



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년08월10일
(11) 등록번호 10-2143194
(24) 등록일자 2020년08월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C03C 10/00 (2006.01) C03C 3/085 (2006.01)
C03C 3/087 (2006.01) C03C 3/095 (2006.01)
C03C 4/02 (2006.01) F24C 15/10 (2017.01)
(52) CPC특허분류
C03C 10/0027 (2013.01)
C03C 3/085 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7026547
(22) 출원일자(국제) 2014년02월28일
심사청구일자 2018년10월24일
(85) 번역문제출일자 2015년09월24일
(65) 공개번호 10-2015-0123884
(43) 공개일자 2015년11월04일
(86) 국제출원번호 PCT/IB2014/000228
(87) 국제공개번호 WO 2014/132122
국제공개일자 2014년09월04일
(30) 우선권주장
61/770,499 2013년02월28일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP01052631 A*
US04526872 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
유로케라에스.엔.씨.
프랑스공화국,쥬아르77640,리우잇르구쁘르
(72) 발명자
콤테, 마리, 잭켈린, 모니크
프랑스, 에프-92260 폰테네이 옥스 로지즈, 르 보
리스 빌데 44
르휴데, 필리페
프랑스, 에프-77190 다마리-레스-리스, 르 데 라
폰테인 쿠베르테 47
(74) 대리인
청운특허법인
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 김준규

(54) 발명의 명칭 회갈색 색상을 나타내는 비-불투명성 비소-비함유 베타-스포듀민 유리 세라믹

(57) 요약

대체적인 회-갈색 제품을 얻기 위하여 특정 열-가공성, 광학 및 색상 특성을 갖는 LAS 타입의 유리-세라믹을 위한 방법, 조성물 및 제품이 제공된다. 상기 유리-세라믹 물질은 색료로서 산화철, 산화바나듐, 산화크롬, 산화코발트, 산화니켈 및/또는 산화세륨을 포함할 수 있다.

대표도 - 도1

산화물 (중량%)	실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4	실시예 5	실시예 6	실시예 7	실시예 8	실시예 9	실시예 10
SiO ₂	64.81	64.62	64.62	64.65	64.61	65.57	65.57	65.62	67.16	67.22
Al ₂ O ₃	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	19.2	19.2
Li ₂ O	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.5	3.5
MgO	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	1.3	1.3
ZnO	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7	1.7
BaO	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1.8	1.8
TiO ₂	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ZrO ₂	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
SnO ₂	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
K ₂ O	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.35	0.35	0.35	0.1	0.1
Na ₂ O	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6				0.2	0.2
CeO	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4		
V ₂ O ₅	0.062	0.167	0.110	0.130	0.167	0.062	0.062	0.062		
CrO	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013				0.025	0.015
Pb ₂ O ₃	0.160	0.250	0.300	0.250	0.250	0.250	0.250	0.200	0.200	0.200
Co ₂ O ₃	0.0173	0.0173	0.0173	0.0173	0.021	0.0173	0.022	0.022	0.02	0.02
NiO										
CeO ₂										

(52) CPC특허분류

C03C 3/087 (2013.01)

C03C 3/095 (2013.01)

C03C 4/02 (2013.01)

F24C 15/10 (2013.01)

(72) 발명자

주썸트, 세실

프랑스, 파리 75017, 튀 드 레비스, 28

플레바코바, 카밀라

프랑스, 쿠르브부아 92400, 튀 세고팡, 73

명세서

청구범위

청구항 1

리튬 알루미늄오실리케이트 타입의 유리-세라믹으로서,

중량%로,

60-72%의 SiO_2 , 18-23%의 Al_2O_3 , 및 2.5-4.5%의 Li_2O ;

0.05-0.20%의 V_2O_5 , 0.15-0.30%의 Fe_2O_3 , 0.015-0.030%의 Cr_2O_3 , 0-0.05%의 CoO , 0-0.3%의 NiO , 및 0-0.2%의 CeO_2 ; 및

결정상으로서 베타-스포듀민을 함유하며, 여기서 상기 유리-세라믹은 4 mm 두께 유리-세라믹 상에서 광원 D65, 2° 관찰자 테스트를 이용하여 측정되었을 때 2.0% 초과 625 nm의 파장에 대한 광학 투과율을 갖는 회-갈색 색상을 나타내는, 리튬 알루미늄오실리케이트 타입의 유리-세라믹.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

다음 중 적어도 하나이며:

상기 유리-세라믹의 적-녹 색조(a^*)가 (i) 0 내지 +4; (ii) +0 내지 +3; 및 (iii) +0 내지 +2 사이 중 하나이며;

상기 유리-세라믹의 청-황 색조(b^*)가 (i) -2 내지 +4; (ii) -1 내지 +3; 및 (iii) 0 내지 +2 사이 중 하나이며; 그리고

상기 적-녹 색조 및 상기 청-황 색조가 광원 D65, 10° 관찰자 테스트를 이용하여 측정되는 유리-세라믹.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

유리질화 가능한 원료의 로드(load)를 용융시키는 단계;

상기 로드를 청정하여 용융된 유리를 얻는 단계;

상기 용융된 유리를 소정의 형상으로 성형하기에 충분한 온도로 냉각하는 단계; 및

상기 성형된 유리를 960℃ 내지 1060℃ 사이의 최대 온도에서 세라믹화하여 결정상으로서 베타-스포듀민을 함유하는 리튬 알루미늄오실리케이트 타입의 유리-세라믹 물질을 제조하는 단계를 포함하며, 여기서 상기 유리-세라믹 물질은 중량%로:

60-72%의 SiO_2 , 18-23%의 Al_2O_3 , 및 2.5-4.5%의 Li_2O ; 및

0.05-0.20%의 V_2O_5 , 0.15-0.30%의 Fe_2O_3 , 0.015-0.030%의 Cr_2O_3 , 0-0.05%의 CoO , 0-0.3%의 NiO , 및 0-0.2%의 CeO_2 를 포함하며;

여기서, 상기 유리-세라믹은 4 mm 두께 유리-세라믹 상에서 광원 D65, 2° 관찰자 테스트를 이용하여 측정되었을 때 2.0% 초과 625 nm의 파장에 대한 광학 투과율을 갖는 회-갈색 색상을 나타내는 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 35 U.S.C. § 119 하에 2013년 2월 28일자로 출원된 미국 가출원번호 제61/770,499호의 이익을 주장하며, 이러한 출원 특허의 전체 내용은 참조로서 본원에 포함된다.

