



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 202325673 A

(43) 公開日：中華民國 112 (2023) 年 07 月 01 日

(21) 申請案號：111133505

(22) 申請日：中華民國 111 (2022) 年 09 月 05 日

(51) Int. Cl. : C03C3/091 (2006.01)

C03B18/02 (2006.01)

G02F1/1333 (2006.01)

(30) 優先權：2021/09/07 日本

2021-145677

(71) 申請人：日商 A G C 股份有限公司 (日本) AGC INC. (JP)

日本

(72) 發明人：濱田裕也 HAMADA, YUYA (JP)；德永博文 TOKUNAGA, HIROFUMI (JP)

(74) 代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：14 項 圖式數：0 共 41 頁

(54) 名稱

無鹼玻璃

(57) 摘要

本發明係關於一種無鹼玻璃，其應變點為 700°C 以上 740°C 以下，密度為 2.6 g/cm<sup>3</sup> 以下，楊氏模數為 90 GPa 以上 100 GPa 以下，50 ~ 350°C 下之平均熱膨脹係數為 30×10<sup>-7</sup>/K 以上 39×10<sup>-7</sup>/K 以下，玻璃黏度變為 10<sup>2</sup>dPa·s 時之溫度 T<sub>2</sub> 為 1590°C 以上 1690°C 以下，玻璃黏度變為 10<sup>4</sup>dPa·s 時之溫度 T<sub>4</sub> 為 1350°C 以下，玻璃表面失透溫度(T<sub>c</sub>)未達 T<sub>4</sub> + 80°C，比彈性模數為 36 MN·m/kg 以上，上述無鹼玻璃具有規定之玻璃組成。

## 【發明摘要】

### 【中文發明名稱】

無鹼玻璃

### 【中文】

本發明係關於一種無鹼玻璃，其應變點為 $700^{\circ}\text{C}$ 以上 $740^{\circ}\text{C}$ 以下，密度為 $2.6\text{ g/cm}^3$ 以下，楊氏模數為 $90\text{ GPa}$ 以上 $100\text{ GPa}$ 以下， $50\sim 350^{\circ}\text{C}$ 下之平均熱膨脹係數為 $30\times 10^{-7}/\text{K}$ 以上 $39\times 10^{-7}/\text{K}$ 以下，玻璃黏度變為 $10^2\text{ dPa}\cdot\text{s}$ 時之溫度 $T_2$ 為 $1590^{\circ}\text{C}$ 以上 $1690^{\circ}\text{C}$ 以下，玻璃黏度變為 $10^4\text{ dPa}\cdot\text{s}$ 時之溫度 $T_4$ 為 $1350^{\circ}\text{C}$ 以下，玻璃表面失透溫度( $T_c$ )未達 $T_4 + 80^{\circ}\text{C}$ ，比彈性模數為 $36\text{ MN}\cdot\text{m/kg}$ 以上，上述無鹼玻璃具有規定之玻璃組成。

### 【指定代表圖】

無

### 【代表圖之符號簡單說明】

無

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

無鹼玻璃

### 【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種無鹼玻璃，其適宜用作各種顯示器用、光罩用、電子裝置支持用、資訊記錄媒體用等之玻璃板等。

### 【先前技術】

【0002】 一直以來，對於各種顯示器用、光罩用、電子裝置支持用、資訊記錄媒體用之玻璃板、尤其是於表面形成有金屬或氧化物等之薄膜之玻璃板中所使用之玻璃，要求具有以下之(1)~(4)等特性。

【0003】 (1)於玻璃含有鹼金屬氧化物之情形時，鹼金屬離子於上述薄膜中擴散而使薄膜之膜特性劣化，因此要求玻璃實質上不含鹼金屬離子。

(2)於薄膜形成步驟中玻璃板被暴露於高溫下時，為了能夠將玻璃板之變形及伴隨玻璃之結構穩定化產生之收縮(熱收縮)抑制在最小限度，而要求應變點較高。

【0004】 (3)要求對用於形成半導體之各種藥品具有充分之化學耐久性。尤其對以下物質具有耐久性：用於 $\text{SiO}_x$ 或 $\text{SiN}_x$ 之蝕刻之緩衝氫氟酸(BHF：氫氟酸與氟化銨之混合液)、ITO(Indium Tin Oxides，氧化銻錫)之蝕刻中所使用之含有鹽酸之藥液、金屬電極之蝕刻中所使用之各種酸(硝酸、硫酸等)、及抗蝕劑剝離液之鹼等。

(4)要求內部及表面無疵點(氣泡、條紋、內含物、凹坑、傷痕等)。

【0005】 除了上述要求以外，近年來亦進而要求以下之(5)~(9)。

(5)要求顯示器之輕量化，期待一種玻璃本身亦比重較小之玻璃。

(6)要求顯示器之輕量化，期待玻璃板之薄板化。

(7)除了製作一直以來之非晶矽(a-Si)類型之液晶顯示器以外，亦開始製作熱處理溫度較高之多晶矽(p-Si)類型之液晶顯示器(a-Si之耐熱性：約 $350^{\circ}\text{C}$ ，p-Si之耐熱性： $350\sim 550^{\circ}\text{C}$ )，因此期待具有耐熱性。

【0006】 (8)為了加快製作液晶顯示器時之熱處理之升降溫速度以提高生產性，或者提高耐熱衝擊性，而要求玻璃之平均熱膨脹係數較小。另一方面，於玻璃之平均熱膨脹係數過小之情形時，存在如下等問題：若製作液晶顯示器時之閘極金屬膜或閘極絕緣膜等之各種成膜步驟變多，則玻璃之翹曲變大，搬送液晶顯示器時出現產生裂紋或傷痕等異常，曝光圖案之偏差變大。

(9)又，近年來，隨著玻璃板之大板化、薄板化不斷發展，而要求玻璃之比彈性模數(楊氏模數/密度)較高。

【0007】 進而，顯示器正在向進一步之高解析度化發展，大型電視中，隨著高清化，存在例如Cu配線之膜厚變大等、因各種成膜而導致基板之翹曲變大之問題。因此，對翹曲量較小之玻璃板之需求高漲，為了應對於此，需要使玻璃之楊氏模數變高。

但是，楊氏模數較高之玻璃之應變點較高，且存在失透溫度高於玻璃黏度變為 $10^4 \text{ dPa} \cdot \text{s}$ 時之溫度 $T_4$ 之傾向。其結果為，較難成形為玻璃板。

【0008】 為了解決上述先前技術中之問題點，本案申請人例如針對液晶顯示面板用玻璃，提出了各種玻璃組成(參照專利文獻1、2)。

先前技術文獻

## 專利文獻

【0009】 專利文獻1：國際公開第2019/177069號

專利文獻2：日本專利第6578774號

## 【發明內容】

## [發明所欲解決之問題]

【0010】 近年來，由於對顯示器之高清化之期望進一步增強，因此要求進一步減小自重撓度。進而，隨著玻璃基板之大板化、薄板化，而要求一種楊氏模數較高且比彈性模數(楊氏模數/密度)較高之玻璃。進而，為了提高玻璃之耐熱衝擊性，而要求玻璃之熱膨脹係數較小。

除此以外，根據玻璃製造工藝中之請求，而要求降低玻璃之黏性、尤其是玻璃黏度變為 $10^2$  dPa·s時之溫度 $T_2$ 及玻璃黏度變為 $10^4$  dPa·s時之溫度 $T_4$ ；要求降低玻璃表面失透溫度；進而要求不會過度提高應變點。

專利文獻1、2中所記載之玻璃由於楊氏模數較低，比彈性模數亦較低，故而無法使自重撓度變得足夠小，或者即便楊氏模數較高，進而在比彈性模數亦較高，但由於平均熱膨脹係數較高，故而耐熱衝擊性較低，較難滿足上述要求。

【0011】 為了解決上述缺點，本發明之目的在於提供一種玻璃，其可減小玻璃之自重撓度，耐熱衝擊性優異，且成形性亦優異，對玻璃製造設備之負擔亦較小。

## [解決問題之技術手段]

【0012】 [1]一種無鹼玻璃，其應變點為 $700^\circ\text{C}$ 以上 $740^\circ\text{C}$ 以下，密度為 $2.6\text{ g/cm}^3$ 以下，楊氏模數為 $90\text{ GPa}$ 以上 $100\text{ GPa}$ 以下， $50\sim 350^\circ\text{C}$ 下之平均熱膨脹係數為 $30\times 10^{-7}/\text{K}$ 以上 $39\times 10^{-7}/\text{K}$ 以下，玻璃黏度變為 $10^2$  dPa

· s時之溫度 $T_2$ 為 $1590^{\circ}\text{C}$ 以上 $1690^{\circ}\text{C}$ 以下，玻璃黏度變為 $10^4$  dPa · s時之溫度 $T_4$ 為 $1350^{\circ}\text{C}$ 以下，玻璃表面失透溫度( $T_c$ )未達 $T_4 + 80^{\circ}\text{C}$ ，比彈性模數為 $36 \text{ MN} \cdot \text{m}/\text{kg}$ 以上，

上述無鹼玻璃以氧化物基準之莫耳%表示，含有：

$\text{SiO}_2$  55%以上80%以下、

$\text{Al}_2\text{O}_3$  12%以上20%以下、

$\text{B}_2\text{O}_3$  0.3%以上5%以下、

$\text{MgO}$  5%以上18%以下、

$\text{CaO}$  0.1%以上12%以下、

$\text{SrO}$  0.1%以上8%以下、

$\text{BaO}$  0%以上6%以下；且

$\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO}$ 為20%以下，

$\text{MgO}/\text{CaO}$ 為1以上，

$\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO})$ 為0.5以上，

$\text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 為24%以上38%以下，

於將式(I)設為 $(-3.125 \times [\text{SiO}_2] - 2.394 \times [\text{Al}_2\text{O}_3] - 3.511 \times [\text{B}_2\text{O}_3] - 2.167 \times [\text{MgO}] - 2.608 \times [\text{CaO}] - 3.161 \times [\text{SrO}] - 3.583 \times [\text{BaO}] + 3.795 \times 10^2)$ 時，式(I)之值為90以上100以下。

[2]如[1]所記載之無鹼玻璃，其中於將式(II)設為 $(0.213 \times [\text{SiO}_2] + 1.006 \times [\text{Al}_2\text{O}_3] - 0.493 \times [\text{B}_2\text{O}_3] + 1.158 \times [\text{MgO}] + 1.386 \times [\text{CaO}] + 3.092 \times [\text{SrO}] + 4.198 \times [\text{BaO}] + 2.004 \times 10^2)$ 時，式(I)/式(II) $\times 100$ 之值為36以上。

[3]如[1]或[2]所記載之無鹼玻璃，其中 $(\text{MgO} + \text{CaO})/(\text{SrO} + \text{BaO})$ 為

8以上。

[4]如[1]至[3]中任一項所記載之無鹼玻璃，其中於將 $50\sim 350^{\circ}\text{C}$ 下之平均線膨脹係數設為 $\alpha$ ，將楊氏模數設為 $E$ ，將光彈性常數設為 $C$ 時，其等之乘積 $\alpha \cdot E \cdot C$ 為 $9.2 \times 10^{-7}/\text{K}$ 以下。

[5]如[1]至[4]中任一項所記載之無鹼玻璃，其光彈性常數為 $31 \text{ nm}/\text{MPa}/\text{cm}$ 以下。

[6]如[1]至[5]中任一項所記載之無鹼玻璃，其玻璃轉移點為 $730^{\circ}\text{C}$ 以上 $850^{\circ}\text{C}$ 以下。

[7]如[1]至[6]中任一項所記載之無鹼玻璃，其玻璃表面失透黏度為 $10^{3.4} \text{ dPa} \cdot \text{s}$ 以上。

[8]如[1]至[7]中任一項所記載之無鹼玻璃，其中以氧化物基準之莫耳%表示，含有 $0\sim 1\%$ 之 $\text{ZrO}_2$ 。

[9]如[1]至[8]中任一項所記載之無鹼玻璃，其中 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 及 $\text{K}_2\text{O}$ 之合計含量以氧化物基準之莫耳%表示，為 $0.2\%$ 以下。

