(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0006873
(43) 공개일자 2025년01월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C03C 3/085 (2006.01) *C03B 17/06* (2006.01)
C03B 18/02 (2006.01) *C03C 3/087* (2006.01)
C03C 3/091 (2006.01) *C03C 3/11* (2006.01)
C03C 4/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C03C 3/085 (2013.01)
C03B 17/064 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7036878
(22) 출원일자(국제) 2023년04월28일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년11월05일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2023/016980
(87) 국제공개번호 WO 2023/219023
국제공개일자 2023년11월16일
(30) 우선권주장
JP-P-2022-077216 2022년05월09일 일본(JP)

(71) 출원인
에이지씨 가부시키가이샤
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1쵸메 5방 1고
(72) 발명자
가토 다케유키
일본 1008405 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1쵸메 5방 1고 에이지씨 가부시키가이샤 내
하마다 유야
일본 1008405 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1쵸메 5방 1고 에이지씨 가부시키가이샤 내
이나바 세이지
일본 1008405 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1쵸메 5방 1고 에이지씨 가부시키가이샤 내
(74) 대리인
한상욱, 최희준, 이석재

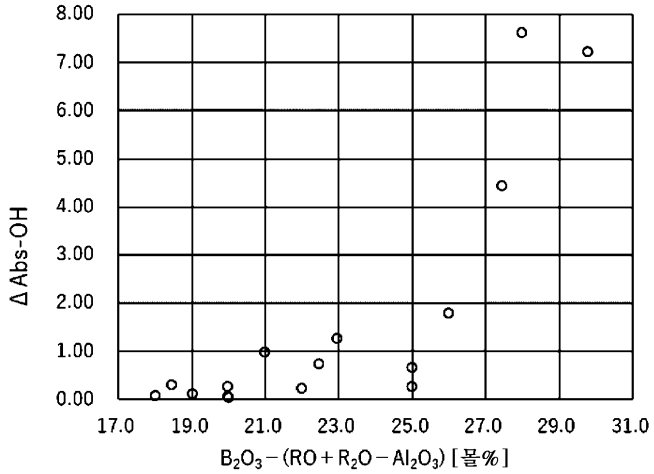
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **유리, 유리판 및 유리판의 제조 방법**

(57) 요 약

고주파 영역에서의 유전 정접이 낮고, 내약품성 및 내습성이 우수한 유리의 제공. 산화물 기준의 몰% 표시로 SiO_2를 68% 이상, Al_2O_3를 0.1 내지 8%, $[SiO_2]+[B_2O_3]$가 88% 이상, $[B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])$가 27% 이하, 25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이 4.5 이하이고, 25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이고, ΔAbs-OH가 4.0 이하이며, SrO를 0.1 내지 4%, MgO, CaO, SrO 및 BaO의 합계 함유량(RO)이 0 초과 내지 6%, Li_2O, Na_2O 및 K_2O의 합계 함유량(R_2O)이 0 내지 1%, $[Al_2O_3]-[RO]$가 -3 내지 8% 미만, $[Al_2O_3]\times[RO]$가 0 초과 내지 30, $[MgO]+[CaO]$가 0.1 내지 5.9%, $[MgO]/([MgO]+[Al_2O_3])$가 0 내지 0.45인, 유리.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
C03B 18/02 (2013.01)
C03C 3/087 (2013.01)
C03C 3/091 (2013.01)
C03C 3/11 (2013.01)
C03C 4/00 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

산화물 기준의 몰% 표시로,

SiO_2를 68% 이상,

Al_2O_3를 0.1 내지 8%,

$[SiO_2]+[B_2O_3]$가 88% 이상,

$[B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])$가 27% 이하,

25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이 4.5 이하이고,

25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이고,

하기 방법에 의해 산출한 ΔAbs-OH가 4.0 이하이며,

SrO를 0.1 내지 4%,

MgO, CaO, SrO 및 BaO의 합계 함유량(RO)이 0 초과 내지 6%,

Li_2O, Na_2O 및 K_2O의 합계 함유량(R_2O)이 0 내지 1%,

$[Al_2O_3]-[RO]$가 -3 내지 8% 미만,

$[Al_2O_3]\times[RO]$가 0 초과 내지 30,

$[MgO]+[CaO]$가 0.1 내지 5.9%,

$[MgO]/([MgO]+[Al_2O_3])$가 0 내지 0.45인, 유리. [ ]는, 괄호 내에 기재된 성분의 산화물 기준의 몰% 표시로 표시되는 함유량을 나타낸다.

방법: 유리를 두께 0.45 내지 0.75㎜의 유리판으로 하고, Abs-OH를 측정한 후, 해당 유리판을 온도 60℃, 상대 습도 95%에서 정치한다. 정치 개시로부터 90시간 후에 해당 유리판의 Abs-OH를 측정한다. 정치 후의 Abs-OH로부터 정치 전의 Abs-OH를 감한 값을 ΔAbs-OH로서 산출한다.

청구항 2

산화물 기준의 몰% 표시로,

SiO_2를 68% 이상,

Al_2O_3를 0.1 내지 8%,

$[SiO_2]+[B_2O_3]$가 88% 이상,

$[B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])$가 27% 이하,

25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이 4.5 이하이고,

25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이고,

하기 방법에 의해 산출한 ΔAbs-OH가 4.0 이하이며,

CaO를 0.1 내지 6%,

MgO, CaO, SrO 및 BaO의 합계 함유량(RO)이 0 초과 내지 6%,

Li_2O, Na_2O 및 K_2O의 합계 함유량(R_2O)이 0 내지 1%,

$[Al_2O_3]-[RO]$가 -3 내지 8% 미만,

$[Al_2O_3]\times[RO]$가 0 초과 내지 28,

$(([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO]))/[Al_2O_3]$가 -3.0 내지 0.60인, 유리. [ ]는, 괄호 내에 기재된 성분의 산화물 기준의 몰% 표시로 표시되는 함유량을 나타낸다.

방법: 유리를 두께 0.45 내지 0.75㎜의 유리판으로 하고, Abs-OH를 측정한 후, 해당 유리판을 온도 60℃, 상대 습도 95%에서 정치한다. 정치 개시로부터 90시간 후에 해당 유리판의 Abs-OH를 측정한다. 정치 후의 Abs-OH로부터 정치 전의 Abs-OH를 감한 값을 ΔAbs-OH로서 산출한다.

청구항 3

산화물 기준의 몰% 표시로,

SiO_2를 68% 이상,

Al_2O_3를 0.1 내지 8%,

$[SiO_2]+[B_2O_3]$가 88% 이상,

$[B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])$가 27% 이하,

25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이 4.5 이하이고,

25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이고,

하기 방법에 의해 산출한 ΔAbs-OH가 4.0 이하이며,

Li_2O를 0% 초과,

K_2O를 0 초과 내지 0.8%,

MgO, CaO, SrO 및 BaO의 합계 함유량(RO)이 0 내지 0.5%,

Li_2O, Na_2O 및 K_2O의 합계 함유량(R_2O)이 0 초과 내지 4%,

$[Al_2O_3]\times[R_2O]$가 0 초과 내지 1.40,

$[Na_2O]/[R_2O]$가 0.30 내지 0.99인, 유리. [ ]는, 괄호 내에 기재된 성분의 산화물 기준의 몰% 표시로 표시되는 함유량을 나타낸다.

방법: 유리를 두께 0.45 내지 0.75㎜의 유리판으로 하고, Abs-OH를 측정한 후, 해당 유리판을 온도 60℃, 상대 습도 95%에서 정치한다. 정치 개시로부터 90시간 후에 해당 유리판의 Abs-OH를 측정한다. 정치 후의 Abs-OH로부터 정치 전의 Abs-OH를 감한 값을 ΔAbs-OH로서 산출한다.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 하기 방법에 의해 산출한 내산성이 0.05mg/㎠ 이하, 내알칼리성이 0.15mg/㎠ 이하인, 유리.

내산성의 평가 방법: 유리를 1변이 31 내지 36㎜인 사각형, 두께가 0.45 내지 0.75㎜인 유리판으로 하고, 산 수용액(7.7질량%의 HNO_3 및 6.5질량%의 H_2SO_4를 함유하는 45℃의 수용액)에 해당 유리 판을 170초간 침지하고, 단위 표면적당 유리 성분의 용출량(mg/㎠)을 내산성으로서 산출한다.

내알칼리성의 평가 방법: 유리를 1변이 31 내지 36㎜인 사각형, 두께가 0.45 내지 0.75㎜인 유리판으로 하고, 알칼리 수용액(1.2질량% KOH를 함유하는 60℃의 수용액)에 해당 유리판을 30분간 침지하고, 단위 표면적당 유

리 성분의 용출량(mg/㎠)을 내알칼리성으로서 산출한다.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 산화물 기준의 몰% 표시로 Cl을 0.01% 이상 포함하는, 유리.

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, Abs-OH가 0.1 내지 10인, 유리.

청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 50 내지 350℃에서의 평균 열팽창 계수가 20×10^{-7}/K 내지 50×10^{-7}/K인, 유리.

청구항 8

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 유리 전이 온도가 750℃ 이하인, 유리.

청구항 9

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 기재된 유리를 함유하고, 주표면과 단부면을 갖는 유리판이고, 두께가 0.75 ㎜ 이하인, 유리판.

청구항 10

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 기재된 유리를 플로트법 또는 퓨전법으로 제조하는, 유리판의 제조 방법.

청구항 11

10GHz 이상의 고주파 신호를 취급하는 고주파 디바이스에 사용되는 제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 기재된 유리를 구비하는, 유리 기판.

청구항 12

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 기재된 유리를 포함하는 유리 기판이고,

상기 유리 기판 상에 배선층이 형성된, 유리 기판.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 고주파 디바이스용 유리 기판, 패널형 안테나, 창유리, 차량용 창유리 및 디스플레이 패널 등에 적합한 유리, 유리판 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 휴대 전화기, 스마트폰, 휴대 정보 단말기, Wi-Fi 기기와 같은 통신 기기, 탄성 표면파(SAW) 디바이스, 레이더 부품, 안테나 부품 등의 전자 디바이스가 있다. 이러한 전자 디바이스에 있어서는, 통신 용량의 대용량화나 통신 속도의 고속화 등을 도모하기 위해서, 신호 주파수의 고주파화가 진행되고 있다. 고주파 용도의 전자 기기에 사용되는 회로 기판에는, 일반적으로 수지 기판, 세라믹스 기판, 유리 기판 등의 절연 기판이 사용되고 있다. 고주파 디바이스에 사용되는 절연 기판에는, 고주파 신호의 질이나 강도 등의 특성을 확보하기 위해서, 유전 손실이나 도체 손실 등에 기초하는 전송 손실을 저감할 것이 요구되고 있다.

[0003] 이들의 절연 기판 중, 수지 기판은 그 특성으로부터 강성이 낮다. 그 때문에, 반도체 패키지 제품에 강성(강도)이 필요한 경우에는, 수지 기판은 적용하기 어렵다. 세라믹스 기판은 표면의 평활성을 높이는 것이 어렵고, 이에 의해 기판 표면에 형성되는 도체에 기인하는 도체 손실이 커지기 쉽다고 하는 난점을 갖고 있다. 한편, 유리 기판은 강성이 높기 때문에, 패키지의 소형화나 박형화 등을 도모하기 쉽고, 표면 평활성도 우수하

고, 또한 기판 자체로서 대형화하는 것이 용이하다는 것과 같은 특징을 갖고 있다.

[0004] 특허문헌 1에는, 주파수 35GHz에 있어서 유전 정접이 0.007 이하의 고주파 디바이스용 유리 기판이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 국제 공개 제2018/051793호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 근년, 고주파 영역에서의 유전 정접을 낮게 하는 것에 추가하여, 상기 용도의 유리 기판은, 내약품성이 우수할 것이 요구된다. 액정 안테나, 고주파 디바이스 등의 회로 기판의 제조 공정에서는, 유리 기판 상에 배선층을 형성하는 전처리로서, 약품 세정이 실시된다. 유리의 내약품성이 낮으면, 예를 들어 산 세정 시에, 기판 표면이 용해되어 기판 표면의 평활성이 손상되고, 이에 의해 기판 표면에 형성되는 막의 밀착성이 저하될 우려가 있다. 또한, 용출물이 기판 표면에 부착할 우려도 있다. 이에 의해, 기판 표면에 형성되는 도체에 기인하는 도체 손실이 커질 우려가 있다.

[0007] 또한, 상기 용도의 유리 기판은, 내습성이 우수할 것이 요구된다. 내습성이 낮으면, 보관 중에 기판 표면이 열화되어서 기판 표면의 평활성이 손상될 우려가 있다. 또한, 내습성이 우수한 것에 의해, 고습 하에서의 사용에도 견딜 수 있다.

[0008] 본 발명은, 고주파 영역에서의 유전 정접이 낮고, 내약품성 및 내습성이 우수한 유리의 제공을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명자들은, 유리를 특정한 조성 범위로 함으로써 유전 손실을 낮게 하면서, 내약품성 및 내습성이 향상되고, 상기 과제를 해결할 수 있는 것을 발견하고, 본 발명을 완성시켰다.

[0010] [1] 산화물 기준의 몰% 표시로,

[0011] SiO_2를 68% 이상,

[0012] Al_2O_3를 0.1 내지 8%,

[0013] $[SiO_2]+[B_2O_3]$가 88% 이상,

[0014] $[B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])$가 27% 이하,

[0015] 25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이 4.5 이하이고,

[0016] 25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이고,

[0017] 하기 방법에 의해 산출한 ΔAbs-OH가 4.0 이하이며,

[0018] SrO를 0.1 내지 4%,

[0019] MgO, CaO, SrO 및 BaO의 합계 함유량(RO)이 0 초과 내지 6%,

[0020] Li_2O, Na_2O 및 K_2O의 합계 함유량(R_2O)이 0 내지 1%,

[0021] $[Al_2O_3]-[RO]$가 -3 내지 8% 미만,

[0022] $[Al_2O_3]\times[RO]$가 0 초과 내지 30,

[0023] $[MgO]+[CaO]$가 0.1 내지 5.9%,

[0024] [MgO]/([MgO]+[Al_2O_3])가 0 내지 0.45인, 유리. [ ]는, 괄호 내에 기재된 성분의 산화물 기준의 몰% 표시로 표시되는 함유량을 나타낸다.

[0025] 방법: 유리를 두께 0.45 내지 0.75㎜의 유리판으로 하고, Abs-OH를 측정한 후, 해당 유리판을 온도 60℃, 상대 습도 95%에서 정치한다. 정치 개시로부터 90시간 후에 해당 유리판의 Abs-OH를 측정한다. 정치 후의 Abs-OH로부터 정치 전의 Abs-OH를 감한 값을 ΔAbs-OH로서 산출한다.

[0026] [2] 산화물 기준의 몰% 표시로,

[0027] SiO_2를 68% 이상,

[0028] Al_2O_3를 0.1 내지 8%,

[0029] [SiO_2]+[B_2O_3]가 88% 이상,

[0030] [B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])가 27% 이하,

[0031] 25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이 4.5 이하이고,

[0032] 25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이고,

[0033] 하기 방법에 의해 산출한 ΔAbs-OH가 4.0 이하이며,

[0034] CaO를 0.1 내지 6%,

[0035] MgO, CaO, SrO 및 BaO의 합계 함유량(RO)이 0 초과 내지 6%,

[0036] Li_2O, Na_2O 및 K_2O의 합계 함유량(R_2O)이 0 내지 1%,

[0037] [Al_2O_3]-[RO]가 -3 내지 8% 미만,

[0038] [Al_2O_3]×[RO]가 0 초과 내지 28,

[0039] (([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO]))/[Al_2O_3]가 -3.0 내지 0.60인, 유리. [ ]는, 괄호 내에 기재된 성분의 산화물 기준의 몰% 표시로 표시되는 함유량을 나타낸다.

[0040] 방법: 유리를 두께 0.45 내지 0.75㎜의 유리판으로 하고, Abs-OH를 측정한 후, 해당 유리판을 온도 60℃, 상대 습도 95%에서 정치한다. 정치 개시로부터 90시간 후에 해당 유리판의 Abs-OH를 측정한다. 정치 후의 Abs-OH로부터 정치 전의 Abs-OH를 감한 값을 ΔAbs-OH로서 산출한다.

[0041] [3] 산화물 기준의 몰% 표시로,

[0042] SiO_2를 68% 이상,

[0043] Al_2O_3를 0.1 내지 8%,

[0044] [SiO_2]+[B_2O_3]가 88% 이상,

[0045] [B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])가 27% 이하,

[0046] 25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이 4.5 이하이고,

[0047] 25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이고,

[0048] 하기 방법에 의해 산출한 ΔAbs-OH가 4.0 이하이며,

[0049] Li_2O를 0% 초과,

[0050] K_2O를 0 초과 내지 0.8%,

[0051] MgO, CaO, SrO 및 BaO의 합계 함유량(RO)이 0 내지 0.5%,

[0052] Li_2O, Na_2O 및 K_2O의 합계 함유량(R_2O)이 0 초과 내지 4%,

[0053] $[Al_2O_3]\times[R_2O]$가 0 초과 내지 1.40,

[0054] $[Na_2O]/[R_2O]$가 0.30 내지 0.99인, 유리. [ ]는, 괄호 내에 기재된 성분의 산화물 기준의 몰% 표시로 표시되는 함유량을 나타낸다.

[0055] 방법: 유리를 두께 0.45 내지 0.75㎜의 유리판으로 하고, Abs-OH를 측정한 후, 해당 유리판을 온도 60℃, 상대 습도 95%에서 정치한다. 정치 개시로부터 90시간 후에 해당 유리판의 Abs-OH를 측정한다. 정치 후의 Abs-OH로부터 정치 전의 Abs-OH를 감한 값을 ΔAbs-OH로서 산출한다.

[0056] [4] 하기 방법에 의해 산출한 내산성이 0.05mg/㎠ 이하, 내알칼리성이 0.15mg/㎠ 이하인, [1] 내지 [3] 중 어느 한 항에 기재된 유리.

[0057] 내산성의 평가 방법: 유리를 1변이 31 내지 36㎜인 사각형, 두께가 0.45 내지 0.75㎜인 유리판으로 하고, 산 수용액(7.7질량%의 HNO_3 및 6.5질량%의 H_2SO_4를 함유하는 45℃의 수용액)에 유리 시료를 170초간 침지하고, 단위 표면적당 유리 성분의 용출량(mg/㎠)을 내산성으로서 산출한다.

[0058] 내알칼리성의 평가 방법: 유리를 1변이 31 내지 36㎜인 사각형, 두께가 0.45 내지 0.75㎜인 유리판으로 하고, 알칼리 수용액(1.2질량% KOH를 함유하는 60℃의 수용액)에 유리 시료를 30분간 침지하고, 단위 표면적당 유리 성분의 용출량(mg/㎠)을 내알칼리성으로서 산출한다.

[0059] [5] 산화물 기준의 몰% 표시로 Cl을 0.01% 이상 포함하는, [1] 내지 [4] 중 어느 한 항에 기재된 유리.

[0060] [6] Abs-OH가 0.1 내지 10.0인, [1] 내지 [5] 중 어느 한 항에 기재된 유리.

[0061] [7] 50 내지 350℃에서의 평균 열팽창 계수가 20×10^{-7}/K 내지 50×10^{-7}/K인, [1] 내지 [6] 중 어느 한 항에 기재된 유리.

[0062] [8] 유리 전이 온도가 750℃ 이하인, [1] 내지 [7] 중 어느 한 항에 기재된 유리.

[0063] [9] [1] 내지 [8] 중 어느 한 항에 기재된 유리를 함유하고, 주표면과 단부면을 갖는 유리판이고, 두께가 0.75㎜ 이하인 유리판.

[0064] [10] [1] 내지 [8] 중 어느 한 항에 기재된 유리를 플로트법 또는 퓨전법으로 제조하는 유리판의 제조 방법.

[0065] [11] 10GHz 이상의 고주파 신호를 취급하는 고주파 디바이스에 사용되는 [1] 내지 [8] 중 어느 한 항에 기재된 유리를 구비하는 유리 기판.

[0066] [12] [1] 내지 [8] 중 어느 한 항에 기재된 유리를 포함하는 유리 기판이고,

[0067] 상기 유리 기판 상에 배선층이 형성된 유리 기판.

발명의 효과

[0068] 본 발명의 유리는, 고주파 영역에서의 유전 정접이 낮다. 그 때문에, 고주파 신호의 유전 손실을 저감할 수 있고, 고주파 디바이스용 유리 기판에 적합하다. 그러한 유리 기판을 사용한 회로 기판에 의하면, 고주파 신호의 전송 손실을 저감할 수 있고, 실용적인 전자 디바이스 등의 고주파 디바이스를 제공할 수 있다.