[0002] 본 기재는 대체적으로 회-갈색 색상을 가지며, 주된 결정상으로서 베타-스포듀민의 고용체를 함유하는, 리튬 알루미늄실리케이트(LAS) 타입의 유리-세라믹에 관한 것이다. 본 기재는 또한 이러한 유리-세라믹으로부터 제조된 제품, 이러한 유리-세라믹용 전구체 유리, 및 이러한 유리-세라믹 및 관련 제품을 얻기 위한 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 유리-세라믹 물질의 바람직한 성질 중 하나는 600-800℃ 정도 높을 수 있는 매우 높은 온도까지 반복되고 신속

한 온도 변화를 견디기 위한 열-가공 능력이다. 다른 목적으로 본래 개발되었으나, LAS 타입 유리-세라믹은 유리-세라믹 캐비닛형 레인지(cooktops)와 같은 국내 시장에서 특정 제품을 위한 선택 물질이 되어 왔다. 상기 LAS 타입 유리 세라믹의 열-가공 성질은 캐비닛형 레인지 적용에서의 물질로 사용하기에 적합하다.

[0004] 이러한 많은 캐비닛형 레인지는 복사 또는 다른 가열 부재를 상기 유리-세라믹의 상면 아래에 적용한다. 결과적으로, 효율적으로, 상기 유리-세라믹 물질은 다음과 같은 추가적인 성질을 나타내야 한다: 가시 및 적외선 스펙트럼에서의 우수한 투과율 효율성, 매우 낮은 열팽창계수(CTE), 및 반사에서 선택적으로 특정 색상 성질 (파라미터 L^* , a^* 및 b^* 에 의해 정의됨).

[0005] 따라서, 캐비닛형 레인지와 같은 국내 시장에서 사용하기 위한 실행가능한 유리-세라믹 물질의 성질은 심미적인 고려를 포함한다. 심미성은 종종 일부에 의해 중요하지 않은 것으로 목살되지만 이러한 고려는 시장성이 관련되는 한 성능적 특성만큼 중요하다. 예를 들어, 국내 시장에서, 유리-세라믹 물질의 색상은 상품이 상업적으로 지속가능한지 여부를 결정하는 인자가 될 것이다.

[0006] 심미적 고려의 측면에서, 레인지 분야의 상태, 특히 색상은, 다음의 세가지 옵션을 제공한다: 투명한 블랙 유리-세라믹(25 아래의 명도 L^* 을 가짐), 화이트 유리-세라믹(60보다 큰 명도 L^* 을 가짐), 및 상기 레인지 아래의 전기 부품과 같은 내부 부품이 보이지 않도록 및/또는 원하는 색상을 제공하도록 배면 상에 불투명 장식층을 갖는 비-색상투명 유리-세라믹. 특히, 그러나, 대체적으로 약 25 내지 45 사이의 명도 L^* 의 범주를 갖는 대체적으로 회-갈색 색상, 가시 및 적외선 스펙트럼 내에서 우수한 투과성 효율, 및 매우 낮은 열팽창계수(CTE)를 나타내는 상업적인 제품은 현재까지 없다.

[0007] 레인지가 여기에 기술된 하나 이상의 유리-세라믹 구현예에 대한 하나의 사용처이나, 고려되는 적용은 조리기구, 냄비, 팬, 등, 뿐만 아니라 예를 들어, 가전제품용 패키지를 포함하는 다른 영역까지 확장될 수 있음이 주지되어야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 따라서, 당업계에 원하는 심미성 및 성능 특성의 유리-세라믹을 제공하기 위한 새로운 방법 및 장치에 대한 요구가 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 설명을 목적으로, 바람직하게 나타난 도면에 도시된 형태가 있으나, 여기에 기술되고 설명된 구현예가 특정한 배열 및 도시된 수단에 한정되는 것은 아님을 이해할 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 여기에 기술되고 및/또는 설명된 하나 이상의 구현예에 따른 유리 전구체 및/또는 유리-세라믹 물질의 이용에 적합한 조성물을 나타낸 표이고;

도 2는 여기에 기술되고 및/또는 설명된 하나 이상의 구현예에 따라, 도 1의 전구체 유리 조성물의 유리 세라믹화 공정을 이용하여 제조된 유리-세라믹 물질의 특성을 나타낸 표이고;

도 3은 여기에 기술되고 및/또는 설명된 하나 이상의 구현예에 따라, 제조된 유리 세라믹 물질의 명도 L^* 과 이들의 형성에 이용된 특정 최대 세라믹화 온도 사이의 관계를 도시한 차트이며;

도 4는 여기에 기술되고 및/또는 설명된 하나 이상의 구현예에 따라, 산화철(Fe_2O_3) 및 산화크롬(Cr_2O_3)의 양의 함수로서 유리 세라믹 물질 내의 청-황 색조 및 적-녹 색조 사이의 관계를 나타낸 차트이고;

도 5는 하나 이상의 구현예와 대조를 목적으로 사용된 조성물을 나타낸 표이고; 그리고

도 6은 상기 전구체 유리의 세라믹화 공정 이후 도 5의 조성물을 이용하여 제조된 유리-세라믹 물질의 특성을 나타낸 표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 개론