[10]如[1]至[9]中任一項所記載之無鹼玻璃，其中以氧化物基準之莫耳%表示，含有 $0\%$ 以上 $0.5\%$ 以下之 $\text{SnO}_2$ 。

[11]如[1]至[10]中任一項所記載之無鹼玻璃，其中以莫耳%表示，含有 $0\%$ 以上 $1\%$ 以下之 $\text{F}$ 。

[12]如[1]至[11]中任一項所記載之無鹼玻璃，其中玻璃之 $\beta\text{-OH}$ 值為 $0.05 \text{ mm}^{-1}$ 以上 $0.6 \text{ mm}^{-1}$ 以下。

[13]一種玻璃板，其係包含如[1]至[12]中任一項所記載之無鹼玻璃者，且至少一邊為 $2400 \text{ mm}$ 以上，厚度為 $1 \text{ mm}$ 以下。

[14]一種無鹼玻璃之製造方法，其係如[1]至[12]中任一項所記載之

無鹼玻璃之製造方法，且藉由浮式法或熔融法來進行成形。

[發明之效果]

【0013】 根據本發明，可提供一種玻璃，其可減小玻璃之自重撓度，耐熱衝擊性優異，且成形性亦優異，對玻璃製造設備之負擔亦較小。

【實施方式】

【0014】 以下，對本發明之一實施方式之無鹼玻璃進行說明。

以下，玻璃之各成分之組成範圍係以氧化物基準之莫耳%來表示。

【0015】 本實施方式之無鹼玻璃含有55%以上80%以下之 $\text{SiO}_2$ 。

若 $\text{SiO}_2$ 之含量未達55莫耳%(以下，簡稱為%)，則應變點無法充分變高，且平均熱膨脹係數增大，密度有上升傾向。因此， $\text{SiO}_2$ 之含量為55%以上，較佳為58%以上，更佳為60%以上，進而較佳為61%以上，特佳為62%以上，最佳為63%以上。

若 $\text{SiO}_2$ 之含量超過80%，則玻璃之熔解性下降，楊氏模數變低，玻璃表面失透溫度( $T_c$ )有上升傾向。因此， $\text{SiO}_2$ 之含量為80%以下，較佳為75%以下，更佳為73%以下，進而較佳為70%以下，特佳為69%以下，最佳為68%以下。

【0016】 本實施方式之無鹼玻璃含有12%以上20%以下之 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 使楊氏模數變高而抑制撓度，且抑制玻璃之相分離性，提高破裂韌性值而提昇玻璃強度。

若 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 之含量未達12%，則難以呈現該等效果，又，會導致使平均熱膨脹係數增大之其他成分相對增加，因此就結果而言，平均熱膨脹係數有變大傾向。因此， $\text{Al}_2\text{O}_3$ 之含量為12%以上，較佳為12.3%以上，更佳為12.6%以上，進而較佳為13%以上，進一步較佳為13.3%以上，特佳為

13.6%以上，最佳為14%以上。

若 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 之含量超過20%，則有以下顧慮：玻璃之熔解性變差，使應變點上升，使玻璃表面失透溫度( $T_c$ )上升。因此， $\text{Al}_2\text{O}_3$ 之含量為20%以下，較佳為18%以下，更佳為17.5%以下，進而較佳為17%以下，進一步較佳為16.5%以下，特佳為16%以下，最佳為15.5%以下。

**【0017】** 本實施方式之無鹼玻璃含有0.3%以上5%以下之 $\text{B}_2\text{O}_3$ 。 $\text{B}_2\text{O}_3$ 可改善耐緩衝氫氟酸(氫氟酸與氟化銨之混合液，亦稱為BHF)特性，且使玻璃之熔解反應性變得良好，使玻璃表面失透溫度( $T_c$ )下降，因此可含有5%以下。 $\text{B}_2\text{O}_3$ 之含量較佳為4%以下，更佳為3.5%以下，進而較佳為3%以下，特佳為2.5%以下，最佳為2%以下。

若 $\text{B}_2\text{O}_3$ 之含量未達0.3%，則難以呈現該等效果。因此， $\text{B}_2\text{O}_3$ 之含量為0.3%以上，較佳為0.5%以上，更佳為0.6%以上，進而較佳為0.7%以上，特佳為0.8%以上，最佳為0.9%以上。

**【0018】** 本實施方式之無鹼玻璃含有5%以上18%以下之 $\text{MgO}$ 。 $\text{MgO}$ 可在不使密度上升之情況下使楊氏模數變高，因此藉由使比彈性模數變高而可減輕自重撓度問題，且提高破裂韌性值而提昇玻璃強度。又， $\text{MgO}$ 亦提高熔解性。

若 $\text{MgO}$ 之含量未達5%，則難以呈現該等效果，又，有熱膨脹係數變得過低之虞。因此， $\text{MgO}$ 之含量為5%以上。 $\text{MgO}$ 之含量較佳為7%以上，更佳為9%以上，進而較佳為10%以上，特佳為10.5%以上，最佳為11%以上。

但是，若 $\text{MgO}$ 含量過多，則玻璃表面失透溫度( $T_c$ )容易上升。因此， $\text{MgO}$ 之含量為18%以下，較佳為17.5%以下，更佳為17%以下，進而

較佳為16.5%以下，特佳為16.3%以下，最佳為16%以下。

**【0019】** 本實施方式之無鹼玻璃含有0.1%以上12%以下之CaO。在鹼土類金屬中，CaO僅次於MgO，具有使比彈性模數變高，且不會過高地降低應變點之特徵，且與MgO同樣地亦提高熔解性。進而，與MgO相比，CaO還具有不易使玻璃表面失透溫度( $T_c$ )變高之特徵。若CaO之含量未達0.1%，則難以呈現該等效果。因此，CaO之含量為0.1%以上。CaO之含量較佳為0.5%以上，更佳為1%以上，進而較佳為1.5%以上，特佳為2%以上，最佳為2.5%以上。

若CaO之含量超過12%，則平均熱膨脹係數變得過大，又，玻璃表面失透溫度( $T_c$ )變高，於製造玻璃時，容易存在失透問題。因此，CaO之含量為12%以下，較佳為10%以下，更佳為9%以下，進而較佳為8.5%以下，特佳為8%以下，最佳為7.5%以下。

**【0020】** 本實施方式之無鹼玻璃含有0.1%以上8%以下之SrO。SrO雖在不使玻璃表面失透溫度( $T_c$ )上升之情況下提高熔解性，但若SrO之含量未達0.1%，則難以呈現該等效果。因此，SrO之含量為0.1%以上，較佳為0.15%以上，更佳為0.2%以上，進而較佳為0.3%以上，特佳為0.4%以上。

SrO之上述效果低於BaO，若SrO含量超過8%，則SrO變得過多，使密度上升之效果反倒更佳，且平均熱膨脹係數亦變得過大。因此，SrO之含量為8%以下，較佳為6%以下，更佳為5%以下，進而較佳為4%以下，特佳為3%以下，最佳為2%以下。

**【0021】** 本實施方式之無鹼玻璃含有0%以上6%以下之BaO。BaO在不使玻璃表面失透溫度( $T_c$ )上升之情況下提高熔解性，因此可含有。於

含有BaO之情形時，BaO之含量較佳為0.1%以上，更佳為0.3%以上，進而較佳為0.5%以上，特佳為0.8%以上，最佳為1%以上。

若含有較多BaO，則密度變大，楊氏模數變低，平均熱膨脹係數有變得過大之傾向。因此，BaO之含量為6%以下，較佳為5.5%以下，更佳為5%以下，特佳為4.5%以下，最佳為4%以下。

再者，鑒於Ba之毒性，較佳為實質上不含BaO。所謂實質上不含，意指除了不可避免雜質以外不含有，於本實施方式中，BaO之含量例如未達0.1%，較佳為0.05%以下，更佳為0.01%以下。

**【0022】** 若鹼土類金屬氧化物之合計量、即 $MgO + CaO + SrO + BaO$ 過多，則有無法使平均熱膨脹係數變小之虞。又，有耐酸性變差之虞。因此， $MgO + CaO + SrO + BaO$ 為20%以下，較佳為19.8%以下，更佳為19.6%以下，進而較佳為19.4%以下，特佳為19.2%以下，最佳為19.1%以下。

若玻璃表面失透溫度( $T_c$ )較低，則玻璃表面失透黏度變高，成形性提高。要想使玻璃表面失透溫度( $T_c$ )變低， $MgO + CaO + SrO + BaO$ 較佳為10%以上，更佳為12%以上，進而較佳為13%以上，進一步較佳為14%以上，特佳為15%以上，最佳為16%以上。此處， $MgO + CaO + SrO + BaO$ 例如為10%以上20%以下。

**【0023】** 又，若 $MgO$ 及 $CaO$ 之調配比率即 $MgO/CaO$ 較少，則 $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 體系容易發生失透，成形性變差。具體而言，失透溫度變高，玻璃表面失透黏度變低。因此，將 $MgO/CaO$ 設為1以上。 $MgO/CaO$ 較佳為1.1以上，更佳為1.2以上，進而較佳為1.3以上，特佳為1.5以上，最佳為1.8以上。

另一方面，若 $\text{MgO}/\text{CaO}$ 過大，則 $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 體系容易發生失透，玻璃表面失透溫度變高，玻璃表面失透黏度變低。因此， $\text{MgO}/\text{CaO}$ 較佳為100以下，更佳為30以下，進而較佳為15以下，特佳為10以下，最佳為5以下。此處， $\text{MgO}/\text{CaO}$ 例如為1以上100以下。

**【0024】** 又，若鹼土類金屬氧化物之合計量( $\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO}$ )中 $\text{MgO}$ 所占之調配比率、即 $\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO})$ 較少，則密度增大，比彈性模數變低。又，玻璃之相分離特性、及耐酸性變差。因此，將 $\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO})$ 設為0.5以上。 $\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO})$ 較佳為0.52以上，更佳為0.54以上，進而較佳為0.56以上，特佳為0.58以上，最佳為0.6以上。

另一方面，要想抑制 $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 體系發生失透，抑制失透溫度之上升， $\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO})$ 較佳為0.95以下，更佳為0.9以下，進而較佳為0.85以下，特佳為0.8以下。此處， $\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO})$ 例如為0.5以上0.95以下。

**【0025】** 又， $\text{MgO}$ 與 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 之合計含量、即 $\text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 為24%以上38%以下。

若 $\text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 未達24%，則楊氏模數變低，相對於外部應力之基板變形變大。因此，將 $\text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 設為24%以上。 $\text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 較佳為24.2%以上，更佳為24.5%以上，進而較佳為25%以上，特佳為25.5%以上，最佳為26%以上。

另一方面，若 $\text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 超過38%，則失透溫度上升，成形性變差。因此，將 $\text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 設為38%以下。 $\text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 較佳為35%以下，更佳為33%以下，進而較佳為32%以下，特佳為31%以下，最佳為

30%以下。

【0026】本實施方式之無鹼玻璃中，若MgO及CaO之合計含量相對於SrO及BaO之合計含量之調配比率、即 $(\text{MgO} + \text{CaO})/(\text{SrO} + \text{BaO})$ 為8以上，則可抑制密度之上升，並且可提高楊氏模數，因此可使比彈性模數變高，故較佳。 $(\text{MgO} + \text{CaO})/(\text{SrO} + \text{BaO})$ 更佳為10以上，進而較佳為12以上，進一步較佳為14以上，特佳為16以上，最佳為18以上。

另一方面，若 $(\text{MgO} + \text{CaO})/(\text{SrO} + \text{BaO})$ 為200以下，則可抑制失透溫度之上升，故較佳。 $(\text{MgO} + \text{CaO})/(\text{SrO} + \text{BaO})$ 較佳為100以下，更佳為75以下，進而較佳為60以下，特佳為50以下。此處， $(\text{MgO} + \text{CaO})/(\text{SrO} + \text{BaO})$ 例如為8以上200以下。

