



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0164061
(43) 공개일자 2022년12월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B32B 17/10 (2006.01) *B32B 7/02* (2019.01)
C03C 15/00 (2006.01) *C03C 21/00* (2006.01)
C03C 3/083 (2006.01) *C03C 3/091* (2006.01)
G06F 1/16 (2006.01) *H04M 1/02* (2006.01)
H05K 1/02 (2006.01) *H05K 1/03* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B32B 17/10137 (2021.01)
B32B 17/10018 (2021.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7040850(분할)
(22) 출원일자(국제) 2021년01월28일
 심사청구일자 2022년11월22일
- (62) 원출원 특허 10-2021-7036871
 원출원일자(국제) 2015년01월28일
 심사청구일자 2021년12월08일
- (85) 번역문제출일자 2022년11월22일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/013234
(87) 국제공개번호 WO 2015/116649
 국제공개일자 2015년08월06일
- (30) 우선권주장
 61/932,924 2014년01월29일 미국(US)
 (뒷면에 계속)
- (71) 출원인
 코닝 인코포레이티드
 미국 뉴욕 (우편번호 14831) 코닝 원 리버프론트 플라자
- (72) 발명자
 창 테레사
 미국 14870 뉴욕주 페인티드 포스트 케이티 레인 21
 추 폴리 완다
 미국 14870 뉴욕주 페인티드 포스트 콘혹튼 로드 3450
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 양영준, 김영

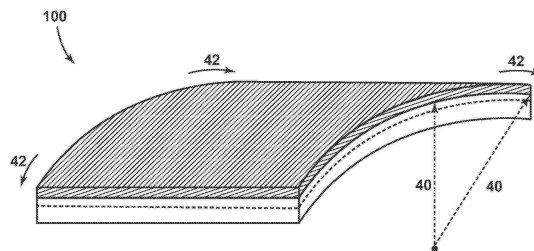
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 발명의 명칭 스택 조립체

(57) 요약

25 μm 내지 125 μm 의 두께; 제1 주요 표면; 제2 주요 표면; 및 제1 주요 표면에서의 약 100 MPa 이상의 압축 응력 σI 에 의해 정의되는, 제1 주요 표면에서부터 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 갖는 유리 부재가 제공된다. 게다가, 유리 부재는 그것을 평행 플레이트법에 의해 1 mm 내지 20 mm의 목표 굽힘 반경으로의 200,000 회의 굽힘 사이클을 적용할 때 파손되지 않도록 하는 응력 프로파일을 갖는다. 게다가, 유리 부재는 유리 부재의 제1 주요 표면에 직경 1.5 mm의 텅스텐 카바이드 볼로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성을 갖는다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

B32B 17/10779 (2021.01)
B32B 7/02 (2022.08)
C03C 15/00 (2013.01)
C03C 21/002 (2013.01)
C03C 3/083 (2013.01)
C03C 3/091 (2013.01)
H04M 1/0268 (2022.02)
H05K 1/028 (2013.01)
H05K 1/0306 (2013.01)

(30) 우선권주장

61/974,732 2014년04월03일 미국(US)
62/090,604 2014년12월11일 미국(US)

(72) 발명자

엘리슨 에덤 제임스

미국 14830 뉴욕주 코닝 이스트 5번가 70

그로스 티모씨 마이클

미국 14830 뉴욕주 코닝 씨밋 예비뉴 49

후 구양리

미국 07922 뉴저지주 버클리 하이츠 리버 벤드 로
드 267

스미쓰 니콜라스 제임스

미국 14845 뉴욕주 호스헤즈 페어필드 드라이브
214

명세서

청구범위

청구항 1

유리 물품이며,

25 μm 내지 125 μm 의 두께를 갖는 유리 부재를 포함하고,

유리 부재는,

(a) 제1 주요 표면과,

(b) 제2 주요 표면과,

(c) 유리 부재의 제1 주요 표면부터 유리 부재 내의 제1 깊이까지 연장되고, 유리 부재의 제1 주요 표면에서 적어도 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 형성되고, 제1 주요 표면에서 5 μm 이하의 최대 결함 크기를 포함하는 이온 교환 압축 응력 영역을 더 포함하고,

유리 부재는,

(a) 유리 부재가 25°C 및 50% 상대 습도에서 적어도 60분 동안 10 mm의 굽힘 반경으로 유지될 때 파손 없고,

(b) 유리 부재가 1 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 25 μm 두께의 감압 접착제(PSA) 및 10 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 50 μm 두께의 폴리에틸렌 테레프탈레이트 층(PET)에 의해 지지되고, 유리 부재의 제1 주요 표면 에 1.5 mm의 직경을 갖는 텅스텐 카바이드 볼로 하중을 가할 때 1.5 kgf 초과와 천공 저항성을 갖는,

유리 물품.