- [0012] 유리 세라믹 제조는 수해 동안 수행되어 왔으나, 특정 명도, L^* , 투과율, 및 열팽창계수(CTE)의 대체적으로 회-갈색 유리 세라믹을 제조하기 위한 공학 파라미터는 당업계에서 현재까지 달성하기 어려웠다. 이와 관련하여, 본 명세서에서는 상술한 유리-세라믹을 위한 필수적인 공정, 조성물 및/또는 다른 파라미터를 제공하기 위한 기제가 제공된다.
- [0013] 유리-세라믹은 전구체 유리의 세라믹화 공정(즉, 자발적 결정보다는 조절된)에 의해 제조되는 다결정 물질이다. 유리-세라믹 물질을 제조하기 위한 일반적인 공정은 다음의 3가지 기본적인 단계들을 포함한다: (i) 적합한 용융(및 청징) 공정을 통해서 전구체 유리를 형성하는 단계; (ii) 상기 전구체 유리를 원하는 형상으로 냉각하고 성형하는 단계; 및 (iii) 세라믹화하는 단계(가열 처리), 여기서 상기 전구체 유리는 부분적으로 결정화되고 유리-세라믹을 형성한다.
- [0014] 유리-세라믹 시스템
- [0015] 매우 다양한 유리-세라믹 시스템은 예를 들어, 몇 가지 명칭을 나열하자면 $\text{Li}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times n\text{SiO}_2$ - (LAS 시스템), $\text{MgO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times n\text{SiO}_2$ -시스템 (MAS 시스템), 및 $\text{ZnO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times n\text{SiO}_2$ -시스템 (ZAS 시스템)으로 존재한다.
- [0016] 여기에 기술된 구현예와 관련된 원하는 시스템은 $\text{Li}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times n\text{SiO}_2$ -시스템 (LAS 시스템)이다. 상기 LAS 시스템은 주로 산화리튬, 산화알루미늄, 및 산화실리콘과 추가 성분들, 예를 들어, ZrO_2 , TiO_2 , MgO , ZnO , BaO , SrO , CaO , K_2O , Na_2O , P_2O_5 , B_2O_3 , V_2O_5 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , CoO , NiO , CeO_2 , 및/또는 SnO_2 와 같은 유리-상 형성제와의 혼합물로 나타낸다.
- [0017] 대부분의 경우, 핵생성제 및 청징제가 상기 전구체 유리 조성물에 첨가된다. 핵생성제는 상기 결정화 공정의 제어를 돕고 상기 청징제는 상기 유리 용융물로부터 기체 거품을 제거하는데 사용된다. 실시예로서, 여기에 기술된 하나 이상의 구현예는 상기 전구체 유리 공정에서 핵생성제로서 ZrO_2 및 TiO_2 를 사용할 수 있다.
- [0018] 많은 종래의 전구체 유리 조성물은 원료의 유리질화 가능한 로드(load)를 전구체 유리로 용융시키는 단계 동안 청징제로서 산화비소(As_2O_3) 및/또는 산화안티몬(Sb_2O_3)을 사용할 수 있다. 환경 보호와 관련하여, 높은 독성 화합물인 As_2O_3 및 Sb_2O_3 의 사용을 피하는 것이 바람직하다. 바람직한 투과율, 명도, CTE, 등을 달성하는데 적합한 조성물, 가공 온도, 시간, 분위기, 등에서 비소 및/또는 안티몬 없이 유리-세라믹을 제조하는 것과 관련하여 일부 종래 작업이 수행되어 왔다. 그러나, 당업자라면 여기에 기술된 기재로부터 청징제를 무분별하게 대체할 수 없음을 배울 수 있을 것이며 결과적인 유리-세라믹의 색상이 영향을 받지 않을 것임을 예상할 것이다. 실제, 원하는 회-갈색 색상을 얻기 위하여 공정 파라미터 및 조성물의 선택에 있어서 상당한 주의가 요구되어야 한다.
- [0019] 실시예로서, 여기서 하나 이상의 구현예는 상기 전구체 유리 조성물에서 청징제로서 산화주석(SnO_2)을 사용할 수 있다. 산화주석은 삼산화비소 및 삼산화안티몬과 같은 대안물보다 좀 더 강력한 환원제이며, 따라서 색상 및 광투과율 성질에 대한 이들의 영향은 다른 화합물과 상이하다. 실제, SnO_2 가 청징제로서 초기 기능을 가질 수 있으나, 상기 화합물의 존재는 세라믹화 동안 존재하는 산화바나듐 (V_2O_5) 및 산화철 (Fe_2O_3)과 같은 색료를 환원시킴으로써 상기 유리-세라믹의 색상 및 광투과율에 직접적으로 영향을 미칠 수 있다. 색상에 있어서 V_2O_5 및 Fe_2O_3 의 효과는 이후 좀 더 상세히 기술될 것이다.
- [0020] 결정화 후, LAS 타입 유리-세라믹 내의 상기 주된 결정상은 고온-석영 고용체이고, 상기 유리-세라믹에 좀 더 극심한 가열 처리가 가해지는 경우, 상기 고온-석영 고용체는 키아타이트-고용체(종종 베타-스포듀민으로 칭함)로 변환한다. 상기 전이는 비가역적이며, 복원되지 않으며, 이는 상기 결정-격자 내의 결합이 끊어지고 새로운 결합이 배치됨을 의미한다.
- [0021] LAS 타입의 유리-세라믹에서, 초기 유리 조성물, 상기 결정상의 본성 및 양, 및 잔류 유리의 양 및 조성물을 조절함으로써 상기 CTE를 넓은 범위에 걸쳐 조절하는 것이 가능하다. 여기서 하나 이상의 구현예의 목적으로, 낮거나 또는 제로 CTE가 바람직하며, 이는 상기 LAS 유리-세라믹 및 잔류 유리 상의 주된 결정상의 음 및 양의 CTE 기여에 균형을 맞추기 위하여 상기 세라믹화 가열 처리를 제어함으로써 얻어질 수 있다. 그러나, 결과적인 유리-세라믹의 색상에 나타날 수 있는 효과를 고려하지 않고 원하는 CTE를 처리하기 위하여 세라믹화 온도를 무

분별하게 조절할 수 없다. 실제, 상기 세라믹화 온도는 결과적인 유리-세라믹의 명도, L* 및 색상에 중요한 효과를 갖는 것으로 발견되었다.

[0022] 상술한 관점에서, 비소 및/또는 안티몬을 함유하지 않으며, 매우 바람직한 적분 가시 투과율, 광투과율, 적외선 투과율, 열팽창계수, 명도, 및 색상을 갖는 다양한 구현예가 발견되었다.

[0023] 실험

[0024] 본 구현예의 개발과 관련하여, 수많은 실험이 수많은 샘플 물질에 대해서 수행되었다. 특히, 전술한 특성들을 평가하기 위하여 조성물을 달리하는 수많은 유리 샘플에 상이한 온도에서의 세라믹화가 수행되었다.