【0027】本實施方式之無鹼玻璃中，於將式(I)設為 $(-3.125 \times [\text{SiO}_2] - 2.394 \times [\text{Al}_2\text{O}_3] - 3.511 \times [\text{B}_2\text{O}_3] - 2.167 \times [\text{MgO}] - 2.608 \times [\text{CaO}] - 3.161 \times [\text{SrO}] - 3.583 \times [\text{BaO}] + 3.795 \times 10^2)$ 時，式(I)之值為90以上100以下。

式(I)所表示之值係楊氏模數之指標，若該值未達90，則楊氏模數容易變低，比彈性模數容易變小，自重撓度容易變大。若超過100，則楊氏模數變得過大，切割裕度受損。式(I)所表示之值較佳為90.5以上97以下，更佳為90.8以上95以下，進而較佳為91以上94以下，特佳為91.2以上93.5以下，最佳為91.5以上93以下。

再者，式中之所謂[金屬氧化物]之記載(例如 $[\text{SiO}_2]$ )係表示將該金屬氧化物成分以莫耳%表示時之數值(本說明書之其他部分之記載亦如此)。例如，於以氧化物基準之莫耳%表示， $\text{SiO}_2$ 為60莫耳%之情形時， $[\text{SiO}_2]$ 表示60。

【0028】本實施方式之無鹼玻璃中，於將式(II)設為 $(0.213 \times [\text{SiO}_2] + 1.006 \times [\text{Al}_2\text{O}_3] - 0.493 \times [\text{B}_2\text{O}_3] + 1.158 \times [\text{MgO}] + 1.386 \times [\text{CaO}] + 3.092 \times [\text{SrO}] + 4.198 \times [\text{BaO}] + 2.004 \times 10^2)$ 時，式(I)/式(II) $\times 100$ 之值較佳為36以上。

式(I)/式(II) $\times 100$ 所表示之值係比彈性模數之指標。若式(I)/式(II) $\times 100$ 所表示之值為36以上，則比彈性模數變高，故較佳。式(I)/式(II) $\times 100$ 之值更佳為36.1以上，進而較佳為36.2以上，進一步較佳為36.3以上，特佳為36.4以上，最佳為36.5以上。

若式(I)/式(II) $\times 100$ 之值為50以下，則可維持切割裕度，故較佳。此處，式(I)/式(II) $\times 100$ 之值例如為36以上50以下。

【0029】式(II)所表示之值係密度之指標，若為260以下，則密度變低，故較佳。若式(II)所表示之值未達240，則有密度變得過低之虞。因此，式(II)所表示之值較佳為240以上。

式(II)所表示之值更佳為242以上259以下，進而較佳為244以上258以下，進一步較佳為246以上257以下，特佳為248以上256以下，最佳為250以上255以下。

【0030】本實施方式之無鹼玻璃較佳為實質上不含 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 等鹼金屬氧化物。於本實施方式中，所謂實質上不含鹼金屬氧化物，意指除了自原料等混入之不可避免雜質以外不含有，即不刻意地含有。例如，含量為0.1%以下，較佳為0.08%以下，更佳為0.05%以下，進而較佳為0.03%以下。

【0031】但，亦可為了獲得特定之作用效果(降低應變點、降低 $T_g$ 、降低徐冷點等)而含有規定量之鹼金屬氧化物。具體而言，以 $\text{Li}_2\text{O}$ 、

Na<sub>2</sub>O及K<sub>2</sub>O之合計含量計，亦可含有0.2%以下。更佳為0.15%以下，更佳為0.1%以下，更佳為0.08%以下，進而較佳為0.05%以下，最佳為0.03%以下。以Li<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O及K<sub>2</sub>O之合計含量計，亦可含有0.001%以上。此處，Li<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O及K<sub>2</sub>O之合計含量例如為0.001%以上0.2%以下。

**【0032】** 當將本實施方式之無鹼玻璃用於顯示器用之玻璃板時，為了使設置於玻璃板表面之金屬或氧化物等之薄膜不發生特性劣化，本實施方式之無鹼玻璃較佳為實質上不含P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>。於本實施方式中，所謂實質上不含P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>，係指例如含量為0.1%以下。進而，為了使玻璃變得容易再利用，以及就環境負荷之觀點而言，本實施方式之無鹼玻璃較佳為實質上不含PbO、As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。於本實施方式中，所謂實質上不含PbO、As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，係指PbO、As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>之含量分別例如為0.01%以下，較佳為0.005%以下。

**【0033】** 另一方面，為了改善玻璃之熔解性、澄清性、成形性等，亦可以合計含量計含有1%以下之As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>及Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>中之一種以上，較佳為0.5%以下，更佳為0.3%以下，進而較佳為0.2%以下，特佳為0.15%以下，最佳為0.1%以下。

**【0034】** 為了改善玻璃之熔解性、澄清性、成形性等，本實施方式之無鹼玻璃亦可以合計含量計含有2%以下之ZrO<sub>2</sub>、ZnO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SO<sub>3</sub>、F、Cl、及SnO<sub>2</sub>中之一種以上。較佳為1%以下，更佳為0.5%以下。

**【0035】** 本實施方式之無鹼玻璃中，亦可含有ZrO<sub>2</sub>，以降低玻璃熔融溫度、提昇楊氏模數、提高耐化學品性，例如，亦可含有0.001%以上。

但，若ZrO<sub>2</sub>之含量過多，則有玻璃表面失透溫度變高之虞，有介電

常數  $\varepsilon$  變高之虞，有玻璃變得不均勻之虞。又，於應用於半導體裝置之情形時，有因 $\alpha$ 射線而發生故障之虞。因此， $ZrO_2$ 之含量較佳為1%以下，更佳為0.5%以下，進而較佳為0.2%以下，進一步較佳為0.1%以下，尤其較佳為0.05%以下，更進一步較佳為0.04%以下，特佳為0.03%以下，最佳為實質上不含有。所謂實質上不含有 $ZrO_2$ ，意指除了自原料等混入之不可避免雜質以外不含有，即不刻意地含有。於本實施方式中，所謂實質上不含有 $ZrO_2$ ，係指 $ZrO_2$ 之含量例如為0.01%以下，較佳為0.005%以下。

【0036】本實施方式之無鹼玻璃中，亦可含有0%以上0.5%以下之 $SnO_2$ ，以改善玻璃之熔解性及澄清性。 $SnO_2$ 含量較佳為0.4%以下，更佳為0.3%以下。

【0037】本實施方式之無鹼玻璃中，亦可含有F，以改善玻璃之熔解性、澄清性。於含有F之情形時，F之含量以莫耳%表示，較佳為1%以下，更佳為0.5%以下，進而較佳為0.4%以下，進一步較佳為0.3%以下，尤其較佳為0.2%以下，特佳為0.1%以下。再者，F之含量係殘存於熔融玻璃中之量，而非在玻璃原料中之投入量。關於該點，後述之Cl之含量亦同樣如此。

【0038】本實施方式之無鹼玻璃中，亦可以 $Fe_2O_3$ 換算計含有0.001%以上0.05%以下之Fe，以提高玻璃之熔解性。若使玻璃之Fe含量變低，則熔解步驟中由 $Fe^{2+}$ 所獲得之紅外線吸收量下降，結果玻璃之熱導率增加。因此，例如當於玻璃熔解爐中利用燃燒器火焰等熱射線對玻璃進行加熱使其熔解時，熔融玻璃之溫度分佈變小，熔融玻璃之對流速度下降，玻璃製品之氣泡品質或均質性有變差之虞。若Fe含量以 $Fe_2O_3$ 換算計為0.001%以上，則發生上述問題之顧慮較少。再者，澄清性或均質性依

賴於熔融玻璃之充分之對流。

於欲提高玻璃之熔解性之情形時，Fe含量以 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 換算計，更佳為0.002%以上，進而較佳為0.005%以上，進一步較佳為0.008%以上，尤其較佳為0.01%以上，更進一步較佳為0.02%以上，特佳為0.03%以上，最較佳0.04%以上。

【0039】若玻璃之Fe含量變多，則Fe於玻璃中以 $\text{Fe}^{2+}$ 或 $\text{Fe}^{3+}$ 之形式存在，玻璃之透過率有下降之虞。尤其是，由於 $\text{Fe}^{3+}$ 於波長300 nm以下之範圍內具有吸收性，因此玻璃之紫外線透過率有變低之虞。例如，於各種顯示器用之玻璃板之情形時，若板厚0.5 mm且波長300 nm下之透過率為20%以上，則可使用光硬化性樹脂將構成平板顯示器之2片基板玻璃加以貼合，故較佳。要想製成板厚0.5 mm且波長300 nm下之透過率為20%以上之玻璃，則Fe含量以 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 換算計，較佳為0.05%以下，更佳為0.04%以下，進而較佳為0.03%以下，進一步較佳為0.02%以下，尤其較佳為0.01%以下，更進一步較佳為0.008%以下，進而進一步較佳為0.006%以下，特佳為0.004%以下，最較佳0.002%以下。

【0040】為了提高玻璃之澄清性，亦可以莫耳%表示含有0.1%以上1.0%以下之Cl。若Cl含量為0.1%以上，則玻璃原料之熔解時之澄清作用變得良好。Cl含量較佳為0.15%以上，更佳為0.2%以上，進而較佳為0.25%以上，特佳為0.3%以上。

若Cl含量為1.0%以下，則製造玻璃時抑制氣泡層之肥大化之作用變得良好。較佳為0.8%以下，更佳為0.6%以下。

【0041】本實施方式之無鹼玻璃亦可基於下述目的，例如為了改善玻璃之熔解性、澄清性、成形性等，為了獲得特定波長下之吸收性，及為

了改善密度、硬度、抗撓剛度、耐久性等，而以合計含量計含有2%以下之 $\text{Se}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TeO}_2$ 、 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3$ 、 $\text{GeO}_2$ 、 $\text{CdO}$ 、 $\text{BeO}$ 及 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 中之一種以上，較佳為1%以下，更佳為0.5%以下，進而較佳為0.3%以下，進而較佳為0.1%以下，特佳為0.05%以下，最佳為0.01%以下。 $\text{GeO}_2$ 含量較佳為未達0.1%，更佳為0.08%以下，進而較佳為0.05%以下，進一步較佳為0.03%以下，特佳為0.01%以下，最佳為實質上不含。所謂實質上不含 $\text{GeO}_2$ ，意指除了自原料等混入之不可避免雜質以外不含有，即不刻意地含有。於本實施方式中，所謂實質上不含 $\text{GeO}_2$ ，係指 $\text{GeO}_2$ 之含量例如為0.05%以下，較佳為0.01%以下，更佳為0.005%以下。

**【0042】** 為了改善玻璃之熔解性、澄清性、成形性等，改善玻璃之硬度、例如楊氏模數等，本實施方式之無鹼玻璃亦可包含稀土類氧化物、過渡金屬氧化物。

**【0043】** 本實施方式之無鹼玻璃亦可以合計含量計含有2%以下之 $\text{Sc}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ce}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CeO}_2$ 、 $\text{Pr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Pm}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Sm}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Eu}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Tb}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Dy}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ho}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Er}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Tm}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Yb}_2\text{O}_3$ 及 $\text{Lu}_2\text{O}_3$ 中之一種以上作為稀土類氧化物，較佳為1%以下，更佳為0.5%以下，進而較佳為0.3%以下，進一步較佳為0.1%以下，特佳為0.05%以下，最佳為0.01%以下。 $\text{La}_2\text{O}_3$ 含量較佳為未達1%，更佳為0.5%以下，進而較佳為0.3%以下，進一步較佳為0.1%以下，特佳為0.05%以下，最佳為實質上不含。所謂實質上不含 $\text{La}_2\text{O}_3$ ，意指除了自原料等混入之不可避免雜質以外不含有，即不刻意地含有。於本實施方式中，所謂實質上不含 $\text{La}_2\text{O}_3$ ，係指 $\text{La}_2\text{O}_3$ 之含量例如未達0.05%，較佳為0.01%以下，更佳為0.005%以下。

【0044】 本實施方式之無鹼玻璃亦可以合計含量計含有2%以下之 $V_2O_5$ 、 $Ta_2O_3$ 、 $Nb_2O_5$ 、 $WO_3$ 、 $MoO_3$ 及 $HfO_2$ 中之一種以上作為過渡金屬氧化物，較佳為1%以下，更佳為0.5%以下，進而較佳為0.3%以下，進一步較佳為0.1%以下，特佳為0.05%以下，最佳為0.01%以下。