청구항 2

제1항에 있어서,

유리 부재는 유리 층인,

유리 물품.

청구항 3

제1항에 있어서,

유리 부재는 복수의 층을 포함하는,

유리 물품.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

유리 부재는 알칼리 함유 알루미늄실리케이트 또는 보로알루미늄실리케이트 유리를 포함하는,

유리 물품.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

압축 응력 영역은 유리 부재의 제1 주요 표면에서 2.5 μm 이하, 2 μm 이하, 1.5 μm 이하, 또는 0.4 μm 이하의 최대 결함 크기를 포함하는,

유리 물품.

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
유리 부재의 두께는 50 μm 내지 100 μm 인,
유리 물품.

청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
유리 부재의 제1 주요 표면에서 압축 응력은 100 MPa 내지 1000 MPa인,
유리 물품.

청구항 8

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
유리 부재의 제1 주요 표면에서 압축 응력은 약 600 MPa 내지 1000 MPa인,
유리 물품.

청구항 9

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
압축 응력 영역은 복수의 이온-교환가능한 금속 이온 및 복수의 이온-교환된 금속 이온을 포함하고, 이온-교환된 금속 이온은 이온-교환가능한 금속 이온의 원자 반경보다 큰 원자 반경을 갖는,
유리 물품.

청구항 10

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
유리 부재는, 가장 자리과, 가장 자리로부터 유리 부재 내의 가장자리 깊이까지 연장된 가장 자리 압축 응력 영역을 더 포함하고,
가장 자리 압축 응력 영역은 가장 자리에서 적어도 약 100 MPa의 압축 응력에 의해 형성되는,
유리 물품.

청구항 11

절첩가능한 전자 장치이며,
절첩가능한 특징부를 갖는 전자 장치를 포함하고,
절첩가능한 특징부는 제1항 내지 제3항 중 어느 한 항의 유리 물품을 포함하는,
절첩가능한 전자 장치.

청구항 12

유리 물품을 제조하는 방법이며,
유리 부재의 제1 주요 표면부터 유리 부재 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 형성하도록 유리 부재를 이온 교환하는 단계에 의해, 유리 부재를 형성하는 단계와 - 압축 응력 영역은 유리 부재의 제1 주요 표면에 서 적어도 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 형성됨 -,
제1 주요 표면 상의 결함의 크기를 5 μm 이하의 최대 결함 크기로 감소시키도록 압축 응력 영역이 형성된 이후에 제1 주요 표면으로부터 물질을 제거하는 단계를 포함하고,
유리 부재는 25 μm 내지 125 μm 의 두께를 갖고,

유리 부재는,

(a) 유리 부재가 25℃ 및 50% 상대 습도에서 적어도 60분 동안 10 mm의 굽힘 반경으로 유지될 때 파손 없고,

(b) 유리 부재가 1 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 25 μm 두께의 감압 접착제(PSA) 및 10 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 50 μm 두께의 폴리에틸렌 테레프탈레이트 층(PET)에 의해 지지되고, 유리 부재의 제1 주요 표면 에 1.5 mm의 직경을 갖는 텅스텐 카바이드 볼로 하중을 가할 때 1.5 kgf 초과와 천공 저항성을 갖는,

유리 물품을 제조하는 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

유리 부재를 형성하는 단계는,

용융, 슬롯 드로잉, 압연, 리드로잉 및 플로트 공정들로 이루어진 군으로부터 선택되는 형성 공정과,

최종 두께에 이르도록 유리 부재로부터 물질을 제거하는 물질 제거 공정을 포함하는,

유리 물품을 제조하는 방법.