[0025] 유리 조성물

[0026] 본 실시예의 전구체 유리 및/또는 유리-세라믹 물질을 제조하기 위하여 사용되는 특정 유리 조성물을 도 1의 표에 나타내었다. 상기 조성물 모두는 LAS 시스템에 속하며, 다음의 바람직한 조성물 범위(중량%)를 갖는다: 60-72% SiO₂, 18-23% Al₂O₃, 2.5-4.5% Li₂O, 0-2.5% ZrO₂, 1.5-4% TiO₂, 0-3% MgO, 0-3% ZnO, 0-5% BaO, 0-5% SrO (0 ≤ BaO+SrO ≤ 5), 0-2% CaO, 0-1.5% K₂O, 0-1.5% Na₂O (선택적으로 0 ≤ CaO+K₂O+Na₂O ≤ 1.5 또는 1.25 또는 1.0), 0-5% P₂O₅, 0-2% B₂O₃, 0-0.3% V₂O₅, 0.1-0.4% Fe₂O₃, 0.01-0.04% Cr₂O₃, 0-0.05% CoO, 0-0.3% NiO, 0-0.2% CeO₂, 및/또는 0-0.6% SnO₂.

[0027] 상기 ZrO₂ 및 TiO₂ 성분은 핵생성에 사용되며, 상기 SnO₂는 청징성분으로서 사용된다.

[0028] 상기 V₂O₅, Fe₂O₃, Cr₂O₃, CoO, NiO, 및/또는 CeO₂는 착색에 사용된다. Fe₂O₃ 및 Cr₂O₃는 세라믹화 이후 회-갈색 색상을 발달시키기 위하여 특별히 선택되었다.

[0029] 특히, 도 1의 조성물은 청징제로서 SnO₂를 함유한다. 상기 SnO₂의 양은 원하는 청징 기능성을 달성하기 위하여 중요할 수 있다: 그러나, 모든 실험은 최소화되거나 회피되어야 하며, 적분 광투과율에서의 SnO₂의 영향은 제어되어야 한다. 실제, SnO₂는 세라믹화 동안 존재하는 산화바나듐 및 산화철을 환원시킬 수 있으며, SnO₂에 대한 높은 원료 비용에 기인함에도, 그 사용은 유리하게 최소화된다. 중량으로 최대 약 0.6%, 예를 들어, 약 0.1% 내지 0.4%의 SnO₂ 함량이 사용될 수 있다. 바람직하게는, 본 구현예는 다음 중 하나를 함유한다: (i) 중량으로 약 0.1% 내지 약 0.3%의 SnO₂; (ii) 중량으로 약 0.2% 내지 약 0.3%의 SnO₂; 및 (iii) 중량으로 약 0.2% 내지 약 0.4%.

[0030] 따라서, 상기 기술된 유리-세라믹은 As₂O₃ 또는 Sb₂O₃도 어떠한 유효량으로 함유하지 않는다(즉, 이들은 이들 독성 화합물 중 하나 및/또는 다른 것의 단지 미량을 함유할 수 있다). 만약 하나 또는 다른 하나의 미량이 존재한다면, As₂O₃ + Sb₂O₃가 약 1000ppm 미만, 바람직하게는 500ppm 미만으로서 정량화될 수 있을 것이다.

[0031] 가공 조건

[0032] 각각의 샘플에는 다음의 기본적인 공정이 수행되었다. 첫째, 상기 원료는 1550℃의 로에서 예비가열되고, 이어서 1550℃에서 30분 동안 가열되며, 1550℃ 내지 1650℃에서 60분 동안 가열되며, 그리고 1650℃에서 360분 동안 가열됨으로써 용융되었다. 다음, 상기 유리는 4-6mm 사이의 두께로 롤링된 후 650℃에서 약 1시간 동안 어닐링되었다.

[0033] 최종적으로, 상기 샘플들은 다음의 주기를 갖는 고정 로에서 세라믹화되었다: (i) 실온에서 약 655℃까지 약 20 내지 40분 동안 빠르게 가열됨; (ii) 약 650℃에서 약 820℃까지 약 15분 내지 30분 동안 핵생성됨; (iii) 약 820℃에서 최대 세라믹화 온도까지 약 10 내지 20분 동안 가열됨(특히, 상기 최대 세라믹화 온도는 약 950℃ 내지 약 1060℃까지 변화할 수 있음); (iv) 상기 최대 세라믹화 온도에서 약 5 내지 15분 동안 결정화됨; 그리고 (v) 실온까지 약 20 내지 40분 동안 빠르게 냉각됨.

[0034] 추가적인 세부사항으로서, 상기 열 주기는 다음과 같을 수 있다: (i) 실온에서 약 655℃까지 약 25분 동안 빠르게 가열됨; (ii) 약 650℃에서 약 820℃까지 약 24분 동안 가열됨; (iii) 약 820℃에서 최대 세라믹화 온도까지 약 12 내지 15분 동안 가열됨; (iv) 상기 최대 세라믹화 온도에서 약 8분 동안 결정화됨; (v) 약 900℃까지 약 5분 동안 빠르게 냉각됨; 그리고 (vi) 실온까지 (약 20 내지 40분 동안) 빠르게 냉각됨.