【0045】 為了改善玻璃之熔解性等，本實施方式之無鹼玻璃亦可含有2%以下之作為錒系氧化物之 $ThO_2$ ，較佳為1%以下，更佳為0.5%以下，進而較佳為0.3%以下，進一步較佳為0.1%以下，尤其較佳為0.05%以下，特佳為0.01%以下，最佳為0.005%以下。

【0046】 關於本實施方式之無鹼玻璃，若 $\beta$ -OH值為 $0.05\text{ mm}^{-1}$ 以上 $0.6\text{ mm}^{-1}$ 以下，則可抑制玻璃之熱收縮，故較佳。

$\beta$ -OH值係玻璃中之水分含量之指標，藉由以下方式而求出：對玻璃試樣測定對於波長 $2.75\sim 2.95\ \mu\text{m}$ 之光之吸光度，將吸光度之最大值 $\beta_{\text{max}}$ 除以該試樣之厚度(mm)，藉此求出 $\beta$ -OH值。玻璃之 $\beta$ -OH值更佳為 $0.45\text{ mm}^{-1}$ 以下，進而較佳為 $0.4\text{ mm}^{-1}$ 以下，進一步較佳為 $0.35\text{ mm}^{-1}$ 以下，尤其較佳為 $0.3\text{ mm}^{-1}$ 以下，更進一步較佳為 $0.28\text{ mm}^{-1}$ 以下，特佳為 $0.25\text{ mm}^{-1}$ 以下，最佳為 $0.23\text{ mm}^{-1}$ 以下。另一方面，若 $\beta$ -OH值為 $0.05\text{ mm}^{-1}$ 以上，則容易達成後述之玻璃之應變點。因此， $\beta$ -OH值更佳為 $0.08\text{ mm}^{-1}$ 以上，進而較佳為 $0.1\text{ mm}^{-1}$ 以上，進一步較佳為 $0.13\text{ mm}^{-1}$ 以上，尤其較佳為 $0.15\text{ mm}^{-1}$ 以上，特佳為 $0.18\text{ mm}^{-1}$ 以上，最佳為 $0.2\text{ mm}^{-1}$ 以上。

【0047】 本實施方式之無鹼玻璃之應變點為 $700^\circ\text{C}$ 以上 $740^\circ\text{C}$ 以下。若應變點未達 $700^\circ\text{C}$ ，則於顯示器之薄膜形成步驟中玻璃板被暴露於高溫下時，容易引發玻璃板之變形及伴隨玻璃之結構穩定化產生之收縮(熱收縮)。應變點較佳為 $705^\circ\text{C}$ 以上，更佳為 $710^\circ\text{C}$ 以上，進而較佳為 $715^\circ\text{C}$ 以

上，特佳為720°C以上，最佳為725°C以上。

另一方面，若應變點過高，則需要與之對應地使徐冷裝置之溫度變高，徐冷裝置之壽命有減少之傾向。因此，應變點為740°C以下。應變點較佳為738°C以下，更佳為736°C以下，進而較佳為735°C以下。

**【0048】** 本實施方式之無鹼玻璃之密度為2.6 g/cm<sup>3</sup>以下。若密度為2.6 g/cm<sup>3</sup>以下，則自重撓度變小，大型基板之處理變得容易。又，可實現使用玻璃之裝置之重量之輕量化。密度較佳為2.59 g/cm<sup>3</sup>以下，更佳為2.58 g/cm<sup>3</sup>以下，進而較佳為2.57 g/cm<sup>3</sup>以下，特佳為2.56 g/cm<sup>3</sup>以下，最佳為2.55 g/cm<sup>3</sup>以下。再者，所謂大型基板，例如係指至少一邊為1800 mm以上之基板。

另一方面，若密度為2.4 g/cm<sup>3</sup>以上，則搬送時之穩定性變得良好，故較佳。密度更佳為2.42 g/cm<sup>3</sup>以上，進而較佳為2.44 g/cm<sup>3</sup>以上，進一步較佳為2.46 g/cm<sup>3</sup>以上，特佳為2.48 g/cm<sup>3</sup>以上，最佳為2.5 g/cm<sup>3</sup>以上。此處，密度例如為2.4 g/cm<sup>3</sup>以上2.6 g/cm<sup>3</sup>以下。

**【0049】** 又，本實施方式之無鹼玻璃之楊氏模數為90 GPa以上100 GPa以下。若楊氏模數為90 GPa以上，則相對於外部應力之基板變形得到抑制。例如，當於玻璃基板之表面進行成膜時可抑制基板之翹曲。作為具體例，於平板顯示器之TFT(Thin-film transistor，薄膜電晶體)側基板之製造中，可抑制於基板之表面形成銅等閘極金屬膜、或氮化矽等閘極絕緣膜時之基板之翹曲。又，亦可抑制例如基板之尺寸變得大型化時之撓度。楊氏模數較佳為90.5 GPa以上，更佳為91 GPa以上，進而較佳為91.2a以上，特佳為91.5 GPa以上，最佳為92 GPa以上。

若楊氏模數為100 GPa以下，則切割裕度變大。楊氏模數較佳為98 GPa

以下，更佳為97 GPa以下，進而較佳為96 GPa以下，最佳為95 GPa以下。楊氏模數可利用超音波法進行測定。

**【0050】** 本實施方式之無鹼玻璃之50~350°C下之平均熱膨脹係數為 $30 \times 10^{-7}/K$ 以上。於未達 $30 \times 10^{-7}/K$ 之情形時，例如，在平板顯示器之TFT側基板之製造中，有時於無鹼玻璃上依序積層銅等閘極金屬膜、氮化矽等閘極絕緣膜，但無鹼玻璃與形成於基板表面之銅等閘極金屬膜之熱膨脹差較大，而有產生基板翹曲、膜剝落等問題之虞。

50~350°C下之平均熱膨脹係數較佳為 $30.5 \times 10^{-7}/K$ 以上，更佳為 $31 \times 10^{-7}/K$ 以上，進而較佳為 $31.5 \times 10^{-7}/K$ 以上，特佳為 $32 \times 10^{-7}/K$ 以上，最佳為 $32.5 \times 10^{-7}/K$ 以上。

另一方面，若50~350°C下之平均熱膨脹係數超過 $39 \times 10^{-7}/K$ ，則顯示器等製品之製造步驟中，有玻璃破裂之虞，又，玻璃之耐熱衝擊性變低。因此，50~350°C下之平均熱膨脹係數為 $39 \times 10^{-7}/K$ 以下。

50~350°C下之平均熱膨脹係數較佳為 $38.5 \times 10^{-7}/K$ 以下，更佳為 $38 \times 10^{-7}/K$ 以下，進而較佳為 $37.5 \times 10^{-7}/K$ 以下，特佳為 $37.3 \times 10^{-7}/K$ 以下，最佳為 $37 \times 10^{-7}/K$ 以下。此處，50~350°C下之平均熱膨脹係數例如為 $30 \times 10^{-7}/K$ 以上 $39 \times 10^{-7}/K$ 以下。

**【0051】** 本實施方式之無鹼玻璃中，玻璃黏度 $\eta$ 變為 $10^2$  dPa·s時之溫度 $T_2$ ( $\log \eta = 2$ 時之溫度)為1590°C以上1690°C以下。若 $T_2$ 為1590°C以上，則玻璃之製造步驟中，可使用 $SO_3$ 作為澄清劑。 $T_2$ 較佳為1592°C以上，更佳為1594°C以上，進而較佳為1596°C以上，特佳為1598°C以上，最佳為1600°C以上。

另一方面，若 $T_2$ 為1690°C以下，則玻璃之熔解性優異。因此，可降

低對製造設備之負擔。例如，可延長使玻璃熔解之窯等設備之壽命，可提高生產性。又，可減少源自窯之缺陷(例如異物缺陷、Zr缺陷等)。T<sub>2</sub>較佳為1670°C以下，更佳為1660°C以下，進而較佳為1650°C以下，進一步較佳為1640°C以下，最佳為1635°C以下。

**【0052】** 本實施方式之無鹼玻璃中，玻璃黏度 $\eta$ 變為 $10^4$  dPa·s時之溫度T<sub>4</sub>( $\log\eta=4$ 時之溫度)為1350°C以下。若T<sub>4</sub>為1350°C以下，則玻璃之成形性優異。又，例如，藉由使玻璃成形時之溫度變低而可減少玻璃周圍氣氛中之揮散物，藉此可減少玻璃之疵點。由於可於較低之溫度下使玻璃成形，故而可降低對製造設備之負擔。例如，可延長使玻璃成形之浮拋窯等設備之壽命，可提高生產性。T<sub>4</sub>較佳為1340°C以下，更佳為1330°C以下，進而較佳為1320°C以下，進一步較佳為1310°C以下，特佳為1300°C以下，最佳為1295°C以下。

T<sub>4</sub>之下限並無特別限定，通常為1100°C以上。T<sub>4</sub>例如為1100°C以上1350°C以下。

T<sub>2</sub>、T<sub>4</sub>可藉由以下方式求出：依據ASTM C 965-96所規定之方法，使用旋轉黏度計來測定黏度，求出黏度變為 $10^2$  d·Pa·s時之溫度作為T<sub>2</sub>，求出黏度變為 $10^4$  d·Pa·s時之溫度作為T<sub>4</sub>。再者，後述之實施例中，使用NBS710及NIST717a作為裝置校正用之參考試樣。

**【0053】** 本實施方式之無鹼玻璃之玻璃表面失透溫度(T<sub>c</sub>)未達T<sub>4</sub>+80°C。若T<sub>c</sub>未達T<sub>4</sub>+80°C，則玻璃之成形性優異。可抑制成形過程中在玻璃內部產生晶體而使透過率下降。又，可降低對製造設備之負擔。例如，可延長使玻璃成形之浮拋窯等設備之壽命，可提高生產性。

T<sub>c</sub>較佳為T<sub>4</sub>+75°C以下，更佳為T<sub>4</sub>+70°C以下，進而較佳為T<sub>4</sub>+60°C

以下，進一步較佳為 $T_4 + 50^\circ\text{C}$ 以下，特佳為 $T_4 + 40^\circ\text{C}$ 以下，最佳為 $T_4 + 30^\circ\text{C}$ 以下。

$T_c$ 之下限並無特別限定，通常為 $1000^\circ\text{C}$ 以上。 $T_c$ 例如為 $1000^\circ\text{C}$ 以上且未達 $T_4 + 80^\circ\text{C}$ 。

本實施方式中之玻璃表面失透溫度( $T_c$ )可藉由以下方式而求出。即，將經粉碎之玻璃粒子放入至鉑製盤中，於被控制為固定溫度之電爐中進行17小時熱處理，在熱處理後，使用光學顯微鏡來觀察在玻璃之表面析出晶體之最高溫度、與未析出晶體之最低溫度，將其平均值作為玻璃表面失透溫度( $T_c$ )。

**【0054】** 本實施方式之無鹼玻璃之玻璃表面失透溫度( $T_c$ )下之黏度(玻璃表面失透黏度( $\eta_c$ ))較佳為 $10^{3.4}$  dPa · s以上。若玻璃表面失透黏度( $\eta_c$ )為 $10^{3.4}$  dPa · s以上，則玻璃板之成形性優異。又，可抑制成形過程中在玻璃內部產生晶體而使透過率下降。又，可降低對製造設備之負擔。例如，可延長供成形為玻璃板之浮拋窯等設備之壽命，可提高生產性。 $\eta_c$ 更佳為 $10^{3.5}$  dPa · s以上，進而較佳為 $10^{3.6}$  dPa · s以上，特佳為 $10^{3.7}$  dPa · s以上，最佳為 $10^{3.8}$  dPa · s以上。

$\eta_c$ 之上限並無特別限定，通常為 $10^6$  dPa · s以下。 $\eta_c$ 例如為 $10^{3.4}$  dPa · s以上 $10^6$  dPa · s以下。