청구항 14

제12항 또는 제13항에 있어서,

유리 부재의 제1 주요 표면부터 유리 부재 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 형성하도록 유리 부재를 이온 교환하는 단계는,

유리 부재 내에 함유된 복수의 이온-교환가능한 금속 이온의 원자 반경보다 크기가 더 큰 원자 반경을 갖는 복수의 이온-교환하는 금속 이온을 포함하는 강화 조를 제공하는 단계와,

제1 주요 표면부터 유리 부재 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 형성하기 위해 유리 부재 내의 복수의 이온-교환가능한 금속이온의 일부를 강화 조 내의 복수의 이온-교환하는 금속 이온의 일부와 교환하도록, 유리 부재를 강화 조에 침지시키는 단계를 포함하는,

유리 물품을 제조하는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

침지시키는 단계는, 유리 부재를 강화 조에서 400℃ 내지 450℃에서 약 15분 내지 약 180분 동안 침지시키는 단계를 포함하는,

유리 물품을 제조하는 방법.

청구항 16

제12항 또는 제13항에 있어서,

압축 응력 영역이 형성된 이후에 제1 주요 표면으로부터 물질을 제거하는 단계는, 제1 주요 표면을 에칭하는 단계를 포함하는,

유리 물품을 제조하는 방법.

청구항 17

제12항 또는 제13항에 있어서,

압축 응력 영역이 형성된 이후에 제1 주요 표면으로부터 물질을 제거하는 단계는, 압축 응력 영역을 형성한 이후에 제1 주요 표면에서 유리 부재의 두께로부터 1 μm 내지 5 μm를 제거하는 단계를 포함하는,

유리 물품을 제조하는 방법.

청구항 18

제12항 또는 제13항에 있어서,
압축 응력은 100 MPa 내지 1000 MPa인,
유리 물품을 제조하는 방법.

청구항 19

제12항 또는 제13항에 있어서,
압축 응력은 600 MPa 내지 1000 MPa인,
유리 물품을 제조하는 방법.

청구항 20

제12항 또는 제13항에 있어서,
유리 부재는 유리 층인,
유리 물품을 제조하는 방법.

청구항 21

제12항 또는 제13항에 있어서,
유리 부재는 복수의 층을 포함하는,
유리 물품을 제조하는 방법.

청구항 22

제12항 또는 제13항에 있어서,
유리 부재는 알칼리 함유 알루미늄실리케이트 또는 보로알루미늄실리케이트 유리를 포함하는,
유리 물품을 제조하는 방법.

청구항 23

제12항 또는 제13항에 있어서,
압축 응력 영역은 유리 부재의 제1 주요 표면에서 2.5 μm 이하, 2 μm 이하, 1.5 μm 이하, 또는 0.4 μm 이하의 최대 결함 크기를 포함하는,
유리 물품을 제조하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

관련 출원

[0002]

본 출원은 미국 특허출원 제15/398,372호(2017년 1월 4일 출원)의 우선권의 이익을 주장하는 분할이며, 결국 현재 미국특허 제9,557,773호인 미국 특허출원 제15/072,027호(2016년 3월 16일 출원)의 이익을 주장하며, 결국 미국특허 제9,321,678호(2016년 4월 26일 발행)의 우선권의 이익을 주장하며, 결국 미국 특허출원 제61/932,924호(2014년 1월 29일 출원), 제61/974,732호(2014년 4월 3일 출원) 및 제72/090,604호(2014년 12월 11일 출원)의 각각의 우선권의 이익을 주장하고, 이들 각각의 전문이 본원에 참조로 포함된다.

[0003]

기술 분야

[0004]

본 개시내용은 일반적으로 유리 스택 조립체, 부재 및 층, 및 이들의 다양한 제조 방법에 관한 것이다. 보다 특히, 본 개시내용은 이 부품들의 굽힘가능하며 천공 저항성인 형태 및 그의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] 전통적으로 본질상 강직성인 제품 및 부품의 가요성 형태들이 새로운 응용을 위해 개념화되고 있다. 예를 들어, 가요성 전자 장치는 새로운 응용, 예를 들어 곡면 디스플레이 및 착용가능한 장치에 대한 가능성을 제공하는 박화, 경량 및 가요성의 특성들을 제공할 수 있다. 이러한 가요성 전자 장치 중 다수가 이들 장치의 전자 부품을 보유하고 탑재하기 위한 가요성 기판을 필요로 한다. 금속 호일은 열 안정성 및 내화학성을 비롯해 몇몇 이점을 갖지만, 고비용 및 광학적 투명도 결여라는 단점을 갖는다. 중합체 호일은 피로 파손 저항성을 비롯해 몇몇 이점을 갖지만, 최저의 광학적 투명도, 열 안정성 결여 및 제한된 기밀성이라는 단점을 갖는다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 이러한 전자 장치들 중 일부는 또한 가요성 디스플레이를 이용할 수 있다. 광학적 투명도 및 열 안정성은 가요성 디스플레이 응용에 있어서 종종 중요한 특성이다. 또한, 가요성 디스플레이는, 특히 터치 스크린 기능을 갖고/거나 절첩될 수 있는 가요성 디스플레이의 경우, 작은 굽힘 반경에서의 파손 저항성을 비롯하여 높은 피로 저항성 및 천공 저항성을 가져야 한다.