[0069] 본 발명의 유리는, 내약품성이 우수하다. 그 때문에, 액정 안테나, 고주파 디바이스 등의 회로 기판의 제조 공정에서 유리 기판을 산세정했을 때에, 기판 표면이 용해되어 기판 표면의 평활성이 악화되거나, 용출물이 기판 표면에 부착되거나 할 우려가 없다. 그 때문에, 기판 표면에 형성되는 막의 밀착성 저하를 방지할 수 있다. 또한, 도체 손실이 커지는 것을 방지할 수 있다.

[0070] 본 발명의 유리는, 고주파의 주파수 대역 전파 전송 손실을 저감할 수 있다. 그 때문에, 고주파의 주파수 대역 전파를 송수신하는 유리 제품에도 적합하다.

[0071] 본 발명의 유리는, 내습성이 우수하다. 그 때문에, 보관 중의 열화를 방지할 수 있다. 또한, 고온 고습 하에서의 사용에 적합한 유리가 된다.

도면의 간단한 설명

[0072] 도 1은, 고주파 디바이스용 회로 기판의 구성의 일례를 도시하는 개략 단면도이다.

도 2는, $[B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])$와 ΔAbs-OH의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 3은, 예 13 내지 16에 있어서의, Cl과 Abs-OH의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 4는, 예 13 내지 16에 있어서의, Abs-OH와 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율 및 유전 정접과의 관계를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0073] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대하여 설명한다.

[0074] 본 발명은,

[0075] 산화물 기준의 몰% 표시로,

[0076] SiO_2를 68% 이상,

[0077] Al_2O_3를 0.1 내지 8%,

[0078] $[SiO_2]+[B_2O_3]$가 88% 이상,

[0079] $[B_2O_3]-([RO]+[R^2O]-[Al_2O_3])$가 27% 이하,

[0080] 25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이 4.5 이하이고,

[0081] 25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이고,

[0082] ΔAbs-OH가 4.0 이하이며,

[0083] SrO를 0.1 내지 4%,

[0084] MgO, CaO, SrO 및 BaO의 합계 함유량(RO)이 0 초과 내지 6%,

[0085] Li_2O, Na_2O 및 K_2O의 합계 함유량(R_2O)이 0 내지 1%,

[0086] $[Al_2O_3]-[RO]$가 -3 내지 8% 미만,

[0087] $[Al_2O_3]\times[RO]$가 0 초과 내지 30,

[0088] $[MgO]+[CaO]$가 0.1 내지 5.9%,

[0089] $[MgO]/([MgO]+[Al_2O_3])$가 0 내지 0.45인, 유리(이하, 「제1 실시 형태의 유리」라고 한다.)를 제공한다.

[0090] 또한, 본 발명은,

[0091] 산화물 기준의 몰% 표시로,

[0092] SiO_2를 68% 이상,

[0093] Al_2O_3를 0.1 내지 8%,

[0094] $[SiO_2]+[B_2O_3]$가 88% 이상,

[0095] $[B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])$가 27% 이하,

[0096] 25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이 4.5 이하이고,

[0097] 25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이고,

[0098] ΔAbs-OH가 4.0 이하이며,

[0099] CaO를 0.1 내지 6%,

[0100] MgO, CaO, SrO 및 BaO의 합계 함유량(RO)이 0 초과 내지 6%,

[0101] Li_2O, Na_2O 및 K_2O의 합계 함유량(R_2O)이 0 내지 1%,

[0102] $[Al_2O_3]-[RO]$가 -3 내지 8% 미만,

[0103] $[Al_2O_3]\times[RO]$가 0 초과 내지 28,

[0104] $(([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO]))/[Al_2O_3]$가 -3.0 내지 0.60인, 유리(이하, 「제2 실시 형태의 유리」라고 한다.)를 제공한다.

[0105] 또한, 본 발명은,

[0106] 산화물 기준의 몰% 표시로,

[0107] SiO_2를 68% 이상,

[0108] Al_2O_3를 0.1 내지 8%,

[0109] $[SiO_2]+[B_2O_3]$가 88% 이상,

[0110] $[B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])$가 27% 이하,

[0111] 25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이 4.5 이하이고,

[0112] 25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이고,

[0113] ΔAbs-OH가 4.0 이하이며,

[0114] Li_2O를 0% 초과,

[0115] K_2O를 0 초과 내지 0.8%,

[0116] MgO, CaO, SrO 및 BaO의 합계 함유량(RO)이 0 내지 0.5%,

[0117] Li_2O, Na_2O 및 K_2O의 합계 함유량(R_2O)이 0 초과 내지 4%,

[0118] $[Al_2O_3]\times[R_2O]$가 0 초과 내지 1.40,

[0119] $[Na_2O]/[R_2O]$가 0.30 내지 0.99인, 유리(이하, 「제3 실시 형태의 유리」라고 한다.)를 제공한다.

[0120] 본 명세서에 있어서, 「본 발명의 유리」란, 제1 실시 형태의 유리, 제2 실시 형태의 유리, 제3 실시 형태의 유리를 포함하는 것이다. 제1 내지 제3 실시 형태의 유리에 있어서, 각 식에 있어서의 [ ]는, 괄호 내에 기재된 성분의 산화물 기준의 몰% 표시로 표시되는 함유량을 나타낸다.

[0121] 또한, 이하의 설명에 있어서, 「내지」를 사용하여 나타내진 수치 범위는, 「내지」의 전후에 기재되는 수치를 각각 최솟값 및 최대값으로서 포함하는 범위를 나타낸다. 유리나 유리판에 있어서의 각 성분의 함유율은, 특별히 언급하지 않는 한, 산화물 기준의 몰 백분율(몰%)을 나타내고, 단순히 「%」라고도 나타낸다.

[0122] 또한, 본 명세서에 있어서의 「고주파」란, 주파수 10GHz 이상, 바람직하게는 30GHz보다 크고, 보다 바람직하게는 35GHz 이상으로 한다. 또한, 고주파란, 주파수 3THz 이하, 바람직하게는 1THz 이하, 보다 바람직하게는 300GHz 이하, 더욱 바람직하게는 100GHz 이하로 한다.

[0123] 이하, 본 발명의 유리(이하, 단순히 「유리」라고 칭하는 경우가 있다.)의 구체적인 실시 형태로서, 제1 내지 3 실시 형태의 유리를 설명한다.

[0124] 〔제1 내지 3 실시 형태의 유리에 공통인 구성〕

[0125] 제1 내지 3 실시 형태의 유리, 즉 본 발명의 유리는, 하기의 구성을 갖는다.

[0126] 산화물 기준의 몰% 표시로,

[0127] SiO_2를 68% 이상,

[0128] Al_2O_3를 0.1 내지 8%,

[0129] $[SiO_2]+[B_2O_3]$가 88% 이상,

[0130] $[B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])$가 27% 이하,

[0131] 25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이 4.5 이하이고,

[0132] 25℃, 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이고,

[0133] 하기 방법에 의해 산출한 ΔAbs-OH가 4.0 이하이다.

[0134] 방법: 유리를 두께 0.45 내지 0.75㎜의 유리판으로 하고, Abs-OH를 측정한 후, 해당 유리판을 온도 60℃, 상대 습도 95%에서 정치한다. 정치 개시로부터 90시간 후에 해당 유리판의 Abs-OH를 측정한다. 정치 후의 Abs-OH로부터 정치 전의 Abs-OH를 감한 값을 ΔAbs-OH로서 산출한다.

[0135] 이하, 본 발명의 유리에 공통인 구성에 대하여 상세하게 설명한다.

[0136] SiO_2는 네트워크 형성 물질이다. 본 발명의 유리는, SiO_2를 68% 이상 함유한다. SiO_2의 함유량이 68% 이상이면, 고주파 영역에서의 유전 정접을 저감할 수 있고, 유리 형성능이나 내약품성을 양호하게 할 수 있고, 또한 표면 실투 온도의 상승을 억제할 수 있다. 본 발명의 유리에 있어서, SiO_2의 함유량은 68.3% 이상이 바람직하고, 68.5% 이상이 보다 바람직하고, 68.8% 이상이 더욱 바람직하고, 69.1% 이상이 보다 더 바람직하고, 69.4% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 69.7% 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 70.0% 이상이 한층 바람직하고, 70.2% 이상이 보다 한층 바람직하고, 70.4% 이상이 더 한층 바람직하고, 70.5% 이상이 보다 더 한층 바람직하고, 70.7% 이상이 특히 더 한층 바람직하고, 70.9% 이상이 더더욱 더 한층 바람직하다.

[0137] 또한, 본 발명의 유리에 있어서, SiO_2의 함유량은 85% 이하인 것이 바람직하다. SiO_2의 함유량이 85% 이하이면, 유리의 용해성을 양호하게 할 수 있다. SiO_2의 함유량은, 84% 이하가 보다 바람직하고, 83% 이하가 더욱 바람직하고, 82% 이하가 보다 더 바람직하고, 81% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 80% 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 79.5% 이하가 한층 바람직하고, 79.0% 이하가 보다 한층 바람직하고, 78.5% 이하가 더 한층 바람직하고, 78.0% 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 77.5% 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 77.0% 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0138] 본 발명의 유리는, Al_2O_3를 0.1 내지 8% 함유한다. Al_2O_3는 내약품성의 향상, 영률의 향상, 유리의 분상 특성의 향상, 열팽창 계수의 저하 등에 효과를 발휘하는 성분이다. Al_2O_3의 함유량은 0.1% 이상이면, 유리의 내약품성 및 분상 특성이 향상된다. Al_2O_3의 함유량은 0.13% 이상이 바람직하고, 0.16% 이상이 보다 바람직하고, 0.19% 이상이 더욱 바람직하고, 0.22% 이상이 보다 더 바람직하고, 0.25% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 0.28% 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 0.31% 이상이 한층 바람직하고, 0.34% 이상이 보다 한층 바람직하고, 0.37% 이상이 더 한층 바람직하고, 0.4% 이상이 보다 더 한층 바람직하고, 0.43% 이상이 특히 더 한층 바람직하고, 0.46% 이상이 더더욱 한층 바람직하다.

[0139] 또한, 본 발명의 유리에 있어서, Al_2O_3 함유량이 8% 이하이면, 고주파 영역에서의 유전 정접을 낮게 할 수 있다. Al_2O_3의 함유량은 7.5% 이하가 바람직하고, 7.0% 이하가 보다 바람직하고, 6.8% 이하가 더욱 바람직하고, 6.6% 이하가 보다 더 바람직하고, 6.4% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 6.2% 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 6.0% 이하가 한층 바람직하고, 5.8% 이하가 보다 한층 바람직하고, 5.6% 이하가 더 한층 바람직하고, 5.4% 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 5.2% 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 5% 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0140] 본 발명의 유리는, SiO_2 및 B_2O_3의 합계 함유량($[SiO_2]+[B_2O_3]$)이 88% 이상이다. $[SiO_2]+[B_2O_3]$이 88% 이상이면, 유전 특성이 향상된다. 본 발명의 유리에 있어서, $[SiO_2]+[B_2O_3]$은, 88.3% 이상이 보다 바람직하고, 88.6% 이상이 더욱 바람직하고, 88.9% 이상이 보다 더 바람직하고, 89.2% 이상이 보다 더욱 더 바람직하고,

89.5% 이상이 한층 바람직하고, 89.8% 이상이 보다 한층 바람직하고, 90.1% 이상이 더 한층 바람직하고, 90.4% 이상이 보다 더 한층 바람직하고, 90.7% 이상이 특히 더 한층 바람직하고, 91% 이상이 더더욱 한층 바람직하다.

[0141] 본 발명의 유리에 있어서, $[SiO_2]+[B_2O_3]$가 99% 이하인 것이 바람직하다. 본 발명의 유리에 있어서, $[SiO_2]+[B_2O_3]$는, 98.8% 이하가 보다 바람직하고, 98.6% 이하가 더욱 바람직하고, 98.4% 이하가 보다 더 바람직하고, 98.2% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 98.1% 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 98% 이하가 한층 바람직하고, 97.9% 이하가 보다 한층 바람직하고, 97.8% 이하가 더 한층 바람직하고, 97.7% 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 97.6% 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 97.5% 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0142] 본 발명의 유리는, $[B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])$가 27% 이하이다. $[B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])$의 값이 작을수록, 유리의 내습성이 향상된다. 따라서, 본 발명의 유리는, $[B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])$는 27% 이하이고, 26.8% 이하가 바람직하고, 26.6% 이하가 보다 바람직하고, 26.4% 이하가 더욱 바람직하고, 26.2% 이하가 보다 더 바람직하고, 26% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 25.8% 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 25.6% 이하가 한층 바람직하고, 25.4% 이하가 보다 한층 바람직하고, 25.3% 이하가 더 한층 바람직하고, 25.2% 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 25.1% 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 25% 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0143] 본 발명의 유리는, 유전 특성의 관점에서, $[B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])$는 15% 이상인 것이 바람직하다. $[B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])$는 16% 이상이 보다 바람직하고, 16.3% 이상이 더욱 바람직하고, 16.6% 이상이 보다 더 바람직하고, 16.9% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 17.2% 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 17.5% 이상이 한층 바람직하고, 17.8% 이상이 보다 한층 바람직하고, 18.1% 이상이 더 한층 바람직하고, 18.4% 이상이 보다 더 한층 바람직하고, 18.7% 이상이 특히 더 한층 바람직하고, 19% 이상이 더더욱 한층 바람직하다.

[0144] 본 발명의 유리는, 하기 방법에 의해 산출되는 ΔAbs-OH가 4.0 이하이다.

[0145] ΔAbs-OH가 4.0 이하이면, 유리는 우수한 내습성을 나타낸다. ΔAbs-OH는 3.5 이하가 바람직하고, 3.0 이하가 보다 바람직하고, 2.5 이하가 더욱 바람직하다. ΔAbs-OH의 하한은 특별히 한정되지 않지만, ΔAbs-OH는, 예를 들어 0 이상이 바람직하다.

[0146] 방법: 유리를 두께 0.45 내지 0.75㎜의 유리판으로 하고, Abs-OH를 측정한 후, 해당 유리판을 온도 60℃, 상대 습도 95%에서 정치한다. 정치 개시로부터 90시간 후에 해당 유리판의 Abs-OH를 측정한다. 정치 후의 Abs-OH로부터 정치 전의 Abs-OH를 감한 값을 ΔAbs-OH로서 산출한다.

[0147] 하기 방법에 의해 산출되는 $\Delta(Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base})$는 측정 시의 유리 판 두께의 영향을 받기 어려운 내습성의 지표이다. 본 발명의 유리는 $\Delta(Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base})$가 0.2 이하인 것이 바람직하다.

[0148] 방법: 유리를 두께 0.45 내지 0.75㎜의 유리판으로 하고, $(Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base})$를 측정한 후, 해당 유리판을 온도 60℃, 상대 습도 95%에서 정치한다. 정치 개시로부터 90시간 후에 해당 유리판의 $(Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base})$를 측정한다. 정치 후의 $(Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base})$로부터 정치 전의 $(Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base})$를 감한 값을 $\Delta(Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base})$로서 산출한다.

[0149] $\Delta(Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base})$가 0.2 이하이면, 유리는 우수한 내습성을 나타낸다. $\Delta(Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base})$는 0.15 이하가 바람직하고, 0.12 이하가 보다 바람직하고, 0.1 이하가 더욱 바람직하고, 0.05 이하가 특히 바람직하다. $\Delta(Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base})$의 하한은 특별히 한정되지 않지만, $\Delta(Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base})$는, 예를 들어 0 이상이 바람직하다.

[0150] 본 발명의 유리는, 20℃, 10GHz에 있어서의 유전 정접은, 0.005 이하이다. 20℃, 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이면, 주파수 10GHz를 초과하는 고주파 영역에서의 유전 손실을 저감할 수 있다. 20℃, 10GHz에 있어서의 유전 정접은, 0.0045 이하가 바람직하고, 0.0040 이하가 보다 바람직하고, 0.0035 이하가 더욱 바람직하고, 0.0030 이하가 보다 더 바람직하고, 0.0025 이하가 보다 더더욱 바람직하다. 하한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 0.0001 이상이 바람직하다.

[0151] 본 발명의 유리는, 20℃, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이, 4.5 이하이다. 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이4.5 이하이면 고주파 영역에서의 유전 손실을 저감할 수 있다. 20℃, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율은 4.45 이하가 바람직하고, 4.40 이하가 보다 바람직하고, 4.35 이하가 더욱 바람직하고, 4.30 이하가 보다 더

바람직하고, 4.25 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 4.20 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 4.15 이하가 한층 바람직하고, 4.10 이하가 보다 한층 바람직하다. 하한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 3 이상이 바람직하다.

[0152] 본 발명의 유리는, 상기의 공통의 구성을 가짐으로써, 고주파 영역에서의 낮은 유전 정접 및 우수한 내약품성과 내습성을 나타낸다.

[0153] 〔제1 실시 형태의 유리〕

[0154] 제1 실시 형태의 유리는, 상기한 공통의 구성에 추가하여, 특히 용해성, 내약품성, 분상 특성 및 유전 특성을 보다 향상시키고, 표면 실투 온도의 상승을 억제하는 등의 관점에서, 하기의 구성을 갖는다.

[0155] 산화물 기준의 몰% 표시로,

[0156] SrO를 0.1 내지 4%,

[0157] MgO, CaO, SrO 및 BaO의 합계 함유량(RO)이 0 초과 내지 6%,

[0158] Li_2O, Na_2O 및 K_2O의 합계 함유량(R_2O)이 0 내지 1%,

[0159] $[Al_2O_3]$-[RO]가 -3 내지 8% 미만,

[0160] $[Al_2O_3]\times$[RO]가 0 초과 내지 30,

[0161] [MgO]+[CaO]가 0.1 내지 5.9%,

[0162] [MgO]/([MgO]+$[Al_2O_3]$)가 0 내지 0.45이다.

[0163] 이하, 상기의 구성에 대해서, 상세하게 설명한다.

[0164] SrO는 유리의 내습성을 높여, 표면 실투 온도를 상승시키지 않고, 용해성을 향상시키는 성분이다. 제1 실시 형태의 유리는, SrO를 0.1 내지 4% 함유한다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, SrO의 함유량이 0.1% 이상이면, 내습성을 높여, 표면 실투 온도를 상승시키지 않고, 용해성을 향상시킨다.

[0165] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, SrO의 함유량은, 0.2% 이상이 바람직하고, 0.3% 이상이 보다 바람직하고, 0.4% 이상이 더욱 바람직하고, 0.5% 이상이 보다 더 바람직하고, 0.6% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 0.7% 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 0.8% 이상이 한층 바람직하고, 0.9% 이상이 보다 한층 바람직하고, 1% 이상이 더 한층 바람직하고, 1.1% 이상이 보다 더 한층 바람직하고, 1.2% 이상이 특히 더 한층 바람직하고, 1.3% 이상이 더더욱 한층 바람직하다.

[0166] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, SrO의 함유량이 4% 이하이면, 내약품성의 악화를 억제할 수 있고, 또한, 비중을 너무 크게 하는 일 없이, 평균 열팽창 계수가 너무 높아지는 것도 억제할 수 있다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, SrO의 함유량은 3.8% 이하가 바람직하고, 3.6% 이하가 보다 바람직하고, 3.4% 이하가 더욱 바람직하고, 3.2% 이하가 보다 더 바람직하고, 3% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 2.8% 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 2.6% 이하가 한층 바람직하고, 2.4% 이하가 보다 한층 바람직하고, 2.2% 이하가 더 한층 바람직하고, 2.0% 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 1.8% 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 1.6% 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0167] MgO, CaO, SrO 및 BaO는, 표면 실투 온도의 상승을 억제하고, 용해성을 향상시키는 성분이다. 제1 실시 형태의 유리는, MgO, CaO, SrO 및 BaO의 합계 함유량(RO)이 0 초과 내지 6%이다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, RO가 0% 초과임으로써, 표면 실투 온도의 상승이 억제되고, 용해성이 향상된다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, RO는, 0.1% 이상이 바람직하고, 0.3% 이상이 보다 바람직하고, 0.5% 이상이 더욱 바람직하고, 0.7% 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 0.9% 이상이 한층 바람직하고, 1.1% 이상이 보다 한층 바람직하고, 1.3% 이상이 더 한층 바람직하고, 1.5% 이상이 보다 더 한층 바람직하고, 1.7% 이상이 특히 더 한층 바람직하고, 1.9% 이상이 더더욱 한층 바람직하다.

