_3	20-30%
MgO	0.5-2%
CaO	0.5-2%
SrO	0-10%
BaO	1-5%
ZnO	0.5-15%
Li_2O	1.5-3.5%
TiO_2	3-6%
ZrO_2	1-5%
Nb_2O_5	0-5%
La_2O_3	0-5%
Y_2O_3	0-5%



五、發明說明 (7)

As_2O_3 及 / 或 Sb_2O_3

0-2%

在熔解溫度 1530°C 或以下熔解；

將熔融玻璃材料冷卻以提供基本玻璃；及

將基本玻璃熱處理以引起 β -石英晶體或 β -石英固體溶液晶體沉澱。

在本發明之另一方面，其提供者為一種由上述低膨脹性透明玻璃陶瓷所組成之玻璃陶瓷基板。

在本發明之另一方面，其提供者為一種包含上述玻璃陶瓷基板，芯及提供於玻璃陶瓷基板上之包層之光學導波元件；該包層具有較該芯為低的折射率。

在本發明之一方面，其提供者為一種包含上述玻璃陶瓷基板，提供於玻璃陶瓷基板上的 $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 芯及覆蓋該芯之 SiO_2 包層之光學導波元件。

在本發明之另一方面，該包層包含下包層及上包層，而該下包層係提供於基板及芯上及該上包層係提供於下包層之上。

在本發明之另一方面，該芯係提供作為排列導波柵 (AWG)，一對板狀導波器及眾多輸入及輸出導波器，且用作為光學多路轉換及去多路轉換電路 (demultiplexing circuit)。

在本發明之另一方面，其提供者為一種製造光學導波元件之方法，其包含藉由反應離子蝕刻 (RIE) 在玻璃陶瓷基板上形成芯，然後形成覆蓋於芯之包層等步驟。

在本發明之另一方面，該芯係 $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 芯，而該包層為



五、發明說明 (8)

SiO_2 包層。

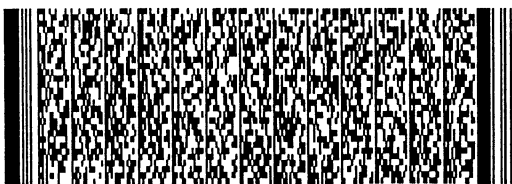
在本發明之另一方面，係藉化學蒸氣沉積法(CVD)在基板上形成芯膜，其後藉反應離子蝕刻(RIE)形成該芯。

在本發明之另一方面，係藉化學蒸氣沉積法(CVD)在基板上形成下包層及芯膜，其後藉反應離子蝕刻(RIE)形成該芯。

在本發明之另一方面， $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 玻璃粒子係藉火焰水解沉積法沉積於基板上而形成 $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 芯膜，該芯膜係藉加熱而變成透明，其後該芯膜即藉反應離子蝕刻(RIE)形成導波圖案之形式並藉火焰水解沉積法(FHD)形成覆蓋芯之 SiO_2 上包層。

在本發明之另一方面， SiO_2 玻璃粒子及 $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 玻璃粒子係藉火焰水解沉積法沉積於基板上而形成 SiO_2 下包層膜及 $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 芯膜，該下包層膜及該芯膜係藉加熱而變成透明，其後該芯膜即藉反應離子蝕刻(RIE)形成導波圖案之形式並藉火焰水解沉積法(FHD)形成覆蓋芯之 SiO_2 上包層。

在本發明之又一方面，其提供者為一種包含作成導波圖案之形式之芯及覆蓋於玻璃陶瓷基板上所提供芯之包層之光學導波器；構成基板之玻璃陶瓷具平均直線熱膨脹係數(α)在溫度 100°C 至 300°C 範圍內為在 $+6 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 至 $+35 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 之範圍內，具80%透光率波長(T_{80})為700毫微米或以下，具內透光率為75%或以下(在光波長1550毫微米下以厚度為10毫米之板而言)及具楊氏模量為90 GPa或以



五、發明說明 (9)

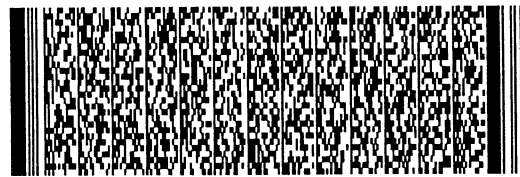
上。

發明之詳細說明

首先將就本發明之低膨脹性透明玻璃陶瓷在溫度範圍 100°C 至 300°C 內之平均直線熱膨脹係數加以說明。

相對於 SiO_2 之平均直線熱膨脹係數，本發明之低膨脹性玻璃陶瓷之平均直線熱膨脹係數較佳係在 $+6 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 至 $+35 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 之範圍內，更佳在 $+10 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 至 $+30 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 之範圍內。在透明玻璃陶瓷所構成之基板直接接合於矽基板之情形時，透明玻璃陶瓷之平均直線熱膨脹係數較佳與矽在同一範圍內，亦即，在 $+30 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 至 $+35 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 之範圍內。在無定形矽薄膜藉蒸氣沉積法沉積於透明玻璃陶瓷基板上之情形時，透明玻璃陶瓷之平均直線熱膨脹係數較佳係在 $+15 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 至 $+25 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 之範圍內。在透明玻璃陶瓷用作為排列導波柵(AWG)型平面光波電路之情形時，透明玻璃陶瓷之平均直線熱膨脹係數較佳係在 $+20 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 至 $+30 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 之範圍內。在透明玻璃陶瓷於半導體領域用作為人造石英之代替品及在透明玻璃陶瓷用作為極化非相關AWG型平面光波電路或焦熱AWG型平面光波電路之基板之情形時，透明玻璃陶瓷之平均直線熱膨脹係數較佳係在 $+10 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 至 $+35 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 之範圍內，更佳在 $+10 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 至 $+25 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 之範圍內，最佳在 $+10 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 至 $+20 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 之範圍內。

本發明之低膨脹性透明玻璃陶瓷具優異之均質度及透明度。本發明之低膨脹性透明玻璃陶瓷之80%透光率波長較



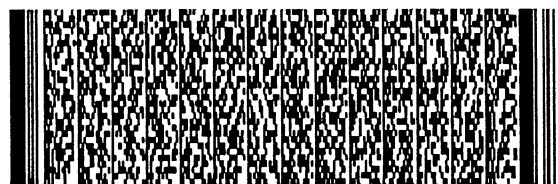
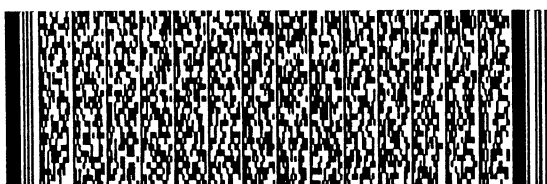
五、發明說明 (10)