[0007] 통상적인 가요성 유리 물질은 가요성 기판 및/또는 디스플레이 응용에 있어서 필요한 성질 중 많은 성질을 제공한다. 그러나, 이러한 응용에 유리 물질을 활용하려는 노력은 지금까지 대체로 성공하지 못했다. 일반적으로, 점점 더 작아지는 굽힘 반경을 달성하기 위해서는 유리 기판이 매우 낮은 두께 수준 (< 25 μm)으로 제조될 수 있다. 이 "얇은" 유리 기판은 제한된 천공 저항성이라는 단점을 갖는다. 한편 그와 동시에, 더 좋은 천공 저항성을 갖는 더 두꺼운 유리 기판 (> 150 μm)이 제작될 수 있지만, 이러한 기판은 굽힐 때 적합한 피로 저항성 및 기계적 신뢰성이 부족하다. 따라서, 특히 가요성 전자 장치 응용을 위한, 가요성 기판 및/또는 디스플레이 응용 및 기능에서 신뢰성 있는 이용을 위한 유리 물질, 부품 및 조립체가 필요하다.

과제의 해결 수단

[0008] 한 측면에 따르면, 약 25 μm 내지 약 125 μm 의 두께, 제1 주요 표면 및 제2 주요 표면을 갖는 유리 부재를 포함하고, 유리 부재가 추가로 (a) 제1 주요 표면을 갖는 제1 유리 층; 및 (b) 유리 층의 제1 주요 표면에서의 약 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 정의되는, 유리 층의 제1 주요 표면에서부터 유리 층 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 포함하는 스택 조립체가 제공된다. 유리 부재는 (a) 유리 부재가 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 60분 이상 동안 약 3 mm 내지 약 20 mm의 굽힘 반경으로 유지될 때, 파손 없음; (b) 유리 부재의 제2 주요 표면이 (i) 약 1 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 25 μm 두께의 감압 접착제 및 (ii) 약 10 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 50 μm 두께의 폴리에틸렌 테레프탈레이트 층에 의해 지지되고, 유리 부재의 제1 주요 표면에 200 μm 직경을 갖는 편평한 하부를 갖는 스테인레스강 핀으로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초과 of 천공 저항성; 및 (c) 8H 이상의 연필 경도를 특징으로 한다.

[0009] 한 실시예에 따르면, 절첩가능한 특징부를 갖는 전자 장치를 포함하는 절첩가능한 전자 장치가 제공된다. 절첩가능한 특징부는 제1 측면에 따른 스택 조립체를 포함한다. 일부 측면에서, 절첩가능한 특징부는 디스플레이, 인쇄 회로 기판, 하우징 및 전자 장치의 다른 특징부를 포함할 수 있다.

[0010] 일부 실시양태에서, 유리 부재는 제1 유리 층 아래에 배치되는 1개 이상의 추가의 유리 층 및 1개 이상의 각각의 압축 응력 영역을 추가로 포함할 수 있다. 예를 들어, 유리 부재는 제1 유리 층 아래에 2개, 3개, 4개 또는 그 초과 of 추가의 유리 층을 상응하는 추가의 압축 응력 영역과 함께 포함할 수 있다.