[0168] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, RO가 6% 이하이면, 유전 특성 및 내약품성이 향상된다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, RO는 5.8% 이하가 바람직하고, 5.6% 이하가 보다 바람직하고, 5.4% 이하가 더욱 바람직하고, 5.2% 이하가 보다 더 바람직하고, 5% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 4.8% 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 4.6% 이하가 한층 바람직하고, 4.4% 이하가 보다 한층 바람직하고, 4.3% 이하가 더 한층 바람직

하고, 4.2% 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 4.1% 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 4% 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0169] Li_2O, Na_2O 및 K_2O는, 내습성을 높여, 용해성을 향상시키는 성분이다. 또한, 표면 실투 온도의 상승을 억제하고, 평균 열팽창 계수를 높이는 효과도 있다. 제1 실시 형태의 유리는, Li_2O, Na_2O 및 K_2O의 합계 함유량(R_2O)이 0 내지 1%이다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, Li_2O, Na_2O 및 K_2O를 함유함으로써, 내습성을 높여 용해성을 향상시킬 수 있다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, Li_2O, Na_2O 및 K_2O를 함유하는 경우, R_2O는 0.1% 이상이 바람직하고, 0.2% 이상이 보다 바람직하고, 0.3% 이상이 더욱 바람직하고, 0.4% 이상이 보다 더 바람직하고, 0.5% 이상이 보다 더욱 더 바람직하다.

[0170] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, R_2O가 1% 이하임으로써, 유전 특성이 향상되는 제1 실시 형태의 유리에 있어서, R_2O는, 0.9% 이하가 바람직하고, 0.8% 이하가 보다 바람직하고, 0.7% 이하가 더욱 바람직하고, 0.6% 이하가 보다 더 바람직하고, 0.5% 이하가 보다 더더욱 바람직하다.

[0171] 제1 실시 형태의 유리는, $[Al_2O_3]-[RO]$가 -3 내지 8% 미만이다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, $[Al_2O_3]-[RO]$가 -3% 이상임으로써, 분상 특성이 향상된다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, $[Al_2O_3]-[RO]$가 -2.8% 이상인 것이 바람직하고, -2.6% 이상이 보다 바람직하고, -2.4% 이상이 더욱 바람직하고, -2.2% 이상이 보다 더 바람직하고, -2% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, -1.8% 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, -1.6% 이상이 한층 바람직하고, -1.4% 이상이 보다 한층 바람직하고, -1.2% 이상이 더 한층 바람직하고, -1% 이상이 보다 더 한층 바람직하고, -0.8% 이상이 특히 더 한층 바람직하고, -0.6% 이상이 더더욱 한층 바람직하다.

[0172] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, $[Al_2O_3]-[RO]$가 8% 미만이면, 용해성이 향상되고, 또한 표면 실투 온도의 상승을 억제할 수 있다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, $[Al_2O_3]-[RO]$가 7.5% 이하인 것이 바람직하고, 7% 이하가 보다 바람직하고, 6.5% 이하가 더욱 바람직하고, 6% 이하가 보다 더 바람직하고, 5.5% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 5% 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 4.7% 이하가 한층 바람직하고, 4.4% 이하가 보다 한층 바람직하고, 4.1% 이하가 더 한층 바람직하고, 3.8% 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 3.5% 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 3% 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0173] 제1 실시 형태의 유리는, $[Al_2O_3]\times[RO]$가 0 초과 내지 30이다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, $[Al_2O_3]\times[RO]$가 0 초과임으로써, 분상 특성을 향상할 수 있다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, $[Al_2O_3]\times[RO]$가 1 이상인 것이 바람직하고, 2 이상이 보다 바람직하고, 3 이상이 더욱 바람직하고, 3.5 이상이 보다 더 바람직하고, 4 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 4.5 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 5 이상이 한층 바람직하고, 5.5 이하가 보다 한층 바람직하고, 6 이상이 더 한층 바람직하고, 6.5 이상이 보다 더 한층 바람직하고, 7 이상이 특히 더 한층 바람직하고, 7.5 이상이 더더욱 한층 바람직하다.

[0174] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, $[Al_2O_3]\times[RO]$가 30 이하이면, 유전 특성을 향상시킬 수 있다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, $[Al_2O_3]\times[RO]$가 29 이하인 것이 바람직하고, 28 이하가 보다 바람직하고, 27 이하가 더욱 바람직하고, 26 이하가 보다 더 바람직하고, 25 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 24 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 23 이하가 한층 바람직하고, 22 이하가 보다 한층 바람직하고, 21.5 이하가 더 한층 바람직하고, 21 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 20.5 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 20 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0175] 제1 실시 형태의 유리는, MgO 및 CaO의 합계 함유량($[MgO]+[CaO]$)이 0.1 내지 5.9%이다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, $[MgO]+[CaO]$가 0.1% 이상임으로써, 용해성의 향상, 내습성의 향상, 표면 실투 온도의 상승을 억제와 같은 효과가 얻어진다.

[0176] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, $[MgO]+[CaO]$가 0.2% 이상인 것이 바람직하고, 0.4% 이상이 보다 바람직하고, 0.6% 이상이 더욱 바람직하고, 0.8% 이상이 보다 더 바람직하고, 1% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 1.2% 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 1.4% 이상이 한층 바람직하고, 1.6% 이상이 보다 한층 바람직하고, 1.8% 이상이 더 한층 바람직하고, 2% 이상이 보다 더 한층 바람직하고, 2.2% 이상이 특히 더 한층 바람직하고, 2.4% 이상이 더더욱 한층 바람직하다.

[0177] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, $[MgO]+[CaO]$가 5.9% 이하이면, 유전 특성의 악화를 억제할 수 있다. 제1 실

시 형태의 유리에 있어서, [MgO]+[CaO]가 5.8% 이하인 것이 바람직하고, 5.6% 이하가 보다 바람직하고, 5.4% 이하가 더욱 바람직하고, 5.2 이하가 보다 더 바람직하고, 5% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 4.8% 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 4.6% 이하가 한층 바람직하고, 4.4% 이하가 보다 한층 바람직하고, 4.2% 이하가 더 한층 바람직하고, 4% 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 3.8% 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 3.6% 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0178] 제1 실시 형태의 유리는, [MgO]/([MgO]+[Al_2O_3])가 0 내지 0.45이다.

[0179] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, [MgO]/([MgO]+[Al_2O_3])가 0 이상인 것이 바람직하고, 0.01 이상이 보다 바람직하고, 0.02 이상이 더욱 바람직하고, 0.03 이상이 보다 더 바람직하고, 0.04 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 0.05 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 0.06 이상이 한층 바람직하고, 0.07 이하가 보다 한층 바람직하고, 0.08 이상이 더 한층 바람직하고, 0.09 이상이 보다 더 한층 바람직하고, 0.1 이상이 특히 더 한층 바람직하고, 0.11 이상이 더더욱 한층 바람직하다.

[0180] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, [MgO]/([MgO]+[Al_2O_3])가 0.45 이하임으로써, 표면 실투 온도의 상승을 억제할 수 있다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, [MgO]/([MgO]+[Al_2O_3])가 0.45 이하인 것이 바람직하고, 0.44 이하가 보다 바람직하고, 0.43 이하가 더욱 바람직하고, 0.42 이하가 보다 더 바람직하고, 0.41 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 0.4 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 0.39 이하가 한층 바람직하고, 0.35 이하가 보다 한층 바람직하고, 0.31 이하가 더 한층 바람직하고, 0.3 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 0.25 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 0.2 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0181] B_2O_3은, 고주파 영역에서의 유전 정접을 낮게 하게 하는 성분이다. 제1 실시 형태의 유리는, B_2O_3을 15 내지 30 % 함유하는 것이 바람직하다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, B_2O_3의 함유량을 15% 이상으로 함으로써 용해성이 향상된다. 또한, 고주파 영역에서의 유전 정접을 낮게 할 수 있다. B_2O_3의 함유량은, 16% 이상이 보다 바람직하고, 16.5% 이상이 더욱 바람직하고, 17% 이상이 보다 더 바람직하고, 17.5% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 18% 이상이 보다 더욱 더 바람직하다.

[0182] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, B_2O_3가 30% 이하이면, 내약품성을 양호하게 할 수 있다. B_2O_3의 함유량은 29 % 이하가 보다 바람직하고, 28% 이하가 더욱 바람직하고, 27% 이하가 보다 더 바람직하고, 26% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 25% 이하가 보다 더욱 더 바람직하다.

[0183] CaO는, 알칼리 토류 금속 중에서는 MgO에 다음으로 비탄성률을 높게 하고, 또한 변형점을 과대하게는 저하시키지 않는다고 하는 특징을 갖고, 용해성도 향상시키는 성분이다. 또한, MgO와 비교하여 내습성을 악화시키기 어렵고, 표면 실투 온도도 높게 하기 어렵다고 하는 특징도 갖는 성분이다. 제1 실시 형태의 유리는 CaO를 함유해도 된다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, CaO를 함유함으로써, 평균 열팽창 계수가 너무 높아지지 않고, 또한 표면 실투 온도의 상승을 억제할 수 있다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, CaO를 함유하는 경우, CaO의 함유량은, 0.1% 이상이 바람직하고, 0.2% 이상이 보다 바람직하고, 0.3% 이상이 더욱 바람직하고, 0.4% 이상이 보다 더 바람직하고, 0.5% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 0.6% 이상이 보다 더욱 더 바람직하다.

[0184] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, 평균 열팽창 계수를 너무 높게 하지 않고, 또한 표면 실투 온도의 상승을 억제하는 관점에서, CaO의 함유량은 4% 이하가 바람직하고, 3.8% 이하가 보다 바람직하고, 3.6% 이하가 더욱 바람직하고, 3.4% 이하가 보다 더 바람직하고, 3.2% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 3% 이하가 보다 더욱 더 바람직하다.

[0185] MgO는, 비중을 높이지 않고 영률을 높이는 성분이다. 즉, MgO는, 비탄성률을 높게 하는 성분이고, 그것에 의해 휨의 문제를 경감할 수 있고, 파괴 인성값을 향상시켜서 유리 강도를 높인다. 또한, MgO는 용해성도 향상시키는 성분이다. 따라서, 제1 실시 형태의 유리는 MgO를 함유해도 된다.

[0186] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, MgO를 함유하는 경우, MgO의 함유량은 0.1% 이상이 바람직하고, 0.2% 이상이 보다 바람직하고, 0.3% 이상이 더욱 바람직하고, 0.4% 이상이 보다 더 바람직하고, 0.5% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 0.6% 이상이 보다 더욱 더 바람직하다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, 표면 실투 온도의 상승을 억제하는 관점에서, MgO의 함유량은, 4% 이하가 바람직하고, 3.8% 이하가 보다 바람직하고, 3.6% 이하가 더욱 바람직하고, 3.4% 이하가 보다 더 바람직하고, 3.2% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 3% 이하가 보다 더욱 더 바람직하다.

[0187] BaO는 유리의 내습성을 높여, 표면 실투 온도를 상승시키지 않고, 용해성을 향상시키는 성분이다. 또한, 평균 열팽창 계수를 높이는 효과도 있다. 따라서, 제1 실시 형태의 유리는 BaO를 함유해도 된다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, BaO를 함유하는 경우, BaO의 함유량은 0.1% 이상이 바람직하고, 0.2% 이상이 보다 바람직하고, 0.3% 이상이 더욱 바람직하고, 0.4% 이상이 보다 더 바람직하고, 0.5% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 0.6% 이상이 보다 더욱 더 바람직하다.

[0188] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, BaO를 많이 함유하면 비중이 커지고, 영률이 낮아지는 경향이 있다. 또한, 유리의 내약품성이 저하된다. 그 때문에, 제1 실시 형태의 유리에 있어서 BaO의 함유량은 4% 이하가 바람직하고, 3.8% 이하가 보다 바람직하고, 3.6% 이하가 더욱 바람직하고, 3.4% 이하가 보다 더 바람직하고, 3.2% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 3% 이하가 보다 더욱 더 바람직하다.

[0189] Li_2O는, 내습성을 높여 용해성을 향상시키는 성분이다. 또한, 표면 실투 온도의 상승을 억제하고, 평균 열팽창 계수를 높이는 효과도 있다. 제1 실시 형태의 유리는 Li_2O를 함유해도 된다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, Li_2O를 함유하는 경우, Li_2O의 함유량은 0.1% 이상이 바람직하다. Li_2O를 0.01% 이상 함유함으로써, 용융성이 향상된다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, Li_2O의 함유량은, 0.03% 이상이 보다 바람직하고, 0.05% 이상이 더욱 바람직하고, 0.07% 이상이 보다 더 바람직하고, 0.09% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 0.1% 이상이 보다 더욱 더 바람직하다.

[0190] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, 유전 특성의 관점에서, Li_2O의 함유량은 0.8% 이하가 바람직하고, 0.7% 이하가 보다 바람직하고, 0.6% 이하가 더욱 바람직하고, 0.5% 이하가 보다 더 바람직하고, 0.4% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 0.3% 이하가 보다 더욱 더 바람직하다.

[0191] K_2O는, 내습성을 높여 용해성을 향상시키는 성분이다. 또한, 표면 실투 온도의 상승을 억제하고, 평균 열팽창 계수를 높이는 효과도 있다. 제1 실시 형태의 유리는 K_2O를 함유해도 된다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, K_2O를 함유함으로써, 용융성 및 분상 특성이 향상된다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, K_2O를 함유하는 경우, K_2O의 함유량은 0.01% 이상이 바람직하고, 0.03% 이상이 보다 바람직하고, 0.05% 이상이 더욱 바람직하고, 0.07% 이상이 보다 더 바람직하고, 0.09% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 0.1% 이상이 보다 더욱 더 바람직하다.

[0192] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, 유전 특성의 관점에서, K_2O의 함유량은 0.5% 이하가 바람직하고, 0.4% 이하가 보다 바람직하고, 0.3% 이하가 더욱 바람직하고, 0.25% 이하가 보다 더 바람직하고, 0.2% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 0.15% 이하가 보다 더욱 더 바람직하다.

[0193] Na_2O는, 내습성을 높여 용해성을 향상시키는 성분이다. 또한, 표면 실투 온도의 상승을 억제하고, 평균 열팽창 계수를 높이는 효과도 있다. 따라서, 제1 실시 형태의 유리에 있어서, Na_2O를 함유시켜도 된다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, Na_2O를 함유시킴으로써, 용융성이 향상된다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, Na_2O의 함유량은, 0.01% 이상이 보다 바람직하고, 0.03% 이상이 더욱 바람직하고, 0.05% 이상이 보다 더 바람직하고, 0.07% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 0.09% 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 0.1% 이상이 가장 바람직하다.

[0194] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, 유전 특성의 관점에서, Na_2O의 함유량은 0.7% 이하가 바람직하고, 0.6% 이하가 보다 바람직하고, 0.5% 이하가 더욱 바람직하고, 0.4% 이하가 보다 더 바람직하고, 0.3% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 0.2% 이하가 보다 더욱 더 바람직하다.

[0195] Cl은 유전 특성을 향상시키는 성분이다. 또한, 청징제로서의 역할도 있고, 유리 융액 중에 있어서의 기포를 저감시키는 효과가 있다. 제1 실시 형태의 유리는, Cl을 0.01 내지 1% 함유하는 것이 바람직하다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, Cl을 0.01% 이상 함유함으로써, 유리 중의 Abs-OH를 저감할 수 있고, Abs-OH의 저감에 수반하여, 비유전율 및 유전 정접을 저하시켜서 유전 특성을 향상시킬 수 있다.

[0196] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, Cl의 함유량은 0.01% 이상이 보다 바람직하고, 0.02% 이상이 더욱 바람직하고, 0.03% 이상이 보다 더 바람직하고, 0.04% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 0.05% 이상이 보다 더욱 더 바람직하다. 또한, 제1 실시 형태의 유리에 있어서, Cl의 함유량은, 1% 이하가 보다 바람직하고, 0.9% 이하

가 더욱 바람직하고, 0.8% 이하가 보다 더 바람직하고, 0.7% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 0.6% 이하가 보다 더욱 더 바람직하다.

[0197] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, SrO 및 BaO의 합계 함유량([SrO]+[BaO])이 0.1 내지 5.9%인 것이 바람직하다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, ([SrO]+[BaO])가 0.1% 이상임으로써, 내습성을 향상시킬 수 있다. 또한, 용해성의 향상, 표면 실투 온도의 상승 억제, 평균 열팽창 계수의 향상과 같은 효과도 있다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, ([SrO]+[BaO])가 0.1% 이상인 것이 보다 바람직하고, 이하 바람직한 순으로, 0.2% 이상, 0.3% 이상, 0.4% 이상, 0.5% 이상, 0.6% 이상, 0.7% 이상, 0.8% 이상, 0.9% 이상, 1% 이상, 1.1% 이상, 1.2% 이상, 1.3% 이상, 1.4% 이상, 1.5% 이상, 1.6% 이상, 1.7% 이상, 1.8% 이상, 1.9% 이상이다.

[0198] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, ([SrO]+[BaO])가 5.9% 이하임으로써, 내약품성의 악화를 억제할 수 있다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, ([SrO]+[BaO])가 5.9% 이하인 것이 보다 바람직하고, 이하 바람직한 순으로, 5.8% 이하, 5.7% 이하, 5.6% 이하, 5.5% 이하, 5.4% 이하, 5.3% 이하, 5.2% 이하, 5.1% 이하, 5% 이하, 4.9% 이하, 4.8% 이하, 4.7% 이하, 4.6% 이하이다.

[0199] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, ([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO])가 -3 내지 3%인 것이 바람직하다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, ([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO])가 -3% 이상임으로써, 내약품성의 악화를 억제할 수 있다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, ([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO])가 -3% 이상인 것이 보다 바람직하고, 이하 바람직한 순으로, -2.9% 이상, -2.8% 이상, -2.7% 이상, -2.6% 이상, -2.5% 이상, -2.4% 이상, -2.3% 이상, -2.2% 이상, -2.1% 이상, -2%, -1.9% 이상, -1.8% 이상, -1.7% 이상, -1.6% 이상, -1.5% 이상, -1.4% 이상, -1.3% 이상, -1.2% 이상, -1.1% 이상, -1% 이상이다.

[0200] 제1 실시 형태의 유리에 있어서, ([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO])가 3% 이하임으로써, 내습성을 향상시킬 수 있다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, ([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO])가 3% 이하인 것이 보다 바람직하고, 이하 바람직한 순으로, 2.9% 이하, 2.8% 이하, 2.7% 이하, 2.6% 이하, 2.5% 이하, 2.4% 이하, 2.3% 이하, 2.2% 이하, 2.1% 이하, 2% 이하이다.

[0201] 〔제2 실시 형태의 유리〕

[0202] 제2 실시 형태의 유리는, 상기한 공통의 구성에 추가하여, 특히 용해성, 내약품성, 내습성, 분상 특성 및 유전 특성을 보다 향상시키고, 표면 실투 온도의 상승을 억제하는 등의 관점에서, 하기의 구성을 갖는다.

[0203] 산화물 기준의 몰% 표시로,

[0204] CaO를 0.1 내지 6%,

[0205] MgO, CaO, SrO 및 BaO의 합계 함유량(RO)이 0 초과 내지 6%,

[0206] Li_2O, Na_2O 및 K_2O의 합계 함유량(R_2O)이 0 내지 1%,

[0207] $[Al_2O_3]$-[RO]가 -3 내지 8% 미만,

[0208] $[Al_2O_3]\times$[RO]가 0 초과 내지 28,

[0209] (([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO]))/$[Al_2O_3]$가 -3.0 내지 0.60이다.

[0210] 제2 실시 형태의 유리는, CaO를 0.1 내지 6% 함유한다. 제2 실시 형태의 유리에 있어서, CaO의 함유량이 0.1% 이상이면, 평균 열팽창 계수가 너무 높아지지 않고, 또한 표면 실투 온도의 상승을 억제할 수 있다. 제2 실시 형태의 유리에 있어서, CaO의 함유량은, 0.15% 이상이 바람직하고, 0.2% 이상이 보다 바람직하고, 0.25% 이상이 더욱 바람직하고, 0.3% 이상이 보다 더 바람직하고, 0.35% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 0.4% 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 0.5% 이상이 한층 바람직하고, 0.6% 이상이 보다 한층 바람직하고, 0.7% 이상이 더 한층 바람직하고, 0.8% 이상이 보다 더 한층 바람직하고, 0.9% 이상이 특히 더 한층 바람직하고, 1% 이상이 더더욱 한층 바람직하다.

[0211] 제2 실시 형태의 유리에 있어서, CaO의 함유량이 6% 이하이면, 평균 열팽창 계수가 너무 높아지지 않고, 또한 표면 실투 온도의 상승을 억제할 수 있다. 제2 실시 형태의 유리에 있어서, CaO의 함유량은 5.8% 이하가 바람직하고, 5.6% 이하가 보다 바람직하고, 5.4% 이하가 더욱 바람직하고, 5.2% 이하가 보다 더 바람직하고, 5% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 4.8% 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 4.6% 이하가 한층 바람직하고, 4.4%

이하가 보다 한층 바람직하고, 4.2% 이하가 더 한층 바람직하고, 4% 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 3.8% 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 3.6% 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0212] 제2 실시 형태의 유리에 있어서, RO 및 R_2O에 관하여, 제1 실시 형태의 유리와 마찬가지이다.