佳為700毫微米或以下，更佳為610毫微米或以下，最佳為580毫微米或以下。此處之80%透光率波長係意指兩面已拋光至厚度10毫米之樣本之波長相關透光率測量中，相當於透光率80%之最短波長側之光波長。厚度10毫米之板的內透光率，在500毫微米之光波長下，較佳為84%或以上，而在980毫微米之光波長下，較佳為98%或以上。特定言之，由於電信領域之排列導波柵(AWG)型平面光波電路之光學導波器之基板利用1550毫微米附近之光，故厚度10毫米之板的內透光率較佳為75%或以上。玻璃陶瓷之折射率，在500毫微米之光波長下，較佳為1.46-1.58，更佳為1.47-1.57。

本發明之低膨脹性透明玻璃陶瓷較佳具耐熱溫度為800℃或以上。此處之800℃或以上之耐熱溫度係意指當試樣在溫度設定於800℃之電爐內快速加熱，並在該溫度保持足夠長的時間後丟入水中，試樣不會破列。在發明之低膨脹性透明玻璃陶瓷更佳具耐熱溫度為950℃。此處之950℃或以上之耐熱溫度係意指當試樣在溫度設定於950℃之電爐內快速加熱，並在該溫度保持足夠長的時間後放入水中，試樣不會破裂。

本發明之低膨脹性透明玻璃陶瓷較佳具楊氏模量為90 GPa或以上，以便玻璃陶瓷能精密加工。

在本發明之一方面，本發明之低膨脹性透明玻璃陶瓷含有 β -石英或 β -石英固體溶液作為主晶相。此處"主晶相"係意指形成本發明低膨脹性透明玻璃陶瓷之較佳具體例所



五、發明說明 (11)

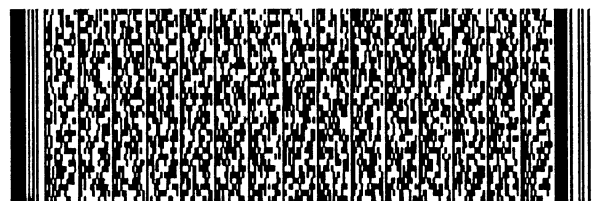
必須且以較任何其他晶體大量包括的晶相。 β -石英固體溶液係意指 β -石英與不同原子部份混合或被其取代之固體溶液晶體。 β -石英固體溶液包括 β -鋰霞石($\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-2\text{SiO}_2$)及 β -鋰霞石固體溶液，其中 β -鋰霞石與包括 MgO 及 ZnO 之其他氧化物部份混合或被其取代。為維持熔解溫度於低水準及便利拋光，其本玻璃之組成及結晶條件應適當選擇以期不包括尖晶石，尤其是鋅尖晶石。

本發明之低膨脹性透明玻璃陶瓷較佳含有 SiO_2 ， Al_2O_3 ， MgO ， CaO ， BaO ， ZnO ， Li_2O ， TiO_2 及 ZrO_2 。現將說明本發明玻璃陶瓷之較佳組成範圍。每種成分之量係以總氧化物之量為準之質量%表示。

SiO_2 成分係一種極重要成分，其在基本玻璃熱處理時會形成 β -石英或 β -石英固體溶液作為主晶相。此一成分之含有量較佳為50%或以上，以防止晶粒變粗，同時獲得優異之透明度。此一成分之含有量較佳為不超過65%，以在相當低之溫度下獲得基本玻璃之優異熔解及淨化性質並維持玻璃陶瓷之光學均質度。

Al_2O_3 成分係一種極重要成分，因為其係 β -石英固體溶液之一組份且在添加相當大量之此一成分時可用以降低熔解溫度。為充份降低熔解溫度及獲得均質且無不透明性之玻璃陶瓷，此一成分較佳應包括20%或以上，且此一成分較佳應不超過30%，以防止熔解性質及耐失透性變劣。

在本發明之玻璃陶瓷中， RO （其中R為Mg，Ca，Ba，Sr或Zn）成分之量及組成比很重要，因為此一成分會明顯改



五、發明說明 (12)

善基本玻璃之熔解性質及玻璃陶瓷之光學均質度，而不損害透明度。為獲得這些效果，R₀成分之總量較佳為3.5%或以上，更佳為6%或以上，最佳為7%或以上，R₀成分之總量較佳為25%或以下，更佳為20%或以上，最佳為15%或以上。

ZnO成分係R₀成分之最重要成分。因此，ZnO成分之含量較佳應大於其他R₀成分。為實現R₀成分之上述效果，ZnO成分之量較佳為0.5%或以上，更佳為2%或以上，最佳為3%或以上。然而，為防止基本玻璃之熔解性質及耐失透性變劣及便利維持玻璃陶瓷之光學均質度，ZnO成分之量較佳為15%或以下，更佳為13%或以下，最佳為11%或以下。

在本發明之玻璃陶瓷中，較佳為含有多種R₀成分，以降低基本玻璃之熔解溫度。因此，較佳為含有三或更多種不同R₀成分，更佳為四或更多種不同R₀成分，每種成分之量為0.5%或以上。

為降低基本玻璃之熔解溫度，本發明之玻璃陶瓷較佳含有總量3%或以上之R'₀成分(其中R'為Mg, Ca, Ba或Sr)；也較佳含有總量3%或以上之R''₀成分(其中R''為Mg, Ca或Ba)。

為充分達到以上所述效果，MgO成分之量較佳為0.5%或以上，且為防止玻璃陶瓷透明度變劣，較佳為2%或以下。為充分達到上述效果，CaO成分之量較佳為0.5%或以上，且為防止玻璃陶瓷透明度變劣，較佳為2%或以下。SrO成分可以不超過10%之量加入。為充分達到上述效果，BaO成



五、發明說明 (13)

分之量較佳為1%或以上，且為防止基本玻璃之熔解性質及耐失透性變劣及便利維持玻璃陶瓷之光學均質度，較佳為5%或以下。

為防止基本玻璃之熔解性質及耐失透性變劣及便利維持玻璃陶瓷之光學均質度， $R'0$ 成分之總量較佳為3-13%，更佳為3-5%或6-13%。 ZnO 成分之量較佳為0.5-15%，更佳為0.5-5%或6-10%。 $R'0$ 成分之總量與 ZnO 成分之量之比較佳為0.3-2.0，更佳為0.30-0.67或0.8-2.0。