**【0055】** 本實施方式之無鹼玻璃之比彈性模數(楊氏模數(GPa)/密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ ))為 $36 \text{ MN} \cdot \text{m}/\text{kg}$ 以上。若比彈性模數為 $36 \text{ MN} \cdot \text{m}/\text{kg}$ 以上，則自重撓度變小，大型基板之處理變得容易。比彈性模數較佳為 $36.1 \text{ MN} \cdot \text{m}/\text{kg}$ 以上，更佳為 $36.2 \text{ MN} \cdot \text{m}/\text{kg}$ 以上，進而較佳為 $36.3 \text{ MN} \cdot \text{m}/\text{kg}$ 以上，特佳為 $36.4 \text{ MN} \cdot \text{m}/\text{kg}$ 以上，最佳為 $36.5 \text{ MN} \cdot \text{m}/\text{kg}$ 以上。

比彈性模數之上限並無特別限定，通常為50 MN·m/kg以下。比彈性模數例如為36 MN·m/kg以上50 MN·m/kg以下。

再者，所謂大型基板，例如係指至少一邊為1800 mm以上之基板。大型基板之至少一邊例如可為2000 mm以上，亦可為2500 mm以上，亦可為3000 mm以上，還可為3500 mm以上。

**【0056】** 本實施方式之無鹼玻璃之玻璃轉移點(以下，亦稱為T<sub>g</sub>)較佳為850℃以下。若T<sub>g</sub>為850℃以下，則可降低對製造設備之負擔。例如，可降低玻璃之成形中所使用之輥之表面溫度，可延長設備之壽命，可提高生產性。T<sub>g</sub>更佳為830℃以下，更佳為820℃以下，進而較佳為810℃以下，特佳為800℃以下。基於耐熱性之觀點而言，T<sub>g</sub>較佳為730℃以上。T<sub>g</sub>更佳為740℃以上，進而較佳為750℃以上，特佳為760℃以上，最較佳770℃以上。此處，T<sub>g</sub>較佳為730℃以上850℃以下。

**【0057】** 本實施方式之無鹼玻璃之光彈性常數較佳為31 nm/MPa/cm以下。

由於液晶顯示面板之製造步驟或液晶顯示裝置之使用時所產生之應力，可能導致玻璃基板具有雙折射性，黑色之顯示變灰，液晶顯示器之對比度下降。若將光彈性常數設為31 nm/MPa/cm以下，便可抑制該現象。光彈性常數更佳為30 nm/MPa/cm以下，進而較佳為29 nm/MPa/cm以下，進一步較佳為28 nm/MPa/cm以下，特佳為27.5 nm/MPa/cm以下，最佳為27 nm/MPa/cm以下。

若考慮到其他物性之確保之容易性，則光彈性常數較佳為23 nm/MPa/cm以上，更佳為25 nm/MPa/cm以上。再者，光彈性常數可利用圓板壓縮法，於測定波長546 nm下進行測定。此處，光彈性常數較佳為

23 nm/MPa/cm以上31 nm/MPa/cm以下。

【0058】於使用本實施方式之無鹼玻璃作為液晶顯示器用之玻璃板之情形時，將50～350℃下之平均線膨脹係數設為 $\alpha$ ，將楊氏模數設為E，將光彈性常數設為C時， $\alpha \cdot E \cdot C$ 較佳為 $9.2 \times 10^{-7}/K$ 以下。

液晶顯示器中，來自背光源之熱使得靠近背光源之側之玻璃板(TFT-LCD(Thin-film transistor-Liquid crystal display，薄膜電晶體-液晶顯示裝置)中係指陣列用玻璃板)之溫度分佈變得不均。若將玻璃板內之最高溫度與最低溫度之差設為 $\Delta T$ ，則該玻璃板內所產生之應力之最大值F由下式表示。

$$F = \alpha \cdot E \cdot \Delta T$$

因該應力F而在玻璃板之厚度上產生之光程差、即延遲(Retardation)R由下式表示。

$$R = C \cdot F \cdot L = (\alpha \cdot E \cdot C) \cdot \Delta T \cdot L$$

因此， $\alpha \cdot E \cdot C$ 越小，則R越小，液晶顯示器之對比度越良好。

若 $\alpha \cdot E \cdot C$ 為 $9.2 \times 10^{-7}/K$ 以下，則於將本實施方式之無鹼玻璃用作液晶顯示器用之玻璃板時，液晶顯示器之對比度變得良好，不易造成對比度不良。

【0059】 $\alpha \cdot E \cdot C$ 更佳為 $9 \times 10^{-7}/K$ 以下，進而較佳為 $8.8 \times 10^{-7}/K$ 以下，進一步較佳為 $8.7 \times 10^{-7}/K$ 以下，特佳為 $8.6 \times 10^{-7}/K$ 以下，最佳為 $8.5 \times 10^{-7}/K$ 以下。

$\alpha \cdot E \cdot C$ 之下限並無特別限定，通常為 $5 \times 10^{-7}/K$ 以上。 $\alpha \cdot E \cdot C$ 較佳為 $5 \times 10^{-7}/K$ 以上 $9.2 \times 10^{-7}/K$ 以下。

【0060】 本實施方式之無鹼玻璃由於楊氏模數高達90 GPa以上，且比彈性模數高達36 MN·m/kg以上，故而可減少自重撓度。因此，對於用作大型基板之玻璃板而言適宜。所謂大型基板，例如係指至少一邊為1800 mm以上之玻璃板，作為具體例，對於長邊1800 mm以上、短邊1500 mm以上之玻璃板而言適宜。

【0061】 本實施方式之無鹼玻璃對於至少一邊為2400 mm以上之玻璃板、例如長邊2400 mm以上、短邊2100 mm以上之玻璃板而言更佳；對於至少一邊為3000 mm以上之玻璃板、例如長邊3000 mm以上、短邊2800 mm以上之玻璃板而言進而較佳；對於至少一邊為3200 mm以上之玻璃板、例如長邊3200 mm以上、短邊2900 mm以上之玻璃板而言特佳；對於至少一邊為3300 mm以上之玻璃板、例如長邊3300 mm以上、短邊2950 mm以上之玻璃板而言最佳。

【0062】 關於本實施方式之玻璃板，厚度1 mm以下便可達成輕量化，故較佳。本實施方式之玻璃板之厚度更佳為0.7 mm以下，進而較佳為0.65 mm以下，進一步較佳為0.55 mm以下，特佳為0.45 mm以下，最佳為0.4 mm以下。本實施方式之玻璃板之厚度亦可設為0.1 mm以下、或者0.05 mm以下。但，基於防止自重撓度之觀點而言，厚度較佳為0.1 mm以上，更佳為0.2 mm以上。玻璃板之厚度較佳為0.1 mm以上1 mm以下。

【0063】 本實施方式之無鹼玻璃之製造例如可根據以下步序進行實施。

將上述各成分之原料，以在玻璃組成中成為目標含量之方式進行調製，並將其投入至熔解爐中，加熱至1500~1800°C而使其熔解，從而獲得熔融玻璃。於成形裝置中，使所獲得之熔融玻璃成形為規定板厚之玻璃

帶，對該玻璃帶進行徐冷後，進行切割，藉此獲得無鹼玻璃。

【0064】於本實施方式中，較佳為利用浮式法或熔融法等，使熔融玻璃成形為玻璃板。基於穩定地生產楊氏模數較高之大型玻璃板(例如一邊為1800 mm以上)之觀點而言，較佳為使用浮式法。

實施例

【0065】以下，對實施例進行說明，但本發明並不限定於該等實施例。以下，例1~14、24~55係實施例，例15~23係比較例。

以玻璃組成變為例1~55所示之目標組成(單位：莫耳%)之方式，對各成分之原料進行調製，並使用鉑坩堝，於1600℃下熔解1小時。熔解後，將熔融液流出至碳板上，於(玻璃轉移點+30℃)之溫度下保持60分鐘後，以每分鐘1℃之速度冷卻至室溫(25℃)，從而獲得板狀玻璃。對該板狀玻璃進行鏡面研磨而獲得玻璃板，對其進行各種評價。再者，玻璃之 $\beta$ -OH值係根據以下步序而求出。

( $\beta$ -OH值)

對玻璃試樣測定對波長2.75~2.95  $\mu\text{m}$ 之光之吸光度，將吸光度之最大值 $\beta_{\text{max}}$ 除以該試樣之厚度(mm)，藉此求出 $\beta$ -OH值。

將結果示於表1~表8中。再者，表1~表8中，括號內所示之值係計算值。

【0066】以下，示出各物性之測定方法。

(平均熱膨脹係數 $\alpha$ )

依據 JIS R3102(1995年)所規定之方法，使用示差熱膨脹計(dilatometer)進行測定。測定溫度範圍設為室溫~400℃以上，以 $10^{-7}/\text{K}$ 為單位來表示50~350℃下之平均熱膨脹係數。

(密度)

依據JIS Z 8807所規定之方法，利用阿基米德法，對不含氣泡之約20 g之玻璃塊進行測定。

(應變點)

依據JIS R3103-2(2001年)所規定之方法，利用纖維伸長法進行測定。

(T<sub>g</sub>)

依據JIS R3103-3(2001年)所規定之方法，利用熱膨脹法進行測定。

(楊氏模數)

依據JIS Z 2280所規定之方法，利用超音波脈衝法，對厚度0.5~10 mm之玻璃進行測定。

【0067】 (T<sub>2</sub>)

依據ASTM C 965-96所規定之方法，使用旋轉黏度計測定黏度，並測定黏度變為 $10^2 \text{ d} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}$ 時之溫度T<sub>2</sub>(°C)。

(T<sub>4</sub>)

依據ASTM C 965-96所規定之方法，使用旋轉黏度計測定黏度，並測定黏度變為 $10^4 \text{ d} \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}$ 時之溫度T<sub>4</sub>(°C)。

(玻璃表面失透溫度T<sub>c</sub>)

將玻璃粉碎，使用試驗用篩，以粒徑處於2~4 mm之範圍內之方式進行分級。將所獲得之碎玻璃於異丙醇中進行5分鐘超音波清洗，並以離子交換水進行清洗後，使其乾燥，將其放入至鉑製盤中，於被控制為固定溫度之電爐中進行17小時熱處理。熱處理之溫度係以10°C為間隔而設定。

熱處理後，將玻璃自鉑盤卸除，使用光學顯微鏡來觀察在玻璃之表面析出晶體之最高溫度、與未析出晶體之最低溫度。

對於在玻璃之表面析出晶體之最高溫度、與未析出結晶之最低溫度，分別進行1次測定(當較難判斷晶體析出時，進行2次測定)。

使用在玻璃表面析出晶體之最高溫度、與未析出晶體之最低溫度之測定值來求出平均值，將其作為玻璃表面失透溫度 $T_c$ 。

再者，下述表中，為了容易判別與請求項1中所規定之 $T_c$ 未達 $T_4 + 80$  °C之關係，而以 $T_c - T_4$ 來表示。

(玻璃表面失透黏度 $\eta_c$ )

利用上述方法，求出玻璃表面失透溫度( $T_c$ )，測定玻璃表面失透溫度( $T_c$ )下之玻璃之黏度，而求出玻璃表面失透黏度( $\eta_c$ )。再者，於下述表中示出玻璃表面失透黏度( $\eta_c$ )之對數值(log值)。

(比彈性模數)

將藉由上述步序所求出之楊氏模數除以密度，藉此求出比彈性模數。

**【0068】** (光彈性常數)

光彈性常數係利用圓板壓縮法，於測定波長546 nm下進行測定。

(BHF霧度)