[0213] 제2 실시 형태의 유리에 있어서, [Al_2O_3]-[RO]에 관하여, 제1 실시 형태의 유리와 마찬가지이다.

[0214] 제2 실시 형태의 유리는, [Al_2O_3]×[RO]가 0 초과 내지 28이다. 제2 실시 형태의 유리에 있어서, [Al_2O_3]×[RO]가 0 초과임으로써, 분상 특성을 향상시킬 수 있다. 제2 실시 형태의 유리에 있어서, [Al_2O_3]×[RO]가 1 이상인 것이 바람직하고, 2 이상이 보다 바람직하고, 3 이상이 더욱 바람직하고, 3.5 이상이 보다 더 바람직하고, 4 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 4.5 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 5 이상이 한층 바람직하고, 5.5 이상이 보다 한층 바람직하고, 6 이상이 더 한층 바람직하고, 6.5 이상이 보다 더 한층 바람직하고, 7 이상이 특히 더 한층 바람직하고, 7.5 이상이 더더욱 한층 바람직하다.

[0215] 제2 실시 형태의 유리에 있어서, [Al_2O_3]×[RO]가 28 이하이면, 유전 특성을 향상시킬 수 있다. 제2 실시 형태의 유리에 있어서, [Al_2O_3]×[RO]가 27 이하인 것이 바람직하고, 26 이하가 보다 바람직하고, 25 이하가 더욱 바람직하고, 24 이하가 보다 더 바람직하고, 23.5 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 23 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 22.5 이하가 한층 바람직하고, 22 이하가 보다 한층 바람직하고, 21.5 이하가 더 한층 바람직하고, 21 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 20.5 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 20 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0216] 제2 실시 형태의 유리는, (([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO]))/[Al_2O_3]가 -3.0 내지 0.60이다. 제2 실시 형태의 유리에 있어서, (([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO]))/[Al_2O_3]가 -3.0 이상임으로써, 내약품성을 향상시킬 수 있다.

[0217] 제2 실시 형태의 유리에 있어서, (([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO]))/[Al_2O_3]가 -2.5 이상인 것이 바람직하고, -2.0 이상이 보다 바람직하고, -1.9 이상이 더욱 바람직하고, -1.8 이상이 보다 더 바람직하고, -1.7 이상이 보다 더더욱 바람직하고, -1.6 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, -1.5 이상이 한층 바람직하고, -1.4 이상이 보다 한층 바람직하고, -1.3 이상이 더 한층 바람직하고, -1.2 이상이 보다 더 한층 바람직하고, -1.1 이상이 특히 더 한층 바람직하고, -1.0 이상이 더더욱 한층 바람직하다.

[0218] 제2 실시 형태의 유리에 있어서, (([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO]))/[Al_2O_3]가 0.60 이하이면, 내습성을 향상시킬 수 있다. 제2 실시 형태의 유리에 있어서, (([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO]))/[Al_2O_3]가 0.59 이하인 것이 바람직하고, 0.58 이하가 보다 바람직하고, 0.57 이하가 더욱 바람직하고, 0.56 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 0.55 이하가 한층 바람직하고, 0.54 이하가 보다 한층 바람직하고, 0.53 이하가 더 한층 바람직하고, 0.52% 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 0.51% 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 0.50% 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0219] 제2 실시 형태의 유리에 있어서, B_2O_3, MgO, BaO, Li_2O, K_2O 및 Na_2O, Cl, SrO 및 BaO의 합계 함유량 ([SrO]+[BaO]), ([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO])에 관한 것으로, 제1 실시 형태의 유리와 마찬가지이다.

[0220] 제2 실시 형태의 유리는, SrO를 함유해도 된다. 제2 실시 형태의 유리에 있어서, SrO를 함유함으로써, 내습성이 향상되고, 용해성이 향상된다. 제2 실시 형태의 유리에 있어서, SrO를 함유하는 경우, 그 함유량은, 0.1% 이상이 바람직하고, 0.2% 이상이 보다 바람직하고, 0.3% 이상이 더욱 바람직하고, 0.4% 이상이 보다 더 바람직하고, 0.5% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 0.6% 이상이 보다 더욱 더 바람직하다.

[0221] 제2 실시 형태의 유리에 있어서, 내약품성의 악화를 억제하고, 또한 비중을 너무 크게 하지 않고, 평균 열팽창 계수가 너무 높아지는 것도 억제하는 관점에서, SrO의 함유량은 5.9% 이하가 바람직하고, 5.5% 이하가 보다 바람직하고, 5% 이하가 더욱 바람직하고, 4.5% 이하가 보다 더 바람직하고, 4% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 3.5% 이하가 보다 더욱 더 바람직하다.

[0222] 〔제3 실시 형태의 유리〕

[0223] 제3 실시 형태의 유리는, 상기한 공통의 구성에 추가하여, 특히 용해성, 내습성, 분상 특성 및 유전 특성을 보다 향상시키는 등의 관점에서, 하기의 구성을 갖는다.

[0224] 산화물 기준의 몰% 표시로,

[0225] Li_2O를 0% 초과,

[0226] K_2O를 0 초과 내지 0.8%,

[0227] MgO, CaO, SrO 및 BaO의 합계 함유량(RO)이 0 내지 0.5%,

[0228] Li_2O, Na_2O 및 K_2O의 합계 함유량(R_2O)이 0 초과 내지 4%,

[0229] $[Al_2O_3]\times[R_2O]$가 0 초과 내지 1.40,

[0230] $[Na_2O]/[R_2O]$가 0.30 내지 0.99이다.

[0231] 제3 실시 형태의 유리는, Li_2O를 0% 초과 함유한다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, Li_2O를 0% 초과 함유함으로써, 용해성을 향상, 내습성을 향상시킬 수 있다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, Li_2O의 함유량은, 0.1% 이상이 바람직하고, 0.2% 이상이 보다 바람직하고, 0.3% 이상이 더욱 바람직하고, 0.4% 이상이 보다 더 바람직하고, 0.5% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 0.6% 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 0.7% 이상이 한층 바람직하고, 0.8% 이상이 보다 한층 바람직하고, 0.9% 이상이 더 한층 바람직하고, 1.0% 이상이 보다 더 한층 바람직하고, 1.1% 이상이 특히 더 한층 바람직하고, 1.2% 이상이 더더욱 한층 바람직하다.

[0232] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, Li_2O의 함유량은 2.8% 이하인 것이 바람직하다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, Li_2O의 함유량이 2.8% 이하이면, 유전 특성의 악화를 억제할 수 있다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, Li_2O의 함유량은 2.7% 이하가 보다 바람직하고, 2.6% 이하가 더욱 바람직하고, 2.5% 이하가 보다 더 바람직하고, 2.4% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 2.3% 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 2.2% 이하가 한층 바람직하고, 2.1% 이하가 보다 한층 바람직하고, 2% 이하가 더 한층 바람직하고, 1.9% 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 1.8% 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 1.7% 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0233] 제3 실시 형태의 유리는, K_2O를 0 초과 내지 0.8% 함유한다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, K_2O의 함유량이 0% 초과임으로써, 용해성을 향상, 내습성을 향상시킬 수 있다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, K_2O의 함유량은, 0.02% 이상이 바람직하고, 0.04% 이상이 보다 바람직하고, 0.06% 이상이 더욱 바람직하고, 0.08% 이상이 보다 더 바람직하고, 0.1% 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 0.12% 이상이 한층 바람직하고, 0.14% 이상이 보다 한층 바람직하고, 0.16% 이상이 더 한층 바람직하고, 0.18% 이상이 보다 더 한층 바람직하고, 0.20% 이상이 특히 더 한층 바람직하고, 0.22% 이상이 더더욱 한층 바람직하다.

[0234] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, K_2O의 함유량이 0.8% 이하이면, 유전 특성의 악화를 억제할 수 있다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, K_2O의 함유량은 0.77% 이하가 바람직하고, 0.74% 이하가 보다 바람직하고, 0.71% 이하가 더욱 바람직하고, 0.68% 이하가 보다 더 바람직하고, 0.65% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 0.62% 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 0.59% 이하가 한층 바람직하고, 0.56% 이하가 보다 한층 바람직하고, 0.53% 이하가 더 한층 바람직하고, 0.50% 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 0.47% 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 0.44% 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0235] 제3 실시 형태의 유리는, RO가 0 내지 0.5%이다. 제3 실시 형태의 유리는, MgO, CaO, SrO 및 BaO에서 선택되는 적어도 하나를 함유해도 된다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, MgO, CaO, SrO 및 BaO에서 선택되는 적어도 하나를 함유함으로써, 내습성을 향상시킬 수 있다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, MgO, CaO, SrO 및 BaO에서 선택되는 적어도 하나를 함유하는 경우, RO는 0.02% 이상인 것이 바람직하고, 0.04% 이상이 보다 바람직하고, 0.06% 이상이 더욱 바람직하고, 0.08% 이상이 보다 더욱 더 바람직하다.

[0236] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, RO를 0.5% 이하로 함으로써, 분상 특성의 악화를 억제할 수 있다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, RO는, 0.45% 이하가 바람직하고, 0.4% 이하가 보다 바람직하고, 0.35% 이하가 더욱 바람직하고, 0.3% 이하가 보다 더 바람직하고, 0.25% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 0.2% 이하가 보다 더욱 더 바람직하다.

[0237] 제3 실시 형태의 유리는, R_2O가 0 초과 내지 4%이다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, R_2O가 0% 초과임으로써, 용해성이 향상된다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, R_2O는 0.1% 이상이 바람직하고, 이하 바

람직한 순으로, 0.2% 이상, 0.3% 이상, 0.4% 이상, 0.5% 이상, 0.6% 이상, 0.7% 이상, 0.8% 이상, 0.9% 이상, 1.0% 이상, 1.1% 이상, 1.2% 이상, 1.3% 이상, 1.4% 이상, 1.5% 이상, 1.6% 이상, 1.7% 이상, 1.8% 이상, 1.9% 이상, 2.0% 이상이다.

[0238] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, R_2O가 4% 이하임으로써, 유전 특성의 악화를 억제할 수 있다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, R_2O는 3.9% 이하가 바람직하고, 이하 바람직한 순으로, 3.8% 이하, 3.7% 이하, 3.6% 이하, 3.5% 이하, 3.4% 이하, 3.3% 이하, 3.2% 이하, 3.1% 이하, 3.0% 이하, 2.9% 이하, 2.8% 이하, 2.7% 이하, 2.6% 이하, 2.5% 이하이다.

[0239] 제3 실시 형태의 유리는, $[Al_2O_3]\times[R_2O]$가 0 초과 내지 1.40이다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, $[Al_2O_3]\times[R_2O]$가 0 초과임으로써, 분상 특성을 향상시킬 수 있다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, $[Al_2O_3]\times[R_2O]$가 0.05 이상인 것이 바람직하고, 0.1 이상이 보다 바람직하고, 0.15 이상이 더욱 바람직하고, 0.20 이상이 보다 더 바람직하고, 0.25 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 0.30 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 0.35 이상이 한층 바람직하고, 0.40 이상이 보다 한층 바람직하고, 0.45 이상이 더 한층 바람직하고, 0.50 이상이 보다 더 한층 바람직하고, 0.55 이상이 특히 더 한층 바람직하고, 0.60 이상이 더더욱 한층 바람직하다.

[0240] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, $[Al_2O_3]\times[R_2O]$가 1.40 이하이면, 유전 특성의 악화를 억제할 수 있다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, $[Al_2O_3]\times[R_2O]$가 1.40 이하인 것이 바람직하고, 이하 바람직한 순으로, 1.39 이하, 1.38 이하, 1.37 이하, 1.36 이하, 1.35 이하, 1.34 이하, 1.33 이하, 1.32 이하, 1.31 이하, 1.30 이하, 1.29 이하, 1.28 이하, 1.27 이하, 1.26 이하, 1.25 이하, 1.24 이하, 1.23 이하, 1.22 이하, 1.21 이하, 1.20 이하, 1.19 이하, 1.18 이하, 1.17 이하, 1.16 이하, 1.15 이하, 1.14 이하, 1.13 이하, 1.12 이하, 1.11 이하, 1.10 이하, 1.09 이하, 1.08 이하, 1.07 이하, 1.06 이하, 1.05 이하, 1.04 이하, 1.03 이하, 1.02 이하, 1.01 이하, 1.00 이하이다.

[0241] 제3 실시 형태의 유리는, $[Na_2O]/[R_2O]$가 0.30 내지 0.99이다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, $[Na_2O]/[R_2O]$가 0.30 이상임으로써, 알칼리 혼합 효과에 의해 유전 특성이 향상된다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, $[Na_2O]/[R_2O]$가 0.30 이상인 것이 바람직하고, 0.31 이상이 보다 바람직하고, 0.32 이상이 더욱 바람직하고, 0.33 이상이 보다 더 바람직하고, 0.34 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 0.35 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 0.36 이상이 한층 바람직하고, 0.37% 이상이 보다 한층 바람직하고, 0.38 이상이 더 한층 바람직하고, 0.39 이상이 보다 더 한층 바람직하고, 0.40 이상이 특히 더 한층 바람직하고, 0.41 이상이 더더욱 한층 바람직하다.

[0242] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, $[Na_2O]/[R_2O]$가 0.99 이하이면, 알칼리 혼합 효과에 의해 유전 특성이 향상된다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, $[Na_2O]/[R_2O]$가 0.95 이하인 것이 바람직하고, 0.90 이하가 보다 바람직하고, 0.85 이하가 더욱 바람직하고, 0.80 이하가 보다 더 바람직하고, 0.75 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 0.70 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 0.68 이하가 한층 바람직하고, 0.66 이하가 보다 한층 바람직하고, 0.64 이하가 더 한층 바람직하고, 0.62 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 0.60 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 0.58 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0243] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, Cl에 관하여, 제1 실시 형태의 유리와 마찬가지이다.

[0244] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, B_2O_3를 18 내지 29% 함유하는 것이 바람직하다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, B_2O_3의 함유량을 18% 이상으로 함으로써, 용해성이 향상된다. 또한, 고주파 영역에서의 유전 정접을 낮게 할 수 있다. B_2O_3의 함유량은, 18.5% 이상이 보다 바람직하고, 19% 이상이 더욱 바람직하고, 19.5% 이상이 보다 더 바람직하고, 20% 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 20.5% 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 21% 이상이 가장 바람직하다.

[0245] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, B_2O_3가 29% 이하이면, 내약품성을 양호하게 할 수 있다. B_2O_3의 함유량은 28% 이하가 보다 바람직하고, 27% 이하가 더욱 바람직하고, 26% 이하가 보다 더 바람직하고, 25% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 24% 이하가 보다 더욱 더 바람직하다.

[0246] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, SrO를 포함해도 된다. SrO는 내습성의 향상이나 실투 온도의 상승 억제에 효과가 있는 성분이다. 또한, 평균 열팽창률을 높이는 효과도 있다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, SrO를 포

함하는 경우, 0.01% 이상이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.02% 이상, 보다 더 바람직하게는 0.03% 이상이다.

[0247] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, 유전 특성이나 내약품성의 관점에서 SrO의 함유량은 0.5% 이하가 바람직하고, 이하 바람직한 순으로, 0.45% 이하, 0.4% 이하, 0.3% 이하, 0.2% 이하, 0.1% 이하, 0.05% 이하이다.

[0248] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, CaO를 포함해도 된다. CaO는 용해성의 향상이나 실투 온도의 상승 억제에 효과가 있는 성분이다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, CaO를 포함하는 경우, 0.01% 이상이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.02% 이상, 보다 더 바람직하게는 0.03% 이상이다.

[0249] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, 유전 특성이나 분상 특성의 관점에서 CaO의 함유량은 0.5% 이하가 바람직하고, 이하 바람직한 순으로, 0.45% 이하, 0.4% 이하, 0.3% 이하, 0.2% 이하, 0.1% 이하, 0.05% 이하이다.

[0250] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, MgO를 포함해도 된다. MgO는 비중을 높이지 않고 영률을 높이는 성분이다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, MgO를 포함하는 경우, 0.01% 이상이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.02% 이상, 보다 더 바람직하게는 0.03% 이상이다.

[0251] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, 유전 특성이나 분상 특성의 관점에서 MgO의 함유량은 0.5% 이하가 바람직하고, 이하 바람직한 순으로, 0.45% 이하, 0.4% 이하, 0.3% 이하, 0.2% 이하, 0.1% 이하, 0.05% 이하이다.

[0252] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, BaO를 포함해도 된다. BaO는 내습성의 향상이나 실투 온도의 상승 억제에 효과가 있는 성분이다. 또한, 평균 열팽창률을 높이는 효과도 있다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, BaO를 포함하는 경우, 0.01% 이상이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.02% 이상, 보다 더 바람직하게는 0.03% 이상이다.

[0253] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, 유전 특성이나 내약품성의 관점에서 BaO의 함유량은 0.5% 이하가 바람직하고, 이하 바람직한 순으로, 0.45% 이하, 0.4% 이하, 0.3% 이하, 0.2% 이하, 0.1% 이하, 0.05% 이하이다.

[0254] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, Na_2O는 용해성이나 내습성의 향상에 효과가 있는 성분이다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, Na_2O를 0 초과 내지 3.9% 함유하는 것이 바람직하다. Na_2O의 함유량을 0% 초과로 함으로써, 용해성이 향상된다. Na_2O의 함유량은, 0.1% 이상이 보다 바람직하고, 이하 바람직한 순으로, 0.2% 이상, 0.3% 이상, 0.4% 이상, 0.5% 이상, 0.6% 이상, 0.7% 이상, 0.8% 이상, 0.9% 이상, 1% 이상, 1.1% 이상, 1.2% 이상이다.

[0255] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, 유전 특성의 관점에서 Na_2O의 함유량은 3.9% 이하가 바람직하다. Na_2O의 함유량은 3.8% 이하가 보다 바람직하고, 이하 바람직한 순으로, 3.7% 이하, 3.6% 이하, 3.5% 이하, 3.4% 이하, 3.3% 이하, 3.2% 이하, 3.1% 이하, 3.0% 이하, 2.9% 이하, 2.8% 이하, 2.7% 이하, 2.6% 이하, 2.5% 이하, 2.4% 이하, 2.3% 이하, 2.2% 이하, 2.1% 이하, 2.0%, 1.9% 이하, 1.8% 이하, 1.7% 이하이다.

[0256] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, $[Al_2O_3]\times[RO]$가 0 내지 0.4인 것이 바람직하다. 유전 특성의 관점에서, $[Al_2O_3]\times[RO]$는, 보다 바람직하게는 0.35 이하, 이하 바람직한 순으로, 0.30 이하, 0.25 이하, 0.20 이하, 0.15 이하, 0.10 이하이다.

[0257] 제3 실시 형태의 유리는, MgO 및 CaO의 합계 함유량([MgO]+[CaO])이 0 내지 0.5%인 것이 바람직하다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, [MgO]+[CaO]가 0.5% 이하이면, 유전 특성의 악화를 억제할 수 있다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, [MgO]+[CaO]가 0.45% 이하인 것이 보다 바람직하고, 이하 바람직한 순으로, 0.40% 이하, 0.35% 이하, 0.30% 이하, 0.25% 이하, 0.20% 이하, 0.15% 이하, 0.10% 이하, 0.05% 이하이다.

[0258] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, [MgO]+[CaO]의 하한은 0%여도 된다. 0%가 아닌 경우에는, 0.001% 이상이 보다 바람직하고, 0.005% 이상이 더욱 바람직하고, 0.01% 이상이 보다 더 바람직하다.

[0259] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, SrO 및 BaO의 합계 함유량([SrO]+[BaO])은 0 내지 0.5%인 것이 바람직하다. ([SrO]+[BaO])가 0.5% 이하임으로써, 유전 특성의 악화를 억제할 수 있다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, ([SrO]+[BaO])가 0.45% 이하인 것이 보다 바람직하고, 이하 바람직한 순으로, 0.40% 이하, 0.35% 이하,

0.30% 이하, 0.25% 이하, 0.20% 이하, 0.15% 이하, 0.10% 이하, 0.05% 이하이다.

[0260] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, [SrO]+[BaO]의 하한은 0%여도 된다. 0%가 아닌 경우에는, 0.001% 이상이 보다 바람직하고, 0.005% 이상이 더욱 바람직하고, 0.01% 이상이 보다 더 바람직하다.

[0261] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, ([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO])가 -0.5 내지 0.5%인 것이 바람직하다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, ([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO])가 -0.5% 이상임으로써, 내약품성의 악화를 억제할 수 있다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, ([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO])가 -0.4% 이상인 것이 보다 바람직하고, 이하 바람직한 순으로, -0.3% 이상, -0.2% 이상, -0.1% 이상이다.