Li_2O 成分係一種重要成分，其與 SiO_2 和 Al_2O_3 構成 β -石英固體溶液。為防止基本玻璃之熔解性質變劣及便利維持玻璃陶瓷之光學均質度或便利所需要量之細晶體沉澱， Li_2O 成分之量較佳為1.5%或以上。為防止晶粒變粗及改進玻璃陶瓷之透明度， Li_2O 成分之量較佳為3.5%或以下，更佳為少於3.5%。為避免鹼離子溶離所引起之麻煩， Li_2O 成分之量較佳為3.0%或以下，更佳為少於3.0%，最佳為2.7%或以下。溶離鋰離子之量較佳為小於0.0050微克/平方厘米，更佳為小於0.0045微克/平方厘米，最佳為小於0.0040微克/平方厘米。

TiO_2 成分係一種重要成分，其可調整熱膨脹係數並也可當作成核劑。為達到所需要之熱膨脹係數， TiO_2 成分之量較佳為3%或以上，更佳為3.5%或以上。為防止基本玻璃之耐失透性變劣及便利維持玻璃陶瓷之光學均質度及改進玻璃陶瓷之透明度， TiO_2 成分之量較佳為6%或以下。

ZrO_2 成分可當作成核劑。為沉澱所要晶體， ZrO_2 成分之



五、發明說明 (14)

量較佳為1%或以上。為防止基本玻璃之耐失透性變劣及輕易維持玻璃陶瓷之光學均質度及改進玻璃陶瓷之透明度， ZrO_2 成分之量較佳為5%或以下。

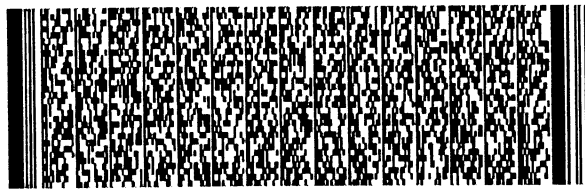
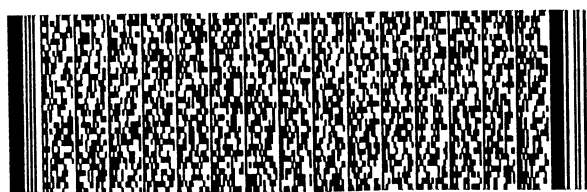
Nb_2O_5 ， La_2O_3 及 Y_2O_3 成分係在與RO成分一起引入玻璃陶瓷時，據發現可改進基本玻璃熔解性質及明顯改進玻璃陶瓷透明度及光學均質度之成分。然而，添加過量之這些成分時，會使基本玻璃之熔解性質變劣並損害玻璃陶瓷之均質度。因此，這些成分每一種之量較佳為5%或以下，更佳為3%或以下。 Nb_2O_5 ， La_2O_3 及 Y_2O_3 成分之總量較佳為5%或以下，且更佳為3%或以下。

為獲得均質之玻璃陶瓷， As_2O_3 及/或 Sb_2O_3 成分可加入作為熔解玻璃材料之淨化劑。這些成分總量多達2%即足夠。

其他成分可在不損害本發明玻璃陶瓷之所要性質之範圍內加入。例如， B_2O_3 ， GeO_2 ， F_2 ， Gd_2O_3 及 SnO_2 之一或更多種可加入至多達總量5%。至於 P_2O_5 ，為了以穩定方式製造具所要品質之低膨脹性透明玻璃陶瓷，較佳不加入此一氧化物。

本發明之低膨脹性透明玻璃陶瓷較佳不含 Li_2O 以外之鹼成分；特佳為實質不含 Na_2O 或 K_2O 。特定言之，在製造平面光波電路如晚近電信技術所開發之排列導波柵(AWG)型平面光波電路時，半導體設備之使用是必須的，而鹼離子之分散將構成嚴重的問題。

本發明之低膨脹性透明玻璃陶瓷可藉由以下步驟製造：將包含以下氧化物質量%（以總氧化物之量為準）之玻璃材

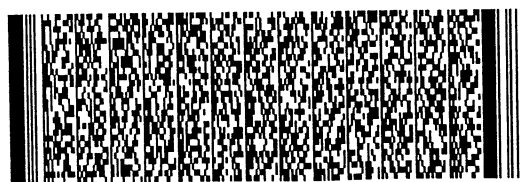


五、發明說明 (15)

料：

SiO_2	50-65%
Al_2O_3	20-30%
MgO	0.5-2%
CaO	0.5-2%
SrO	0-10%
BaO	1-5%
ZnO	0.5-15%
Li_2O	1.5-3.5%
TiO_2	3-6%
ZrO_2	1-5%
Nb_2O_5	0-5%
La_2O_3	0-5%
Y_2O_3	0-5%
As_2O_3 及 / 或 Sb_2O_3	0-2%

在熔解溫度1530℃或以下熔解，將熔解之玻璃材料冷卻以提供基本玻璃，及將基本玻璃熱處理以引起細 β -石英晶體或 β -石英固體溶液晶體在玻璃基質中沉澱。晶粒直徑可設定在0.001微米至0.1微米之範圍內。為達優異之透明度及拋光容易度，晶粒直徑較佳為0.001微米-0.1微米，更佳為0.001微米-0.01微米。藉由適當調整基本玻璃之組成及結晶之條件，即可製得此種玻璃陶瓷：即，細晶體分散於玻璃基質，且具所要熱膨脹特徵加上適合作為平面光波電路之基板之性質如高光學均質度，透明度，耐熱性



五、發明說明 (16)

質，機械強度，拋光及蝕刻容易度。

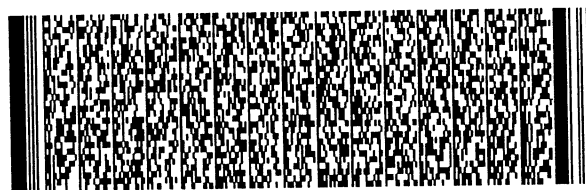
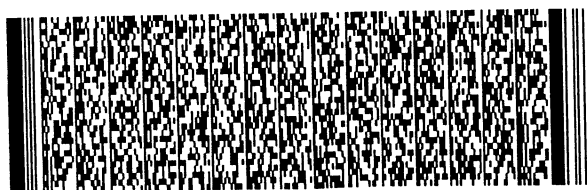
在熱處理基本玻璃以引起 β -石英或 β -石英固體溶液沉澱時，較佳為分二段將基本玻璃熱處理，亦即，在 680°C - 730°C 下將基本玻璃熱處理2至10小時以進行成核作用，之後在 740°C - 790°C 下將基本玻璃進一步熱處理2至10小時以進行結晶。

本發明之低膨脹性透明玻璃陶瓷可用作為光學導波元件如排列導波柵(AWG)型平面光波電路之基板。例如，玻璃陶瓷可形成為具直徑約25.4毫米-254毫米及厚度約0.5毫米-2.0毫米且容易拋光至所要表面粗糙度及平整度之晶片。

本發明之光學導波元件可藉由在上述低膨脹性透明玻璃陶瓷所組成之基板上提供芯並以折射率較芯為小之包層覆蓋芯而製造。在玻璃陶瓷基板之折射率較包層為小之情形時，可在玻璃陶瓷基板上直接提供芯及包層。

