

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **040736**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.07.22

(51) Int. Cl. **C03C 3/095** (2006.01)
C03C 4/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
201990277

(22) Дата подачи заявки
2017.07.18

(54) **ЛИСТ СТЕКЛА С ВЫСОКИМ СВЕТОПРОПУСКАНИЕМ И ОКРАСКОЙ КРАЕВ ОТ ТЕПЛЫХ ТОНОВ ДО НЕЙТРАЛЬНОЙ ОКРАСКИ**

(31) **16180330.9**

(56) **US-A1-2006270545**

(32) **2016.07.20**

WO-A1-03064342

(33) **EP**

WO-A2-2005082799

(43) **2019.06.28**

(86) **PCT/EP2017/068123**

(87) **WO 2018/015382 2018.01.25**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
АГК ГЛАСС ЮРОП (BE)

(72) Изобретатель:
Ламбрихт Томас, Догимон Одри (BE)

(74) Представитель:
Квашин В.П. (RU)

(57) Изобретение относится к листу стекла, который характеризуется светопропусканием $LTD4 \geq 87\%$, имеет $a^* \geq 0$ и $b^* \geq 0$, при этом a^* и b^* измерены для листа толщиной 4 мм при прохождении света от источника света D65, 10°, SCI, и характеризуется составом, не содержащим сурьму и мышьяк, предусматривающим следующее: $SiO_2 - 40-78\%$; $0 < Al_2O_3 \leq 18\%$; $0 < B_2O_3 \leq 18\%$; $0 < Na_2O \leq 20\%$; $0 < CaO \leq 15\%$; $0 < MgO \leq 10\%$; $0 < K_2O \leq 10\%$; $0 < BaO \leq 5\%$, общее содержание железа (в пересчете на Fe_2O_3): 0,002-0,04%; эрбий (в пересчете на Er_2O_3): 0,003-0,1%; окислительно-восстановительное отношение $\leq 32\%$; $1,3*Fe_2O_3 \leq Er_2O_3 - 21,87*Cr_2O_3 - 53,12*Co \leq 2,6*Fe_2O_3$. Такой лист стекла характеризуется высоким светопропусканием и окраской краев от теплых тонов до нейтральной окраски. Изобретение является особенно применимым благодаря его эстетическим характеристикам в качестве строительного стекла или интерьерного стекла, как, например, применение в изготовлении мебели, или в качестве автомобильного стекла, или также в качестве покровного стекла для электронных устройств/дисплеев.

B1**040736****040736 B1**

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к листу стекла, который характеризуется высоким светопропусканием и окраской краев от теплых тонов до нейтральной окраски. Вследствие его эстетических качеств изобретение является особенно подходящим, в частности, для строительного стекла или интерьерного стекла, как, например, применение в изготовлении мебели, или для автомобильного стекла, или также для покровного стекла для электронных устройств/дисплеев.

Описание предшествующего уровня техники

В данной области техники "ультра-белые" или "сверхпрозрачные" стекла известны уже много лет в области солнечной энергетики или строительства вследствие их высокого свето- и/или энергопропускания. Данные стекла содержат малое количество железа и, следовательно, их также часто называют "стеклами с низким содержанием железа".

Железо в стекле находится в форме ионов трехвалентного железа Fe^{3+} и ионов двухвалентного железа Fe^{2+} . Присутствие ионов трехвалентного железа придает стеклу небольшое поглощение видимого света с короткой длиной волны и более высокое поглощение в ближней ультрафиолетовой области (полоса поглощения с центром при 380 нм), тогда как присутствие ионов двухвалентного железа (иногда представленных в виде оксида FeO) обеспечивает сильное поглощение в ближней инфракрасной области (полоса поглощения с центром при 1050 нм). Ионы трехвалентного железа обеспечивают светло-желтое окрашивание, тогда как ионы двухвалентного железа придают выраженный сине-зеленый цвет. Таким образом, повышение общего содержания железа (в обеих формах) усиливает поглощение в видимой области в ущерб пропусканию света.

Стекла с низким содержанием железа обычно характеризуются общим содержанием железа менее 0,04 вес.% или даже 0,02 вес.% (в пересчете на Fe_2O_3) и обычно считаются по сути бесцветными. Тем не менее известно, что, даже если такие стекла в форме листов могут считаться бесцветными при взгляде через их основные поверхности, их края кажутся значительно окрашенными (вследствие удлиненного пути просмотра). При рассмотрении листов традиционного солнцезащитного стекла с низким содержанием железа, например стекла Sunmax® от компании AGC Glass Europe, можно наблюдать, независимо от толщины листа, зеленовато-желтоватый оттенок краев стекла.

Даже если окрашенные края стекла приемлемы для многих областей применения (как, например, для применения в солнечных установках), возникают эстетические проблемы с зеленым/желтым оттенком края для других областей применения, в частности, если цвет края должен сочетаться с внутренним оформлением помещения или с другими частями мебели, частью которой является стекло; или если стекло расположено так, что оно непосредственно примыкает к объектам различных цветов, например в предметах мебели; или если листы стекла, такие как, например, рабочие поверхности столов или некоторые смартфоны, расположены таким образом, что их края находятся в прямом поле зрения наблюдателя.

Для решения данных эстетических проблем одним известным решением для избегания окрашивания краев сверхпрозрачного стекла является дополнительное снижение общего содержания железа в составе. Однако данное решение существенно увеличивает конечную стоимость стекла, поскольку для обеспечения очень низкого содержания железа требуются дорогостоящие очень чистые исходные материалы и/или также их очистка. Более того, оно ограничено минимальным уровнем железа по связанному с обработкой причинам (износ печи сильно ускорен, проблемы качества, снижение выхода, более высокий расход в связи с производством при низком содержании железа).

Помимо этого, также было предложено избегать нежелательного зеленого/желтого оттенка краев листов традиционного сверхпрозрачного стекла путем получения более приятного цвета (например, синего оттенка), который преобладает над исходным зеленым/желтым цветом.

Для получения краев с необходимым/приятным цветом в листах стекла с низким содержанием железа было описано несколько решений:

В EP0463607 B₁ предлагается, помимо сведения к минимуму содержания железа в стекле до менее 0,02 вес.% Fe_2O_3 (общее содержание железа), увеличить окислительно-восстановительное отношение (другими словами, повысить количество ионов двухвалентного железа Fe^{2+}) и, в частности, довести его до по меньшей мере 0,44. К сожалению, такое решение обеспечивает только получение листов стекла с краями, окрашенными в холодные тона (синевато-зеленоватого оттенка).

В US 6218323 B1 также предложено придание синего оттенка краям листа стекла путем введения кобальта в количестве в диапазоне 0,1-1 ppm (в виде CoO) в натриево-известково-силикатное стекло при общем содержании железа менее 0,03 вес.% (в виде Fe_2O_3). Однако такое решение имеет несколько недостатков: при промышленном изготовлении листа стекла, содержащего от 0,1 до 1 ppm CoO , может возникнуть следующая проблема: однородное смешивание и диспергирование таких малых количеств содержащих кобальт исходных материалов в стекольной шихте/расплаве стекла являются настолько непросто, что колебание содержания кобальта в стекле обычно является существенным. Более того, такие раскрытые составы обеспечивают получение листов стекла с краями, окрашенными в холодные тона (синего оттенка).