[0262] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, ([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO])가 0.5% 이하임으로써, 내습성을 향상시킬 수 있다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, ([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO])가 0.4% 이하인 것이 보다 바람직하고, 이하 바람직한 순으로, 0.3% 이하, 0.2% 이하, 0.1% 이하이다.

[0263] 제3 실시 형태의 유리는, [MgO]/([MgO]+[Al_2O_3])가 0 내지 0.45인 것이 바람직하다. 제3 실시 형태의 유리에 있어서, [MgO]/([MgO]+[Al_2O_3])가 0.45 이하임으로써, 표면 실투 온도의 상승을 억제할 수 있다. 제1 실시 형태의 유리에 있어서, [MgO]/([MgO]+[Al_2O_3])가 0.44 이하인 것이 보다 바람직하고, 0.43 이하가 더욱 바람직하고, 0.42 이하가 보다 더 바람직하고, 0.41 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 0.4 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 0.39 이하가 한층 바람직하고, 0.35 이하가 보다 한층 바람직하고, 0.31 이하가 더 한층 바람직하고, 0.3 이하가 보다 더 한층 바람직하고, 0.25 이하가 특히 더 한층 바람직하고, 0.2 이하가 더더욱 한층 바람직하다.

[0264] 제3 실시 형태의 유리에 있어서, [MgO]/([MgO]+[Al_2O_3])가 0이어도 된다. 0이 아닌 경우에는, 0.001 이상이 보다 바람직하고, 0.005 이상이 보다 한층 바람직하고, 0.01 이상이 더욱 바람직하다.

[0265] 이하, 제1 내지 3실시 형태를 포함하는 본 발명의 유리에 있어서의, 그 밖의 성분 및 특성에 대하여 기재한다.

[0266] 〔그 밖의 성분 및 특성〕

[0267] 본 발명의 유리는, 유리의 청징성을 향상을 위하여, SO_3를 함유해도 된다. 본 발명의 유리에 있어서, SO_3의 함유량을 함유하는 경우, SO_3의 함유량은, 산화물 기준의 질량 백분율 표시로, 0.0001% 이상이 바람직하고, 0.0005% 이상이 보다 바람직하고, 0.001% 이상이 더욱 바람직하다. 또한, SO_3의 함유량은, 1% 이하가 바람직하고, 0.5% 이하가 보다 바람직하고, 0.1% 이하가 더욱 바람직하다.

[0268] 본 발명의 유리는, 유리의 용해성 향상을 위하여, Fe를 함유해도 된다. 단, Fe의 함유량은, 유리의 착색이나 가시 영역의 투과율의 저하, 고주파 영역에서의 비유전율, 유전 정접을 낮게 하는 관점에서, Fe_2O_3 환산의 산화물 기준의 질량 백분율 표시로 0.15% 이하가 바람직하고, 0.1% 이하가 보다 바람직하고, 0.05% 이하가 더욱 바람직하고, 0.03% 이하가 보다 더 바람직하다. 또한, 본 발명의 유리에 있어서, Fe를 함유하는 경우, Fe 함유량은, 0.0001% 이상이 바람직하고, 0.0005% 이상이 보다 바람직하고, 0.001% 이상이 더욱 바람직하다.

[0269] 본 발명의 유리는, Abs-OH가 0.1 내지 10이 바람직하다. Abs-OH는 유리 중의 수분 함유량의 지표이고, 두께 0.45 내지 0.75㎜의 유리판이 되도록 유리 시료의 양면 경면 연마를 행한 후, FT-IR을 사용하여 파수 4000 내지 2000cm^{-1}의 범위에서 투과율 측정을 행하여 구한다. 기준으로서 파수 3846cm^{-1}에 있어서의 투과율을 τ_1(%), 수산기에서 유래되는 흡수대인 파수 3700 내지 3200cm^{-1}의 투과율의 최솟값을 τ_2(%)라 하고, 다음 식에 의해 Abs-OH를 구한다.

[0270] $Abs\text{-}OH=\log_{10}(\tau_2/100)/\log_{10}(\tau_1/100)$

[0271] Abs-OH가 0.1 이상이면, 유리 점도 10^2dPa·s가 되는 온도 T_2에 있어서의 저항값이 낮아지고, 통전 가열에 의해 유리를 용해하기에 적합하고, 또한, 유리 중의 기포 결점이 적다. 그 때문에, Abs-OH가 0.1 이상이면, 용해성이 향상된다. Abs-OH가 10 이하이면, 유리 중의 기포 결점을 억제할 수 있다. Abs-OH는, 9.0 이하가 보다 바람직하고, 8.0 이하가 더욱 바람직하고, 7.0 이하가 보다 더 바람직하다. Abs-OH는, 0.5 이상이 보다 바람직하고, 1.0 이상이 더욱 바람직하고, 1.5 이상이 보다 더 바람직하고, 2.0 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 2.5 이상이 특히 바람직하다.

[0272] 기준이 되는 파수 3846㎝$^{-1}$에 있어서의 투과율 τ_1(%)의 영향을 받기 어려운 유리의 수분 함유량의 지표로서, $Abs_{Base}=-\log_{10}(\tau_1/100)$, $Abs_{\beta-OH}=-\log_{10}(\tau_2/100)$으로 했을 때에, $(Abs_{\beta-OH}-Abs_{Base})$를 더 들 수 있다. 본 발명의 유리는, $(Abs_{\beta-OH}-Abs_{Base})$가 0.02 이상인 것이 바람직하다.

[0273] $(Abs_{\beta-OH}-Abs_{Base})$가 0.02 이상이면, 유리 점도 10^2dPa·s가 되는 온도 T_2에 있어서의 저항값이 낮아지고, 통전 가열에 의해 유리를 용해하기에 적합하고, 또한, 유리 중의 기포 결점이 적다. 그 때문에, $(Abs_{\beta-OH}-Abs_{Base})$가 0.02 이상이면, 용해성이 향상되기 때문에, 바람직하다. $(Abs_{\beta-OH}-Abs_{Base})$가 0.5 이하이면, 유리 중의 기포 결점을 억제할 수 있다. $(Abs_{\beta-OH}-Abs_{Base})$는 0.4 이하가 보다 바람직하고, 0.35 이하가 더욱 바람직하고, 0.3 이하가 보다 더 바람직하고, 0.25 이하가 특히 바람직하다. $(Abs_{\beta-OH}-Abs_{Base})$는 0.03 이상이 보다 바람직하고, 0.05 이상이 더욱 바람직하고, 0.1 이상이 보다 더 바람직하고, 0.125 이상이 보다 더더욱 바람직하고, 0.15 이상이 보다 더욱 더 바람직하고, 0.175 이상이 특히 바람직하다.

[0274] 유리의 청징성을 향상시키기 위해서, 본 발명의 유리는, SnO_2를 함유해도 된다. SO_3의 함유량은, 0.001% 이상이 바람직하고, 0.01% 이상이 보다 바람직하고, 0.1% 이상이 더욱 바람직하다. 또한, 유전 특성의 관점에서, 본 발명의 유리는, SnO_2의 함유량은, 1% 이하가 바람직하고, 0.5% 이하가 보다 바람직하고, 0.2% 이하가 더욱 바람직하다.

[0275] 유리의 내약품성을 향상시키기 위해서, 본 발명의 유리는, 미량 성분으로서, Sc_2O_3, TiO_2, ZnO, Ga_2O_3, GeO_2, Y_2O_3, ZrO_2, Nb_2O_5, In_2O_3, TeO_2, HfO_2, Ta_2O_5, WO_3, Bi_2O_3, La_2O_3, Gd_2O_3, Yb_2O_3 및 Lu_2O_3에서 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1종을 함유해도 된다. 단, 미량 성분의 함유량이 너무 많으면, 유리의 분상 특성이 저하되기 쉬워지므로, 미량 성분은 합계 함유량으로 1% 이하가 바람직하고, 0.25% 이하가 보다 바람직하고, 0.2% 이하가 더욱 바람직하고, 0.1% 이하가 보다 더 바람직하고, 0.05% 이하가 보다 더더욱 바람직하다.

[0276] 본 발명의 유리는, 상기한 미량 성분을 1종만 함유해도 되고, 2종 이상 함유해도 된다.

[0277] 유리의 용해성 등을 개선하기 위해서, 본 발명의 유리는, P_2O_5를 함유해도 된다. P_2O_5의 함유량은 2% 이하가 바람직하고, 1% 이하가 보다 바람직하고, 0.5% 이하가 더욱 바람직하고, 0.3% 이하가 보다 더 바람직하고, 0.1% 이하가 보다 더더욱 바람직하다.

[0278] 한편으로, P_2O_5는 유리의 성형 설비 중에서 휘산하고 재응집하여 유리판 상에 낙하하여, 이물 결점이 될 우려가 있기 때문에, 0.05% 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 0.01% 이하가 한층 바람직하고, 0.005% 이하가 보다 한층 바람직하고, 가장 바람직하게는 실질적으로 함유하지 않는다. 본 발명에 있어서, P_2O_5를 실질적으로 함유하지 않는다란, 원료 등으로부터 혼입되는 불가피적 불순물 이외에는 함유하지 않는 것, 즉, 의도적으로 함유시키지 않는 것을 의미한다.

[0279] 유리의 용해성을 향상시키고, 유리의 변형점을 낮게 하고, T_g를 낮게 하고, 서랭점을 낮게 하고, 유전 정접을 낮게 하는 등의 목적으로, 본 발명의 유리는, F를 함유해도 된다. F의 함유량은, 0.1몰% 이상이 바람직하고, 0.2몰% 이상이 보다 바람직하고, 0.4몰% 이상이 더욱 바람직하다. 단, F의 휘산에 의한 유리의 품질 저하를 억제하는 관점에서, F의 함유량은, 1.5몰% 이하가 바람직하고, 1몰% 이하가 보다 바람직하고, 0.5몰% 이하가 더욱 바람직하고, 0.1몰% 이하가 보다 더 바람직하다.

[0280] F의 함유량은 질량 백분율 표시로 0.01% 이상이 바람직하고, 0.03% 이상이 보다 바람직하다. 상한으로서는 0.2% 이하가 바람직하고, 0.1% 이하가 보다 바람직하고, 0.05% 이하가 더욱 바람직하다.

[0281] 유리의 용해성, 청징성, 성형성 등을 개선하기 위해서, 특정한 파장에 있어서의 흡수를 얻기 위하여, 또한, 밀도, 경도, 굴곡 강성, 내구성 등을 개선하기 위해서, 본 발명의 유리는 Se_2O_3, TeO_2, Ga_2O_3, In_2O_3, GeO_2, CdO, BeO 및 Bi_2O_3로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1종을 함유해도 된다. 이들의 합계의 함유량은 2% 이하가 바람직하고, 1% 이하가 보다 바람직하고, 0.5% 이하가 더욱 바람직하고, 0.3% 이하가 보다 더 바람직하고, 0.1% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 0.05% 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 0.01% 이하가 한층 바람직하다.

[0282] 유리의 용해성, 청징성, 성형성 등을 개선하기 위하여, 또한, 유리의 경도, 예를 들어 영률 등을 개선하기 위해서, 본 발명의 유리는, 희토류 산화물, 전이 금속 산화물을 포함해도 된다.

[0283] 본 발명의 유리는, 희토류 산화물로서, Sc_2O_3, Y_2O_3, La_2O_3, Ce_2O_3, Pr_2O_3, Nd_2O_3, Pm_2O_3, Sm_2O_3, Eu_2O_3, Gd_2O_3, Tb_2O_3, Dy_2O_3, Ho_2O_3, Er_2O_3, Tm_2O_3, Yb_2O_3 및 Lu_2O_3로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1종을 함유해도 된다. 이들의 합계의 함유량은 2% 이하가 바람직하고, 1% 이하가 보다 바람직하고, 0.5% 이하가 더욱 바람직하고, 0.3% 이하가 보다 더 바람직하고, 0.1% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 0.05% 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 0.01% 이하가 한층 바람직하다.

[0284] 본 발명의 유리는, 전이 금속 산화물로서, V_2O_5, Ta_2O_3, Nb_2O_5, WO_3, MoO_3 및 HfO_2로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1종을 함유해도 된다. 이들의 합계의 함유량은 2% 이하가 바람직하고, 1% 이하가 보다 바람직하고, 0.5% 이하가 더욱 바람직하고, 0.3% 이하가 보다 더 바람직하고, 0.1% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 0.05 % 이하가 한층 바람직하고, 0.01% 이하가 보다 한층 바람직하다.

[0285] 유리의 용해성 등을 개선하기 위해서, 본 발명의 유리는, 악티노이드 산화물인 ThO_2를 함유해도 된다. ThO_2의 함유량은 2% 이하가 바람직하고, 1% 이하가 보다 바람직하고, 0.5% 이하가 더욱 바람직하고, 0.3% 이하가 보다 더 바람직하고, 0.1% 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 0.05% 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 0.01% 이하가 한층 바람직하고, 0.005% 이하가 보다 한층 바람직하다.

[0286] 본 발명의 유리는, 20℃, 주파수 35GHz에 있어서의 유전 정접이, 0.005 이하인 것이 바람직하다. 20℃, 주파수 35GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이면, 주파수 30GHz를 초과하는 고주파 영역에서의 유전 손실을 저감할 수 있다. 20℃, 주파수 35GHz에 있어서의 유전 정접은 0.0045 이하가 바람직하고, 0.0040 이하가 보다 바람직하고, 0.0035 이하가 더욱 바람직하고, 0.0030 이하가 보다 더 바람직하고, 0.0025 이하가 보다 더더욱 바람직하다. 하한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 0.0001 이상이 바람직하다.

[0287] 본 발명의 유리는, 20℃, 35GHz에 있어서의 비유전율은, 4.5 이하가 바람직하고, 4.45 이하가 보다 바람직하고, 4.4 이하가 더욱 바람직하고, 4.35 이하가 보다 더 바람직하고, 4.3 이하가 보다 더더욱 바람직하다. 하한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 3 이상이 바람직하다.

[0288] 본 발명의 유리 밀도는, 2.58g/㎤ 이하가 바람직하다. 이에 의해, 자중 휨이 작아져, 대형 기판의 취급이 용이해진다. 또한, 유리를 사용한 디바이스의 중량을 경량화할 수 있다. 밀도는 2.5g/㎤ 이하가 보다 바람직하고, 2.4g/㎤ 이하가 더욱 바람직하고, 2.35g/㎤ 이하가 보다 더 바람직하고, 2.3g/㎤ 이하가 보다 더더욱 바람직하다. 하한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 2g/㎤ 이상이 바람직하다.

[0289] 또한, 대형 기판이란, 예를 들어 적어도 1변이 1000㎜ 이상인 기판이다.

[0290] 본 발명의 유리 유리 점도 10^2dPa·s가 되는 온도 T_2(이하, 온도 T_2라고 기재한다.)는 1950℃ 이하가 바람직하다. 온도 T_2가 1950℃ 이하이면 유리의 용해성이 우수하고, 제조 설비에 대한 부담을 낮게 할 수 있다. 예를 들어, 유리를 용해하는 가마 등 설비 수명을 연장시키고, 생산성을 향상시킬 수 있다. 또한, 가마 유래의 결함, 예를 들어 블리스터 결함, Zr 결함 등을 저감할 수 있다. T_2는 1940℃ 이하가 보다 바람직하고, 1930℃ 이하가 더욱 바람직하고, 1900℃ 이하가 보다 더 바람직하고, 1880℃ 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 1850℃ 이하가 특히 바람직하다.

[0291] 온도 T_2의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 1500℃ 이상이 바람직하다. 청징제로서 SO_3를 사용할 수 있기 때문에, 1600℃ 이상이 바람직하고, 1650℃ 이상이 더욱 바람직하다.

[0292] 본 발명의 유리 온도 유리 점도가 10^4dPa·s가 되는 온도 T_4(이하, 온도 T_4라고 기재한다.)는 1450℃ 이하가 바람직하다. 온도 T_4가 1450℃ 이하이면, 유리의 성형성이 우수하다. 또한, 예를 들어 유리 성형 시의 온도를 낮게 함으로써 유리 주변의 분위기 중의 휘산물을 저감할 수 있고, 그것에 의해 유리의 결점을 저감할 수 있다. 낮은 온도에서 유리를 성형할 수 있으므로, 제조 설비에 대한 부담을 낮게 할 수 있다. 예를 들어, 유리를 성형하는 플로트 배스 등의 설비 수명을 연장시키고, 생산성을 향상시킬 수 있다. 온도 T_4는 1440℃ 이하가 보다 바람직하고, 1430℃ 이하가 더욱 바람직하고, 1420℃ 이하가 특히 바람직하고, 1400℃ 이하가 보다 더 바람직하

고, 1380℃ 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 1350℃ 이하가 특히 바람직하다.

[0293] 온도 T_4의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 1050℃ 이상이 바람직하다.

[0294] 온도 T_2 및 온도 T_4는 ASTM C 965-96(2017년)에 규정되어 있는 방법에 따라, 회전 점도계를 사용하여 점도를 측정하고, 10^2dPa·s 또는 10^4dPa·s가 될 때의 온도로서 구해진다. 또한, 후술하는 실시예에서는, 장치 교정용의 참조 시료로서 NBS710 및 NIST SRM717a를 사용하였다.

[0295] 본 발명의 유리의 유리 전이 온도 T_g는, 750℃ 이하가 바람직하다. Tg가 750℃ 이하이면, 서랭 장치의 온도를 높게 할 필요가 회피되어, 서랭 장치의 수명이 저하되는 것을 억제할 수 있다. Tg는 730℃ 이하가 보다 바람직하고, 700℃ 이하가 더욱 바람직하다.

[0296] 온도 Tg의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 450℃ 이상이 바람직하다.

[0297] 본 발명의 유리 서랭점은, 750℃ 이하가 바람직하다. 서랭점이 750℃ 이하이면, 서랭 장치의 온도를 높게 할 필요가 회피되어, 서랭 장치의 수명이 저하되는 것을 억제할 수 있다. 서랭점은 730℃ 이하가 보다 바람직하고, 700℃ 이하가 더욱 바람직하다.

[0298] 서랭점의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 450℃ 이상이 바람직하다.

[0299] 본 발명의 유리 표면 실투 온도는, 1400℃ 이하가 바람직하다. 표면 실투 온도가 1400℃ 이하이면, 유리의 성형성이 우수하다. 성형 중에 유리 내부에 결정이 발생하여, 투과율이 저하되는 것을 억제할 수 있다. 또한, 제조 설비에 대한 부담을 낮게 할 수 있다. 예를 들어, 유리를 성형하는 플로트 배스 등의 설비 수명을 연장시키고, 생산성을 향상시킬 수 있다.

[0300] 표면 실투 온도는, 1390℃ 이하가 보다 바람직하고, 1380℃ 이하가 더욱 바람직하고, 1370℃ 이하가 보다 더 바람직하고, 1360℃ 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 1355℃ 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 1350℃ 이하가 한층 바람직하다. 표면 실투 온도의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 900℃ 이상이 바람직하다.

[0301] 본 발명에 있어서의 표면 실투 온도는, 하기와 같이 구해진다. 즉, 백금제의 접시에 분쇄된 유리 입자를 넣고, 일정 온도로 제어된 전기로 중에서 17시간 열처리를 행하고, 열처리 후에 광학 현미경을 사용하여, 유리의 표면에 결정이 석출되는 최고 온도와 결정이 석출되지 않는 최저 온도를 관찰하고, 그 평균값을 표면 실투 온도로 한다.

[0302] 본 발명의 유리 50 내지 350℃에서의 평균 열팽창 계수는, 20×10^{-7}/K 이상이 바람직하다. 50 내지 350℃에서의 평균 열팽창 계수가 20×10^{-7}/K 이상이면, 유리 기판으로 했을 때에, 유리 기판 상에 형성되는 금속막과의 팽창률의 차가 너무 커져서 갈라지는 것을 억제할 수 있다. 50 내지 350℃에서의 평균 열팽창 계수는, 25×10^{-7}/K 이상이 보다 바람직하다.

[0303] 한편, 50 내지 350℃에서의 평균 열팽창 계수는, 50×10^{-7}/K 이하가 바람직하다. 50 내지 350℃에서의 평균 열팽창 계수가 50×10^{-7}/K 이하이면, 고주파 디바이스 등의 제품 제조 공정에서 유리가 갈라지는 것을 억제할 수 있다. 50 내지 350℃에서의 평균 열팽창 계수는, 40×10^{-7}/K 이하가 보다 바람직하고, 37×10^{-7}/K 이하가 더욱 바람직하고, 35×10^{-7}/K 이하가 보다 더 바람직하다.