在玻璃陶瓷基板之折射率較塗層為大之情形時，可在玻璃陶瓷基板上提供下包層，並可在下包層上提供芯及上包層。由於本發明之低膨脹性透明玻璃陶瓷具低膨脹性特徵及透明度，在此情形時，與由Si單晶構成之基板之情形相比較，下包層之厚度可作成更小，而因此加工便利且因而可節省製造成本。

在本發明之光學導波元件中，主要由 SiO_2 玻璃製成之 SiO_2 包層即可用作為包層，而摻雜 GeO_2 所製成之 SiO_2 - GeO_2 芯即可用作為芯。 SiO_2 包層之折射率可設定在約1.47-



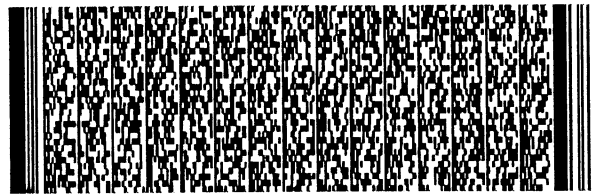
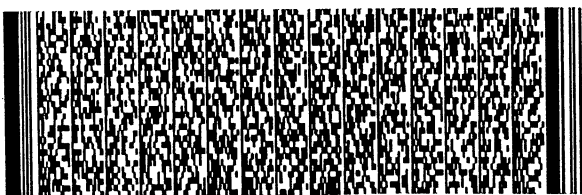
五、發明說明 (17)

1.48，而 $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 芯之折射率可藉調整 GeO_2 之摻雜量而設定在約1.47-1.49。

本發明之光學導波元件可藉由在低膨脹性透明玻璃陶瓷所製成之基板上提供 $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 芯並以折射率較芯為小之 SiO_2 包層覆蓋芯而製成。本發明之光學導波元件也可包含在低膨脹性透明玻璃陶瓷製成之基板上分別提供之 SiO_2 下包層， $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 芯及上 SiO_2 包層。

排列導波柵(AWG)型平面光波電路可藉由在低膨脹性透明玻璃陶瓷所製成之基板上提供排列導波柵，一對板狀導波器及眾多輸入及輸出導波器而製成。這些導波器可藉上述 $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 芯形成所要圖案。為消除導波器雙折射所引起之極化相關損失，可在排列導波柵之中心提供1/2波長片。此1/2波長片可由例如聚醯亞胺製成。藉由將本發明之低膨脹性透明玻璃陶瓷之平均直線熱膨脹係數適當設定於上述範圍內而因此消除包層與芯間之熱膨脹係數之差異，即可設計省略1/2波長片之極化非相關AWG型平面光波電路。省略插入波長片之過程，即可節省製造及組件之成本。再者，由於本發明之玻璃陶瓷具有較Si單晶基板為小之平均直線熱膨脹係數，故其可便利地應用於無熱AWG型平面光波電路，其不必調整溫度即可使用。

在由裝置在基板上混合積體而製成之光學導波元件中，基板扮演吸熱層(heat sink)之角色，而因此基板較佳應具相當高熱傳導度 k ，熱擴散度 a 及比熱 C_p 。為此目的，在本發明之玻璃陶瓷中，熱傳導度 k 較佳為 $0.7 \text{ W/m} \cdot \text{k}$ 或以



五、發明說明 (18)

上，更佳為 $1.2 \text{ W/m} \cdot \text{k}$ 或以上，熱擴散度 a 較佳為 0.004 平方厘米/秒或以上，更佳為 0.005 平方厘米/秒或以上，及比熱 C_p 較佳為 0.6 千焦耳/公斤 $\cdot \text{k}$ 或以上，更佳為 0.7 千焦耳/公斤 $\cdot \text{k}$ 或以上。

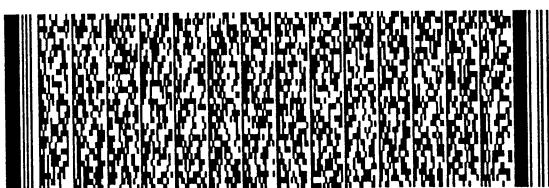
呈所要導波圖案之芯可藉由化學蒸氣沉積法(CVD)或火焰水解沉積法(FHD)形成芯膜，再由反應離子蝕刻(RIE)將其形成於芯上而製成。包層可利用包括化學蒸氣沉積法(CVD)或火焰水解沉積法(FHD)之成膜方法形成。作為化學蒸氣沉積法(CVD)，可使用利用TEOS臭氧之大氣壓CVD(APCVD)法，利用電漿之CVD法及低壓CVD法。

作為本發明光學導波元件之製造方法，可藉火焰水解沉積法(FHD)在低膨脹性玻璃陶瓷之基板上沉積 SiO_2 玻璃粒子及 $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 玻璃粒子以形成 SiO_2 下包層膜及 $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 芯膜，可藉加熱使下包層膜及芯膜變成透明，之後可藉反應離子蝕刻(RIE)形成呈所要導波圖案形式之芯及可藉火焰水解沉積法(FHD)形成覆蓋芯之 SiO_2 上包層。

本發明之光學導波元件也可藉火焰水解沉積法(FHD)在低膨脹性玻璃陶瓷之基板上沉積 $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 玻璃粒子以形成 $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 芯膜並藉加熱使玻璃膜變透明而製成。然後，可藉反應離子蝕刻(RIE)製成呈所要導波圖案形式之芯並可藉火焰水解沉積法(FHD)製成覆蓋芯之 SiO_2 上包層。

實例

現將就本發明之低膨脹性透明玻璃陶瓷及玻璃陶瓷基板之實例作說明，並與一些比較實例作比較。



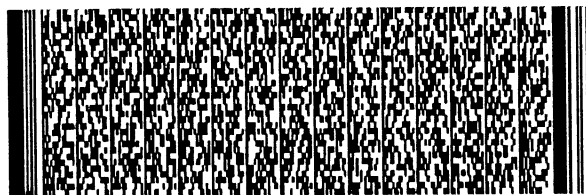
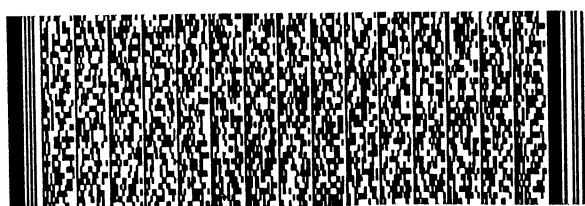
五、發明說明 (19)