將玻璃板於25°C之19BHF溶液中浸漬20分鐘，若浸漬前後之霧度變化為1%以下，則評價為○，若超過1%，則評價為×。

## 【0069】 [表1]

表1

(mol%)	例1	例2	例3	例4	例5	例6
SiO <sub>2</sub>	66.0	64.2	66.2	66.0	66.2	66.3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.0	15.4	14.1	13.4	13.5	13.5
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.9	1.9	1.1	1.2	1.2	1.2
MgO	12.1	12.5	14.6	11.5	11.5	11.5
CaO	6.6	5.5	3.1	7.4	6.4	5.7
SrO	0.4	0.5	0.9	0.5	1.2	1.8
BaO	0	0	0	0	0	0
Li <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0
Na <sub>2</sub> O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0
$\beta$ -OH(mm <sup>-1</sup> )	(0.25)	(0.25)	(0.25)	(0.25)	(0.25)	(0.25)
MgO + CaO + SrO + BaO	19.1	18.5	18.6	19.4	19.1	19.0
MgO/(MgO + CaO + SrO + BaO)	0.63	0.68	0.78	0.59	0.60	0.61
(MgO + CaO)/(SrO + BaO)	46.8	36.0	19.7	37.5	14.9	9.5
MgO/CaO	1.8	2.3	4.7	1.6	1.8	2.0
MgO + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.1	27.9	28.7	24.9	25.0	25.0
式(I)之值	91.9	92.3	92.4	91.2	90.7	90.3
式(II)之值	252	252	252	252	253	254
式(I)/式(II)×100	36.4	36.6	36.7	36.1	35.8	35.5
平均熱膨脹係數 $\alpha$ (×10 <sup>-7</sup> /K)	36	36	36	37	36	37
密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.52	2.53	2.52	2.53	2.53	2.54
應變點(°C)	734	729	731	(721)	(722)	(722)
Tg(°C)	789	786	787	779	789	787
楊氏模數E(GPa)	92	92	93	91	93	92
T <sub>2</sub> [log $\eta$ =2](°C)	1634	1599	1630	1624	1628	1634
T <sub>4</sub> [log $\eta$ =4](°C)	1290	1270	1289	1286	1288	1293
表面失透溫度T <sub>c</sub> (°C)	1295	1340	1360	1295	1305	1305
T <sub>c</sub> - T <sub>4</sub> (°C)	5	70	71	9	17	12
log(表面失透黏度 $\eta_c$ (dPa · s))	4.0	3.4	3.5	3.9	3.9	3.9
比彈性模數(MN · m/kg)	36.5	36.4	36.7	36.1	36.7	36.1
光彈性常數C(nm/MPa/cm)	(25.3)	(24.9)	(25.3)	(25.8)	(25.9)	(26.0)
$\alpha \cdot E \cdot C$ (×10 <sup>-7</sup> /K)	(8.5)	(8.2)	(8.3)	(8.8)	(8.8)	(8.7)
BHF霧度	○	○	○	○	○	○

【0070】 [表2]

表2

(mol%)	例7	例8	例9	例10	例11	例12
SiO <sub>2</sub>	66.0	64.3	68.0	69.0	68.5	66.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.3	15.2	13.0	13.0	14.0	14.7
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.0	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0
MgO	13.5	10.5	12.5	13.0	14.5	13.0
CaO	3.2	8.3	4.5	3.0	1.0	4.3
SrO	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
BaO	0	0	0	0	0	0
Li <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0
Na <sub>2</sub> O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0
$\beta$ -OH(mm <sup>-1</sup> )	(0.25)	(0.25)	(0.25)	(0.25)	(0.25)	(0.25)
MgO+CaO+SrO+BaO	17.7	19.8	18.0	17.0	16.5	18.3
MgO/(MgO+CaO+SrO+BaO)	0.76	0.53	0.69	0.76	0.88	0.71
(MgO+CaO)/(SrO+BaO)	16.7	18.8	17.0	16.0	15.5	17.3
MgO/CaO	4.2	1.3	2.8	4.3	14.5	3.0
MgO+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27.8	25.7	25.5	26.0	28.5	27.7
式(I)之值	91.2	92.2	90.4	90.1	91.2	92.0
式(II)之值	251	256	251	250	250	253
式(I)/式(II)×100	36.3	36.0	36.0	36.0	36.5	36.4
平均熱膨脹係數 $\alpha(\times 10^{-7}/K)$	34(34)	39	35	35	30	35(35)
密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.51(2.51)	2.56	2.51	2.49	2.49	2.52(2.53)
應變點(°C)	726(725)	738	731	733	740	733(735)
Tg(°C)	786(779)	791	786	787	791	796(795)
楊氏模數E(GPa)	91(90)	92	91	91	92	92(93)
T <sub>2</sub> [log $\eta$ =2](°C)	1625(1633)	1604	1664	1684	1666	1630(1632)
T <sub>4</sub> [log $\eta$ =4](°C)	1280(1289)	1273	1307	1322	1312	1290(1283)
表面失透溫度T <sub>c</sub> (°C)	1335(1336)	1285	1325(1318)	1355	(1362)	(1330)
T <sub>c</sub> -T <sub>4</sub> (°C)	55(47)	12	18(11)	33	(50)	(47)
log(表面失透黏度 $\eta_c$ (dPa·s))	3.6(3.6)	3.9	3.9(3.9)	3.7	(3.6)	(3.7)
比彈性模數(MN·m/kg)	36.4(36.0)	36.1	36.1	36.4	36.9	36.5(36.6)
光彈性常數C(nm/MPa/cm)	(25.9)	(24.4)	(26.5)	(26.8)	(26.1)	(25.2)
$\alpha \cdot E \cdot C(\times 10^{-7}/K)$	(8.0)	(8.7)	(8.3)	(8.5)	(7.1)	(8.2)
BHF霧度	○	○	○	○	○	○

## 【0071】 [表3]

表3

(mol%)	例13	例14	例15	例16	例17	例18
SiO <sub>2</sub>	65.5	67.2	68.6	63.5	64.3	67.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.5	14.3	12.7	15.5	15.5	11.6
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.0	2.0	0.3	3.3	0	0
MgO	13.0	14.0	11.4	7.5	15.7	13.1
CaO	3.0	1.5	4.1	5.9	4.5	8.3
SrO	2.0	1.0	2.7	4.3	0	0
BaO	0	0	0.3	0	0	0
Li <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0
Na <sub>2</sub> O	0.01	0.01	0.01	0	0.03	0
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0.08	0
$\beta$ -OH(mm <sup>-1</sup> )	(0.25)	(0.25)	(0.2)	-	0.25	-
MgO+CaO+SrO+BaO	18.0	16.5	18.5	17.7	20.2	21.4
MgO/(MgO+CaO+SrO+BaO)	0.72	0.85	0.62	0.42	0.78	0.61
(MgO+CaO)/(SrO+BaO)	8.0	15.5	5.2	3.1	-	-
MgO/CaO	4.3	9.3	2.8	1.3	3.5	1.6
MgO+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28.5	28.3	24.1	23.0	31.2	24.6
式(I)之值	91.9	90.8	88.7	87.1	95.7	92.3
式(II)之值	255	249	256	258	254	253
式(I)/式(II)×100	36.1	36.4	34.6	33.8	37.7	36.5
平均熱膨脹係數 $\alpha(\times 10^{-7}/K)$	35(35)	32(32)	(36.6)	(39.6)	(35.0)	(39.0)
密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.55	2.49	(2.56)	(2.57)	2.55	2.53
應變點(°C)	736	731	(737)	(705)	(744)	(726)
Tg(°C)	797(790)	787(785)	(791)	(766)	(797)	783
楊氏模數E(GPa)	93	91	(89)	(85)	95	91
T <sub>2</sub> [log $\eta=2$ ](°C)	1643	1622	(1671)	(1623)	(1589)	(1612)
T <sub>4</sub> [log $\eta=4$ ](°C)	1297	1286	(1316)	(1280)	(1268)	(1265)
表面失透溫度T <sub>c</sub> (°C)	1355(1336)	1365(1357)	-	( $\leq 1315$ )	( $> 1288$ )	(1345)
T <sub>c</sub> -T <sub>4</sub> (°C)	58(39)	79(71)	-	$\leq 35$	( $> 20$ )	(80)
log(表面失透黏度 $\eta_c$ (dPa·s))	3.6(3.7)	3.4(3.5)	-	-	( $< 3.8$ )	( $< 3.4$ )
比彈性模數(MN·m/kg)	36.5	36.6	(34.8)	(33.1)	37.4	36.1
光彈性常數C(nm/MPa/cm)	(24.8)	(26.3)	(26.0)	(27.0)	(25.3)	(25.7)
$\alpha \cdot E \cdot C(\times 10^{-7}/K)$	(8.0)	(7.6)	(8.5)	(9.1)	(8.4)	(9.2)
BHF霧度	○	○	-	-	(×)	(×)

## 【0072】 [表4]

表4

(mol%)	例19	例20	例21	例22	例23
SiO <sub>2</sub>	65.0	68.5	62.4	64.4	65.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.8	13.8	16.0	13.8	13.5
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5	0.2	0.7	1.6	1.2
MgO	11.0	12.8	11.0	13.0	9.2
CaO	9.7	4.1	8.8	1.6	9.7
SrO	1.0	0.7	1.0	5.6	1.2
BaO	0	0	0	0	0
Li <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0
Na <sub>2</sub> O	0	0	0.08	0	0
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0
F	0	0	0.13	0	0
$\beta$ -OH(mm <sup>-1</sup> )	-	-	0.32	-	-
MgO + CaO + SrO + BaO	21.7	17.6	20.8	20.2	20.1
MgO/(MgO + CaO + SrO + BaO)	0.51	0.73	0.53	0.64	0.46
(MgO + CaO)/(SrO + BaO)	20.7	24.1	19.8	2.6	15.8
MgO/CaO	1.1	3.1	1.3	8.1	0.9
MgO + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.8	26.6	27.0	26.8	22.7
式(I)之值	91.7	91.1	93.8	89.5	90.2
式(II)之值	256	251	257	262	255
式(I)/式(II)×100	35.8	36.2	36.4	34.2	35.4
平均熱膨脹係數 $\alpha(\times 10^{-7}/k)$	(40.9)	(35.4)	39.7	(38.5)	39.6
密度(g/cm <sup>3</sup> )	(2.56)	(2.51)	(2.57)	(2.61)	2.55
應變點(°C)	(714)	(722)	(715)	(725)	712
T <sub>g</sub> (°C)	(770)	(807)	(773)	(788)	768
楊氏模數E(GPa)	(92)	(88)	(93)	(88)	92
T <sub>2</sub> [log $\eta$ =2](°C)	(1603)	(1663)	(1577)	(1615)	1616
T <sub>4</sub> [log $\eta$ =4](°C)	(1266)	(1317)	(1255)	(1270)	1279
表面失透溫度T <sub>c</sub> (°C)	( $\leq$ 1286)	-	( $\leq$ 1275)	-	1275
T <sub>c</sub> - T <sub>4</sub> (°C)	( $\leq$ 20)	-	( $\leq$ 20)	-	-4
log(表面失透黏度 $\eta_c$ (dPa·s))	( $\geq$ 3.8)	-	( $\geq$ 3.8)	-	4.0
比彈性模數(MN·m/kg)	(35.8)	(35.1)	(36.2)	(33.7)	36.0
光彈性常數C(nm/MPa/cm)	(25.1)	(25.0)	(24.5)	(25.9)	(25.7)
$\alpha \cdot E \cdot C(\times 10^{-7}/K)$	(9.4)	(7.8)	(9.0)	(8.8)	(9.4)
BHF霧度	-	(×)	-	-	-