[0011] 추가의 한 측면에 따르면, 약 25 μm 내지 약 125 μm 의 두께를 갖는 유리 층을 포함하고, 유리 층이 추가로 (a) 제1 주요 표면; (b) 제2 주요 표면; 및 (c) 유리 층의 제1 주요 표면에서의 약 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 정의되는, 유리 층의 제1 주요 표면에서부터 유리 층 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 포함하는 유리 물질이 제공된다. 유리 층은 (a) 유리 층이 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 60분 이상 동안 약 3 mm 내지 약 20 mm의 굽힘 반경으로 유지될 때, 파손 없음; (b) 유리 층의 제2 주요 표면이 (i) 약 1 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 25 μm 두께의 감압 접착제 및 (ii) 약 10 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 50 μm 두께의 폴리에틸렌 테레프탈레이트 층에 의해 지지되고, 유리 층의 제1 주요 표면에 200 μm 직경을 갖는 편평한 하부를 갖는 스테인레스강 핀으로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초과 of 천공 저항성; 및 (c) 8H 이상의 연필 경도를 특징으로 한다.

- [0012] 일부 측면에서, 유리 물품은 유리 층의 두께보다 큰 두께 및 2개의 실질적으로 평행한 가장자리 표면을 가지고, 유리 층을 포함하고, 이 유리 층이 실질적으로 평행한 가장자리 표면 사이에서 구조물의 중앙 영역에 배열되는 유리 구조물을 추가로 포함할 수 있다.
- [0013] 일부 실시양태에서, 유리 층은 알칼리-무함유 또는 알칼리-함유 알루미늄실리케이트, 보로실리케이트, 보로알루미늄실리케이트, 또는 실리케이트 유리 조성물을 포함한다. 유리 층의 두께는 또한 약 50 μm 내지 약 100 μm 의 범위일 수 있다. 일부 측면에 따르면, 두께는 60 μm 내지 약 80 μm 의 범위일 수 있다.
- [0014] 일부 실시양태에서, 유리 부재 또는 유리 층의 굽힘 반경은 약 3 mm 내지 약 20 mm일 수 있다. 다른 측면에서, 굽힘 반경은 약 3 mm 내지 약 10 mm일 수 있다. 일부 실시양태에서, 유리 층의 굽힘 반경은 약 1 mm 내지 약 5 mm일 수 있다. 추가로, 굽힘 반경은 또한 약 5 mm 내지 약 7 mm일 수 있다.
- [0015] 일부 측면에 따르면, 스택 조립체는 유리 부재 또는 유리 층의 제1 주요 표면 상에 배치된 낮은 마찰 계수를 갖는 제2 층을 추가로 포함할 수 있다. 일부 측면에 따르면, 제2 층은 열가소성 물질 및 무정형 플루오로카본으로 이루어진 균으로부터 선택되는 플루오로카본 물질을 포함하는 코팅일 수 있다. 또한, 제2 층은 실리콘, 왁스, 폴리에틸렌, 핫-엔드(hot-end), 파릴렌, 및 다이아몬드-유사 코팅 제제로 이루어진 균 중의 하나 이상을 포함하는 코팅일 수 있다. 추가로, 제2 층은 아연 산화물, 몰리브데넘 디설피드, 텅스텐 디설피드, 육방정 질화붕소, 및 알루미늄 마그네슘 보라이드로 이루어진 균으로부터 선택되는 물질을 포함하는 코팅일 수 있다. 일부 실시양태에 따르면, 제2 층은 아연 산화물, 몰리브데넘 디설피드, 텅스텐 디설피드, 육방정 질화붕소 및 알루미늄 마그네슘 보라이드로 이루어진 균으로부터 선택되는 첨가제를 포함하는 코팅일 수 있다.
- [0016] 일부 측면에서, 제1 주요 표면에서 압축 응력 영역에서의 압축 응력은 약 600 MPa 내지 1000 MPa이다. 또한, 압축 응력 영역은 유리 층의 제1 주요 표면에 5 μm 이하의 최대 결함 크기를 포함할 수 있다. 일부 경우에서, 압축 응력 영역은 2.5 μm 이하, 또는 심지어 0.4 μm 이하만큼 작은 최대 결함 크기를 포함한다.
- [0017] 다른 측면에서, 압축 응력 영역은 복수의 이온-교환가능한 금속 이온 및 복수의 이온-교환된 금속 이온을 포함하고, 이온-교환된 금속 이온은 압축 응력을 생성하도록 선택된다. 일부 측면에서, 이온-교환된 금속 이온은 이온-교환가능한 금속 이온의 원자 반경보다 큰 원자 반경을 갖는다. 또 다른 측면에 따르면, 유리 층은 코어 영역, 및 코어 영역 상에 배치된 제1 및 제2 클래드 영역을 추가로 포함할 수 있고, 추가로, 코어 영역의 열 팽창 계수가 클래드 영역의 열 팽창 계수보다 크다.
- [0018] 추가의 측면에 따르면, 두께, 제1 주요 표면, 및 제2 주요 표면을 갖는 유리 층을 포함하는 유리 물품이 제공된다. 유리 층은 (a) 유리 층이 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 60분 이상 동안 약 1 mm 내지 약 5 mm의 굽힘 반경으로 유지될 때, 파손 없음; (b) 유리 층의 제2 주요 표면이 (i) 약 1 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 25 μm 두께의 감압 접착제 및 (ii) 약 10 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 50 μm 두께의 폴리에틸렌 테레프탈레이트 층에 의해 지지되고, 유리 층의 제1 주요 표면에 200 μm 직경을 갖는 편평한 하부를 갖는 스테인레스강 핀으로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성; 및 (c) 8H 이상의 연필 경도를 특징으로 한다. 또한, 유리 물품은 유리 층의 두께보다 큰 두께 및 2개의 실질적으로 평행한 가장자리 표면을 갖는 유리 구조물을 포함한다. 이 구조물은 유리 층을 포함하고, 유리 층은 실질적으로 평행한 가장자리 표면 사이에서 구조물의 중앙 영역에 배열된다. 일부 측면에서, 유리 구조물의 두께는 125 μm 이상일 수 있다. 추가의 측면에서, 유리 층의 두께는 굽힘 반경을 달성하기 위해 약 20 μm 내지 약 125 μm 로 설정될 수 있다. 예시 실시양태에 따르면, 유리 층의 두께는 굽힘 반경을 달성하기 위해 약 20 μm 내지 약 30 μm 로 설정될 수 있다.
- [0019] 추가의 측면에 따르면, 제1 주요 표면, 유리 층의 제1 주요 표면에서의 약 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 정의되는, 유리 층의 제1 주요 표면에서부터 유리 층 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역, 및 최종 두께를 갖는 제1 유리 층을 형성하는 단계; 및 약 25 μm 내지 약 125 μm 의 두께를 가지고, 추가로 유리 층, 제1 주요 표면 및 제2 주요 표면을 포함하는 유리 부재를 형성하는 단계를 포함하는 스택 조립체의 제조 방법이 제공된다. 유리 부재는 (a) 유리 부재가 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 60분 이상 동안 약 3 mm 내지 약 20 mm의 굽힘 반경으로 유지될 때, 파손 없음; (b) 유리 부재의 제2 주요 표면이 (i) 약 1 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 25 μm 두께의 감압 접착제 및 (ii) 약 10 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 50 μm 두께의 폴리에틸렌 테레프탈레이트 층에 의해 지지되고, 유리 부재의 제1 주요 표면에 200 μm 직경을 갖는 편평한 하부를 갖는 스테인레스강 핀으로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성; 및 (c) 8H 이상의 연필 경도를 특징으로 한다.
- [0020] 일부 실시양태에서, 제1 유리 층을 형성하는 단계는 용융, 슬롯 드로잉, 압연, 리드로잉 및 플로트 공정으로 이