表1至5顯示本發明低膨脹性透明玻璃陶瓷與玻璃陶瓷基板以及比較實例之玻璃陶瓷與玻璃陶瓷基板之組成，基本玻璃熔解溫度，結晶條件，平均直線熱膨脹係數(α)，80%透光率波長(T_{80})，內透光率，耐熱性質，基本玻璃熔解性質及溶離鋰離子之量。平均直線熱膨脹係數係藉日本光學玻璃工業標準(JOGIS 08-1975)之光學玻璃熱膨脹測量方法測量。

在實例及比較實例中，玻璃材料係在預定之熔解溫度下熔解，冷卻後之基本玻璃再度加熱以成核(條件：700℃×5小時)，然後結晶(條件：750℃×5小時)，以提供實例1至12及比較實例1至4之玻璃陶瓷。改變成核及結晶條件(加熱時間分別為5小時)，即提供實例13至18之玻璃陶瓷。在實例1至20及比較實例1及2之玻璃陶瓷中， β -石英固體溶液經觀察係為主晶相。在比較實例3及4之玻璃陶瓷中，鋅尖晶石($ZnAl_2O_4$)經觀察係為主晶相。

熔解性質之判斷係藉裸眼觀察熔解溫度及時間，黏度及脫泡與淨化狀態並廣泛考慮觀察結果而進行。評等係分成三段："良好"以記號○表示，"合格"以記號△表示及"不良"以記號×表示。

耐熱性質係如下測量：在溫度分別設定在800℃及950℃之電爐中，將兩面已拋光之基板試樣(直徑65毫米，厚度0.625毫米)快速加熱，在該溫度下保持2小時，然後將基板試樣丟進水中。在任一條件下都不破裂的試樣以記號○顯示，在950℃下破裂的試樣以記號△顯示及在800℃下破



五、發明說明 (20)

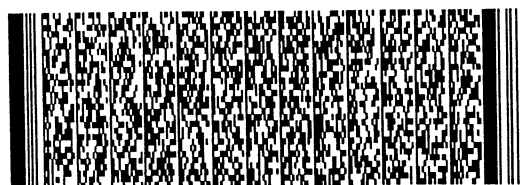
裂的試樣以記號 $\times$ 顯示。

溶離鋰離子之量係如下計算：將超純水80毫升(室溫)及圓碟(直徑65毫米，厚度0.625毫米)放入膜袋中，將內容物保持於約30℃ 3小時並藉離子色層分析法測量溶離鋰離子。

表5顯示實例5，12及2透明玻璃陶瓷之物理性質。

表1

組成 質量%	實例					
	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	51.7	52.0	51.2	54.0	54.2	51.2
Al ₂ O ₃	25.6	25.5	27.5	25.7	25.5	27.5
MgO	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5
SrO						
BaO	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
CaO	1.3	1.0	1.5	1.0	1.3	2.0
ZnO	10.7	10.5	8.5	8.5	7.7	8.5
Li ₂ O	2.2	2.5	2.7	2.5	2.7	2.7
TiO ₂	4.0	4.0	4.1	4.0	4.1	4.1
ZrO ₂	2.0	2.0	2.0	1.8	2.0	2.0
La ₂ O ₃						
Y ₂ O ₃						
As ₂ O ₃	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
溶解溫度(℃)	1500	1500	1500	1520	1500	1500
成核溫度(℃)	700	700	700	700	700	700

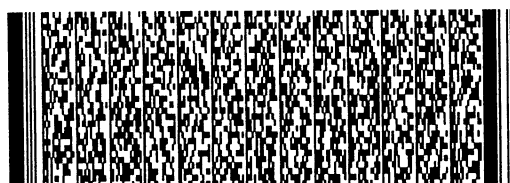
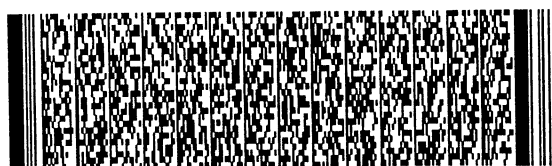


五、發明說明 (21)

結晶溫度(°C)	750	750	750	750	750	750
平均直線熱 膨脹係數 ($10^{-7}/^{\circ}\text{C}$)($100^{\circ}\text{C}-300^{\circ}\text{C}$)	30	22	19	28	17	17
80%透光率 波長(nm)	440	505	500	460	480	510
內透光率 (1550 nm)(%)	99.8	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9
耐熱性質	○	○	○	○	○	○
溶解性質	○	○	○	○	○	○
溶離鋰離子之量 ($\mu\text{g}/\text{圓碟}$)	0.21	0.23	0.26	0.22	0.25	0.26
溶離鋰 離子之量($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	0.0031	0.0034	0.0038	0.0033	0.0037	0.0038

表2

組成 質量%	實例					
	7	8	9	10	11	12
SiO_2	53.4	54.0	54.5	54.5	54.0	54.5
Al_2O_3	25.6	24.0	24.0	24.0	23.5	24.0
MgO	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0
SrO			2.0	1.5	2.0	2.2
BaO	1.0	1.0	2.0	1.5	2.0	2.0
CaO	1.3	1.3	1.0	1.0	1.5	1.0
ZnO	6.7	6.5	4.0	5.0	4.5	3.8



五、發明說明 (22)

Li ₂ O	2.5	2.7	2.5	2.5	2.7	2.5
TiO ₂	4.0	4.0	4.0	4.0	3.8	4.0
ZrO ₂	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0
La ₂ O ₃			2.0		3.0	2.0
Y ₂ O ₃				2.0		
Nb ₂ O ₅	2.0	2.0				
As ₂ O ₃	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0
熔解溫度(°C)	1510	1520	1520	1520	1500	1520
成核溫度(°C)	700	700	700	700	700	700
結晶溫度(°C)	750	750	750	750	750	750
平均直線						
熱膨脹係數	24	19	19	20	22	20
(10 ⁻⁷ /°C) (100°C-300°C)						
80%透光率						
波長(nm)	535	540	580	570	555	585
內透光率	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.7
(1550 nm)(%)						
耐熱性質	○	○	○	○	○	○
溶解性質	○	○	○	○	○	○
溶離鋰離	0.24	0.25	0.23	0.22	0.24	0.23
子之量(μg/圓碟)						
溶離鋰	0.0035	0.0037	0.0034	0.0033	0.0035	0.0034
離子之量(μg/cm ²)						

表 3



五、發明說明 (23)