## 【0073】 [表5]

表5

(mol%)	例24	例25	例26	例27	例28	例29	例30	例31
SiO <sub>2</sub>	66.0	66.0	66.0	66.0	65.9	63.3	65.9	66.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.0	14.0	14.0	13.4	14.0	14.7	14.0	14.0
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.9	0.9	0.9	1.2	0.9	2.0	0.9	0.9
MgO	12.1	11.5	12.1	11.5	12.1	13.5	12.1	12.1
CaO	6.0	6.6	6.6	7.4	6.6	5.2	6.6	6.6
SrO	1.0	1.0	0.4	0.5	0.4	0.8	0.4	0.4
BaO	0	0	0	0	0	0.5	0	0
Li <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0	0.05	0
Na <sub>2</sub> O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.05	0.05
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0	0.05	0
SnO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
ZrO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.010	0.012	0.008	0.011	0.007	0.015	0.008	0.008
Cl	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0.05	0.05	0.1	0	0	0
β-OH(mm <sup>-1</sup> )	(0.25)	(0.25)	(0.25)	(0.25)	(0.25)	(0.25)	(0.30)	(0.05)
MgO + CaO + SrO + BaO	19.1	19.1	19.1	19.3	19.1	20.0	19.1	19.1
MgO/(MgO + CaO + SrO + BaO)	0.63	0.60	0.63	0.59	0.63	0.67	0.63	0.63
(MgO + CaO)/(SrO + BaO)	18.1	18.1	46.8	37.5	46.8	14.4	46.8	46.8
MgO/CaO	2.0	1.7	1.8	1.6	1.8	2.6	1.8	1.8
MgO + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.1	25.5	26.1	24.9	26.1	28.2	26.1	26.1
式(I)之值	91.5	91.3	92.0	91.3	92.2	92.5	92.3	92.0
式(II)之值	254	254	252	252	252	255	252	252
式(I)/式(II)×100	36.1	36.0	36.5	36.2	36.5	36.3	36.6	36.4
平均熱膨脹係數α(×10 <sup>-7</sup> /K)	(37)	(37)	36	37	36	(38)	(37)	(37)
密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.53	2.53	2.51	2.52	2.52	(2.55)	(2.52)	(2.52)
應變點(°C)	(727)	(727)	732	722	728	(713)	(721)	(730)
Tg(°C)	(785)	(785)	790	782	787	(767)	(778)	(787)
楊氏模數E(GPa)	92	91	92	91	92	(92)	(92)	(92)
T <sub>2</sub> [logη=2](°C)	(1630)	(1630)	1623	1624	1622	(1590)	(1625)	(1625)
T <sub>4</sub> [logη=4](°C)	(1290)	(1290)	1282	1282	1281	(1260)	(1285)	(1285)
表面失透溫度T <sub>c</sub> (°C)	(<1370)	(<1370)	1300	1280	1320	(<1340)	(<1330)	(<1330)
T <sub>c</sub> - T <sub>4</sub> (°C)	(<80)	(<80)	18	-2	39	(<80)	(<45)	(<45)
log(表面失透黏度η <sub>c</sub> (dPa · s))	(≥3.4)	(≥3.4)	3.9	4.0	3.7	(≥3.4)	(≥3.9)	(≥3.9)
比彈性模數(MN · m/kg)	(36.2)	(36.0)	36.6	36.1	36.5	(36.0)	(36.5)	(36.5)
光彈性常數C(nm/MPa/cm)	(24.4)	(23.9)	(25.1)	(25.9)	(25.1)	(25.2)	(25.1)	(25.1)
α · E · C(×10 <sup>-7</sup> /K)	(8.2)	(8.1)	(8.4)	(8.8)	(8.3)	(8.7)	(8.4)	(8.4)
BHF霧度	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)

## 【0074】 [表6]

表6

(mol%)	例32	例33	例34	例35	例36	例37	例38	例39
SiO <sub>2</sub>	66.0	65.7	65.2	62.1	63.4	62.8	63.7	64.8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.0	13.9	13.7	16.6	14.9	18.6	15.2	13.6
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.9	0.9	1.3	1.3	1.9	0.6	1.1	1.3
MgO	12.1	12.1	12.6	15.8	15.3	8.9	10.1	13.0
CaO	6.6	6.6	6.1	1.8	1.4	8.5	9.3	6.0
SrO	0.4	0.4	0.7	0.8	3.1	0.4	0.6	1.0
BaO	0	0	0	1.5	0	0	0	0
Li <sub>2</sub> O	0.05	0	0	0.03	0	0	0	0
Na <sub>2</sub> O	0	0.08	0.13	0.04	0.06	0.09	0.006	0.03
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0.02	0.01	0.01	0.003	0
SnO <sub>2</sub>	0	0	0.3	0	0	0	0	0.3
ZrO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.015	0.012	0.014	0.007	0.002	0.016	0.005	0.012
Cl	0	0	0	0.31	0	0	0.27	0
F	0	0.3	0.02	0.03	0.01	0.08	0	0
$\beta$ -OH(mm <sup>-1</sup> )	(0.45)	(0.20)	(0.33)	(0.21)	(0.26)	(0.45)	(0.05)	(0.12)
MgO+CaO+SrO+BaO	19.1	19.0	19.4	19.9	19.8	17.8	20.0	20.0
MgO/(MgO+CaO+SrO+BaO)	0.63	0.63	0.65	0.79	0.77	0.50	0.51	0.65
(MgO+CaO)/(SrO+BaO)	46.8	46.8	26.7	7.7	5.4	43.5	32.3	18.9
MgO/CaO	1.8	1.8	2.1	8.8	10.9	1.0	1.1	2.2
MgO+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.1	26.0	26.3	32.4	30.2	27.5	25.3	26.6
式(I)之值	92.0	93.0	93.1	94.4	92.7	93.8	92.3	92.9
式(II)之值	252	252	253	259	257	256	255	254
式(I)/式(II)×100	36.4	36.8	36.9	36.4	36.0	36.7	36.2	36.6
平均熱膨脹係數 $\alpha$ (×10 <sup>-7</sup> /K)	(37)	(37)	(37)	(37)	(37)	(36)	(39)	(38)
密度(g/cm <sup>3</sup> )	(2.52)	(2.52)	(2.53)	(2.58)	(2.56)	(2.56)	(2.55)	(2.54)
應變點(°C)	(723)	(719)	(714)	(726)	(712)	(739)	(725)	(718)
Tg(°C)	(780)	(777)	(771)	(777)	(770)	(803)	(784)	(775)
楊氏模數E(GPa)	(92)	(92)	(92)	(93)	(92)	(94)	(92)	(92)
T <sub>2</sub> [log $\eta$ =2](°C)	(1625)	(1625)	(1615)	(1595)	(1590)	(1595)	(1590)	(1605)
T <sub>4</sub> [log $\eta$ =4](°C)	(1285)	(1285)	(1275)	(1265)	(1260)	(1285)	(1265)	(1270)
表面失透溫度T <sub>c</sub> (°C)	(<1330)	(<1330)	(<1355)	(<1345)	(<1340)	(<1365)	(<1345)	(<1350)
T <sub>c</sub> -T <sub>4</sub> (°C)	(<45)	(<45)	(<80)	(<80)	(<80)	(<80)	(<80)	(<80)
log(表面失透黏度 $\eta_c$ (dPa·s))	(≥3.9)	(≥3.9)	(≥3.4)	(≥3.4)	(≥3.4)	(≥3.4)	(≥3.4)	(≥3.4)
比彈性模數(MN·m/kg)	(36.5)	(36.5)	(36.3)	(36.1)	(36.0)	(36.7)	(36.1)	(36.2)
光彈性常數C(nm/MPa/cm)	(25.1)	(25.1)	(25.4)	(23.6)	(24.1)	(21.2)	(24.3)	(25.4)
$\alpha \cdot E \cdot C$ (×10 <sup>-7</sup> /K)	(8.4)	(8.4)	(8.6)	(8.2)	(8.2)	(7.2)	(8.7)	(8.8)
BHF霧度	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)

## 【0075】 [表7]

表7

(mol%)	例40	例41	例42	例43	例44	例45	例46	例47
SiO <sub>2</sub>	67.8	62.5	65.0	65.5	66.6	64.4	65.9	65.7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.0	19.0	13.4	14.0	14.4	16.7	14.0	13.1
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.0	4.5	1.2	0.8	0.9	1.6	1.0	0.9
MgO	12.5	11.5	12.6	12.2	11.3	10.9	12.0	12.1
CaO	4.5	1.3	6.6	6.5	5.4	5.1	6.0	6.6
SrO	1.0	1.0	0.6	0.5	1.3	1.3	1.0	0.4
BaO	0	0	0	0	0	0	0	0
Li <sub>2</sub> O	0	0	0	0.01	0	0	0.08	0
Na <sub>2</sub> O	0.01	0.02	0.05	0.04	0.08	0.02	0.06	0.07
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0.01	0	0	0	0
SnO <sub>2</sub>	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0
ZrO <sub>2</sub>	0	0	0	0.4	0	0	0	1.1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.009	0.017	0.009	0.013	0.011	0.041	0.034	0.006
Cl	0.11	0	0.18	0	0	0.22	0	0
F	0	0	0.6	0.03	0.02	0	0	0.05
β-OH(mm <sup>-1</sup> )	(0.25)	(0.30)	(0.12)	(0.39)	(0.20)	(0.18)	(0.14)	(0.31)
MgO + CaO + SrO + BaO	18.0	13.8	19.8	19.2	18.0	17.3	19.0	19.1
MgO/(MgO + CaO + SrO + BaO)	0.69	0.83	0.64	0.64	0.63	0.63	0.63	0.63
(MgO + CaO)/(SrO + BaO)	17.0	12.8	32.0	37.4	12.8	12.3	18.0	46.8
MgO/CaO	2.8	8.8	1.9	1.9	2.1	2.1	2.0	1.8
MgO + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.5	30.5	26.0	26.2	25.7	27.6	26.0	25.2
式(I)之值	91.0	91.5	93.8	93.5	91.1	91.7	91.8	95.1
式(II)之值	251	249	253	253	253	254	253	252
式(I)/式(II)×100	36.2	36.8	37.1	37.0	36.0	36.1	36.3	37.8
平均熱膨脹係數α(×10 <sup>-7</sup> /K)	(35)	(30)	(38)	(37)	(36)	(35)	(37)	(37)
密度(g/cm <sup>3</sup> )	(2.51)	(2.50)	(2.53)	(2.53)	(2.53)	(2.54)	(2.53)	(2.52)
應變點(°C)	(729)	(739)	(707)	(722)	(731)	(738)	(724)	(719)
Tg(°C)	(786)	(800)	(764)	(780)	(789)	(799)	(782)	(776)
楊氏模數E(GPa)	(91)	(90)	(92)	(92)	(91)	(92)	(92)	(92)
T <sub>2</sub> [logη=2](°C)	(1660)	(1595)	(1610)	(1620)	(1645)	(1615)	(1625)	(1630)
T <sub>4</sub> [logη=4](°C)	(1305)	(1285)	(1275)	(1285)	(1300)	(1290)	(1285)	(1285)
表面失透溫度T <sub>d</sub> (°C)	(<1385)	(<1365)	(<1355)	(<1365)	(<1380)	(<1370)	(<1365)	(<1365)
T <sub>c</sub> - T <sub>4</sub> (°C)	(<80)	(<80)	(<80)	(<80)	(<80)	(<80)	(<80)	(<80)
log(表面失透黏度η <sub>c</sub> (dPa · s))	(≥3.4)	(≥3.4)	(≥3.4)	(≥3.4)	(≥3.4)	(≥3.4)	(≥3.4)	(≥3.4)
比彈性模數(MN · m/kg)	(36.1)	(36.1)	(36.3)	(36.5)	(36.0)	(36.2)	(36.2)	(36.4)
光彈性常數C(nm/MPa/cm)	(26.1)	(22.6)	(25.6)	(24.9)	(25.0)	(23.2)	(25.2)	(25.7)
α · E · C(×10 <sup>-7</sup> /K)	(8.3)	(6.1)	(8.8)	(8.4)	(8.1)	(7.5)	(8.5)	(8.7)
BHF霧度	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)