루어진 균으로부터 선택되는 형성 공정을 포함할 수 있고, 형성 공정은 추가로 유리 층을 최종 두께로 형성하도록 구성된다. 다른 형성 공정은 유리 층의 최종 형상 인자 및/또는 최종 유리 층에 이용되는 유리 전구체의 중간 치수에 의존해서 이용될 수 있다. 또한, 형성 공정은 유리 층으로부터 물질을 제거하여 최종 두께에 이르도록 구성된 물질 제거 공정을 포함할 수 있다.

[0021] 방법의 일부 측면에 따르면, 유리 층의 제1 주요 표면에서부터 유리 층 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 형성하는 단계는 유리 층 내에 함유된 복수의 이온-교환가능한 금속 이온의 원자 반경보다 크기가 더 큰 원자 반경을 갖는 복수의 이온-교환하는 금속 이온을 포함하는 강화 조를 제공하고; 유리 층을 강화 조에 침지시켜서 유리 층 내의 복수의 이온-교환가능한 금속 이온의 일부를 강화 조 내의 복수의 이온-교환하는 금속 이온의 일부와 교환하여 제1 주요 표면에서부터 유리 층 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 형성하는 것을 포함한다. 일부 경우에서, 침지 단계는 유리 층을 강화 조에서 약 400°C 내지 약 450°C에서 약 15분 내지 약 180분 동안 침지시키는 것을 포함한다.