Другое решение (описанное в WO 2005082799 A2) для получения приятного оттенка краев листа стекла с высоким светопропусканием заключается в применении значительного количества оксида церия

(примеры содержат от 0,035 до 0,1 вес.% CeO_2), действующего как "обесцвечивающее вещество" для стекла посредством окисления окрашивающих частиц двухвалентного железа. Однако это не считается достаточным для придания краям листа стекла необходимого цвета. Таким образом, для компенсации полученного в результате нежелательного цвета, вызванного частицами трехвалентного железа, образованными путем добавления CeO_2 к стеклу, добавляли оксид эрбия (примеры содержат от 0,06 до 0,1 вес.%). Однако такое решение не обеспечивает получение листов стекла с краями, окрашенными в теплые тона. Более того, вследствие присутствия значительных количеств церия полученные в результате листы стекла крайне подвержены явлению, известному как "соляризация", при котором светопропускание стекла уменьшается с течением времени вследствие воздействия ультрафиолетового излучения, присутствующего в солнечном свете. Наконец, данные высокие количества церия и эрбия, которые являются весьма дорогими материалами, приводят в результате к значительному повышению стоимости стекла.

В US 2015/0045202 A1 раскрыты листы стекла с высоким светопропусканием и с составом, предусматривающим, в частности, низкое содержание железа (от 0,012 до 0,018 вес.%), Er_2O_3 (от 0,04 до 0,05 вес.%) и SnO_2 в качестве восстанавливающего средства (от 0,035 до 0,09 вес.%). К сожалению, такие раскрытые составы обеспечивают только получение листов стекла с краями, окрашенными в холодные тона (от нейтрального до слегка синеватого оттенка), и более низким светопропусканием, связанным с их более высоким окислительно-восстановительным отношением, вызванным присутствием значительных количеств восстанавливающего SnO_2 .

Следовательно, основная часть решений, представленных в уровне техники, для придания более приятного оттенка натуральному зеленовато-желтоватому оттенку краев листа стекла с низким содержанием железа обеспечивает получение краев, окрашенных в холодные тона, в частности краев синего цвета.

Несмотря на это все еще присутствует необходимость в листах стекла с высоким пропусканием света в видимой области в сочетании с эстетически приятными краями, окрашенными в теплые тона (например для сочетания/гармонирования с окружающей деревянной мебелью), на рынке стекла. В данном контексте, в EP 0463606 B1 описано, что при низком содержании железа, составляющем менее 0,02 вес.% Fe_2O_3 (общее содержание железа), можно добавлять селен в очень низких количествах (0,3-2 ppm) для получения листов стекла с краями, окрашенными в древесные или медовые тона. При необходимости можно необязательно добавлять кобальт в количестве не более 3 ppm (CoO) с получением краев с более нейтральной окраской, приближающейся к серой. К сожалению, такие малые количества селена, который известен как очень летучее соединение, при производстве стекла создают серьезные проблемы в отношении поддержания устойчивого количества и, следовательно, стабильности цвета конечной стекольной продукции.

"Теплый тон" в тексте настоящего изобретения означает цвет, который определен положительными координатами в системе a^*b^* или, другими словами, цвет, который находится в первой четверти диаграммы a^*b^* . Теплый тон в настоящем изобретении включает, например, древесный тон, медовый тон, а также практически нейтральный тон, близкий к координате 0;0 на диаграмме a^*b^* , но в первой четверти. Для сравнения, листы традиционного солнцезащитного стекла с низким содержанием железа из уровня техники, как, например, стекло Sunmax® от AGC Glass Europe, характеризуются отрицательным значением a^* и положительным значением b^* (таким образом, располагаясь в четвертой четверти диаграммы a^*b^*).

Цели изобретения

Целью изобретения, в частности, является преодоление приведенных недостатков предшествующего уровня техники.

Более точно, одной целью настоящего изобретения является обеспечение листа стекла, характеризующегося высоким светопропусканием и характеризующегося окраской краев от теплых тонов до нейтральной/бесцветной окраски.

Другой целью настоящего изобретения является обеспечение листа стекла, характеризующегося высоким светопропусканием и характеризующегося окраской краев от теплых тонов до нейтральной/бесцветной окраски, при этом стекло получают без значительных проблем со стабильностью цвета.

Еще одной целью настоящего изобретения является обеспечение листа стекла, характеризующегося высоким светопропусканием и характеризующегося окраской краев от теплых тонов до нейтральной/бесцветной окраски, и который практически не подвержен соляризации.

Другой целью изобретения является предоставление решения, позволяющего избежать недостатков предшествующего уровня техники, которое является простым и, прежде всего, экономичным.

Подробное описание изобретения

Изобретение относится к листу стекла, который характеризуется светопропусканием $\text{LTD4} \geq 87\%$ и характеризуется составом, не содержащим сурьму и мышьяк, предусматривающим следующее:

общее содержание железа (в пересчете на Fe_2O_3): 0,002-0,04 вес.%;

эрбий (в пересчете на Er_2O_3): 0,003-0,1 вес.%;

окислительно-восстановительное отношение $\leq 32\%$;

$1,3 * \text{Fe}_2\text{O}_3 \leq \text{Er}_2\text{O}_3 - 21,87 * \text{Cr}_2\text{O}_3 - 53,12 * \text{Co} \leq 2,6 * \text{Fe}_2\text{O}_3$.

Следовательно, настоящее изобретение основано на новом и изобретательском подходе, поскольку оно позволяет найти решение в отношении недостатков предшествующего уровня техники. Действительно, авторы настоящего изобретения неожиданно обнаружили, что сочетание в не содержащей сурьму и мышьяк матрице стекла с низким содержанием железа: (i) эрбия в конкретных количествах (значительно более высоких количествах, чем для селена в известных стеклах с краями древесного тона); (ii) относительно низкого окислительно-восстановительного отношения; и (iii) следующей взаимосвязи между содержанием железа и содержанием эрбия (и хрома и кобальта, если присутствуют): $1,3 * Fe_2O_3 \leq Er_2O_3 - 21,87 * Cr_2O_3 - 53,12 * Co \leq 2,6 * Fe_2O_3$, обеспечивает получение листа стекла с высоким светопропусканием и с окраской краев от теплых тонов (положительные координаты a^*b^*) до нейтральной окраски, при этом стекло получают без значительных проблем со стабильностью цвета, и оно практически не подвержено соляризации.

В описании и формуле настоящего изобретения для измерения светопропускания листа стекла рассматривается общее пропускание света с источником света D65 (LTD) для листа толщиной 4 мм (LTD4) при телесном угле обзора 2° (в соответствии со стандартом ISO9050). Пропускание света представляет собой процент светового потока, испускаемого с длинами волн от 380 до 780 нм, который проходит через лист стекла.

В описании и формуле настоящего изобретения, и если указано иное, для оценки цвета листа стекла рассматриваются значения согласно CIE Lab: a^* и b^* , измеренные для листа толщиной 4 мм при прохождении света от источника света D65, 10° , SCI.

Другие признаки и преимущества настоящего изобретения будут более понятными после прочтения следующего описания предпочтительных вариантов осуществления, приведенных лишь в качестве иллюстративных и неограничивающих примеров.

По всему тексту настоящего изобретения при указании диапазона включены крайние точки, за исключением случаев, когда явно указано иное. Кроме того, все целые и дробные значения в числовом диапазоне включены безоговорочно, как если бы они были указаны явным образом. Также в тексте настоящего изобретения значения содержания приведены в процентах, за исключением явного указания иного (т.е. в ppm). Более того, также в тексте настоящего изобретения значения содержания в процентах представлены в процентах по весу (также упоминаются как вес.%) в пересчете на общий вес стекла. Более того, если приведен состав стекла, это относится к общему составу стекла.