組 成	實 例					
	13	14	15	16	17	18
質 量 %						
SiO ₂	51.7	52.0	51.2	54.2	54.0	54.5
Al ₂ O ₃	25.6	25.5	27.5	25.5	24.0	24.0
MgO	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SrO						2.2
BaO	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0
CaO	1.3	1.0	1.5	1.3	1.3	1.0
ZnO	10.7	10.5	8.5	7.7	6.5	3.8
Li ₂ O	2.2	2.5	2.7	2.7	2.7	2.5
TiO ₂	4.0	4.0	4.1	4.1	4.0	4.0
ZrO ₂	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
La ₂ O ₃						2.0
Y ₂ O ₃						
Nb ₂ O ₅					2.0	
As ₂ O ₃	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0
溶 解 溫 度 (°C)	1500	1500	1500	1500	1520	1520
成 核 溫 度 (°C)	720	715	720	710	715	720
結 晶 溫 度 (°C)	770	760	760	760	765	770
平 均 直 線						
熱 膨 脹 係 數	25	19	16	15	15	17
(10 ⁻⁷ /°C)(100°C-300°C)						
80% 透 光 率 波 長						
(nm)	460	540	535	510	510	530



五、發明說明 (24)

內透光率(1550 nm)

(%)	99.7	99.9	99.8	99.8	99.7	99.8
-----	------	------	------	------	------	------

耐熱性質	○	○	○	○	○	○
------	---	---	---	---	---	---

熔解性質	○	○	○	○	○	○
------	---	---	---	---	---	---

溶離鋰離子之量($\mu\text{g}/\text{圓碟}$)	0.20	0.21	0.26	0.25	0.24	0.22
------------------------------------	------	------	------	------	------	------

溶離鋰離子之量($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	0.0030	0.0031	0.0038	0.0037	0.0035	0.0033
--------------------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

表 4

組成 質量%	實例	
	19	20
SiO ₂	54.6	54.6
Al ₂ O ₃	24.0	24.0
MgO	1.0	1.0
SrO	2.0	2.0
BaO	2.0	2.0
CaO	1.0	1.0
ZnO	3.8	3.8
Li ₂ O	2.5	2.5
TiO ₂	4.0	4.0
ZrO ₂	2.0	2.0
La ₂ O ₃	2.0	2.0
Y ₂ O ₃		
As ₂ O ₃	1.0	1.0

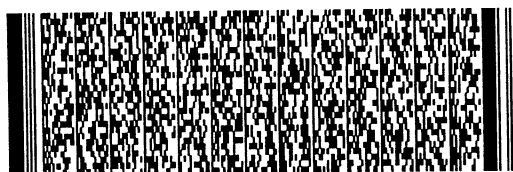
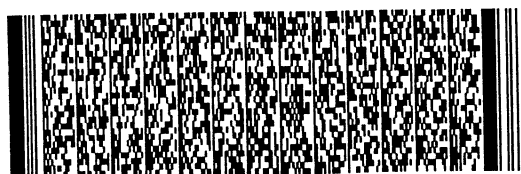


五、發明說明 (25)

熔 解 溫 度 (°C)	1520	1520
成 核 溫 度 (°C)	700	700
結 晶 溫 度 (°C)	850	900
平均直線熱膨脹係數 ($10^{-7}/^{\circ}\text{C}$)($100^{\circ}\text{C}-300^{\circ}\text{C}$)	18	17
80%透光率波長(nm)	580	610
內透光率(1550 nm)(%)	90.0	82.5
耐熱性質	○	○
熔解性質	○	○
溶離鋰離子之量 ($\mu\text{g}/\text{圓碟}$)	0.19	0.17
溶離鋰離子之量 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	0.0028	0.0025

表5

組 成 質 量 %	比 較 實 例			
	1	2	3	4
SiO ₂	67.7	68.5	58.8	63.0
Al ₂ O ₃	18.9	18.6	20.4	17.8
MgO	1.1	2.2	5.0	4.2
SrO				
BaO	0.9	1.2		
CaO				
ZnO	1.6		6.8	5.7
Li ₂ O	3.5	3.0		



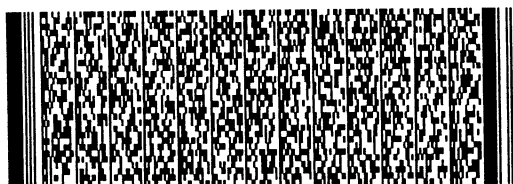
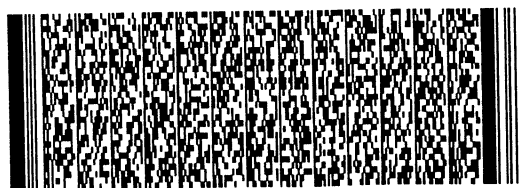
五、發明說明 (26)

TiO ₂	3.0	3.9	3.0	5.0
ZrO ₂	2.0	2.0	5.0	3.0
Na ₂ O ₃	0.2			
K ₂ O	0.2			
Nb ₂ O ₅				
As ₂ O ₃	0.9	0.6		0.5
熔解溫度(°C)	1650	1650	1600	1625
成核溫度(°C)	700	700	700	700
結晶溫度(°C)	750	750	750	750
平均直線熱膨脹係數 (10 ⁻⁷ /°C)(100°C-300°C)	-0.9	-0.9	37.1	33.7
內透光率(1550 nm)(%)	97.0	97.3	97.5	98.0
耐熱性質	×	×	×	×
溶解性質	×	×	×	×
溶離鋰離子之量(μg/圓碟)	0.39	0.34	0.00	0.00
溶離鋰離子之量 (μg/cm ²)	0.0057	0.0050	0.0000	0.0000

表 6

實例

評估性質	5	12	2
熱學性質			
熱膨脹係數 (10 ⁻⁷ /°C)(30-500°C)	17	20	22
轉移點(°C)	710	761	700



五、發明說明 (27)

屈 伏 點 (°C)	826	834	820
熱 傳 導 度 k (W/m · k)	1.3	1.3	1.3
熱 擴 散 度 a (cm ² /sec)	0.006	0.006	0.006
比 熱 C_p (kJ/kg · k)	0.7	0.7	0.7

機 械 性 質

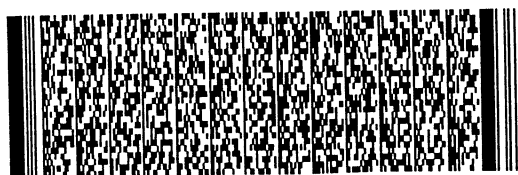
比 重	2.80	2.71	2.82
楊 氏 模 量 (GPa)	97.6	96.2	99.0
剛 性 係 數 (GPa)	38.0	38.6	35.1
蒲 松 氏 比	0.265	0.247	0.270
奴 普 硬 度 H_k	680	620	720
維 克 氏 硬 度 H_v	730	660	780
磨 蝕 率	55	51	48

光 學 性 質

折 射 率 588 nm	1.58	1.57	1.58
1550 nm	1.56	1.55	1.56
阿 貝 氏 值 ν_d	51.2	50.6	51.5
內 透 光 率 (%) 500 nm	84	83	85
(厚 度 : 10 mm) 980 nm	98	97	99
1550 nm	99.9	99.7	99.9