[0304] 본 발명의 유리는, HNO_3를 7.7질량%, H_2SO_4를 6.5질량% 함유하는 45℃의 수용액에 170초간 침지했을 때의, 단위 표면적당 유리 성분의 용출량이 0.05mg/㎠ 이하가 바람직하다. 상기 시험을 행할 때, 유리의 형상 및 사이즈는, 1변이 31 내지 36㎜인 사각형, 두께가 0.45 내지 0.75㎜인 판상 샘플로 한다. 침지 전의 중량을 $weight_{Before}$ 침지 후의 중량을 $weight_{After}$, 침지 전의 판상 샘플의 종횡의 길이를 각각 length, width, 두께를 thickness라고 표기할 때, 단위 표면적당 유리 성분의 용출량을 다음 식에 의해 구한다.

[0305]
$$\frac{weight_{Before}-weight_{After}}{length\times width\times 2+(length+width)\times 2\times thickness}$$

[0306] 유리 성분의 용출량이 상기 범위라면, 내산성이 양호하다. 유리 성분의 용출량은, 0.04mg/㎠ 이하가 보다 바람

직하고, 0.03mg/㎠ 이하가 더욱 바람직하고, 0.02mg/㎠ 이하가 특히 바람직하다.

[0307] 유리 성분의 용출량의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 0.0001mg/㎠ 이상이 바람직하다.

[0308] 본 발명의 유리는, KOH를 1.2질량% 함유하는 60℃의 수용액에 30분간 침지했을 때의, 단위 표면적당 유리 성분의 용출량이 0.15mg/㎠ 이하인 것이 바람직하다. 상기 시험을 행할 때, 유리의 형상 및 사이즈는, 1변이 31 내지 36㎜인 사각형, 두께가 0.45 내지 0.75㎜인 판상 샘플로 한다. 침지 전의 중량을 $weight_{Before}$, 침지 후의 중량을 $weight_{After}$, 침지 전의 판상 샘플의 종횡의 길이를 각각 length, width, 두께를 thickness라고 표기할 때, 단위 표면적당 유리 성분의 용출량을 다음 식에 의해 구한다.

$$\frac{weight_{Before} - weight_{After}}{length \times width \times 2 + (length + width) \times 2 \times thickness}$$

[0309]

[0310] 유리 성분의 용출량이 상기 범위라면, 내알칼리성이 양호하다. 유리 성분의 용출량은, 0.12mg/㎠ 이하가 보다 바람직하고, 0.10mg/㎠ 이하가 더욱 바람직하고, 0.80mg/㎠ 이하가 특히 바람직하다.

[0311] 유리 성분의 용출량의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 0.0001mg/㎠ 이상이 바람직하다.

[0312] 본 발명의 유리 영률은, 40GPa 이상이 바람직하다. 영률이 상기 범위라면, 고주파 디바이스의 제조 공정에서 실시되는 금속막, 예를 들어 Cu막의 성막 후에, 유리 기판이 휘고, 구부러지고, 갈라지는 등의 문제가 발생하는 것을 억제할 수 있다. 영률은, 43GPa 이상이 보다 바람직하고, 45GPa 이상이 더욱 바람직하고, 47GPa 이상이 보다 더 바람직하다.

[0313] 영률의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 70GPa 이하가 바람직하다.

[0314] 본 발명의 유리 비탄성률은, 20MN·m/kg 이상이 바람직하다. 비탄성률이 상기 범위라면, 유리의 휨양을 억제할 수 있다. 비탄성률은, 21MN·m/kg 이상이 보다 바람직하고, 22MN·m/kg 이상이 더욱 바람직하다.

[0315] 비탄성률의 상한은 특별히 한정되지 않지만, 예를 들어 35MN·m/kg 이하가 바람직하고, 30MN·m/kg 이하가 보다 바람직하고, 25MN·m/kg 이하가 더욱 바람직하다.

[0316] 〔유리판〕

[0317] 본 발명의 유리를 포함하는 유리판(이하, 본 발명의 유리판이라고 기재한다.)은 상기의 특징에 의해, 고주파 디바이스용 유리 기판, 패널형 안테나, 창유리, 차량용 창유리, 터치 패널용 커버 유리 등에 적합하다.

[0318] 도 1은, 고주파 디바이스용 회로 기판의 구성의 일례를 도시하는 단면도이다. 도 1에 도시하는 회로 기판(1)은, 절연성을 갖는 유리 기판(2)과, 유리 기판(2)의 제1 주표면(2a)에 형성된 제1 배선층(3)과, 유리 기판(2)의 제2 주표면(2b)에 형성된 제2 배선층(4)을 구비하고 있다. 제1 및 제2 배선층(3, 4)은, 전송 선로의 일례로서 마이크로스트립 선로를 형성하고 있다. 제1 배선층(3)은 신호 배선을 구성하고, 제2 배선층(4)은 접지선을 구성하고 있다. 단, 제1 및 제2 배선층(3, 4)의 구조는 이것에 한정되지 않는다. 또한 배선층은 유리 기판(2)의 한쪽의 주표면에만 형성되어도 된다.

[0319] 제1 및 제2 배선층(3, 4)은, 도체로 형성된 층이고, 그 두께는 통상 0.1 내지 50㎛ 정도이다. 제1 및 제2 배선층(3, 4)을 형성하는 도체는, 특별히 한정되지 않고, 예를 들어 구리, 금, 은, 알루미늄, 티타늄, 크롬, 몰리브덴, 텅스텐, 백금, 니켈 등의 금속, 그것들의 금속을 적어도 하나 포함하는 합금이나 금속 화합물 등이 사용된다. 제1 및 제2 배선층(3, 4)의 구조는, 1층 구조에 한정되지 않고, 예를 들어 티타늄층과 구리층의 적층 구조와 같은 복수층 구조를 가져도 된다. 제1 및 제2 배선층(3, 4)의 형성 방법은 특별히 한정되지 않고, 예를 들어 도체 페이스트를 사용한 인쇄법, 침지법, 도금법, 증착법, 스퍼터 등의 각종 공지된 형성 방법을 적용할 수 있다.

[0320] 유리 기판(2)으로서, 본 발명의 유리판을 사용한 경우, 유리 기판(2)의 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하인 것이 바람직하다. 유리 기판(2)의 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이면, 10GHz를 초과하는 고주파 영역에서의 유전 손실을 저감할 수 있다. 유리 기판(2)의 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접은, 0.0045 이하가 보다 바람직하고, 0.0040 이하가 더욱 바람직하고, 0.0035 이하가 보다 더 바람직하고, 0.0030 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 0.0025 이하가 보다 더욱 더 바람직하다.

[0321] 유리 기판(2)의 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이 4.5 이하이면, 고주파 영역에서의 유전 손실을 저감할 수 있기 때문에 바람직하다. 유리 기판(2)의 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율은 4.45 이하가 보다 바람직하고, 4.40 이하가 더욱 바람직하고, 4.35 이하가 보다 더 바람직하고, 4.30 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 4.25 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 4.20 이하가 한층 바람직하고, 4.15 이하가 보다 한층 바람직하고, 4.10 이하가 더 한층 바람직하다.

[0322] 또한, 유리 기판(2)은 주표면(2a, 2b)과 단부면을 갖는다. 유리 기판(2)의 제1 및 제2 배선층(3, 4)이 형성되는 주표면(2a, 2b)의 적어도 한쪽의 주표면은, 그 표면 조도로서 산술 평균 조도 Ra는 1.5㎚ 이하가 바람직하고, 양쪽의 주표면 산술 평균 조도 Ra는 1.5㎚ 이하가 보다 바람직하다. 주표면의 산술 평균 조도 Ra가 상기 범위라면, 30GHz를 초과하는 고주파 영역에서 제1 및 제2 배선층(3, 4)에 표피 효과가 발생한 경우에도, 제1 및 제2 배선층(3, 4)의 표피 저항을 저하할 수 있고, 이에 의해 도체 손실이 저감된다.

[0323] 유리 기판(2)의 주표면(2a, 2b)의 산술 평균 조도 Ra는, 1㎚ 이하가 더욱 바람직하고, 0.5㎚ 이하가 보다 더 바람직하다. 유리 기판(2)의 주표면이란, 배선층이 형성되는 표면을 가리키는 것이다. 한쪽의 주표면에 배선층이 형성되는 경우, 한쪽의 주표면의 산술 평균 조도 Ra의 값이 1.5㎚ 이하를 만족시키면 된다. 또한, 본 명세서에 있어서의 산술 평균 조도 Ra는, JIS B0601(2001년)에 준거한 값을 의미한다.

[0324] 유리 기판(2)의 주표면(2a, 2b)의 표면 조도는, 필요에 따라 유리 기판(2)의 표면 연마 처리 등에 의해 실현할 수 있다. 유리 기판(2)의 표면 연마 처리에는, 예를 들어 산화세륨이나 콜로이달 실리카 등을 주성분으로 하는 연마제 및 연마 패드를 사용한 연마; 연마제와 산성 또는 알칼리성의 분산매를 포함하는 연마 슬러리 및 연마 패드를 사용한 연마; 산성 또는 알칼리성의 에칭액을 사용한 연마 등을 적용할 수 있다.

[0325] 상기한 연마 처리는, 유리 기판(2)의 소판(素板)의 표면 조도에 따라서 적용되고, 예를 들어 예비 연마와 마무리 연마를 조합하여 적용해도 된다. 또한, 유리 기판(2)의 단부면은, 프로세스 유동 중에 단부면을 기인으로 하는 유리 기판(2)의 갈라짐, 크랙, 절결을 방지하기 위해서, 모따기하는 것이 바람직하다. 모따기의 형태는, C 모따기, R 모따기, 실 모따기 등의 어느 것이어도 된다.

[0326] 이러한 유리 기판(2)의 사용에 의해, 회로 기판(1)의 주파수 10GHz에 있어서의 전송 손실을 저감할 수 있다. 예를 들어 1dB/㎝ 이하까지 저감할 수 있다. 따라서, 고주파 신호, 특히 10GHz 이상의 고주파 신호의 질이나 강도 등의 특성이 유지되기 때문에, 그러한 고주파 신호를 취급하는 고주파 디바이스에 적합한 유리 기판(2) 및 회로 기판(1)을 제공할 수 있다. 즉, 그러한 고주파 신호를 취급하는 고주파 디바이스의 특성이나 품질을 향상할 수 있다. 회로 기판(1)의 주파수 10GHz에 있어서의 전송 손실은, 1dB/㎝ 이하가 바람직하다.

[0327] 본 발명의 유리판의 형상은, 특별히 한정되지 않지만, 두께는 0.75㎜ 이하가 바람직하다. 유리판의 두께가 0.75㎜ 이하이면, 고주파 디바이스용 유리 기판으로서 사용했을 때에, 고주파 디바이스의 박형화나 소형화, 또한 생산 효율의 향상 등을 도모시킨다. 또한, 자외선 투과율이 향상되고, 디바이스의 제조 공정에서 자외선 경화 재료를 사용하여 제조성을 높일 수 있다. 유리판의 두께는 0.7㎜ 이하가 보다 바람직하고, 0.6㎜ 이하가 더욱 바람직하고, 0.5㎜ 이하가 보다 더 바람직하고, 0.4㎜ 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 0.3㎜ 이하가 한층 바람직하다. 또한, 유리판의 두께는 0.01㎜ 이상이 바람직하고, 0.05㎜ 이상이 보다 바람직하고, 0.1㎜ 이상이 더욱 바람직하다.

[0328] 유리판을 대형 기판으로 하는 경우에는, 적어도 1변이 1000㎜ 이상인 것이 바람직하고, 1500㎜ 이상이 보다 바람직하고, 1800㎜ 이상이 더욱 바람직하다. 상한은 특별히 한정되지 않지만, 통상 1변의 크기는 4000㎜ 이하이다. 또한 유리판은, 직사각 형상이 바람직하다.

[0329] 〔유리판의 제조 방법〕

[0330] 이어서, 본 발명의 유리판의 제조 방법에 대하여 설명한다. 유리판을 제조하는 경우, 유리 원료를 가열하여 용융 유리를 얻는 용해 공정, 용융 유리로부터 기포를 제거하는 청징 공정, 용융 유리를 판상으로 하여 유리 리본을 얻는 성형 공정 및 유리 리본을 실온 상태까지 서랭하는 서랭 공정을 거친다. 혹은, 용융 유리를 블록상으로 성형하고, 서랭한 후, 절단, 연마를 거쳐서 유리판을 제조하는 방법이어도 된다.

[0331] 용해 공정은, 목표로 하는 유리의 조성이 되도록 원료를 조제하여, 원료를 용해로에 연속적으로 투입하고, 바람직하게는 1450 내지 1750℃ 정도로 가열하여 용융 유리를 얻는다. 본 실시 형태에 관한 유리는, 유리 원료를 용융하는 온도역, 예를 들어 1500℃ 부근의 저항값이 낮기 때문에, 용해로로서 전기 용해로를 사용하고, 통전 가열에 의해 유리를 용해하는 것이 바람직하다. 단, 통전 가열과 버너에 의한 가열을 병용해도 된다.

[0332] 원료에는 산화물, 탄산염, 질산염, 수산화물, 염화물 등의 할로겐화물 등도 사용할 수 있다. 용해나 청징 공정에서 용융 유리가 백금과 접촉하는 공정이 있는 경우, 미소한 백금 입자가 용융 유리 중에 용출하고, 얻어지는 유리판 중에 이물로서 혼입되는 경우가 있지만, 질산염 원료의 사용은 백금 이물의 생성을 방지하는 효과가 있다.

[0333] 질산염으로서는, 질산스트론튬, 질산바륨, 질산마그네슘, 질산칼슘 등을 사용할 수 있다. 질산스트론튬의 사용이 보다 바람직하다. 원료 입도도 용해 잔사가 발생하지 않는 정도의 수백㎛의 큰 입경의 원료로부터, 원료 반송 시의 비산이 발생하지 않는, 2차 입자로서 응집하지 않는 정도의 수㎛ 정도의 작은 입경의 원료까지, 적절히 사용할 수 있다. 조립체(造粒體)의 사용도 가능하다. 원료의 비산을 방지하기 위하여 원료 함수량도 적절히 조정 가능하다. Abs-OH, Fe의 산화 환원도(레독스[$Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Fe^{3+})$])의 용해 조건도 적절히 조정 가능하다.

[0334] 다음의 청징 공정은, 상기 용해 공정에서 얻어진 용융 유리로부터 기포를 제거하는 공정이다. 청징 공정으로서는, 감압에 의한 탈포법을 적용해도 되고, 원료의 용해 온도보다 고온으로 함으로써 탈포해도 된다. 또한, 청징제로서 SO_3나 SnO_2를 사용할 수 있다. SO_3원으로서는, Al, Na, K, Mg, Ca, Sr 및 Ba에서 선택되는 적어도 하나의 원소 황산염이 바람직하고, 알칼리 토류 금속의 황산염이 보다 바람직하고, 그 중에서도, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, $SrSO_4$ 및 $BaSO_4$가, 기포를 크게 하는 작용이 현저하여, 특히 바람직하다.

[0335] 감압에 의한 탈포법에 있어서의 청징제로서는, Cl 또는 F 등의 할로겐의 사용이 바람직하다. Cl원으로서는, Al, Mg, Ca, Sr 및 Ba에서 선택되는 적어도 하나의 원소 염화물이 바람직하고, 알칼리 토류 금속의 염화물이 보다 바람직하고, 그 중에서도, $SrCl_2 \cdot 6H_2O$ 및 $BaCl_2 \cdot 2H_2O$가, 기포를 크게 하는 작용이 현저하고, 또한 조해성이 작기 때문에, 더욱 바람직하다. F원으로서는, Al, Na, K, Mg, Ca, Sr 및 Ba에서 선택된 적어도 하나의 원소 불화물이 바람직하고, 알칼리 토류 금속의 불화물이 보다 바람직하고, 그 중에서도, CaF_2가 유리 원료의 용해성을 크게 하는 작용이 현저한 점에서 더욱 바람직하다.

[0336] SnO_2로 대표되는 주석 화합물은, 유리 융액 중에서 O_2 가스를 발생시킨다. 유리 융액 중에서는, 1450℃ 이상의 온도에서 SnO_2로부터 SnO로 환원되어, O_2 가스를 발생시키고, 기포를 크게 성장시키는 작용을 갖는다. 유리판의 제조 시에 있어서는, 유리 원료를 1450 내지 1750℃ 정도로 가열하여 용융하기 때문에, 유리 융액 중의 기포가 보다 효과적으로 커진다.

[0337] SnO_2를 청징제로서 사용하는 경우, 원료 중에, 주석 화합물을 모조성의 총량 100%에 대하여, SnO_2 환산으로, 0.001% 이상 포함하도록 조제하는 것이 바람직하다. SnO_2 함유량이 0.001% 이상이면, 유리 원료의 용해 시에 있어서의 청징 작용이 얻어지기 때문에 바람직하다. SnO_2 함유량은, 0.015% 이상이 보다 바람직하고, 0.1% 이상이 더욱 바람직하다. SnO_2 함유량이 1% 이하이면, 유리의 착색이나 실투의 발생이 억제되기 때문에 바람직하다. 유리 중의 주석 화합물의 함유량은, 유리 모조성의 총량 100%에 대하여 SnO_2 환산으로, 0.5% 이하가 보다 바람직하고, 0.2% 이하가 더욱 바람직하다.

[0338] 다음의 성형 공정은, 상기 청징 공정에서 기포를 제거한 용융 유리를 판상으로 하여 유리 리본을 얻는 공정이다. 성형 공정으로서는, 용융 유리를 주석 등의 용융 금속 상에 흘려서 판상으로 하여 유리 리본을 얻는 플로트법, 용융 유리를 홈통상의 부재로부터 하방으로 유하시키는 오버플로 다운드로우법(퓨전법), 슬릿으로부터 유하시키는 슬릿 다운 드로우법 등, 공지된 유리를 판상으로 성형하는 방법을 적용할 수 있다. 그 중에서도, 무연마 및 경연마의 점에서 플로트법 또는 퓨전법이 바람직하다.

[0339] 이어서, 서랭 공정은, 상기 성형 공정에서 얻어진 유리 리본을 실온 상태까지 제어된 냉각 조건에서 냉각하는 공정이다. 서랭 공정으로서는, 유리 리본이 되도록 냉각하고, 또한 실온 상태까지 소정의 조건에서 서랭한다. 서랭한 유리 리본을 절단 후, 유리판을 얻는다.

[0340] 서랭 공정에서의 냉각 속도가 너무 크면 냉각 후의 유리에 변형이 남기 쉬워진다. 또한, 가상 온도를 반영하는 파라미터인 등가 냉각 속도가 너무 높아지고, 그 결과, 유리의 슈링크를 저감할 수 없다. 그 때문에, 등가 냉각 속도가 800℃/분 이하가 되도록 R을 설정하는 것이 바람직하다. 등가 냉각 속도는 600℃/분 이하가 보다 바람직하고, 400℃/분 이하가 더욱 바람직하고, 300℃/분 이하가 보다 더 바람직하고, 200℃/분 이하가 보다 더더욱 바람직하고, 100℃/분 이하가 보다 더욱 더 바람직하고, 60℃/분 이하가 한층 바람직하고, 40℃/분 이하가 특히 바람직하다. 한편, 냉각 속도가 너무 작으면, 공정의 소요 시간이 너무 길어지고, 생산성이 낮아진다.

그 때문에, 0.1℃/분 이상이 되도록 설정하는 것이 바람직하고, 0.5℃/분 이상이 보다 바람직하고, 1℃/분 이상이 더욱 바람직하다. 가상 온도를 반영하는 파라미터인 등가 냉각 속도는, 평가의 간편함으로부터 굴절률에 기초하는 등가 냉각 속도로 하는 것이 바람직하다.

[0341] 여기서, 굴절률에 기초하는 등가 냉각 속도의 정의 그리고 평가 방법은 이하와 같다. 대상으로 하는 조성의 유리를 10㎜×10㎜×0.3 내지 2.0㎜의 직육면체로 가공하여 유리 시료로 한다. 유리 시료에 대하여, 적외선 가열식 전기로를 사용하여, 변형점+170℃에서 5분간 유지하고, 그 후, 유리 시료를 실온(25℃)까지 냉각한다. 이때, 냉각 속도를 1℃/분 내지 1000℃/분의 범위에서 조건을 변경한 복수의 유리 샘플을 제작한다.

[0342] 정밀 굴절률 측정 장치(예를 들어 시마즈 디바이스사제 KPR3000)를 사용하여, 복수의 유리 샘플의 d선(파장 587.6㎚)의 굴절률 n_d를 측정한다. 측정에는, V 블록법이나 최소 편각법을 사용해도 된다. 얻어진 n_d를 냉각 속도의 대수에 대하여 플롯함으로써, 상기 냉각 속도에 대한 n_d의 검량선을 얻는다.