Согласно настоящему изобретению лист стекла характеризуется составом, не содержащим сурьму. Это означает, что элемент, представляющий собой сурьму, преднамеренно не добавляют к стекольной шихте/исходным материалам и что, если он присутствует, содержание Sb_2O_3 в составе листа стекла достигает только уровня примеси, неизбежно включаемой при производстве. Предпочтительно состав листа стекла предусматривает содержание Sb_2O_3 , составляющее менее 0,01 вес.%. Предпочтительно состав листа стекла предусматривает содержание Sb_2O_3 , составляющее менее 0,005 вес.%. Более предпочтительно состав листа стекла предусматривает содержание Sb_2O_3 , составляющее менее 0,002 вес.%. Sb_2O_3 является вредным для окружающей среды и здоровья, поэтому его применение запрещено или по меньшей мере жестко контролируется, и, таким образом, его необходимо избегать. Кроме того, если лист стекла изготавливают посредством флоат-способа, при контакте с оловом происходит нежелательная реакция восстановления, придающая очень неприятную окраску, которая отрицательно влияет на достижение цели по настоящему изобретению.

Согласно настоящему изобретению лист стекла характеризуется составом, не содержащим мышьяк. Это означает, что элемент, представляющий собой мышьяк, преднамеренно не добавляют к стекольной шихте/исходным материалам и что, если он присутствует, содержание As_2O_3 в составе листа стекла достигает только уровня примеси, неизбежно включаемой при производстве. Предпочтительно состав листа стекла предусматривает содержание As_2O_3 , составляющее менее 0,01 вес.%. Предпочтительно состав листа стекла предусматривает содержание As_2O_3 , составляющее менее 0,005 вес.%. Более предпочтительно состав листа стекла предусматривает содержание As_2O_3 , составляющее менее 0,002 вес.%. As_2O_3 является вредным для окружающей среды и здоровья, поэтому его применение запрещено или по меньшей мере жестко контролируется, и, таким образом, его необходимо избегать. Кроме того, если лист стекла изготавливают посредством флоат-способа, при контакте с оловом происходит нежелательная реакция восстановления, придающая очень неприятную окраску, которая отрицательно влияет на достижение цели по настоящему изобретению.

Предпочтительно лист стекла согласно настоящему изобретению преимущественно характеризуется LTD4 $\geq 88\%$, $\geq 89\%$, или даже $\geq 90\%$, или лучше $\geq 90,5\%$, $\geq 90,75\%$, или даже еще лучше $\geq 91\%$, $\geq 91,15\%$, $\geq 91,2\%$, $\geq 91,3\%$.

Лист стекла согласно настоящему изобретению характеризуется $a^* \geq 0$ и $b^* \geq 0$, причем a^* и b^* измерены для листа толщиной 4 мм при прохождении света от источника света D65, 10° , SCI.

Лист стекла согласно настоящему изобретению может иметь различные и относительно большие размеры. Он может иметь размеры, например, в диапазоне не более 3,21 м \times 6 м, или 3,21 м \times 5,50 м, или 3,21 м \times 5,10 м, или 3,21 м \times 4,50 м (лист стекла "PLF"), или также, например, 3,21 м \times 2,55 м или 3,21 м \times

2,25 м (лист стекла "DLF").

Лист стекла согласно настоящему изобретению может характеризоваться толщиной от 0,1 до 30 мм. Преимущественно в случае применения в сенсорных панелях лист стекла согласно настоящему изобретению может характеризоваться толщиной от 0,1 до 6 мм. Предпочтительно в случае применения в сенсорных экранах по соображениям веса толщина листа стекла согласно настоящему изобретению составляет от 0,1 до 2,2 мм. В качестве альтернативы, предпочтительно для любого применения, отличного от применения в экранах, по сути по соображениям механической прочности, толщина листа стекла согласно настоящему изобретению составляет от 4 до 12 мм.

Предпочтительно стекло по настоящему изобретению представляет собой полностью аморфный материал, тем самым исключая любой кристаллический материал, даже частично кристаллический материал (такие как, например, стеклокристаллические или стеклокерамические материалы).

Лист стекла согласно изобретению может представлять собой лист стекла, полученный посредством флотат-способа, способа вытягивания, способа проката или любого другого известного способа изготовления листа стекла, начиная с расплавленного состава стекла. Согласно предпочтительному варианту осуществления согласно данному изобретению лист стекла представляет собой лист флотат-стекла. Под термином "лист флотат-стекла" понимают лист стекла, образованный посредством способа изготовления флотат-стекла, который заключается в выливании расплавленного стекла в ванну расплавленного олова при восстанавливающих условиях. Лист флотат-стекла, известным образом, содержит "оловянную поверхность", то есть поверхность, обогащенную оловом, в теле стекла вблизи поверхности листа. Под термином "обогащенный оловом" понимают увеличение концентрации олова по сравнению с составом стекла в сердцевине, которая может быть или может не быть практически нулевой (лишенной олова).

Согласно настоящему изобретению состав по настоящему изобретению предусматривает следующее общее содержание железа (в пересчете на Fe_2O_3): 0,002-0,04 вес.%. В описании настоящего изобретения, когда речь идет об общем содержании железа в составе стекла, "общее содержание железа" и " Fe_2O_3 " используются в равной степени. Согласно одному варианту осуществления состав предусматривает общее содержание железа $\geq 0,004$ вес.%. Предпочтительно состав предусматривает общее содержание железа $\geq 0,005$ вес.%. Более предпочтительно состав предусматривает общее содержание железа $\geq 0,006$ вес.% или даже $\geq 0,007$ вес.%. Данные повышенные минимальные значения позволяют избежать излишнего удорожания стекла, поскольку для обеспечения таких низких значений содержания железа часто требуются дорогостоящие, очень чистые исходные материалы, а также их очистка. Предпочтительно состав предусматривает общее содержание железа $\leq 0,03$ вес.%. Более предпочтительно состав предусматривает общее содержание железа $\leq 0,02$ вес.%, или даже $\leq 0,015$ вес.%, или даже лучше $\leq 0,01$ вес.%. Данные сниженные максимальные значения общего содержания железа обеспечивают достижение все более и более высоких значений светопропускания. Чтобы избежать какой-либо неясности в данном документе, каждый вариант осуществления, касающийся более низких пределов содержания Fe_2O_3 , конечно же независимо можно объединять с любым возможным вариантом осуществления, касающимся более высоких пределов содержания Fe_2O_3 .

Согласно настоящему изобретению состав по настоящему изобретению предусматривает эрбий (в пересчете на Er_2O_3) в следующем количестве: 0,003-0,1 вес.%. Предпочтительно состав предусматривает $\text{Er}_2\text{O}_3 \geq 0,005$ вес.%. Более предпочтительно состав предусматривает $\text{Er}_2\text{O}_3 \geq 0,01$ вес.%, или даже $\geq 0,015$ вес.%, или даже лучше $\geq 0,02$ вес.%. Эти минимальные значения позволяют лучшим образом достичь необходимого цвета. Предпочтительно состав предусматривает $\text{Er}_2\text{O}_3 \leq 0,08$ вес.%, или лучше $\leq 0,06$ вес.%, или даже лучше $\leq 0,05$ вес.%. Эти сниженные максимальные значения позволяют (i) избежать сильного удорожания стекла, поскольку исходные материалы для эрбия очень дорогие, (ii) не слишком ухудшить светопропускание и (iii) избежать слишком выраженного явления дихроизма. Чтобы избежать какой-либо неясности в данном документе, каждый вариант осуществления, касающийся более низких пределов содержания Er_2O_3 , конечно же независимо можно объединять с любым возможным вариантом осуществления, касающимся более высоких пределов содержания Er_2O_3 .