化 學 性 質

耐 水 性 (粉 末 法)	0.03	0.00	0.02
耐 酸 性 (粉 末 法)	0.04	0.04	0.05
耐 鹼 性 (粉 末 法)	0.09	0.10	0.12

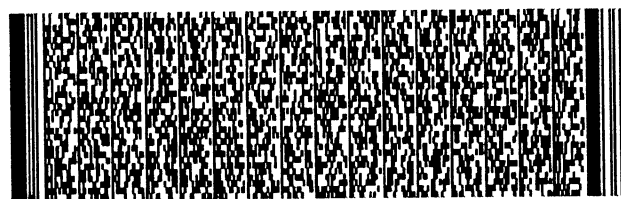
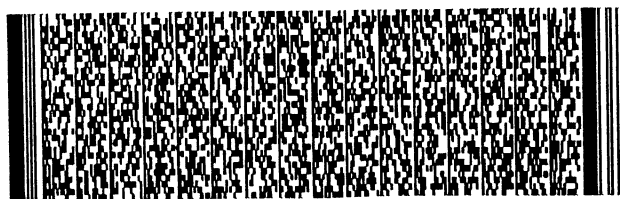
電 氣 性 質

五、發明說明 (28)

介電損失正切($\times 10^{-3}$)	25 °C	2.5	2.1	3.0
	200 °C	1.5	0.9	2.2
介電常數(1MHz)	25 °C	8.8	9.6	9.7
	200 °C	28.0	31.0	32.5
體積電阻($\Omega \cdot \text{cm}$)	25 °C	6.2×10^{13}	3.8×10^{13}	3.5×10^{13}
	200 °C	8.1×10^8	4.8×10^8	4.0×10^8

使本發明上述實例之基本玻璃在680 °C至730 °C範圍內之溫度下進行成核熱處理2至10小時及之後在740 °C至950 °C範圍內之溫度下進行結晶熱處理2至10小時，即可獲得具平均直線熱膨脹係數(α)在 $6 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 至 $35 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 範圍內之各種玻璃陶瓷。X-射線繞射之結果，這些實例及比較實例1及2之玻璃陶瓷經測定都含有 β -石英固體溶液為主晶相。比較實例3及4經測定都含有鋅尖晶石(ZnAl_2O_4)為主晶相。

如上所述，藉由將特定量範圍之 R_2O 成分及包括 La_2O_3 及 Y_2O_3 之其他成分引入含有 $\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2$ 作為成核劑之 $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Li}_2\text{O}$ 系統玻璃中，本發明之低膨脹性透明玻璃陶瓷即具有顯著改進之彼等基本玻璃之熔解及淨化性質，具有特定低直線熱膨脹係數且也具有優異機械強度，可加工性，透明度及光學均質度。本發明之玻璃陶瓷不僅可使用於光學組件，基板及各種電子材料，而且也適合作為假晶片(在製造積體電路之擴散方法及低壓CVD方法中，用於維持爐中氣體流及溫度之均勻度之晶片)之替代材料，其通常係由矽或人造石英製成。本發明之低膨脹性透明玻璃陶瓷也



五、發明說明 (29)

可適當地用於光學導波元件，尤其是用作為AWG型平面光波電路之基板。

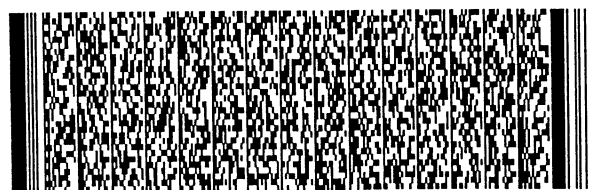


四、中文發明摘要 (發明之名稱：低膨脹性透明玻璃陶瓷、玻璃陶瓷基板及光學導波元件)

提供低膨脹性透明玻璃陶瓷，其係藉由在 1350°C 或以下之相當低熔解溫度下製成之基本玻璃經熱處理而得。該玻璃陶瓷具平均直線熱膨脹係數在 $+6 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 至 $+35 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 之範圍內，80%透光率波長(T_{80})為700毫微米或以下，在光波長1550毫微米下之內透光率為75%，耐熱溫度為 800°C 或以上及楊氏模量為90 GPa或以上。玻璃陶瓷包含 SiO_2 ， Al_2O_3 ， MgO ， CaO ， BaO ， ZnO ， Li_2O ， TiO_2 及 ZrO_2 並含有 β -石英或 β -石英固體溶液作為主晶相。也提供利用此等玻璃陶瓷之光學導波元件及排列導波柵(AWG: arrayed waveguide grating)型平面光波電路。

英文發明摘要 (發明之名稱：LOW EXPANSION TRANSPARENT GLASS-CERAMICS, GLASS-CERAMIC SUBSTRATES, AND OPTICAL WAVEGUIDE ELEMENTS)

There are provided low expansion transparent glass-ceramics obtained by heat treating a base glass produced at a relatively low melting temperature of 1530°C or below. The glass-ceramics have an average linear thermal expansion coefficient within a range from $+6 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ to $+35 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$, 80% transmittance wavelength (T_{80}) of 700nm or below, internal transmittance of 75% or over at light wavelength of 1550nm, heat resisting temperature of 800°C or



四、中文發明摘要 (發明之名稱：低膨脹性透明玻璃陶瓷、玻璃陶瓷基板及光學導波元件)

英文發明摘要 (發明之名稱：LOW EXPANSION TRANSPARENT GLASS-CERAMICS, GLASS-CERAMIC SUBSTRATES, AND OPTICAL WAVEGUIDE ELEMENTS)

over. and Young's modulus of 90 GPa or over. The glass-ceramics comprise SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , BaO , ZnO , Li_2O , TiO_2 and ZrO_2 and contain β -quartz or β -quartz solid solution as a predominant crystal phase. There are also provided optical waveguide elements and an arrayed waveguide grating (AWG) type planar lightwave circuit utilizing these glass-ceramics.