[0022] 일부 실시양태에서, 방법은 또한 압축 응력 영역 형성 후 제1 주요 표면에서 유리 층의 최종 두께로부터 약 1 μm 내지 약 5 μm를 제거하는 단계를 포함할 수 있다. 제거 단계는 압축 응력 영역이 유리 층의 제1 주요 표면에 5 μm 이하의 최대 결함 크기를 포함하도록 수행될 수 있다. 또한, 제거 단계는 압축 응력 영역이 유리 층의 제1 주요 표면에 2.5 μm 이하, 또는 심지어 0.4 μm 이하만큼 작은 최대 결함 크기를 포함하도록 수행될 수 있다.

[0023] 추가의 특징 및 이점은 다음 상세한 설명에서 제시될 것이고, 부분적으로는 그 설명으로부터 관련 분야 기술자에게 쉽게 명백하거나, 또는 다음 상세한 설명, 청구범위, 뿐만 아니라 첨부 도면을 포함해서 본원에 서술된 실시양태를 실시함으로써 인식될 것이다.

[0024] 상기 일반적인 설명 및 다음 상세한 설명 둘 다는 단지 예시하는 것일 뿐이고, 청구범위의 본질 및 특성을 이해하는 개관 또는 틀을 제공하는 것을 의도한다는 점을 이해해야 한다. 첨부 도면은 추가의 이해를 제공하기 위해 포함되고, 본 명세서에 포함되고, 본 명세서의 일부를 구성한다. 도면은 하나 이상의 실시양태를 예시하고, 설명과 함께 다양한 실시양태의 원리 및 작용을 설명하는 역할을 한다. 본원에서 이용되는 방향에 관한 용어 - 예를 들어 위, 아래, 오른쪽, 왼쪽, 앞, 뒤, 상부, 하부 - 는 그런 도면과 관련해서만 정한 것이고, 절대 배향을 나타내는 것을 의도하지 않는다.

발명의 효과

[0025] 개요성 기관 및/또는 디스플레이 응용 및 기능에서 신뢰성 있는 이용을 위한 유리 물질, 부품 및 조립체를 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 개시내용의 한 측면에 따른 유리 층을 갖는 유리 부재를 포함하는 스택 조립체의 투시도이다.
 도 1a는 굽힘력을 받는 도 1에 묘사된 스택 조립체의 투시도이다.
 도 1b는 도 1에 묘사된 스택 조립체의 단면도이다.
 도 1c는 본 개시내용의 추가의 측면에 따른 이온 교환 공정에 의해 생성된 압축 응력 영역을 갖는 유리 부재를 포함하는 스택 조립체의 단면도이다.
 도 1d는 본 개시내용의 한 측면에 따른 코어 영역 및 두 클래드 영역을 갖는 유리 층을 갖는 유리 부재를 포함하는 스택 조립체의 단면도이다.
 도 2는 본 개시내용의 추가의 측면에 따른 3개의 유리 층을 갖는 유리 부재를 포함하는 스택 조립체의 투시도이다.
 도 2a는 굽힘력을 받는 도 2에 묘사된 스택 조립체의 투시도이다.
 도 3은 본 개시내용의 한 측면에 따른 유리 구조물 및 유리 부재를 포함하는 스택 조립체의 투시도이다.
 도 3a는 굽힘력을 받는 도 3에 묘사된 스택 조립체의 투시도이다.
 도 3b는 도 3에 묘사된 스택 조립체의 단면도이다.