[0343] 이어서, 실제로 용해, 성형, 냉각 등의 공정을 거쳐서 제조된 동일한 조성의 유리 n_d를, 상기 측정 방법에 의해 측정한다. 얻어진 n_d에 대응하는 대응 냉각 속도(본 실시 형태에 있어서 등가 냉각 속도라고 한다)를 상기 검량선으로부터 구한다.

[0344] 본 발명의 유리판의 제조 방법은 상기에 한정되지 않는다. 예를 들어, 본 발명의 유리판을 제조하는 경우, 용융 유리를 직접 판상으로 성형하는 프레스 성형법으로 유리를 판상으로 해도 된다.

[0345] 또한, 본 발명의 유리판을 제조하는 경우, 내화물제의 용해조를 사용하는 제조 방법에 추가하여, 백금 또는 백금을 주성분으로 하는 합금제의 도가니(이하, 백금 도가니라고 칭한다)를 용해조 또는 청징조에 사용해도 된다. 백금 도가니를 사용한 경우, 용해 공정은, 얻어지는 유리판의 조성이 되도록 원료를 조제하고, 원료를 넣은 백금 도가니를 전기로에서 가열하고, 바람직하게는 1450 내지 1750℃ 정도로 가열한다. 백금 교반기를 삽입하여 1 내지 3시간 교반하여 용융 유리를 얻는다.

[0346] 백금 도가니를 사용한 유리판의 제조 공정에 있어서의 성형 공정에서는, 용융 유리를 예를 들어 카본 판상이나 형틀 중에 흘려 보내고, 판상 또는 블록상으로 한다. 서랭 공정은, 전형적으로는 T_g+50℃ 정도의 온도로 유지한 후, 변형점 부근까지 1 내지 10℃/분 정도로 냉각하고, 그 후는 실온 상태까지, 변형이 남지 않을 정도의 냉각 속도로 냉각한다. 소정의 형상으로의 절단 및 연마 후, 유리판을 얻는다. 또한, 절단하여 얻어진 유리판을, 예를 들어 T_g+50℃ 정도가 되도록 가열한 후, 실온 상태까지 소정의 냉각 속도로 서랭해도 된다. 이렇게 함으로써, 유리의 등가 냉각 속도를 조절할 수 있다.

[0347] 본 발명의 유리판을 유리 기판(2)으로서 사용한 회로 기판(1)은, 고주파 신호, 특히 30GHz를 초과하는 고주파 신호, 나아가 주파수 35GHz 이상의 고주파 신호를 취급하는 고주파 디바이스에 적합하고, 그러한 고주파 신호의 전송 손실을 저감하여 고주파 신호의 질이나 강도 등의 특성을 향상시킬 수 있다.

[0348] 본 발명의 유리판을 유리 기판(2)으로서 사용한 회로 기판(1)은, 예를 들어 휴대 전화기, 스마트폰, 휴대 정보 단말기, Wi-Fi 기기와 같은 통신 기기에 사용되는 반도체 디바이스와 같은 고주파 디바이스(전자 디바이스), 탄성 표면파(SAW) 디바이스, 레이더 송수신기와 같은 레이더 부품, 액정 안테나나 패널형 안테나와 같은 안테나 부품 등에 적합하다.

[0349] 즉, 본 발명은 본 발명의 유리를 포함하는 고주파 디바이스용 유리 기판 외에, 본 발명의 유리를 포함하는 패널형 안테나에 관한 것이기도 하다.

[0350] 또한, 본 발명의 유리를, 고주파 신호의 전송 손실을 저감시킬 목적으로 다른 제품에도 적합하게 적용할 수 있다. 즉, 본 발명은 본 발명의 유리를 포함하는 창유리, 차량용 창유리, 터치 패널용 커버 유리에 관한 것이기도 하다.

[0351] 본 발명의 유리를 포함하는 유리판은, 고주파의 주파수 대역 전파를 안정적으로 송수신할 수 있고, 손상·파괴도 하기 어렵기 때문에, 창유리나 차량용 창유리, 터치 패널용 커버 유리에도 적합하다. 차량용 창유리로서는, 예를 들어 자동 운전의 차량용 창유리가 보다 바람직하다.

[0352] **실시예**

[0353] 이하, 실시예에 대하여 설명하지만, 본 발명은 이들 실시예에 한정되지 않는다. 이하에 있어서, 예 1 내지 28

은 실시예이고, 예 29 내지 31은 비교예이다.

[0354] 예 1 내지 31에 나타내는 조성(산화물 기준의 몰% 표시)을 갖는 유리를 준비하였다. 유리판은, 백금 도가니를 사용한 용융법으로 제작하였다. 예 1 내지 31에 나타내는 조성을 갖는 유리가 얻어지도록 규사 등의 원료를 혼합하고, 400g의 배치를 조합하였다. 원료를 백금 도가니에 넣어, 전기로 중에서 1650℃의 온도에서 1시간 가열하여 용융하여, 용융 유리로 하였다. 용융에 있어서는, 백금 도가니에 백금 교반기를 삽입하여 1시간 교반하여, 유리의 균질화를 행하였다. 게다가, 1700℃의 온도에서 3시간 가열한 후, 용융 유리를 카본판 상에 흘려 보내고, 판상으로 성형한 후, 판상의 유리를 T_g+50℃ 정도의 온도의 전기로에 넣어, 1시간 유지하였다. 냉각 속도 1℃/분으로 T_g-100℃까지 전기로를 강온시키고, 그 후 유리가 실온이 될 때까지 방랭하였다. 그 후, 절단, 연마 가공에 의해 유리를 판상으로 성형하여, 유리판을 얻었다.

[0355] 예 1 내지 31의 유리판에 대해서, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율, 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접, T_2, T_4, T_g, 50 내지 350℃에서의 평균 열팽창 계수, HNO_3를 7.7질량% 및 H_2SO_4를 6.5질량% 함유하는 45℃의 수용액에 170초간 침지했을 때의, 단위 표면적당 유리 성분의 용출량(내산성), KOH를 1.2질량% 함유하는 60℃의 수용액에 30분간 침지했을 때의, 단위 표면적당 유리 성분의 용출량(내알칼리성), 판 두께, Abs-OH, ΔAbs-OH, $Abs_{\beta\text{-}OH}$-Abs_{Base}, Δ($Abs_{\beta\text{-}OH}$-Abs_{Base})를 표 1 내지 5에 나타낸다. 표 중의 괄호 내에 나타내는 값은 계산값 또는 추정값을 의미하고, 「-」는 미측정인 것을 의미하고, 「×」는 계산식 상 분모에 0이 나오기 때문에 계산 불가인 것을 나타낸다.

[0356] 이하에 각 물성의 측정 방법을 나타낸다.

[0357] (비유전율, 유전 정접)

[0358] JIS R1641(2007년)에 규정되어 있는 방법에 따라, 공동 공진기 및 벡터 네트워크 애널라이저를 사용하여 측정하였다. 측정 주파수는 공동 공진기의 공기 공진 주파수인 10GHz이다.

[0359] (밀도)

[0360] 기포를 포함하지 않는 약 20g의 유리 덩어리의 밀도를 아르키메데스법에 의해 측정하였다.

[0361] (온도 T_2)

[0362] ASTM C 965-96(2017년)에 규정되어 있는 방법에 따라, 회전 점도계를 사용하여 점도를 측정하고, 10^2dPa·s가 될 때의 온도 T_2(℃)를 측정하였다.

[0363] (온도 T_4)

[0364] ASTM C 965-96(2017년)에 규정되어 있는 방법에 따라, 회전 점도계를 사용하여 점도를 측정하고, 10^4dPa·s가 될 때의 온도 T_4(℃)를 측정하였다.

[0365] (T_g)

[0366] JIS R3103-3(2001년)에 규정되어 있는 방법에 따라, 열팽창법에 의해 측정하였다.

[0367] (표면 실투 온도)

[0368] 유리를 분쇄하고, 시험용 체를 사용하여 입경이 2 내지 4㎜의 범위가 되도록 분급하였다. 얻어진 글라스 컬릿을 이소프로필알코올 중에서 초음파 세정을 5분간 행하고, 이온 교환수로 세정한 후, 건조시키고, 백금제의 접시에 넣어, 일정 온도로 제어된 전기로 중에서 17시간의 열처리를 행하였다. 열처리의 온도는 10℃ 간격으로 설정하였다.

[0369] 열처리 후, 백금 접시로부터 유리를 분리하고, 광학 현미경을 사용하여, 유리의 표면에 결정이 석출되는 최고 온도와 결정이 석출되지 않는 최저 온도를 관찰하였다.

[0370] 유리의 표면에 결정이 석출되는 최고 온도와 결정이 석출되지 않는 최저 온도는, 각각 1회 측정하였다. 또한, 결정 석출의 판단이 어려운 경우, 2회 측정하기도 한다.

[0371] 유리 표면에 결정이 석출되는 최고 온도와 결정이 석출되지 않는 최저 온도의 측정값을 사용하여 평균값을 구하

여, 표면 실투 온도로 하였다.

[0372] (평균 열팽창 계수)

[0373] JIS R3102(1995년)에 규정되어 있는 방법에 따라, 시차열 팽창계를 사용하여 측정하였다. 측정 온도 범위는 50 내지 350℃에서, 단위를 $\times 10^{-7}$/K로서 나타내었다.

[0374] (내산성)

[0375] 1변이 31 내지 36㎜인 사각형, 두께가 0.45 내지 0.75㎜인 양면 경면을 갖는 유리판을 유리 시료로 한다. 산 수용액(7.7질량% HNO_3+6.5질량% H_2SO_4, 45℃)에 유리 시료를 170초간 침지하고, 단위 표면적당 유리 성분의 용출량(mg/㎠)을 평가하였다. 침지 전의 중량을 $weight_{Before}$, 침지 후의 중량을 $weight_{After}$, 침지 전의 유리 시료의 종횡의 길이를 각각 length, width, 두께를 thickness라고 표기할 때, 단위 표면적당 유리 성분의 용출량을 다음 식에 의해 구한다.

[0376] $$\frac{weight_{Before} - weight_{After}}{length \times width \times 2 + (length + width) \times 2 \times thickness}$$

[0377] (내알칼리성)

[0378] 1변이 31 내지 36㎜인 사각형, 두께가 0.45 내지 0.75㎜인 양면 경면을 갖는 유리판을 유리 시료로 한다. 알칼리 수용액(1.2질량% KOH, 60℃)에 유리 시료를 30분간 침지하고, 단위 표면적당 유리 성분의 용출량(mg/㎠)을 평가하였다. 침지 전의 중량을 $weight_{Before}$, 침지 후의 중량을 $weight_{After}$, 침지 전의 유리 시료의 종횡의 길이를 각각 length, width, 두께를 thickness라고 표기할 때, 단위 표면적당 유리 성분의 용출량을 다음 식에 의해 구한다.

[0379] $$\frac{weight_{Before} - weight_{After}}{length \times width \times 2 + (length + width) \times 2 \times thickness}$$

[0380] (판 두께(㎜))

[0381] 두께는 마이크로미터(가부시키가이샤 미츠토요 「쿨런트 프루프 마이크로미터」 Code No.293 230 30)에 의해 측정하였다.

[0382] (Abs-OH, ($Abs_{\beta-OH}$-Abs_{Base}))

[0383] 두께 0.45 내지 0.75㎜의 유리판이 되도록 유리 시료의 양면 경면 연마를 행한 후, FT-IR을 사용하여 파수 4000 내지 2000cm^{-1}의 범위에서 투과율 측정을 행하여 구하였다. 파수 3846cm^{-1}에 있어서의 투과율을 τ_1(%), 파수 3700 내지 3200cm^{-1}의 투과율의 최솟값을 τ_2(%)로 하고, 다음 식에 의해 Abs-OH를 구하였다.

[0384] $Abs\text{-}OH=\log_{10}(\tau_2/100)/\log_{10}(\tau_1/100)$

[0385] ($Abs_{\beta-OH}$-Abs_{Base})는 $Abs_{\beta-OH}=-\log_{10}(\tau_2/100)$, $Abs_{Base}=-\log_{10}(\tau_1/100)$으로 하고, 이들의 차분에 의해 구하였다.

[0386] (ΔAbs-OH)

[0387] 두께 0.45 내지 0.75㎜의 유리판의 Abs-OH를 측정하였다. 유리판을 온도 60℃, 상대 습도 95%에서 정치하고, 정치 개시로부터 90시간 후에 유리판의 Abs-OH를 측정하고, 정치 후의 Abs-OH로부터 정치 전의 Abs-OH를 감한 값을 ΔAbs-OH로서 산출하였다.

[0388] (Δ($Abs_{\beta-OH}$-Abs_{Base}))

[0389] 두께 0.45 내지 0.75㎜의 유리판의 ($Abs_{\beta-OH}$-Abs_{Base})를 측정하였다. 그 유리판을 온도 60℃, 상대 습도 95%에서 정치하고, 정치 개시로부터 90시간 후에 유리판의 ($Abs_{\beta-OH}$-Abs_{Base})를 측정하고, 정치 후의 ($Abs_{\beta-OH}$-Abs_{Base})로부터 정치 전의 ($Abs_{\beta-OH}$-Abs_{Base})를 감한 값을 Δ($Abs_{\beta-OH}$-Abs_{Base})로서 산출하였다.

표 1

[몰%]	예1	예2	예3	예4	예5	예6
SiO_2	71.3	68.8	69.4	74.0	73.0	74.0
Al_2O_3	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0
B_2O_3	18.4	22.9	22.5	18.0	18.0	18.0
MgO	3.5	0	0	2.2	3.2	3.2
CaO	0	3.0	3.0	0	0	0
SrO	1.0	0.5	1.0	0.8	0.8	0.8
BaO	0.5	0.5	0	0	0	0
Li_2O	0	0	0	0	0	0
Na_2O	0	0	0	0	0	0
K_2O	0	0	0	0	0	0
Cl	0.28	0.30	0.20	-	-	-
SO_3	0.0078	0.0088	0.0016	-	-	-
Fe_2O_3	0.0016	0.0014	0.0015	-	-	-
TiO_2	0	0	0	0	0	0
RO	5.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0
R_2O	0	0	0	0	0	0
$SiO_2+B_2O_3$	89.7	91.7	91.8	92.0	91.0	92.0
B_2O_3-(RO+R_2O-Al_2O_3)	18.4	22.9	22.5	20.0	19.0	18.0
Al_2O_3-RO	0	0	0	2.0	1.0	0
Al_2O_3×RO	24.85	15.90	15.94	15.00	20.00	16.00
Al_2O_3×R_2O	0	0	0	0	0	0
MgO+CaO	3.5	3.0	3.0	2.2	3.2	3.2
SrO+BaO	1.5	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8
(MgO+CaO)-(SrO+BaO)	2.0	2.0	2.0	1.4	2.4	2.4
((MgO+CaO)-(SrO+BaO))/Al_2O_3	0.40	0.50	0.50	0.28	0.48	0.60
MgO/(MgO+Al_2O_3)	0.41	0	0	0.31	0.39	0.44
Na_2O/R_2O	×	×	×	×	×	×
(SrO+BaO)/(MgO+CaO)	0.43	0.33	0.33	0.36	0.25	0.25
비유전율(10GHz)	4.19	4.13	4.10	4.05	4.09	4.04
유전 정접(10GHz)	0.0018	0.0014	0.0012	0.0013	0.0015	0.0014
밀도 (g/cm^3)	-	-	-	-	-	-
T_2 (℃)	(1861)	(1810)	(1819)	(1911)	(1888)	(1915)
T_4 (℃)	(1376)	(1316)	(1332)	(1419)	(1408)	(1420)
T_g (℃)	659	617	(587)	(611)	(613)	(598)
표면 실투 온도(℃)	-	-	-	-	-	-
평균 열팽창 계수 ($\times 10^{-7}/K$)	28.2	31.8	(28.3)	(24.4)	(25.0)	(24.8)
내산성 (mg/cm^2)	0.002	0.014	0.021	(0.001)	(0.003)	(0.002)
내알칼리성 (mg/cm^2)	0.046	0.064	0.100	(0.025)	(0.037)	(0.030)
판 두께(mm)	0.502	0.493	0.498	0.677	0.678	0.687
내습성 (ΔAbs-OH)	0.31	1.26	0.75	0.05	0.12	0.08
Abs-OH	1.62	1.43	4.41	1.97	1.77	1.94
$Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base}$	0.034	0.024	0.176	0.060	0.047	0.058
Δ ($Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base}$)	0.02	0.06	0.03	0.01	0.01	0.01

[0390]

표 2

[몰%]	예7	예8	예9	예10	예11	예12
SiO_2	71.9	70.9	71.0	73.9	70.0	75.9
Al_2O_3	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	0.5
B_2O_3	20.0	22.0	22.0	19.0	24.0	21.5
MgO	0	0	0	0	0	0
CaO	3.0	1.0	2.0	2.0	2.0	0
SrO	1.0	1.0	0	0	0	0
BaO	0	0	0	0	0	0
Li_2O	0	0	0	0	0	0.8
Na_2O	0	0	0	0	0	0.8
K_2O	0	0	0	0	0	0.4
Cl	0.17	0.08	0.04	0.09	0.03	0.12
SO_3	0.0064	0.0033	0.0028	0.0031	0.0038	0.0039
Fe_2O_3	0.0018	0.0017	0.0015	0.0014	0.0022	0.0014
TiO_2	0	0	0	0	0	0
RO	4.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0
R_2O	0	0	0	0	0	2.0
$SiO_2+B_2O_3$	91.8	92.9	93.0	92.9	94.0	97.4
B_2O_3-(RO+R_2O-Al_2O_3)	20.0	25.0	25.0	22.0	26.0	20.0
Al_2O_3-RO	0	3.0	3.0	3.0	2.0	0.5
$Al_2O_3\times RO$	15.94	9.98	9.99	9.98	7.99	0
$Al_2O_3\times R_2O$	0	0	0	0	0	1.00
MgO+CaO	3.0	1.0	2.0	2.0	2.0	0
SrO+BaO	1.0	1.0	0	0	0	0
(MgO+CaO)-(SrO+BaO)	2.0	0	2.0	2.0	2.0	0
((MgO+CaO)-(SrO+BaO))/Al_2O_3	0.50	0	0.40	0.40	0.50	0
MgO/(MgO+Al_2O_3)	0	0	0	0	0	0
Na_2O/R_2O	×	×	×	×	×	0.40
(SrO+BaO)/(MgO+CaO)	0.33	1.00	0	0	0	×
비유전율(10GHz)	4.12	4.03	4.00	4.02	3.96	3.87
유전 정접(10GHz)	0.0013	0.0011	0.0011	0.0012	0.0013	0.0016
밀도 (g/cm^3)	-	2.17	2.16	2.17	2.14	-
T_2 (℃)	(1861)	(1861)	(1846)	(1897)	(1840)	(1802)
T_4 (℃)	(1366)	(1366)	(1362)	(1403)	(1348)	(1151)
T_g (℃)	(598)	(591)	643	670	584	(504)
표면 실투 온도(℃)	-	1350以下	1350以下	1250以下	1250以下	-
평균 열팽창 계수 ($\times10^{-7}$/K)	(27.1)	(25.9)	28.9	25.2	30.8	(27.6)
내산성 (mg/cm^2)	0.008	(0.003)	0.001	0.000	0.001	(0.000)
내알칼리성 (mg/cm^2)	0.054	(0.033)	0.029	0.021	0.034	(0.013)
판 두께(mm)	0.483	0.650	0.680	0.694	0.678	0.705
내습성 (Δ Abs-OH)	0.27	0.27	0.67	0.23	1.79	0.07
Abs-OH	4.43	1.89	1.61	1.47	3.65	4.30
$Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base}$	0.170	0.054	0.040	0.029	0.180	0.206
Δ ($Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base}$)	0.02	0.02	0.04	0.01	0.13	0.02

[0391]