## 【0076】 [表8]

表8

(mol%)	例48	例49	例50	例51	例52	例53	例54	例55
SiO <sub>2</sub>	70.0	64.0	63.4	64.2	64.0	61.3	63.8	65.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.0	17.0	15.4	14.8	15.5	17.6	15.1	14.9
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.2	3.1	2.8	2.4	1.1	1.3	1.1	1.3
MgO	14.0	11.4	13.4	14.1	15.7	16.7	15.7	14.8
CaO	2.3	3.5	3.1	3.6	2.4	0.4	1.9	2.0
SrO	0.5	1.0	1.8	0.9	1.0	0.3	0.9	1.0
BaO	0	0	0	0	0.2	2.2	1.3	0.9
Li <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0	0	0
Na <sub>2</sub> O	0.06	0.04	0.06	0.03	0.03	0.08	0.06	0.03
K <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0	0	0	0
SnO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0.1	0.2	0.1	0.2
ZrO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.031	0.024	0.026	0.015	0.009	0.014	0.026	0.004
Cl	0	0	0	0	0.34	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0
β-OH(mm <sup>-1</sup> )	(0.21)	(0.33)	(0.35)	(0.21)	(0.15)	(0.35)	(0.21)	(0.24)
MgO+CaO+SrO+BaO	16.8	15.9	18.3	18.6	19.3	19.6	19.8	18.7
MgO/(MgO+CaO+SrO+BaO)	0.83	0.72	0.73	0.76	0.81	0.85	0.79	0.79
(MgO+CaO)/(SrO+BaO)	32.6	14.9	9.2	19.6	15.1	6.8	8.0	8.8
MgO/CaO	6.1	3.3	4.3	3.9	6.6	41.8	8.3	7.4
MgO+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.0	28.4	28.8	28.9	31.2	34.3	30.8	29.7
式(I)之值	90.1	91.1	91.8	92.3	94.1	94.8	93.2	92.2
式(II)之值	248	251	253	252	255	261	258	255
式(I)/式(II)×100	36.4	36.3	36.2	36.7	37.0	36.4	36.2	36.1
平均熱膨脹係數α(×10 <sup>-7</sup> /K)	(32)	(33)	(36)	(35)	(35)	(37)	(37)	(36)
密度(g/cm <sup>3</sup> )	(2.48)	(2.51)	(2.53)	(2.52)	(2.54)	(2.60)	(2.57)	(2.55)
應變點(°C)	(733)	(731)	(714)	(720)	(732)	(730)	(726)	(729)
T <sub>g</sub> (°C)	(788)	(791)	(771)	(778)	(791)	(778)	(776)	(782)
楊氏模數E(GPa)	(90)	(91)	(91)	(92)	(94)	(93)	(92)	(92)
T <sub>2</sub> [logη=2](°C)	(1690)	(1609)	(1591)	(1598)	(1601)	(1595)	(1615)	(1630)
T <sub>4</sub> [logη=4](°C)	(1325)	(1285)	(1263)	(1267)	(1272)	(1266)	(1275)	(1288)
表面失透溫度T <sub>c</sub> (°C)	(<1405)	(<1365)	(<1343)	(<1347)	(<1352)	(<1346)	(<1355)	(<1368)
T <sub>c</sub> -T <sub>4</sub> (°C)	(<80)	(<80)	(<80)	(<80)	(<80)	(<80)	(<80)	(<80)
log(表面失透黏度η <sub>c</sub> (dPa·s))	(≥3.4)	(≥3.4)	(≥3.4)	(≥3.4)	(≥3.4)	(≥3.4)	(≥3.4)	(≥3.4)
比彈性模數(MN·m/kg)	(36.5)	(36.1)	(36.0)	(36.5)	(37.1)	(36.0)	(36.0)	(36.0)
光彈性常數C(nm/MPa/cm)	(27.0)	(23.7)	(24.5)	(24.7)	(23.3)	(23.2)	(24.7)	(24.9)
α·E·C(×10 <sup>-7</sup> /K)	(7.9)	(7.0)	(7.9)	(8.0)	(7.7)	(8.0)	(8.5)	(8.2)
BHF霧度	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)	(○)

【0077】 關於MgO+CaO+SrO+BaO為20%以下、MgO/CaO為1以上、MgO/(MgO+CaO+SrO+BaO)為0.5以上、MgO+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>為24%以上38%以下、及式(I)之值為90以上100以下之例1~14、24~55，其應變點為700°C以上740°C以下，密度為2.6 g/cm<sup>3</sup>以下，楊氏模數E為90 GPa以上

100 GPa以下，50~350°C下之平均熱膨脹係數 $\alpha$ 為 $30 \times 10^{-7}/K$ 以上 $39 \times 10^{-7}/K$ 以下，玻璃黏度變為 $10^2$  dPa·s時之溫度 $T_2$ 為1590°C以上1690°C以下，玻璃黏度變為 $10^4$  dPa·s時之溫度 $T_4$ 為1350°C以下，玻璃表面失透溫度( $T_c$ )與 $T_4$ 之差( $T_c - T_4$ )未達80°C，且比彈性模數為36 MN·m/kg以上。如上所述，若比彈性模數為36 MN·m/kg以上，則自重撓度變小。

【0078】關於式(I)之值未達90之例15，其楊氏模數E較低，未達90 GPa，比彈性模數較低，未達36 MN·m/kg。

關於MgO/(MgO + CaO + SrO + BaO)未達0.5、MgO + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>未達24%、及式(I)之值未達90之例16，其在50~350°C下之平均熱膨脹係數 $\alpha$ 較高，超過 $39 \times 10^{-7}/K$ ，楊氏模數E較低，未達90 GPa，且比彈性模數較低，未達36 MN·m/kg。

關於不含B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>及SrO、MgO + CaO + SrO + BaO超過20%之例17，其應變點較高，超過740°C，且玻璃黏度變為 $10^2$  dPa·s時之溫度 $T_2$ 較低，未達1590°C。

關於不含B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>及SrO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量未達12%、MgO + CaO + SrO + BaO超過20%之例18，其玻璃表面失透溫度( $T_c$ )為 $T_4 + 80^\circ C$ 以上。

關於MgO + CaO + SrO + BaO超過20%、MgO + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>未達24%之例19，其在0~350°C下之平均熱膨脹係數 $\alpha$ 較高，超過 $39 \times 10^{-7}/K$ ，且比彈性模數較低，未達36 MN·m/kg。

關於B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量未達0.3%之例20，其楊氏模數E較低，未達90 GPa，且比彈性模數較低，未達36 MN·m/kg。

關於MgO + CaO + SrO + BaO超過20%之例21，其在0~350°C下之平均熱膨脹係數 $\alpha$ 較高，超過 $39 \times 10^{-7}/K$ ，且玻璃黏度變為 $10^2$  dPa·s時之溫

度 $T_2$ 較低，未達 $1590^{\circ}\text{C}$ 。

關於 $\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO}$ 超過20%之例22，其密度較高，超過 $2.6 \text{ g/cm}^3$ ，且楊氏模數 $E$ 較低，未達90 GPa。

關於 $\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO}$ 超過20%、 $\text{MgO}/\text{CaO}$ 未達1、 $\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO})$ 未達0.5、 $\text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 未達24%之例23，其在 $0\sim 350^{\circ}\text{C}$ 下之平均熱膨脹係數 $\alpha$ 較高，超過 $39\times 10^{-7}/\text{K}$ 。

**【0079】** 參考特定形態對發明詳細地進行了說明，但本領域技術人員明瞭可於不脫離本發明之精神與範圍之情況下進行各種變更及修正。再者，本申請案基於2021年9月7日提出申請之日本專利申請案(特願2021-145677)，並以引用之形式援引其全部內容。又，引用至本文中之所有參考係整體引入。

[產業上之可利用性]

**【0080】** 本實施方式之無鹼玻璃較佳為用於顯示面板、半導體裝置、撓性裝置製造用之載體基板、半導體裝置製造用之載體基板、資訊記錄媒體、平面型天線、調光積層體、車輛用窗玻璃、音響用振動板。

## 【發明申請專利範圍】

### 【請求項1】

一種無鹼玻璃，其應變點為 $700^{\circ}\text{C}$ 以上 $740^{\circ}\text{C}$ 以下，密度為 $2.6\text{ g/cm}^3$ 以下，楊氏模數為 $90\text{ GPa}$ 以上 $100\text{ GPa}$ 以下， $50\sim 350^{\circ}\text{C}$ 下之平均熱膨脹係數為 $30\times 10^{-7}/\text{K}$ 以上 $39\times 10^{-7}/\text{K}$ 以下，玻璃黏度變為 $10^2\text{ dPa}\cdot\text{s}$ 時之溫度 $T_2$ 為 $1590^{\circ}\text{C}$ 以上 $1690^{\circ}\text{C}$ 以下，玻璃黏度變為 $10^4\text{ dPa}\cdot\text{s}$ 時之溫度 $T_4$ 為 $1350^{\circ}\text{C}$ 以下，玻璃表面失透溫度( $T_c$ )未達 $T_4 + 80^{\circ}\text{C}$ ，比彈性模數為 $36\text{ MN}\cdot\text{m/kg}$ 以上，

上述無鹼玻璃以氧化物基準之莫耳%表示，含有：

$\text{SiO}_2$  55%以上80%以下、

$\text{Al}_2\text{O}_3$  12%以上20%以下、

$\text{B}_2\text{O}_3$  0.3%以上5%以下、

$\text{MgO}$  5%以上18%以下、

$\text{CaO}$  0.1%以上12%以下、

$\text{SrO}$  0.1%以上8%以下、

$\text{BaO}$  0%以上6%以下；且

$\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO}$ 為20%以下，

$\text{MgO}/\text{CaO}$ 為1以上，

$\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO})$ 為0.5以上，

$\text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ 為24%以上38%以下，

於將式(I)設為 $(-3.125\times[\text{SiO}_2] - 2.394\times[\text{Al}_2\text{O}_3] - 3.511\times[\text{B}_2\text{O}_3] - 2.167\times[\text{MgO}] - 2.608\times[\text{CaO}] - 3.161\times[\text{SrO}] - 3.583\times[\text{BaO}] + 3.795\times 10^2)$ 時，式(I)之值為90以上100以下。

**【請求項2】**

如請求項1之無鹼玻璃，其中於將式(II)設為 $(0.213 \times [\text{SiO}_2] + 1.006 \times [\text{Al}_2\text{O}_3] - 0.493 \times [\text{B}_2\text{O}_3] + 1.158 \times [\text{MgO}] + 1.386 \times [\text{CaO}] + 3.092 \times [\text{SrO}] + 4.198 \times [\text{BaO}] + 2.004 \times 10^2)$ 時，式(I)/式(II) $\times 100$ 之值為36以上。

**【請求項3】**

如請求項1或2之無鹼玻璃，其中 $(\text{MgO} + \text{CaO})/(\text{SrO} + \text{BaO})$ 為8以上。

**【請求項4】**

如請求項1至3中任一項之無鹼玻璃，其中於將 $50 \sim 350^\circ\text{C}$ 下之平均線膨脹係數設為 $\alpha$ ，將楊氏模數設為 $E$ ，將光彈性常數設為 $C$ 時，其等之乘積 $\alpha \cdot E \cdot C$ 為 $9.2 \times 10^{-7}/\text{K}$ 以下。

**【請求項5】**

如請求項1至4中任一項之無鹼玻璃，其光彈性常數為 $31 \text{ nm/MPa/cm}$ 以下。

**【請求項6】**

如請求項1至5中任一項之無鹼玻璃，其玻璃轉移點為 $730^\circ\text{C}$ 以上 $850^\circ\text{C}$ 以下。

**【請求項7】**

如請求項1至6中任一項之無鹼玻璃，其玻璃表面失透黏度為 $10^{3.4} \text{ dPa} \cdot \text{s}$ 以上。

**【請求項8】**

如請求項1至7中任一項之無鹼玻璃，其中以氧化物基準之莫耳%表

示，含有0~1%之 $ZrO_2$ 。

**【請求項9】**

如請求項1至8中任一項之無鹼玻璃，其中 $Li_2O$ 、 $Na_2O$ 及 $K_2O$ 之合計含量以氧化物基準之莫耳%表示，為0.2%以下。

**【請求項10】**

如請求項1至9中任一項之無鹼玻璃，其中以氧化物基準之莫耳%表示，含有0%以上0.5%以下之 $SnO_2$ 。

**【請求項11】**

如請求項1至10中任一項之無鹼玻璃，其中以莫耳%表示，含有0%以上1%以下之F。

**【請求項12】**

如請求項1至11中任一項之無鹼玻璃，其中玻璃之 $\beta-OH$ 值為0.05  $mm^{-1}$ 以上0.6  $mm^{-1}$ 以下。

**【請求項13】**

一種玻璃板，其係包含如請求項1至12中任一項之無鹼玻璃者，且至少一邊為2400 mm以上，厚度為1 mm以下。

**【請求項14】**

一種無鹼玻璃之製造方法，其係如請求項1至12中任一項之無鹼玻璃之製造方法，且藉由浮式法或熔融法來進行成形。