- [0035] 실험 결과
- [0036] 도 2는 각각의 유리-세라믹 샘플의 특정 특성 및 이와 관련된 최대 세라믹화 온도를 나타낸 표이다. 특히, 상기 최대 세라믹화 온도는 약 1025-1040℃ 사이에서 변화한다. 상기 유리 조성물 시스템이 상술한 바와 같이 주어진 경우, 그리고 상기 세라믹화 처리가 950℃를 초과하는 열 주기를 사용한 경우, 모든 샘플들의 결과적인 물질은 주로 베타-스포듀민 유리-세라믹으로 구성된 결정학 구조를 나타내었다.
- [0037] 열팽창계수
- [0038] 상술한 바와 같이, 상기 유리-세라믹의 원하는 특성 중 하나는 $15 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 보다 낮은 열팽창계수(CTE)이다(약 20℃ 내지 약 700℃ 사이에서 측정됨). 도 2에 도시된 바와 같이, 달성된 CTE는 실제 약 $15 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 미만이었다. 그러나, 이러한 CTE는 베타-석영 유리 세라믹 물질(일반적으로 낮은 세라믹화 온도를 이용하여 얻어짐)보다 높다. 일반적으로 베타-석영 유리 세라믹 물질은 0에 근접한 CTE를 나타낸다. 베타-스포듀민 유리-세라믹에서 약 $15 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 미만, 또는 약 $11 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 미만의 CTE를 얻기 위하여 실시예 2 및 6을 대조함으로써 증명된 바와 같이, Na_2O , K_2O 및/또는 CaO 의 함량을 제한하는 것이 바람직하다.
- [0039] 명도 L^*
- [0040] 추가적으로 및/또는 대안적으로, 상기 유리-세라믹의 원하는 특성의 또 다른 하나는 약 20-40 사이의 명도 L^* 이다. 실시예로서, 상기 명도 L^* 는 10° 관찰자 조건에서 광원 D65를 갖는 화이트 배경을 이용한 반사에서 측정될 수 있다. 도 3에 도시된 바와 같이, 도 1의 유리 조성물로부터 형성된 유리-세라믹 물질은 세라믹화 온도의 함수로서 변화하는 명도 L^* 를 나타낼 것임이 발견되었다. 실제, 도 3에 도시된 바와 같이, 실시예 1("1"로 표지됨)은 상기 세라믹화 온도가 약 950℃ 내지 약 1060℃ 사이에서 변한다면, 상기 명도 L^* 는 약 20 내지 약 45까지 변할 것임을 나타낸다. 명도 L^* 과 세라믹화 온도 사이의 관계성은 또한 도 3의 실시예 2 및 3에서도 나타난다. 상기 명도 L^* 의 증가된 값은 세라믹화 온도의 증가로부터 유발되는 물질에 의한 후방-산란의 결과적인 증가에 의해 야기된다. 따라서, 약 950℃ 미만의 세라믹화 온도를 사용하는 것은 20 미만의 명도 L^* 를 갖는 유리-세라믹 물질을 생산하고, 1060℃를 초과하는 세라믹화 온도를 사용하는 것은 45를 초과하는 명도를 갖는 지나치게 불투명한 유리-세라믹을 생산한다.
- [0041] 광투과율 특성
- [0042] 추가적으로 및/또는 대안적으로, 상기 유리-세라믹의 다른 특성은 특정 광투과율 특성에 관련되며, 이는 예를 들어, 4-5.5mm 두께의 샘플 상에서 예를 들어, 공지된 광원 D65, 관찰자 테스트를 이용함으로써 정량화될 수 있다. 이러한 투과율 특성은 약 380-780nm 사이에서 측정될 수 있는 적분 가시 투과율(TI); 약 625nm에서 측정된 광투과율; 약 950nm에서 측정된 광투과율; 및/또는 약 1600nm에서 측정될 수 있는 적외선 광투과율을 포함한다.
- [0043] 실시예로서, 상기 적분 가시 투과율(TI)은 다음 중 하나를 포함할 수 있다: i) 약 0.3% 내지 약 6% 사이; (ii) 약 0.4% 내지 약 5% 사이; (iii) 약 0.5% 내지 약 5% 사이; (iv) 약 0.6% 내지 약 4% 사이; (v) 약 0.7% 내지 약 3% 사이; 및 (vi) 약 0.8% 내지 약 2% 사이. 특히, 예를 들어, 일정 수준의 투명성으로 예를 들어, 산만해지거나 또는 압도되지 않고 복사 레인지 아래에 빛나는 가열 부재를 관찰자가 볼 수 있도록 하는 경우, 약 0.8% 내지 약 2%의 범위가 바람직하다. 실제, 일부 구현예에서, 상기 유리-세라믹을 통해서 일정 수준의 광투과율을 허용하는 것이 바람직할 수 있으며, 그러나 지나친 광투과율이 아니며, 예를 들어, 상기 유리-세라믹 뒤의 물질에 대해서 제한된 선명한 시야를 제공하도록 한다.
- [0044] V_2O_5 , Fe_2O_3 , CoO , Cr_2O_3 , NiO 및 CeO_2 가 상기 유리-세라믹 물질의 적분 가시 투과율(TI)의 특성을 조절하는데 사용될 수 있는 것으로 발견되었다. 상기 적분 가시 투과율의 원하는 값에 도달하도록 이러한 산화물 중 적어도 하나를 사용하는 것이 바람직하다. 특히, Fe_2O_3 함량 및 V_2O_5 함량은(이들 모두는 착색을 위하여 1차적으로 사용됨에도 불구하고) 상기 적분 가시 투과율(TI)과 관련하여 또 다른 것과 관계를 갖는다. 실제, Fe_2O_3 의 양은 약 0.5%를 초과하는 적분 가시 투과율을 갖는 물질을 얻기 위하여 상기 V_2O_5 가 증가함에 따라서 상기 조성물 내에서 증가되어야 함이 발견되었다.
- [0045] Fe_2O_3 및 Cr_2O_3 에 추가로, 상기 유리-세라믹 물질의 원하는 적분 가시 투과율(TI)을 달성하기 위하여, 다음의 산화물들 중 적어도 하나가 매우 바람직하다는 것이 발견되었다: V_2O_5 , CoO , NiO 및 CeO_2 . 따라서, 도 1에서 알

수 있는 바와 같이 각각의 샘플들은 상술한 산화물 중 적어도 하나를 포함한다.