Согласно настоящему изобретению состав по настоящему изобретению предусматривает: $13*\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq \text{Er}_2\text{O}_3 - 21,87*\text{Cr}_2\text{O}_3 - 53,12*\text{Co} \leq 2,6*\text{Fe}_2\text{O}_3$. В настоящем изобретении предполагается, что хром и кобальт представляют собой только необязательные компоненты. В данном составе все количества должны быть выражены в одинаковых единицах (вес.% или ppm).

Предпочтительно состав предусматривает: $1,4*\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq \text{Er}_2\text{O}_3 - 21,87*\text{Cr}_2\text{O}_3 - 53,12*\text{Co}$. Более предпочтительно состав предусматривает: $1,5*\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq \text{Er}_2\text{O}_3 - 21,87*\text{Cr}_2\text{O}_3 - 53,12*\text{Co}$, или даже $1,7*\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq \text{Er}_2\text{O}_3 - 21,87*\text{Cr}_2\text{O}_3 - 53,12*\text{Co}$, или еще лучше $1,8*\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq \text{Er}_2\text{O}_3 - 21,87*\text{Cr}_2\text{O}_3 - 53,12*\text{Co}$. Данные минимальные значения позволяют лучшим образом достичь необходимого цвета и высокого светопропускания. Предпочтительно состав предусматривает: $\text{Er}_2\text{O}_3 - 21,87*\text{Cr}_2\text{O}_3 - 53,12*\text{Co} \leq 2,4*\text{Fe}_2\text{O}_3$. Более предпочтительно состав предусматривает: $\text{Er}_2\text{O}_3 - 21,87*\text{Cr}_2\text{O}_3 - 53,12*\text{Co} \leq 2,2*\text{Fe}_2\text{O}_3$ или даже $\text{Er}_2\text{O}_3 - 21,87*\text{Cr}_2\text{O}_3 - 53,12*\text{Co} \leq 2*\text{Fe}_2\text{O}_3$. Данные максимальные значения также позволяют лучшим образом достичь необходимого цвета и высокого светопропускания. Чтобы избежать какой-либо неясности в данном документе, каждый вариант осуществления, касающийся более низких пределов содержания,

конечно же независимо можно объединять с любым возможным вариантом осуществления, касающимся более высоких пределов содержания.

Согласно настоящему изобретению состав по настоящему изобретению характеризуется окислительно-восстановительным отношением $\leq 32\%$. Окислительно-восстановительное отношение в настоящем изобретении соответствует таковому, принятому в данной области техники, связанной с разработкой составов стекла, и определяется как отношение содержания Fe^{2+} (в пересчете на Fe_2O_3) к общему содержанию железа (в пересчете на Fe_2O_3). Согласно одному варианту осуществления данного изобретения состав по настоящему изобретению характеризуется окислительно-восстановительным отношением $\leq 30\%$. Предпочтительно состав по настоящему изобретению характеризуется окислительно-восстановительным отношением $\leq 28\%$, или даже $\leq 26\%$, или даже лучше $\leq 25\%$. Такие низкие значения окислительно-восстановительного потенциала позволяют достичь более высокого уровня светопропускания и позволяют более легко достичь "первой четверти" (положительные $a*b^*$) путем применения Er_2O_3 согласно настоящему изобретению.

По уже упомянутым выше причинам (для избегания явления соляризации) и согласно предпочтительному варианту осуществления состав листа стекла включает содержание церия (в пересчете на CeO_2) $\leq 0,05$ вес.%. Предпочтительно состав листа стекла предусматривает содержание церия (в пересчете на CeO_2) $\leq 0,03$ вес.% или даже $\leq 0,01$ вес.%. Более предпочтительно состав листа стекла не содержит CeO_2 . Это означает, что элемент, представляющий собой церий, преднамеренно не добавляют к стекольной шихте/исходным материалам и что, если он присутствует, его содержание в составе листа стекла достигает только уровня примеси, неизбежно включаемой при производстве.

Согласно другому варианту осуществления состав листа стекла предусматривает содержание ZnO , составляющее менее 0,1 вес.%. Предпочтительно состав листа стекла предусматривает содержание ZnO , составляющее менее 0,01 вес.%. Более предпочтительно состав листа стекла не содержит ZnO . Это означает, что элемент, представляющий собой цинк, преднамеренно не добавляют к стекольной шихте/исходным материалам и что, если он присутствует, содержание ZnO в составе листа стекла достигает только уровня примеси, неизбежно включаемой при производстве.

Согласно еще одному варианту осуществления состав листа стекла предусматривает содержание SrO , составляющее менее 0,1 вес.%. Предпочтительно состав листа стекла предусматривает содержание SrO , составляющее менее 0,01 вес.%. Более предпочтительно состав листа стекла не содержит SrO . Это означает, что элемент, представляющий собой стронций, преднамеренно не добавляют к стекольной шихте/исходным материалам и что, если он присутствует, содержание SrO в составе листа стекла достигает только уровня примеси, неизбежно включаемой при производстве.

Согласно еще одному варианту осуществления состав листа стекла предусматривает содержание SnO_2 , составляющее менее 0,1 вес.%. Содержание SnO_2 в данном документе означает содержание SnO_2 в общем объеме листа стекла, исключая так называемую "оловянную поверхность" в случае листа флоат-стекла. Предпочтительно состав листа стекла предусматривает содержание SnO_2 , составляющее менее 0,03 вес.%. Более предпочтительно состав листа стекла предусматривает содержание SnO_2 , составляющее менее 0,01 вес.%. В наиболее предпочтительном варианте осуществления состав листа стекла не содержит SnO_2 . Это означает, что элемент, представляющий собой олово, преднамеренно не добавляют к стекольной шихте/исходным материалам и что, если он присутствует, содержание SnO_2 в составе листа стекла достигает только уровня примеси, неизбежно включаемой при производстве. Если присутствует, SnO_2 имеет склонность увеличивать окислительно-восстановительное отношение, таким образом, снижая светопропускание и обеспечивая холодные оттенки в стекле.

Лист стекла согласно настоящему изобретению выполнен из стекла, которое может относиться к различным категориям. Таким образом, стекло может представлять собой стекло натриево-кальциево-силикатного, алюмосиликатного или боросиликатного типа и т.п. Предпочтительно состав листа стекла предусматривает следующее, выраженное в процентах по весу в пересчете на общий вес стекла:

SiO_2	40-78%;
Al_2O_3	0-18%;
B_2O_3	0-18%;
Na_2O	0-20%;
CaO	0-15%;
MgO	0-10%;
K_2O	0-10%;
BaO	0-5%.