표 3

[몰%]	예13	예14	예15	예16	예17	예18
SiO_2	74.9	74.9	74.9	74.9	71.0	72.0
Al_2O_3	0.5	0.50	0.50	0.50	4.0	5.0
B_2O_3	22.5	22.5	22.5	22.5	22.0	20.0
MgO	0	0	0	0	0	0
CaO	0	0	0	0	2.0	1.0
SrO	0	0	0	0	1.0	1.0
BaO	0	0	0	0	0	1.0
Li_2O	0.8	0.8	0.8	0.8	0	0
Na_2O	0.9	0.9	0.9	0.9	0	0
K_2O	0.3	0.3	0.3	0.3	0	0
Cl	0.15	0.09	0.10	0.13	0	0
SO_3	0.0078	0.0020	0.0060	0.0038	0	0
Fe_2O_3	0.0011	0.0016	0.0011	0.0009	0	0
TiO_2	0	0	0	0	0	0
RO	0	0	0	0	3.0	3.0
R_2O	2.0	2.0	2.0	2.0	0	0
$SiO_2+B_2O_3$	97.3	97.3	97.3	97.3	93.0	92.0
B_2O_3-(RO+R_2O-Al_2O_3)	21.0	21.0	21.0	21.0	23.0	22.0
Al_2O_3-RO	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	2.0
$Al_2O_3\times RO$	0	0	0	0	12.0	15.0
$Al_2O_3\times R_2O$	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0
MgO+CaO	0	0	0	0	2.0	1.0
SrO+BaO	0	0	0	0	1.0	2.0
(MgO+CaO)-(SrO+BaO)	0	0	0	0	1.0	-1.0
((MgO+CaO)-(SrO+BaO))/Al_2O_3	0	0	0	0	0.25	-0.20
MgO/(MgO+Al_2O_3)	0	0	0	0	0	0
Na_2O/R_2O	0.45	0.45	0.45	0.45	×	×
(SrO+BaO)/(MgO+CaO)	×	×	×	×	×	×
비유전율(10GHz)	3.84	3.89	3.88	3.87	(4.06)	(4.16)
유전 정접(10GHz)	0.0014	0.0014	0.0015	0.0014	(0.0010)	(0.0012)
밀도 (g/cm^3)	-	-	-	-	-	-
T_2 (℃)	(1800)	-	-	-	(1858)	(1876)
T_4 (℃)	(1135)	-	-	-	(1359)	(1358)
T_g (℃)	(499)	-	-	-	(583)	(598)
표면 실투 온도(℃)	-	-	-	-	-	-
평균 열팽창 계수 (×10^{-7}/K)	(27.9)	-	-	-	(26.8)	(26.5)
내산성 (mg/cm^2)	(0.000)	-	-	-	(0.001)	(0.001)
내알칼리성 (mg/cm^2)	(0.016)	-	-	-	(0.071)	(0.057)
판 두께(mm)	0.684	0.6762	0.692	0.6832	-	-
내습성 (ΔAbs-OH)	0.99	-	-	-	(0.95)	(0.40)
Abs-OH	4.26	-	-	-	-	-
$Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base}$	0.206	-	-	-	-	-
Δ ($Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base}$)	0.04	-	-	-	(0~0.05)	(0~0.05)

[0392]

표 4

[몰%]	예19	예20	예21	예22	예23	예24
SiO_2	71.0	74.0	70.0	70.0	77.0	74.0
Al_2O_3	5.0	4.0	4.0	3.0	0.3	0.3
B_2O_3	22.0	20.0	24.0	24.0	20.5	23.5
MgO	0	0	0	0.5	0	0
CaO	1.0	1.0	1.0	1.0	0	0
SrO	1.0	1.0	1.0	1.0	0	0
BaO	0	0	0	0.5	0	0
Li_2O	0	0	0	0	1.0	1.0
Na_2O	0	0	0	0	1.0	0.9
K_2O	0	0	0	0	0.2	0.3
Cl	0	0	0	0	0	0
SO_3	0	0	0	0	0	0
Fe_2O_3	0	0	0	0	0	0
TiO_2	0	0	0	0	0	0
RO	2.0	2.0	2.0	3.0	0	0
R_2O	0	0	0	0	2.2	2.2
$SiO_2+B_2O_3$	93.0	94.0	94.0	94.0	97.5	97.5
$B_2O_3-(RO+R_2O-Al_2O_3)$	25.0	22.0	26.0	24.0	18.6	21.6
Al_2O_3-RO	3.0	2.0	2.0	0	0.3	0.3
$Al_2O_3\times RO$	10.0	8.0	8.0	9.0	0	0
$Al_2O_3\times R_2O$	0	0	0	0	0.66	0.66
MgO+CaO	1.0	1.0	1.0	1.5	0	0
SrO+BaO	1.0	1.0	1.0	1.5	0	0
(MgO+CaO)-(SrO+BaO)	0	0	0	0	0	0
((MgO+CaO)-(SrO+BaO))/Al_2O_3	0	0	0	0	0	0
$MgO/(MgO+Al_2O_3)$	0	0	0	0	0	0
Na_2O/R_2O	×	×	×	×	0.45	0.41
(SrO+BaO)/(MgO+CaO)	×	×	×	×	×	×
비유전율(10GHz)	(4.02)	(4.06)	(3.96)	(4.00)	(3.98)	(3.92)
유전 정접(10GHz)	(0.0010)	(0.0010)	(0.0009)	(0.0009)	(0.0018)	(0.0016)
밀도 (g/cm^3)	-	-	-	-	-	-
T_2 (°C)	(1861)	(1921)	(1854)	(1860)	-	-
T_4 (°C)	(1366)	(1406)	(1351)	(1341)	-	-
T_g (°C)	(591)	(605)	(567)	(551)	(497)	(488)
표면 실투 온도(℃)	-	-	-	-	-	-
평균 열팽창 계수 ($\times 10^{-7}$/K)	(25.9)	(24.7)	(26.7)	(27.5)	(27.4)	(28.7)
내산성 (mg/cm^2)	(0.001)	(0.000)	(0.001)	(0.002)	(0.000)	(0.000)
내알칼리성 (mg/cm^2)	(0.057)	(0.033)	(0.071)	(0.089)	(0.022)	(0.039)
판 두께(mm)	-	-	-	-	-	-
내습성 (ΔAbs-OH)	(0.77)	(0.45)	(1.33)	(1.51)	(0.21)	(0.87)
Abs-OH	-	-	-	-	-	-
$Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base}$	-	-	-	-	-	-
Δ ($Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base}$)	(0~0.05)	(0~0.05)	(0~0.1)	(0~0.1)	(0~0.05)	(0~0.1)

[0393]

표 5

[몰%]	예25	예26	예27	예28	예29	예30	예31
SiO_2	76.8	75.8	75.8	75.0	59.7	64.4	68.0
Al_2O_3	0.4	0.4	0.4	0.2	4.0	4.0	4.0
B_2O_3	21.0	22.0	22.0	23.0	30.0	27.4	26.0
MgO	0	0	0	0	3.2	0	0
CaO	0	0	0	0	0	3.0	2.0
SrO	0	0	0	0	0.8	1.0	0
BaO	0	0	0	0	0.2	0	0
Li_2O	0.4	0.9	0.4	0.7	0	0	0
Na_2O	1.2	0.6	1.0	0.8	0	0	0
K_2O	0.2	0.3	0.4	0.3	0	0	0
Cl	0	0	0	0	0.10	0.19	0.03
SO_3	0	0	0	0	0.0070	0.0035	0.0038
Fe_2O_3	0	0	0	0	0.0028	0.0015	0.0015
TiO_2	0	0	0	0	2.0	0	0
RO	0	0	0	0	4.2	4.0	2.0
R_2O	1.8	1.8	1.8	1.8	0	0	0
$SiO_2+B_2O_3$	97.8	97.8	97.8	98.0	89.7	91.8	94.0
B_2O_3-(RO+R_2O-Al_2O_3)	19.6	20.6	20.6	21.4	29.8	27.4	28.0
Al_2O_3-RO	0.4	0.4	0.4	0.2	-0.2	0	2.0
$Al_2O_3\times RO$	0	0	0	0	16.8	15.9	8.0
$Al_2O_3\times R_2O$	0.72	0.72	0.72	0.36	0	0	0
MgO+CaO	0	0	0	0	3.2	3.0	2.0
SrO+BaO	0	0	0	0	1.0	1.0	0
(MgO+CaO)-(SrO+BaO)	0	0	0	0	2.2	2.0	2.0
((MgO+CaO)-(SrO+BaO))/Al_2O_3	0	0	0	0	0.55	0.50	0.50
MgO/(MgO+Al_2O_3)	0	0	0	0	0	0	0
Na_2O/R_2O	0.67	0.33	0.56	0.44	×	×	×
(SrO+BaO)/(MgO+CaO)	×	×	×	×	×	×	×
비유전율(10GHz)	(3.95)	(3.90)	(3.93)	(3.89)	4.09	4.07	3.96
유전 정접(10GHz)	(0.0021)	(0.0012)	(0.0019)	(0.0015)	0.0013	0.0011	0.0012
밀도 (g/cm^3)	-	-	-	-	-	-	-
T_2 (℃)	-	-	-	-	(1696)	(1735)	(1806)
T_4 (℃)	-	-	-	-	(1239)	(1264)	(1321)
T_g (℃)	(507)	(502)	(506)	(493)	(575)	(567)	569
표면 실투 온도(℃)	-	-	-	-	-	-	-
평균 열팽창 계수 ($\times10^{-7}$/K)	(26.8)	(27.2)	(27.5)	(27.9)	(29.4)	(31.2)	32.1
내산성 (mg/cm^2)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	-	0.058	0.002
내알칼리성 (mg/cm^2)	(0.021)	(0.026)	(0.026)	(0.030)	-	0.160	0.043
판 두께(mm)	-	-	-	-	0.495	0.483	0.691
내습성 (ΔAbs-OH)	(0.43)	(0.65)	(0.65)	(0.89)	7.22	4.44	7.62
Abs-OH	-	-	-	-	3.93	4.49	3.98
$Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base}$	-	-	-	-	0.178	0.185	0.209
Δ ($Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base}$)	(0~0.05)	(0~0.1)	(0~0.05)	(0~0.05)	0.48	0.24	0.62

[0394]

[0395] SrO가 0.1 내지 4%, $[Al_2O_3]\times[RO]$가 0 초과 내지 30, [MgO]+[CaO]가 0.1 내지 5.9, $[MgO]/([MgO]+[Al_2O_3])$가 0 내지 0.45인, 예 1 내지 예 8, 예 17 내지 예 22는, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이 4.5 이하이고, 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이고, 내산성 평가에서 0.05mg/㎠ 이하이고, 내알칼리성 평가에서 0.15mg/㎠ 이하이고, ΔAbs-OH가 4.0 이하, $\Delta(Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base})$가 0.2 이하였다.

[0396] CaO가 0.1 내지 6%, $[Al_2O_3]\times[RO]$가 0 초과 내지 28, $(([MgO]+[CaO])-([SrO]+[BaO]))/[Al_2O_3]$가 -3.0 내지 0.60인, 예 2 내지 예 3, 예 7 내지 11, 예 17 내지 예 22는, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이 4.5 이하이고, 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이고, 내산성 평가에서 0.05mg/㎠ 이하이고, 내알칼리성 평가에서 0.15mg/㎠ 이하이고, ΔAbs-OH가 4.0 이하, $\Delta(Abs_{\beta\text{-}OH}-Abs_{Base})$가 0.2 이하였다.

[0397] Li_2O가 0% 초과, K_2O가 0 초과 내지 0.8%, R_2O가 0 초과 내지 4%, $[Al_2O_3]\times[R_2O]$가 0 초과 내지 1.40, $[Na_2O]/[R_2O]$가 0.30 내지 0.99인, 예 12 내지 예 13, 예 23 내지 28은, 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율이

4.5 이하이고, 주파수 10GHz에 있어서의 유전 정접이 0.005 이하이고, 내산성 평가에서 0.05mg/㎠ 이하이고, 내알칼리성 평가에서 0.15mg/㎠ 이하이고, ΔAbs-OH가 4.0 이하, Δ($Abs_{\beta-OH}$-Abs_{Base})가 0.2 이하였다.

[0398] SiO_2가 68% 미만, [B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])가 27% 초과인 예 29는, ΔAbs-OH 및 Δ($Abs_{\beta-OH}$-Abs_{Base})가 실시예와 비교하여 크고, 내습성이 떨어졌다.

[0399] SiO_2가 68% 미만, [B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])가 27% 초과인 예 30은, 실시예와 비교하여 ΔAbs-OH 및 Δ($Abs_{\beta-OH}$-Abs_{Base})가 크고, 내습성이 떨어졌다. 또한, 내산성 및 내알칼리성도 떨어져 있다.

[0400] [B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])가 27% 초과인 예 31은, ΔAbs-OH 및 Δ($Abs_{\beta-OH}$-Abs_{Base})가 실시예와 비교하여 크고, 내습성이 떨어졌다.

[0401] 도 2는, [B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])와 ΔAbs-OH의 관계를 나타내는 그래프이고, 예 1 내지 13 및 예 26 내지 28의 결과를 플롯하고 있다. 도 2에 도시하는 바와 같이, [B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])의 증가에 수반하여, 유리의 내습성이 악화되는 것을 알 수 있었다. 또한, [B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])가 27%를 초과하면, 현저하게 ΔAbs-OH가 커졌다. 본 발명의 유리는, [B_2O_3]-([RO]+[R_2O]-[Al_2O_3])가 27% 이하이기 때문에, ΔAbs-OH가 낮고, 유리의 내습성이 우수한 것이 나타났다.

[0402] 도 3은, 예 13 내지 16에 있어서의, 유리에 있어서의 Cl의 함유량과 Abs-OH의 관계를 나타내는 그래프이다. 도 3에 도시하는 바와 같이, 유리에 있어서의 Cl의 함유량의 증가에 수반하여, Abs-OH는 감소하는 경향이 보였다. 도 4는, 예 13 내지 16에 있어서의, Abs-OH와 주파수 10GHz에 있어서의 비유전율 및 유전 정접의 관계를 나타내는 그래프이다. 도 4에 도시하는 바와 같이, Abs-OH의 감소에 수반하여, 비유전율 및 유전 정접은 저하되고, 유전 특성이 향상하였다. 따라서, Cl을 첨가함으로써, 유전 특성이 향상되는 것이 나타났다.

[0403] 본 발명을 상세하게 또한 특정한 실시 양태를 참조하여 설명했지만, 본 발명의 정신과 범위를 일탈하지 않고 다양한 변경이나 수정을 가할 수 있는 것은, 당업자에 있어서 명확하다.

산업상 이용가능성

[0404] 본 발명의 유리는, 표면 실투 온도가 낮고, 내약품성 및 내습성이 우수하고, 또한, 고주파 신호의 유전 손실을 저감할 수 있다. 이러한 유리를 포함하는 유리판은, 10GHz 이상의 고주파 신호, 특히 30GHz 이상의 고주파 신호, 나아가 주파수 35GHz 이상의 고주파 신호를 취급하는 고주파 전자 디바이스 전반, 예를 들어 통신 기기의 유리 기판(무선 통신에 필요한 안테나 모듈이나 고주파 수동 소자에 사용되는 기판 등), SAW 디바이스 및 FBAR 등의 주파수 필터 부품, 도파관 등의 대역 통과 필터나 SIW(Substrate integrated waveguide) 부품, 레이더 부품, 안테나 부품(위성 통신에 최적이 되는 액정 안테나 등), 창유리, 차량용 창유리, 디스플레이 패널 등에 유용하다.

[0405] 본 발명을 특정한 양태를 참조하여 상세하게 설명했지만, 본 발명의 정신과 범위를 벗어나는 일 없이 다양한 변경 및 수정이 가능한 것은, 당업자에 있어서 명확하다. 또한, 본 출원은, 2022년 5월 9일자로 출원된 일본 특허 출원(제2022-077216)에 기초하고 있고, 그 전체가 인용에 의해 원용된다. 또한, 여기에 인용되는 모든 참조는 전체로서 도입된다.

부호의 설명

[0406] 1: 회로 기판

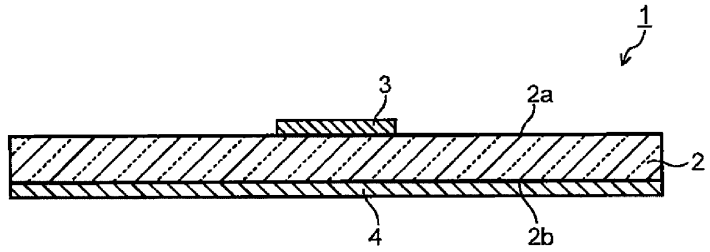
2: 유리 기판

2a, 2b: 주표면

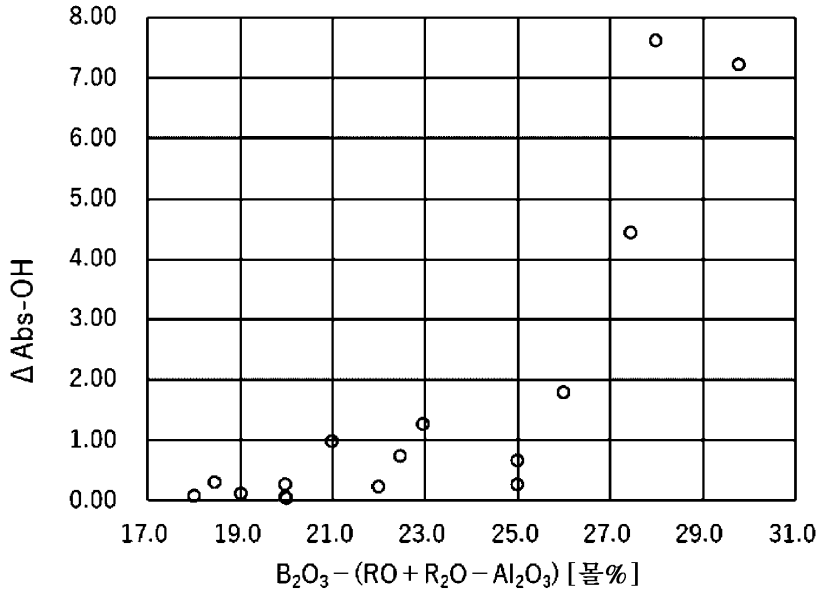
3, 4: 배선층

도면

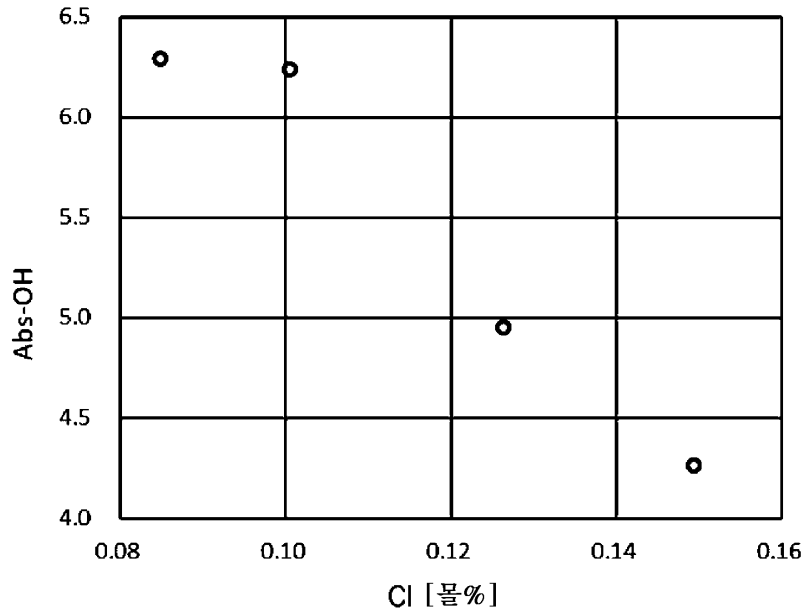
도면1


1
3
2a
2
4
2b

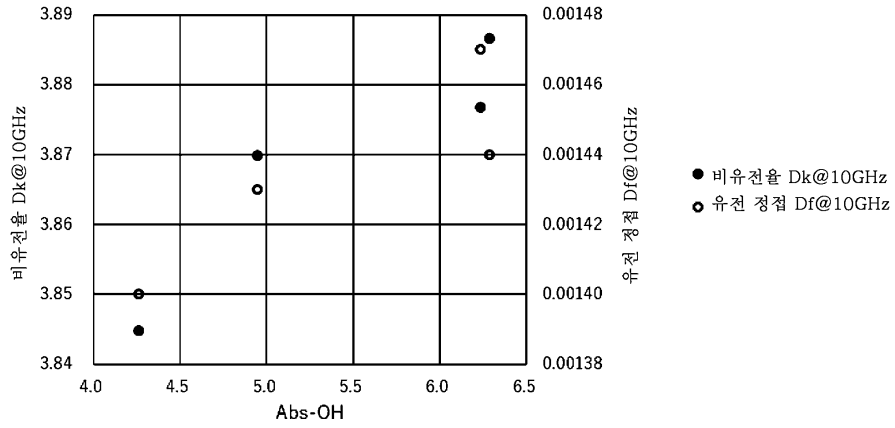
도면2


8.00
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
Δ Abs-OH
17.0
19.0
21.0
23.0
25.0
27.0
29.0
31.0
B2O3 – (RO + R2O – Al2O3) [몰%]

도면3


6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0
Abs-OH
0.08
0.10
0.12
0.14
0.16
Cl [몰%]

도면4


3.89
3.88
3.87
3.86
3.85
3.84
비유전율 Dk@10GHz
0.00148
0.00146
0.00144
0.00142
0.00140
0.00138
유전 정접 Df@10GHz
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
Abs-OH
비유전율 Dk@10GHz
유전 정접 Df@10GHz