- [0046] 추가적으로 및/또는 대안적으로, 상기 광투과율(약 625nm에서 측정됨)은 다음 중 하나일 수 있다: (i) 약 1%보다 높음; (ii) 약 2%보다 높음; 및 약 3.5%보다 높음. 예를 들어, 약 2% 초과, 바람직하게는 약 3.5% 초과와 광투과율(약 625nm에서)이 복사 레인지 적용에 대해 바람직하다. 부가적으로, 이러한 특성은 상기 물질 뒤에 적색 LED가 존재하는 적용에서 상기 세라믹 물질을 통해서 보는 것을 가능하게 할 수 있다.
- [0047] 일부 구현예에서, 제품에서 특정 타입의 전자 제어가 사용된 경우(예를 들어, IR 터치 제어), 상기 광투과율(약 950nm에서 측정됨)을 제어하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 상기 광투과율(약 950nm에서 측정됨)은 다음 중 하나일 수 있다: (i) 약 35-75% 사이; (ii) 약 50-70% 사이; 및 (iii) 약 45-55% 사이. 일반적인 레이저 적용에 대한 우수한 성능을 제공하는 것에 덧붙여, 약 50%-70% 사이의 바람직한 범위가 레이저 적용 상에서와 같은 제품 상에서 적외선(IR) 터치 제어의 사용을 가능하게 할 수 있다.
- [0048] 추가적으로 및/또는 대안적으로, 상기 적외선 광투과율(예를 들어, 약 1600nm에서 측정됨)은 다음 중 하나일 수 있다: (i) 약 45-80% 사이; (ii) 약 50-75% 사이; 및 (iii) 약 45-60% 사이. 약 50%-75% 사이의 바람직한 범위는 레이저 적용에서 우수한 가열 성능을 제공한다. 레이저 적용에서, 약 50% 미만의 적외선 광투과율은 그 위에 위치한 품목을 가열하는 능력의 감소에 대한 표시를 나타내기 시작하며, 약 75%를 초과하는 적외선 광투과율은 바람직한 가열 영역 밖 부근에 위치한 물질의 과도한 가열에 대한 표시를 나타내기 시작할 수 있다는 것이 발견되었다.
- [0049] 색상 특성
- [0050] 상술한 바와 같이, 본 구현예의 중요한 측면은 색상 특성이다. 실제, 상업적 목적을 위하여, 상술한 기능적 성질 뿐 아니라, 특정 색상, 특히 회-갈색과 같은 회색군을 갖는 유리-세라믹을 달성하는 것이 바람직하다.
- [0051] 이와 관련하여, 도 4를 참조하면, 상기 구현예의 유리 조성물 내의 특정 착색제의 효과를 나타내는 데카르트 좌표계 상의 그래프가 나타나 있다. y-축(세로좌표)은 색상의 청-황 성분, 색조(b*)를 나타내는 반면, x-축(가로좌표)은 색상의 적-녹 성분, 색조(a*)를 나타낸다. 상기 좌표 상의 색상 값은 예를 들어, 4mm 두께 및 5.2mm 두께의 색상을 측정하는데 사용되는, 공지된 광원 D65, 10° 관찰자 테스트를 사용하여 정량화될 수 있다. 상기 a* 및 b* 좌표는 통상적으로 상기 L* 값으로 동시에 측정된다.
- [0052] 상기 결과적인 유리-세라믹의 색상에서의 변화에 대한 1차적인 기여는 산화바나듐 (V_2O_5), 산화크롬 (Cr_2O_3), 및 산화철 (Fe_2O_3)이다. 착색제의 이러한 조합은 철 및 크롬이 저비용으로 쉽게 구입가능하다면 큰 비용을 발생시키지 않고 상대적으로 높은 양의 Cr_2O_3 및 Fe_2O_3 을 가능하게 한다.
- [0053] V_2O_5 가 700nm 아래에서 주로 파장을 갖는 광의 흡수를 나타내므로, SnO_2 의 존재에서, V_2O_5 는 세라믹화 동안 상기 유리를 상당히 어렵게 한다. 그러나, V_2O_5 및 SnO_2 의 존재에서조차, 650nm, 950nm 및 적외선 광투과율 주파수(예를 들어, 1600nm)에서 충분히 높은 광투과율을 유지하는 것이 가능하다. 본 구현예에 따르면, V_2O_5 의 양은 다음 중 하나일 수 있다: (i) 약 0% 내지 0.3% 사이; (ii) 약 0.005% 내지 0.2% 사이; 및 (iii) 약 0.05% 내지 0.1% 사이.
- [0054] 산화크롬(Cr_2O_3)은 가시 영역(예를 들어, 약 400-600nm 사이) 내의 파장의 어렵게 하는 기능을 제공하는 반면, 약 600 내지 800nm 사이의 파장에서 높은 투과율을 유지하는데 적합한 것으로 발견되었다. 본 구현예에 따르면, Cr_2O_3 의 양은 다음 중 하나일 수 있다: (i) 약 0.01% 내지 0.04% 사이; (ii) 약 0.01% 내지 0.02% 사이; 및 (iii) 약 0.016% 내지 0.018% 사이. 상기 조성물 내에 Cr_2O_3 의 존재에 기인하여, 상기 유리-세라믹은 청 범위에서 낮은 투과율을 나타낸다.
- [0055] 산화철(Fe_2O_3)은 상기 적외선 파장에서 주로 흡수를 이끄는, 산화철은 또한 유리-세라믹의 착색에 영향을 미치며 상기 가시 파장에 포함된다. 본 구현예에 따르면, Fe_2O_3 의 양은 다음 중 하나일 수 있다: (i) 약 0.1% 내지 0.4% 사이; (ii) 약 0.12% 내지 0.4% 사이; (iii) 약 0.15% 내지 0.35% 사이; 및 (iv) 약 0.16% 내지 0.25% 사이. 특히, 상기 나타난 조성물 내의 Fe_2O_3 의 효과는 산화바나듐 함량을 변화시킴으로써 조절될 수 있다. 예를 들어, 약 0.15%를 초과하는 Fe_2O_3 함량에서, 상기 가시 범위 내의 투과율은 약간 증가된다(아마도 SnO_2 가 Fe_2O_3 를 우선적으로 환원시키므로, 결과적으로 환원된 바나듐의 양이 낮아진다). 상기 유리-세라믹의 이러한 밝게 하기

는 더 큰 V_2O_5 의 양에 의해 보상될 수 있다(그러나, 상술한 범위 내에 남아 있으면서).

[0056] 도 4를 참조하면, Cr_2O_3 의 함량이 증가함에 따라, 상기 색조(b^*)는 음의 수준(청)에서 양의 수준(황)으로 이동한다. 비교예 7("7"로 표시됨)에 도시되어 있다. Fe_2O_3 의 함량이 증가함에 따라, 색조 (a^*)는 낮은 양의 수준(녹)에서 높은 양의 수준(적)으로 이동하며, 색조 (b^*)는 음의 수준(청)에서 양의 수준(황)으로 이동한다. 여러가지 샘플이 도시되어 있다. 제1샘플("1"로 표시되며 도 1의 실시예 1에 대응됨)은 0.0173% Cr_2O_3 및 0.16% Fe_2O_3 를 포함하여, 상술한 범위 내의 기본 조성물이다. 이러한 조성물은 도시된 색상 스케일의 청 면 상에 명확히 있다. 제2샘플("2"로 표시되며 도 1의 실시예 2에 대응됨)은 또한 0.0173% Cr_2O_3 및 0.25% Fe_2O_3 를 포함하여, 상술한 범위 내의 기본 조성물이다. 상기 조성물은 도시된 색상 스케일의 황 및 적 방향 모두에서 이동을 나타내었다. 제3샘플("5"로 표시되며 도 1의 실시예 5에 대응됨)은 0.021% Cr_2O_3 및 0.25% Fe_2O_3 를 포함하여, 바람직한 범위 내의 기본 조성물이다. 상기 조성물은 도시된 색상 스케일의 황 및 적 방향 모두에서 추가 이동을 나타내었다. 제4샘플("3"으로 표시되며 도 1의 실시예 3에 대응됨)은 0.0173% Cr_2O_3 및 0.3% Fe_2O_3 를 포함하여, 바람직한 범위 내의 기본 조성물이다. 상기 조성물은 적-갈색에 근접한 색상을 나타내었다.