Более предпочтительно, особенно по причине низких затрат на производство, чтобы состав стекла представлял собой состав стекла натриево-кальциево-силикатного типа. Согласно данному варианту осуществления под "стеклом натриево-кальциево-силикатного типа" подразумевают, что состав основной матрицы стекла предусматривает следующее, выраженное в процентах по весу в пересчете на общий вес стекла:

SiO ₂	60-78 вес. %;
Al ₂ O ₃	0-8 вес. %;
B ₂ O ₃	0-4 вес. %;
CaO	0-15 вес. %;
MgO	0-10 вес. %;
Na ₂ O	5-20 вес. %;
K ₂ O	0-10 вес. %;
BaO	0-5 вес. %.

Согласно данному варианту осуществления предпочтительно состав основной матрицы стекла предусматривает следующее, выраженное в процентах по весу в пересчете на общий вес стекла:

SiO ₂	60-78 вес. %;
Al ₂ O ₃	0-6 вес. %;
B ₂ O ₃	0-1 вес. %;
CaO	5-15 вес. %;
MgO	0-8 вес. %;
Na ₂ O	10-20 вес. %;
K ₂ O	0-10 вес. %;
BaO	0-1 вес. %.

В предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения состав предусматривает следующее, выраженное в процентах по весу в пересчете на общий вес стекла:

$$65 \leq \text{SiO}_2 \leq 78 \text{ вес. \%};$$

$$5 \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 20 \text{ вес. \%};$$

$$0 \leq \text{K}_2\text{O} < 5 \text{ вес. \%};$$

$$1 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 < 6 \text{ вес. \%};$$

$$0 \leq \text{CaO} < 4,5 \text{ вес. \%};$$

$$4 \leq \text{MgO} \leq 12 \text{ вес. \%};$$

$$(\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO})) \geq 0,5.$$

В другом предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения состав предусматривает следующее, выраженное в процентах по весу в пересчете на общий вес стекла:

$$65 \leq \text{SiO}_2 \leq 78\%;$$

$$5 \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 20\%;$$

$$0 \leq \text{K}_2\text{O} < 5\%;$$

$$3 < \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 5\%;$$

$$0 < \text{CaO} < 4,5\%;$$

$$4 \leq \text{MgO} \leq 12\%;$$

$$0,88 \leq [\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{CaO})] < 1.$$

В другом предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения состав предусматривает следующее, выраженное в процентах по весу в пересчете на общий вес стекла:

$$60 \leq \text{SiO}_2 \leq 78\%;$$

$$5 \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 20\%;$$

$$0,9 < \text{K}_2\text{O} \leq 12\%;$$

$$4,9 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 8\%;$$

$$0,4 < \text{CaO} < 2\%;$$

$$4 < \text{MgO} \leq 12\%.$$

В другом предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения состав предусматривает следующее, выраженное в процентах по весу в пересчете на общий вес стекла:

$$65 \leq \text{SiO}_2 \leq 78 \text{ вес. \%};$$

$$5 \leq \text{Na}_2\text{O} \leq 20 \text{ вес. \%};$$

$$1 \leq \text{K}_2\text{O} < 8 \text{ вес. \%};$$

$$1 \leq \text{Al}_2\text{O}_3 < 6 \text{ вес. \%};$$

$$2 \leq \text{CaO} < 10 \text{ вес. \%};$$

$$0 \leq \text{MgO} \leq 8 \text{ вес. \%};$$

$$\text{K}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}): 0,1-0,7.$$

В частности, примеры состава для основной матрицы стекла согласно данному изобретению описаны в публикациях заявок на патент согласно PCT WO 2015/150207 A1 и WO 2015/150403 A1, в зарегист-

рированных заявках на патент согласно PCT PCT/EP2015/078305 и PCT/EP2016/058090 и в заявке на патент EP № 16176447.7.

Вышеуказанные составы с высоким содержанием MgO являются особенно подходящими, поскольку они обеспечивают повышение пропускания света за счет снижения в 6 раз содержания ионов Fe^{2+} в матрице стекла, следовательно, уменьшая интенсивный пик поглощения Fe^{2+} в конце видимого/ближнем ИК-диапазонах. Аналогичным образом было показано (например, в US 20100304949 A1), что составы стекла с более высоким количеством K_2O обеспечивают повышение светопропускания, что делает указанные выше составы, содержащие K_2O , особенно хорошо подходящими для целей настоящего изобретения.

Преимущественно лист стекла по настоящему изобретению может быть закален, механически или химически. Он также может быть согнут/закруглен или в общем случае деформирован для достижения какой-либо необходимой конфигурации (средством гнутья в холодном состоянии, термоформования и т.д.). Он также может быть многослойным.

Согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения лист стекла покрыт по меньшей мере одним прозрачным и электропроводящим тонким слоем. Прозрачный и проводящий тонкий слой согласно настоящему изобретению, например, может представлять собой слой на основе $SnO_2:F$, $SnO_2:Sb$ или ИТО (оксид индия и олова), $ZnO:Al$ или также $ZnO:Ga$.

Согласно другому преимущественному варианту осуществления настоящего изобретения лист стекла покрыт по меньшей мере одним противоотражающим слоем. Данный вариант осуществления, безусловно, является преимущественным в случае применения листа стекла по настоящему изобретению в качестве передней поверхности экрана. Противоотражающий слой согласно настоящему изобретению, например, может представлять собой слой на основе пористого диоксида кремния с низким показателем преломления или он может состоять из нескольких слоев (пакет), в частности пакета слоев диэлектрического материала с чередованием слоев с низкими и высокими показателями преломления и конечным слоем с низким показателем преломления.

Согласно другому варианту осуществления лист стекла покрывают по меньшей мере одним слоем, устойчивым к появлению отпечатков пальцев, или обрабатывают для снижения или предотвращения фиксации отпечатков пальцев. Данный вариант осуществления также является преимущественным в случае применения листа стекла согласно настоящему изобретению в качестве передней поверхности сенсорного экрана. Такой слой или такая обработка могут быть объединены с прозрачным и электропроводящим тонким слоем, нанесенным на противоположную сторону. Такой слой можно объединять с противоотражающим слоем, нанесенным на ту же поверхность, при этом слой, устойчивый к появлению отпечатков пальцев, расположен на внешней стороне пакета и покрывает, таким образом, противоотражающий слой.

Согласно еще одному варианту осуществления лист стекла покрывают по меньшей мере одним слоем или обрабатывают для снижения или предотвращения блеска и/или сверкания. Данный вариант осуществления, конечно, является преимущественным в случае применения листа стекла по настоящему изобретению в качестве передней поверхности устройства отображения. Такая обработка против блеска или против сверкания, например, представляет собой кислотное травление с получением особой шероховатости обработанной поверхности листа стекла.

Согласно еще одному варианту осуществления лист стекла обрабатывали с получением антибактериальных свойств (т.е. посредством известной обработки серебром). Такая обработка также является преимущественной в случае применения листа стекла по настоящему изобретению в качестве передней поверхности устройства отображения.

Согласно еще одному варианту осуществления лист стекла покрывают по меньшей мере одним слоем краски, в том числе эмалью, органической краской, лаком и т.д. Данный слой краски преимущественно может быть окрашенным в определенный цвет или быть белым. Согласно данному варианту осуществления лист стекла может быть покрыт по меньшей мере на одной поверхности полностью или только частично.

Согласно необходимым областям применения и/или свойствам другие слой(слои)/обработка(обработки) могут быть нанесены/выполнены на одной и/или другой поверхности листа стекла согласно настоящему изобретению.