1. 一種低膨脹性透明玻璃陶瓷，其係由在 1530°C 或以下之熔解溫度下製備之原料玻璃經熱處理而得者，該玻璃陶瓷在 100°C 至 300°C 溫度範圍內之平均直線熱膨脹係數在 $+6 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 至 $+35 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 之範圍內，80%透光率波長(T_{80})為700毫微米或以下，含有 β -石英或 β -石英固溶體作為主晶相，且含有1.5以上且不到3.0質量% Li_2O ，以總氧化物之量為準。
2. 如申請專利範圍第1項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其中前述平均直線熱膨脹係數係在 $+15 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 至 $+30 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 之範圍內。
3. 一種低膨脹性透明玻璃陶瓷，其平均直線熱膨脹係數在 100°C 至 300°C 溫度範圍內係在 $+6 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 至 $+35 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 之範圍內，厚度10毫米之板在光波長1550毫微米下之內透光率為75%或以上，含有 β -石英或 β -石英固溶體作為主晶相，且含有1.5以上且不到3.0質量% Li_2O ，以總氧化物之量為準。
4. 如申請專利範圍第3項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其中前述平均直線熱膨脹係數係在 $+15 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 至 $+30 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 之範圍內。
5. 如申請專利範圍第1至4項中任一項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其耐熱溫度為 800°C 或以上。
6. 如申請專利範圍第1至4項中任一項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其楊氏模量為90 GPa或以上。
7. 如申請專利範圍第5項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其楊氏模量為90 GPa或以上。
8. 如申請專利範圍第1至4項中任一項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其中溶離鋰離子之量為少於0.0050微克/平方厘米。

9. 如申請專利範圍第5項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其中溶離鋰離子之量為少於0.0050微克/平方厘米。
10. 如申請專利範圍第6項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其中溶離鋰離子之量為少於0.0050微克/平方厘米。
11. 如申請專利範圍第7項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其中溶離鋰離子之量為少於0.0050微克/平方厘米。
12. 如申請專利範圍第1至4中任一項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其包含以下氧化物質量% (以總氧化物之量為準)：

SiO ₂	50-65%
Al ₂ O ₃	20-30%
MgO	0.5-2%
CaO	0.5-2%
SrO	0-10%
BaO	1-5%
ZnO	0.5-15%
Li ₂ O	1.5%以上且不到3.0%
TiO ₂	3-6%
ZrO ₂	1-5%
Nb ₂ O ₅	0-5%
La ₂ O ₃	0-5%
Y ₂ O ₃	0-5%
As ₂ O ₃ 及/或Sb ₂ O ₃	0-2%。

13. 如申請專利範圍第12項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其包含：

三或更多種RO成分(其中R為Mg，Ca，Sr，Ba或Zn)，其量為0.5質量%或以上，包含較其他RO成分大質量%之ZnO，包含RO成分總量為3.5重量%或以上，且包含R'O成分(其中R'為Mg，Ca，Ba或Sr)之總量為3-13質量%(以上均以總氧化物之量為準)。

14. 一種製造玻璃陶瓷之方法，包含下列步驟：

將包含以下氧化物質量%(以總氧化物之量為準)之玻璃材料：

SiO ₂	50-65%
Al ₂ O ₃	20-30%
MgO	0.5-2%
CaO	0.5-2%
SrO	0-10%
BaO	1-5%
ZnO	0.5-15%
Li ₂ O	1.5%以上且不到3.0%
TiO ₂	3-6%
ZrO ₂	1-5%
Nb ₂ O ₅	0-5%
La ₂ O ₃	0-5%
Y ₂ O ₃	0-5%
As ₂ O ₃ 及/或Sb ₂ O ₃	0-2%

在1530°C或以下之熔解溫度下熔解；

將熔融玻璃材料冷卻以提供基本玻璃；及

將基本玻璃熱處理以引起β-石英晶體或β-石英固溶體晶體沉澱。

15. 如申請專利範圍第1至4項中任一項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其係用於玻璃陶瓷基板之製造。
16. 如申請專利範圍第1至4項中任一項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其係用於光學導波元件之製造，該光學導波元件包含如申請專利範圍第15項之低膨脹性透明玻璃陶瓷所製得之玻璃陶瓷基板，及前述玻璃陶瓷基板上提供之芯及包層，該包層具有較該芯為小之折射率。
17. 如申請專利範圍第1至4項中任一項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其係用於光學導波元件之製造，該光學導波元件包含如申請專利範圍第15項之低膨脹性透明玻璃陶瓷所製得之玻璃陶瓷基板、前述玻璃陶瓷基板上提供之 $\text{SiO}_2\text{-GeO}_2$ 芯及覆蓋該芯之 SiO_2 包層。
18. 如申請專利範圍第16項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其中該包層包含下包層及上包層，及該下包層係提供於基板上，而芯及上包層則提供於下包層上。
19. 如申請專利範圍第16項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其中該芯係提供為排列導波柵(AWG)，一對片狀導波器及眾多輸入及輸出導波器，且可作為光學多路轉換或去多路轉換電路。
20. 如申請專利範圍第18項之低膨脹性透明玻璃陶瓷，其中該芯係提供為排列導波柵(AWG)，一對片狀導波器及眾多輸入及輸出導波器，且可作為光學多路轉換或去多路轉換電路。
21. 一種製造光學導波元件之方法，包含下列步驟：在如申請專利範圍第15項之低膨脹性透明玻璃陶瓷所製得之基板上藉反應離子蝕刻(RIE)形成芯，然後形成包層覆蓋該芯。
22. 如申請專利範圍第21項之製造光學導波元件之方法，其中該芯為 $\text{SiO}_2\text{-}$

GeO₂及該包層為SiO₂包層。

23. 如申請專利範圍第21或22項之製造光學導波元件之方法，其中芯膜係藉化學蒸氣沉積法(CVD)在基板上形成及其後該芯係藉反應離子蝕刻(RIE)形成。
24. 如申請專利範圍第21或22項之製造光學導波元件之方法，其中下包層及芯膜係藉化學蒸氣沉積法(CVD)在基板上形成及其後芯係藉反應離子蝕刻(RIE)形成。
25. 如申請專利範圍第23項之製造光學導波元件之方法，其中下包層及芯膜係藉化學蒸氣沉積法(CVD)在基板上形成及其後芯係藉反應離子蝕刻(RIE)形成。
26. 如申請專利範圍第21或22項之製造光學導波元件之方法，其中SiO₂-GeO₂玻璃粒子係藉火焰水解沉積法(FHD)沉積在基板上以形成SiO₂-GeO₂芯膜，該芯膜係藉加熱變成透明及其後該芯係藉反應離子蝕刻(RIE)形成呈導波圖案之形式，及覆蓋芯之SiO₂上包層係藉火焰水解沉積法(FHD)形成。
27. 如申請專利範圍第26項之製造光學導波元件之方法，其中SiO₂玻璃粒子及SiO₂-GeO₂玻璃粒子係藉火焰水解沉積法(FHD)沉積在基板上以形成SiO₂下包層膜及SiO₂-GeO₂芯膜，該下包層膜及該芯膜係藉加熱變成透明及其後該芯係藉反應離子蝕刻(RIE)形成呈導波圖案之形式及覆蓋芯之SiO₂上包層係藉火焰水解沉積法(FHD)形成。
28. 一種光學導波器，其包含製成呈導波圖案形式之芯及覆蓋玻璃陶瓷基板上提供之芯之包層，其中前述玻璃陶瓷基板係由如申請專利範圍第15項之低膨脹性透明玻璃陶瓷所製得者。