[0057] 상기와 같은 점을 참고하면, 상술한 하나 이상의 특성에 따라, 하나 이상의 바람직한 구현예에 따르면, 상기 색조 (a^*)는 다음 중 하나일 수 있다: (i) -1 내지 +4 사이; (ii) 약 0 내지 +4 사이; (iii) +0 내지 +3; 및 (iv) +0 내지 +2. 추가적으로 및/또는 대안적으로, 상기 색조 (b^*)는 다음 중 하나일 수 있다: (i) 약 -2 내지 +4 사이; (ii) -1 내지 +3; 및 (iii) 0 내지 +2.

[0058] 도 5를 참조하면, 수 많은 샘플들이 도 1의 상기 샘플과 비교를 위하여 상이한 조성물을 갖도록 준비되었다. 도 6은 유리 세라믹화 공정 이후 도 5의 조성물을 이용하여 생산된 유리-세라믹 물질의 특성을 나타낸 표이다. 비교예 1, 2, 3 및 4의 조성물은 Fe_2O_3 의 수준이 너무 낮고 적분 광투과율(TI)의 수용불가능한 값이 얻어져 바람직하지 않은 것으로 발견되었다. 비교예 5의 조성물은 어떠한 Cr_2O_3 도 함유하지 않으며 따라서 만족할만한 색상이 얻어지지 않아 바람직하지 않다. 실시예 7 또한 어떠한 Cr_2O_3 도 함유하지 않으므로 유사한 문제가 존재한다. 도 4를 참조하면, 비교예 7에 대한 데이터 포인트가 도시되어 있으며(표지번호 7'), 상당히 청 방향으로 향한 색조(b^*)를 나타낸다. 적은 양의 CrO_2 가 첨가된 경우(도 1의 실시예 5 또는 2 참조), 도 4의 표지번호 2 또는 표지번호 5에 도시된 바와 같이, 색상은 색조 (b^*)의 양의 값으로 이동하였다. 비교예 6은 적어도 하나의 산화물(V_2O_5 , CoO , NiO 및 CeO_2)을 함유하지 않으며, 따라서, 만족할만한 적분 광투과율(TI)을 나타내지 않으므로 바람직하지 않다.

[0059] 상기 기술된 구현예의 범주 내에서, Fe_2O_3 및 Cr_2O_3 에 덧붙여, 상기 유리-세라믹의 조성물은 적어도 하나의 추가적인 착색제를 함유하는 것이 고려된다. 그러나, 하나 이상의 추가적인 착색제의 존재는 상술한 목적하는 광투과율 특성에 영향을 미칠 수 있다는 것이 유념되어야 한다. 따라서, 상대적으로 낮은 수준의 추가적인 착색제로도 가능한 상호작용이 주의되어야 한다. 예를 들어, CoO 는 적외선 파장에서 그리고 약 625nm의 파장에서 무시할 수 없는 방식으로 광을 강하게 흡수하므로 매우 작은 양만이 용인될 수 있다.

[0060] 변형 및 구현예

[0061] 상술한 기재는 레인지용 유리-세라믹을 얻기 위한 측면에서 1차적으로 제시되었으나, 당업자라면 본 구현예가 다른 제품에 적용될 수 있음을 인식할 수 있을 것이다.

[0062] 상술한 기재는 1차적으로 유리 조성물 및 유리-세라믹 성질에 관한 것이나, 당업자라면 상기 기재는 이러한 유리 및 유리-세라믹 물질 및 결과적인 제품을 제조하기 위하여 모든 다양한 방법 및 공정을 수행할 수 있도록 상세히 제공될 수 있다는 점을 인식할 수 있을 것이다. 본질적으로, 상기 기본적인 공정 단계들은 용융, 청징 및 세라믹화를 성공적으로 하는 조건 하에서 원료의 유리질화 가능한 로드의 가열 처리를 포함할 수 있다. 상기 로드는 상술한 유리-세라믹 물질을 제조하기 위한 유리의 전구체이며, 상기에서 특정된 기본적인 구성요소를 유리하게 갖는다.

[0063] 이상 본 발명을 구체적인 구현예를 통하여 상세히 설명하였으나, 이는 본 구현예들을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 구현예들은 이에 한정되지 않는다. 본 출원의 기술적 사상 및 다양한 원리를 실질적으로 벗어나지 않고 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함이 명백하다.