Листы стекла по настоящему изобретению представляют особый интерес при включении в/связи с/применении в качестве таких различных объектов как: мебель (столы, полки, стулья, двери и т.д.), электронные устройства, электроприборы, маркерные доски, комоды, двери душевых, стеновые панели, фасады, внутренние перегородки, освещение и т.д.

Далее варианты осуществления настоящего изобретения будут дополнительно описаны только в качестве примеров вместе с некоторыми сравнительными примерами, не находящимися в соответствии с настоящим изобретением. Следующие примеры представлены в целях иллюстрации и не предназначены для ограничения объема настоящего изобретения.

Примеры

Различные листы стекла согласно изобретению или сравнительные листы стекла либо (i) получали в промышленных условиях ("пром."), либо (ii) получали в лабораторных условиях ("лаб."), либо (iii) рассчитывали/моделировали ("модел.") с различными значениями общего содержания железа, содержания эрбия, хрома, кобальта и окислительно-восстановительного потенциала и с различными основными матрицами стекла.

Для получения в лабораторных условиях листов стекла (ПРИМ. 9.х, ПРИМ. 10.х) выполняли следующее. Порошкообразные исходные материалы смешивали вместе в количествах согласно целевому составу: основная матрица стекла, к которой добавляли исходные материалы, предусматривающие эрбий, железо и необязательно кобальт и хром (следует отметить, что железо уже по меньшей мере частично присутствует в исходных материалах основного состава в виде примеси). Смесь исходных материалов затем нагревали в электрической печи до температуры, обеспечивающей полное расплавление исходного материала.

Для листов стекла, полученных в промышленных условиях (ПРИМ. 11.х) выполняли следующее. Их получали традиционным образом в печи для изготовления флоат-стекла для массового производства.

Оптические свойства каждого листа стекла, полученного в лаборатории или промышленным образом, измеряли на спектрофотометре Perkin Elmer Lambda 950, оснащенном интегрирующей сферой диаметром 150 мм, и, в частности: светопрозрачность LTD4 определяли в соответствии со стандартом ISO9050 относительно толщины 4 мм при телесном угле обзора 2° (источник света D65) и для диапазона длин волн от 380 до 780 нм; параметры CIE L* a*b* определяли при прохождении света со следующими параметрами: источник света D65, 10°, толщина 4 мм.

Для моделирования/расчета листов стекла (ПРИМ. 1.х, ПРИМ. 2.х, ПРИМ. 3.х, ПРИМ. 4.х, ПРИМ. 5.х, ПРИМ. 6.х и ПРИМ. 7.х) выполняли следующее. Оптические свойства рассчитывали на основе оптических свойств разных красителей стекла (используя линейный коэффициент поглощения, определяемый для рассматриваемой основной матрицы стекла, для построения полных оптических спектров и вычисления параметров, представляющих интерес). Основной матрицей стекла, рассматриваемой при расчете, являлась следующая, соответствующая матрице стекла согласно заявке на патент EP № 16176447.7.

	Количество
	[вес. %]
SiO ₂	66,5
CaO	1,1
K ₂ O	1,0
Na ₂ O	16,2
SO ₃	0,4
Al ₂ O ₃	5,6
MgO	9,4

Некоторые листы традиционного известково-натриевого стекла из уровня техники и коммерчески доступные также оценивали в отношении оптических свойств в качестве сравнительных примеров (ПРИМ. 8.1, ПРИМ. 8.2, ПРИМ. 8.3). ПРИМ. 8.3 соответствует листу традиционного солнцезащитного стекла с низким содержанием железа из уровня техники (стекло Sunmax® от AGC Glass Europe).

Результаты.

Составы и оптические свойства для сравнительных примеров ("сравн."), а также примеров согласно настоящему изобретению ("по нас. изобр.") показаны в табл. 1-11.

Таблица 1

	ПРИМ. 1.1	ПРИМ. 1.2	ПРИМ. 1.3	ПРИМ. 1.4	ПРИМ. 1.5
	сравн.	сравн.	по наст.	по наст.	сравн.
	модел.				
Fe ₂ O ₃ (ppm)	100	100	100	100	100
Er ₂ O ₃ (ppm)	0	75	130	250	500
Cr ₂ O ₃ (ppm)	0	0	0	0	0
Co (ppm)	0	0	0	0	0
Окислительно-восстановительный	20	20	20	20	20
Er ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	0,00	0,75	1,30	2,50	5,00
[Er ₂ O ₃ -21,87*Cr ₂ O ₃ -53,12*Co]/Fe ₂ O ₃	0,00	0,75	1,30	2,50	5,00
a* (4 мм, D65,10°)	-0,06	-0,02	0,02	0,10	0,26
b* (4 мм, D65,10°)	0,13	0,11	0,10	0,06	-0,01
L* (4 мм, D65,10°)	96,70	96,68	96,67	96,65	96,60
LTD4 (% , D65, 2°)	91,71	91,67	91,65	91,59	91,47

Таблица 2

	ПРИМ. 2.1	ПРИМ. 2.2	ПРИМ. 2.3	ПРИМ. 2.4	ПРИМ. 2.5
	сравн.	сравн.	по наст. изобр.	по наст. изобр.	сравн.
	модел.				
Fe ₂ O ₃ (ppm)	100	100	100	100	100
Er ₂ O ₃ (ppm)	0	100	150	250	300
Cr ₂ O ₃ (ppm)	0	0	0	0	0
Co (ppm)	0	0	0	0	0
Окислительно-восстановительный	30	30	30	30	30
Er ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	0,00	1,00	1,50	2,50	3,00
[Er ₂ O ₃ -21,87*Cr ₂ O ₃ -53,12*Co]/Fe ₂ O ₃	0,00	1,00	1,50	2,50	3,00
a* (4 мм, D65,10°)	-0,09	-0,03	0,01	0,07	0,10
b* (4 мм, D65,10°)	0,08	0,05	0,03	0,00	-0,01
L* (4 мм, D65,10°)	96,68	96,66	96,65	96,63	96,62
LTD4 (% , D65, 2°)	91,65	91,60	91,58	91,53	91,51

Таблица 3

	ПРИМ. 3.1	ПРИМ 3.2	ПРИМ. 3.3	ПРИМ. 3.4
	сравн.	сравн.	по наст. изобр.	сравн.
	модел.			
Fe ₂ O ₃ (ppm)	400	400	400	400
Er ₂ O ₃ (ppm)	0	400	800	1200
Cr ₂ O ₃ (ppm)	0	0	0	0
Co (ppm)	0	0	0	0
Окислительно-восстановительный	22	22	22	22
Er ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	0,00	1,00	2,00	3,00
[Er ₂ O ₃ -21,87*Cr ₂ O ₃ -53,12*Co]/Fe ₂ O ₃	0,00	1,00	2,00	3,00
a* (4 мм, D65,10°)	-0,38	-0,12	0,14	0,39
b* (4 мм, D65,10°)	0,26	0,14	0,03	-0,08
L* (4 мм, D65,10°)	96,46	96,39	96,31	96,23
LTD4 (% , D65, 2°)	91,14	90,95	90,76	90,57

Таблица 4

	ПРИМ. 4.1	ПРИМ. 4.2	ПРИМ. 4.3	ПРИМ. 4.4
	сравн.	сравн.	по наст. изобр.	сравн.
	модел.			
Fe ₂ O ₃ (ppm)	200	200	200	200
Er ₂ O ₃ (ppm)	0	200	350	600
Cr ₂ O ₃ (ppm)	0	0	0	0
Co (ppm)	0	0	0	0
Окислительно-восстановительный	27	27	27	27
Er ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	0,00	1,00	1,75	3,00
[Er ₂ O ₃ -21,87*Cr ₂ O ₃ -53,12*Co]/Fe ₂ O ₃	0,00	1,00	1,75	3,00
a* (4 мм, D65,10°)	-0,20	-0,07	0,03	0,19
b* (4 мм, D65,10°)	0,11	0,05	0,01	-0,06
L* (4 мм, D65,10°)	96,60	96,56	96,53	96,48
LTD4 (% , D65, 2°)	91,45	91,36	91,28	91,16

Таблица 5

	ПРИМ. 5.1	ПРИМ. 5.2	ПРИМ. 5.3	ПРИМ. 5.4
	сравн.	сравн.	по наст. изобр.	сравн.
	модел.			
Fe ₂ O ₃ (ppm)	80	80	80	80
Er ₂ O ₃ (ppm)	0	40	200	400
Cr ₂ O ₃ (ppm)	0	0	0	0
Co (ppm)	0	0	0	0
Окислительно-восстановительный	25	25	25	25
Er ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	0,00	0,50	2,50	5,00
[Er ₂ O ₃ -21,87*Cr ₂ O ₃ -53,12*Co]/Fe ₂ O ₃	0,00	0,50	2,50	5,00
a* (4 мм, D65,10°)	-0,06	-0,03	0,07	0,20
b* (4 мм, D65,10°)	0,10	0,09	0,04	-0,02
L* (4 мм, D65,10°)	96,70	96,70	96,66	96,63
LTD4 (% , D65, 2°)	91,72	91,70	91,63	91,53

Таблица 6

	ПРИМ. 6.1	ПРИМ. 6.2	ПРИМ. 6.3	ПРИМ. 6.4	ПРИМ. 6.5	ПРИМ. 6.6	ПРИМ. 6.7	ПРИМ. 6.8	ПРИМ. 6.9
	сравн.	сравн.	по наст. изобр.	сравн.	сравн.	по наст. изобр.	сравн.	сравн.	по наст. изобр.
	модел.								
Fe ₂ O ₃ (ppm)	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Er ₂ O ₃ (ppm)	0	150	200	600	200	637,5	200	418,7	466,6
Cr ₂ O ₃ (ppm)	0	0	0	0	20	20	10	10	10
Co (ppm)	0	0	0	0	0	0	0,9	0,9	0,9
Окислительно-восстановительный	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Er ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	0,00	1,00	1,33	4,00	1,33	4,25	1,33	2,79	3,11
[Er ₂ O ₃ -21,87*Cr ₂ O ₃ -53,12*Co]/Fe ₂ O ₃	0,00	1,00	1,33	4,00	-1,59	1,33	-0,45	1,01	1,33
a* (4 мм, D65,10°)	-0,11	-0,02	0,02	0,27	-0,26	0,02	-0,15	-0,01	0,02
b* (4 мм, D65,10°)	0,16	0,12	0,11	-0,01	0,41	0,29	0,08	0,02	0,00
L* (4 мм, D65,10°)	96,66	96,63	96,62	96,55	96,44	96,35	96,40	96,36	96,35
LTD4 (% , D65, 2°)	91,62	91,55	91,53	91,33	91,10	90,89	90,98	90,88	90,85

Таблица 7

	ПРИМ. 7.1	ПРИМ. 7.2	ПРИМ. 7.3	ПРИМ. 7.4	ПРИМ. 7.5
	по наст. изобр.	по наст. изобр.	по наст. изобр.	сравн.	сравн.
	модел.				
Fe ₂ O ₃ (ppm)	100	100	100	100	100
Er ₂ O ₃ (ppm)	200	200	200	200	200
Cr ₂ O ₃ (ppm)	0	0	0	0	0
Co (ppm)	0	0	0	0	0
Окислительно-восстановительный	10	20	30	40	50
Er ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
[Er ₂ O ₃ -21,87*Cr ₂ O ₃ -53,12*Co]/Fe ₂ O ₃	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
a* (4 мм, D65,10°)	0,11	0,07	0,04	0,00	-0,03
b* (4 мм, D65,10°)	0,15	0,08	0,00	-0,07	-0,14
L* (4 мм, D65,10°)	96,66	96,63	96,60	96,58	96,55
LTD4 (% , D65, 2°)	91,62	91,55	91,47	91,40	91,32

Таблица 8

	ПРИМ. 8.1	ПРИМ. 8.2	ПРИМ. 8.3
	сравн.	сравн.	сравн.
	Коммерчески доступные листа стекла		
SiO ₂ (вес. %)	71,9	72,2	72,0
CaO (вес. %)	9,2	9,1	7,9
K ₂ O (вес. %)	0,4	0,0	0,0
Na ₂ O (вес. %)	13,5	13,8	13,9
SO ₃ (вес. %)	0,2	0,2	0,4
Al ₂ O ₃ (вес. %)	0,4	0,7	1,3
MgO (вес. %)	4,3	4,0	4,5
Fe ₂ O ₃ (ppm)	100	94	119
Er ₂ O ₃ (ppm)	100	100	0
Cr ₂ O ₃ (ppm)	0	0	0
Co (ppm)	0	0	0
Окислительно-восстановительный потенциал (%)	42,0	32,1	22,8
Er ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	1,00	1,06	0
[Er ₂ O ₃ -21,87*Cr ₂ O ₃ -53,12*Co]/Fe ₂ O ₃ 53,12*Co]/Fe ₂ O ₃	1,00	1,06	0
a* (4 мм, D65,10°)	-0,14	-0,09	-0,14
b* (4 мм, D65,10°)	0,02	0,07	0,15
L* (4 мм, D65,10°)	96,50	96,54	96,64
LTD4 (% , D65, 2°)	91,22	91,32	91,56

Таблица 9

	ПРИМ. 9.1	ПРИМ. 9.2	ПРИМ. 9.3	ПРИМ. 9.4
	сравн.	сравн.	по наст. изобр.	сравн.
	лаб.			
SiO ₂ (вес. %)	71,8	71,8	71,8	71,8
CaO (вес. %)	9,0	9,0	9,0	9,0
K ₂ O (вес. %)	0,1	0,1	0,1	0,1
Na ₂ O (вес. %)	13,8	13,8	13,8	13,8
SO ₃ (вес. %)	0,2	0,2	0,2	0,2
Al ₂ O ₃ (вес. %)	0,8	0,8	0,8	0,8
MgO (вес. %)	4,3	4,3	4,3	4,3
Fe ₂ O ₃ (ppm)	118	119	119	116
Er ₂ O ₃ (ppm)	0	90	240	1380
Cr ₂ O ₃ (ppm)	0	0	0	0
Co (ppm)	0	0	0	0
Окислительно-восстановительный	19,3	15,6	18,2	21,5
Er ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	0,00	0,76	2,02	11,90
[Er ₂ O ₃ -21,87*Cr ₂ O ₃ -53,12*Co]/Fe ₂ O ₃	0,00	0,76	2,02	11,90
a* (4 мм, D65,10°)	-0,11	-0,05	0,00	0,45
b* (4 мм, D65,10°)	0,13	0,17	0,11	-0,09
L* (4 мм, D65,10°)	96,45	96,44	96,43	96,28
LTD4 (% , D65, 2°)	91,10	91,10	91,10	90,70