도면

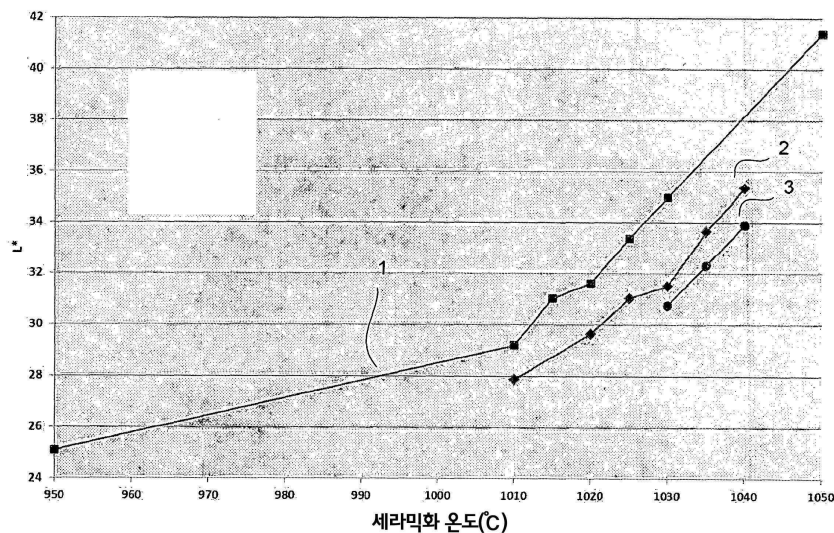
도면1

산화물 (중량%)	실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4	실시예 5	실시예 6	실시예 7	실시예 8	실시예 9	실시예 10
SiO ₂	64.81	64.62	64.62	64.65	64.61	65.57	65.57	65.62	67.16	67.22
Al ₂ O ₃	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	19.2	19.2
Li ₂ O	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.5	3.5
MgO	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	1.3	1.3
ZnO	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7	1.7
BaO	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1.8	1.8
TiO ₂	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ZrO ₂	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
SnO ₂	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
K ₂ O	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25				0.1	0.1
Na ₂ O	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6				0.2	0.2
CaO	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4		
V ₂ O ₅	0.062	0.167	0.110	0.130	0.167	0.062	0.062	0.062		
CoO	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013				0.025	0.015
Fe ₂ O ₃	0.160	0.250	0.300	0.250	0.250	0.250	0.250	0.200	0.250	0.200
Cr ₂ O ₃	0.0173	0.0173	0.0173	0.0173	0.021	0.0173	0.022	0.022	0.02	0.02
NiO										
CeO ₂										

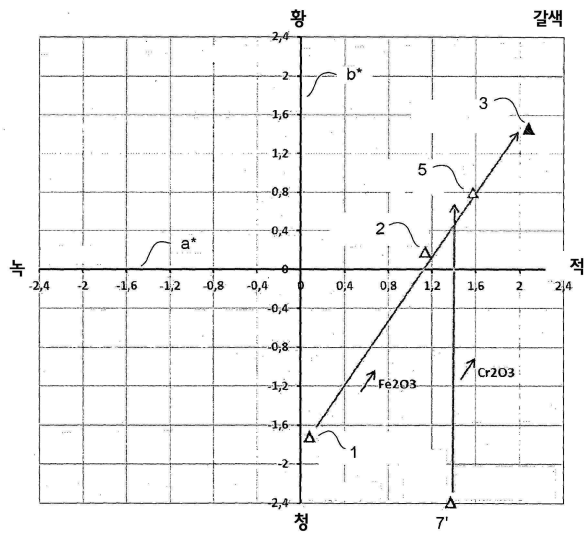
도면2

성질	실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4	실시예 5	실시예 6	실시예 7	실시예 8	실시예 9	실시예 10
세라믹화 온도(°C)	1040°C	1035°C	1025°C	1035°C	1035°C	1030°C	1040°C	1030°C	1025°C	1030°C
CTE (X10 ⁻⁶ /°C)		13				9.4				
반사된 색상 두께 5.2mm	L* 33.94 a* 0.24 b* -0.22	L* 33.64 a* 0.82 b* 1.17	L* 33.38 a* 1.14 b* 2.3	L* 31.31 a* 0.37 b* -0.06	L* 33.3 a* 0.93 b* 1.27	L* 29.83 a* 0.82 b* -0.42	L* 32 a* 1.05 b* 0.43	L* 28.93 a* 0.37 b* -0.87	L* 33.3 a* 0.25 b* 0.24	L* 35.15 a* 0.15 b* 1.49
반사된 색상 두께 4mm	L* 35.1 a* 0.05 b* -1.63	L* 32.64 a* 1.03 b* 0.18	L* 34.4 a* 2.08 b* 1.46	L* 31.46 a* 0.8 b* -0.96	L* 32.34 a* 1.57 b* 0.8	L* 30.36 a* 3.4 b* 0.62				
투과율(%)	Ti 625nm 950nm 1600nm	0.49 2.09 53.65 61.49	0.98 4.18 50.3 52.64	3.84 12.67 54.77 49.61	1.06 4.33 53.98 56.88	1.69 6.66 53.88 54.19	4.87 12.86 55.36			

도면3



도면4



도면5

산화물 (중량%)	비교예 1	비교예 2	비교예 3	비교예 4	비교예 5	비교예 6	비교예 7
SiO ₂	64,9	64,6	64,7	67,4	67,2	67,2	64,6
Al ₂ O ₃	20,8	20,8	20,8	19,2	19,2	19,2	20,8
Li ₂ O	3,8	3,8	3,8	3,5	3,5	3,5	3,8
MgO	0,35	0,35	0,35	1,3	1,3	1,3	0,35
ZnO	1,5	1,5	1,5	1,7	1,7	1,7	1,5
BaO	2,5	2,5	2,5	1,8	1,8	1,8	2,5
TiO ₂	3	3	3	3	3	3	3
ZrO ₂	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
SnO ₂	0,3	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
K ₂ O	0,25	0,25	0,25	0,1	0,1	0,1	0,25
Na ₂ O	0,6	0,6	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6
CaO	0,4	0,4	0,4				0,4
V ₂ O ₅	0,057	0,167	0,167	0,027	0,027		0,167
CoO	0,0013	0,0013	0,0013				0,0013
Fe ₂ O ₃	0,094	0,037	0,037	0,037	0,250	0,250	0,250
Cr ₂ O ₃		0,0173	0,0173			0,02	
NiO		0,25					
CeO ₂			0,15				

도면6

성질		비교예 1	비교예 2	비교예 3	비교예 4	비교예 5	비교예 6	비교예 7
세라믹화 온도(℃)		1035℃	1035℃	1035℃	1050℃	1050℃	1030℃	1035℃
CTE ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)							9	
반사된 색상 두께 5.2mm	L*	34,74	27,63	27,71	27,35	34,42	37,04	34,04
	a*	-0,51	0,49	0,43	2,19	1,02	1,63	1,07
	b*	-0,92	-3,16	-1,72	-11,31	-9,08	5,18	-2,05
반사된 색상 두께 4mm	L*	35,96	27,53	28,46				35,09
	a*	-0,5	0,61	0,33				1,37
	b*	-1,54	-2,89	-1,78				-2,39
투과율(%)	Tl	0,36	0,01	0,05				1,22
	625nm	1,54	0,02	0,24				5
	950nm	58,39	20,54	45,1				52,24
	1600nm	68,96	22,85	73				52,41