Таблица 10

	ПРИМ. 10.1	ПРИМ. 10.2	ПРИМ. 10.3	ПРИМ. 10.4	ПРИМ. 10.5	ПРИМ. 10.6
	сравн.	по наст. изобр.	сравн.	сравн.	по наст. изобр.	сравн.
	лаб.					
SiO ₂ (вес. %)	66,5	66,6	66,6	67,2	67,2	67,3
CaO (вес. %)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
K ₂ O (вес. %)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
Na ₂ O (вес. %)	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2
SO ₃ (вес. %)	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2
Al ₂ O ₃ (вес. %)	5,6	5,6	5,5	4,7	4,7	4,7
MgO (вес. %)	9,4	9,4	9,4	9,6	9,6	9,6
Fe ₂ O ₃ (ppm)	90	90	90	92	92	92
Er ₂ O ₃ (ppm)	100	229	1009	97	231	1006
Cr ₂ O ₃ (ppm)	0	0	0	0	0	0
Co (ppm)	0	0	0	0	0	0
Окислительно-восстановительный	16,2	15,4	20,8	18,1	18,3	19,1
Er ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	1,11	2,54	11,21	1,05	2,51	10,93
[Er ₂ O ₃ -21,87*Cr ₂ O ₃ -53,12*Co]/Fe ₂ O ₃	1,11	2,54	11,21	1,05	2,51	10,93
a* (4 мм, D65,10°)	-0,08	0,02	0,53	-0,09	0,00	0,51
b* (4 мм, D65,10°)	0,22	0,17	-0,11	0,19	0,15	-0,07
L* (4 мм, D65,10°)	96,60	96,60	96,50	96,68	96,66	96,49
LTD4 (% , D65, 2°)	91,47	91,49	91,22	91,67	91,61	91,19

Таблица 11

	ПРИМ. 11.1	ПРИМ. 11.2	ПРИМ. 11.3	ПРИМ. 11.4
	сравн.	по наст. изобр.	по наст. изобр.	сравн.
	пром.			
SiO ₂ (вес. %)	66,7	66,6	66,5	69,4
CaO (вес. %)	1,3	1,0	1,0	5,0
K ₂ O (вес. %)	1,0	1,0	1,1	0,6
Na ₂ O (вес. %)	15,7	15,8	15,8	14,7
SO ₃ (вес. %)	0,2	0,3	0,3	0,3
Al ₂ O ₃ (вес. %)	5,6	5,7	5,8	3,3
MgO (вес. %)	9,5	9,5	9,5	6,7
Fe ₂ O ₃ (ppm)	198	136	116	257
Er ₂ O ₃ (ppm)	226	384	481	229
Cr ₂ O ₃ (ppm)	0	1,7	6,5	3,8
Co (ppm)	0,29	0,35	0,75	0,38
Окислительно-восстановительный	17,6	10,6	10,4	18,7
Er ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	1,14	2,83	4,15	0,89
[Er ₂ O ₃ -21,87*Cr ₂ O ₃ -53,12*Co]/Fe ₂ O ₃	1,06	2,42	2,58	0,49
a* (4 мм, D65,10°)	-0,14	0,01	0,04	-0,20
b* (4 мм, D65,10°)	0,19	0,23	0,12	0,24
L* (4 мм, D65,10°)	96,61	96,72	96,62	96,35
LTD4 (% , D65, 2°)	91,48	91,76	91,53	90,86

Данные результаты доказывают очень очевидным образом, что сочетание в матрице стекла с низким содержанием железа конкретного содержания эрбия согласно настоящему изобретению вместе с относительно низким окислительно-восстановительным потенциалом ($\leq 32\%$) и отношением $[\text{Er}_2\text{O}_3 - 21,87 * \text{Cr}_2\text{O}_3 - 53,12 * \text{Co}] / \text{Fe}_2\text{O}_3$, составляющим от 1,3 до 2,6, обеспечивает достижение цели настоящего изобретения, а именно листа стекла с высоким светопропусканием и который находится в первой четверти диаграммы a*b* (положительные координаты a*b*).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Лист стекла, который характеризуется светопропусканием $\text{LTD4} \geq 87\%$, имеет $a^* \geq 0$ и $b^* \geq 0$, при этом a^* и b^* измерены для листа толщиной 4 мм при прохождении света от источника света D65, 10°, SCI, и характеризуется составом, не содержащим сурьму и мышьяк, предусматривающим следующее:

SiO₂ - 40-78%;

$0 < \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 18\%$;

$0 < \text{B}_2\text{O}_3 \leq 18\%$;

$0 < \text{Na}_2\text{O} \leq 20\%$;

$0 < \text{CaO} \leq 15\%$;

$0 < \text{MgO} \leq 10\%$;

$0 < \text{K}_2\text{O} \leq 10\%$;

$0 < \text{BaO} \leq 5\%$,

общее содержание железа (в пересчете на Fe₂O₃): 0,002-0,04 вес.%;

эрбий (в пересчете на Er₂O₃): 0,003-0,1 вес.%;

окислительно-восстановительное отношение $\leq 32\%$;

$1,3 * \text{Fe}_2\text{O}_3 \leq \text{Er}_2\text{O}_3 - 21,87 * \text{Cr}_2\text{O}_3 - 53,12 * \text{Co} \leq 2,6 * \text{Fe}_2\text{O}_3$.

2. Лист стекла по предыдущему пункту, отличающийся тем, что состав предусматривает общее содержание железа 0,002-0,03 вес.%.
3. Лист стекла по предыдущему пункту, отличающийся тем, что состав предусматривает общее со-

держание железа 0,002-0,02 вес.%.

4. Лист стекла по предыдущему пункту, отличающийся тем, что состав характеризуется окислительно-восстановительным отношением $\leq 30\%$.

5. Лист стекла по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что состав предусматривает $\text{Er}_2\text{O}_3 \leq 0,08\%$.

6. Лист стекла по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что состав предусматривает $\text{Er}_2\text{O}_3 \geq 0,01\%$.

7. Лист стекла по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что состав предусматривает $\text{Er}_2\text{O}_3 \geq 0,015\%$.

8. Лист стекла по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что состав предусматривает содержание церия (в пересчете на CeO_2) $\leq 0,05$ вес.%.

9. Лист стекла по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что лист стекла характеризуется светопропусканием $\text{LTD4} \geq 89\%$.

10. Лист стекла по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что состав предусматривает $1,5 * \text{Fe}_2\text{O}_3 \leq \text{Er}_2\text{O}_3 - 21,87 * \text{Cr}_2\text{O}_3 - 53,12 * \text{Co}$.

11. Лист стекла по предыдущему пункту, отличающийся тем, что состав предусматривает $1,8 * \text{Fe}_2\text{O}_3 \leq \text{Er}_2\text{O}_3 - 21,87 * \text{Cr}_2\text{O}_3 - 53,12 * \text{Co}$.

12. Лист стекла по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что состав предусматривает $\text{Er}_2\text{O}_3 - 21,87 * \text{Cr}_2\text{O}_3 - 53,12 * \text{Co} \leq 2,4 * \text{Fe}_2\text{O}_3$.

13. Лист стекла по предыдущему пункту, отличающийся тем, что состав предусматривает $\text{Er}_2\text{O}_3 - 21,87 * \text{Cr}_2\text{O}_3 - 53,12 * \text{Co} \leq 2 * \text{Fe}_2\text{O}_3$.