- 도 4는 본 개시내용의 한 측면에 따른 유리 구조물 및 유리 부재를 포함하는 스택 조립체의 투시도이다.
- 도 4a는 굽힘력을 받는 도 4에 묘사된 스택 조립체의 투시도이다.
- 도 4b는 도 4에 묘사된 스택 조립체의 단면도이다.
- 도 5는 본 개시내용의 한 측면에 따른 유리 층의 두께의 함수로서 파손 천공 하중 시험 데이터의 플롯이다.
- 도 6a는 본 개시내용의 한 측면에 따른 이온 교환 공정 단계 후 75 μm 두께 유리 샘플에서 압축 응력 대 깊이의 플롯이다.
- 도 6b는 본 개시내용의 한 측면에 따른 이온 교환 공정 단계 및 라이트(light) 에칭 단계 후 75 μm 두께 유리 샘플에서 압축 응력 대 깊이의 플롯이다.
- 도 7a는 25, 50 및 100 μm 의 두께 및 3, 5 및 7 mm의 굽힘 반경을 갖는 세 가지 조성물의 유리 층에 관해 추정된 응력 세기 인자의 개략적 플롯이다.
- 도 7b는 본 개시내용의 한 측면에 따른 압축 응력 영역을 갖는 경우 및 압축 응력 영역을 갖지 않는 경우의 50 μm 의 두께 및 5 mm의 굽힘 반경을 갖는 세 가지 조성물의 유리 층에 관해 추정된 응력 세기 인자의 개략적 플롯이다.
- 도 8은 본 개시내용의 추가의 측면에 따른 이온 교환 공정을 통해 발생된 압축 응력 영역을 갖는 경우 및 압축 응력 영역을 갖지 않는 경우의 25, 50, 75 및 100 μm 의 두께 및 5 mm의 굽힘 반경을 갖는 한 가지 조성물의 유리 층들의 표면에서의 추정된 최대 응력 수준의 개략적 플롯이다.
- 도 9는 본 개시내용의 한 측면에 따른 이온 교환 공정을 통해 발생된 압축 응력 영역 및 75 μm 의 두께를 갖는 한 가지 조성물의 유리 층에 관한 파손 천공 하중 시험 데이터의 플롯이다.
- 도 10은 본 개시내용의 추가의 한 측면에 따른 25, 50, 75 및 100 μm 의 두께, 10 및 20 mm의 굽힘 반경, 및 유리 층의 코어 영역과 클래딩 영역 사이의 열 팽창 계수 불일치를 통해 발생된 압축 응력 영역을 갖는 세 가지 조성물의 유리 층들의 추정된 응력 세기 인자의 개략적 플롯이다.
- 도 11은 본 개시내용의 한 측면에 따른 유리 샘플의 두 그룹에 관한 파손 확률 대 파손 하중의 웨이블(Weibull) 플롯이다.
- 도 12는 염과 유리 사이의 금속 이온 교환으로 인해 압축 응력이 생길 때 본 개시내용의 측면들에 따른 유리 부재의 응력 프로파일이다.
- 도 13은 굽힘 응력을 받을 때 본 개시내용의 측면들에 따른 유리 부재의 응력 프로파일이다.
- 도 14는 함께 합한 도 12 및 도 13의 응력 프로파일을 나타낸 결과적인 응력 프로파일이다.
- 도 15는 다양한 상이한 유리 샘플의 2-점 굽힘 하에서 파손 확률 대 강도의 웨이블 플롯이다.
- 도 16은 큐브 코너(cube corner) 접촉 후의 다양한 상이한 유리 샘플의 2-점 굽힘 하에서 파손 확률 대 강도의 웨이블 플롯이다.
- 도 17은 1 kgf 하중 하에서 비커스(Vickers) 압자로 압입한 후의 본 개시내용의 측면들에 따른 샘플 유리를 나타낸 도면이다.
- 도 18은 2 kgf 하중 하에서 비커스 압자로 압입한 후의 본 개시내용의 측면들에 따른 샘플 유리를 나타낸 도면이다.
- 도 19는 1 kgf 하중 하에서 비커스 압자로 압입한 후의 비교 유리를 나타낸 도면이다.
- 도 20은 2 kgf 하중 하에서 비커스 압자로 압입한 후의 비교 유리를 나타낸 도면이다.
- 도 21은 2-점 굽힘 시험 구성을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027]

이제 본원의 바람직한 실시양태를 상세히 언급할 것이고, 이 실시양태의 예를 첨부 도면에 도시한다. 가능할 때는 언제든지, 도면 전체에 걸쳐서 동일 또는 유사 부분을 나타내는 데는 동일 참조 숫자가 이용될 것이다. 본원에서는 범위가 "약" 한 특정한 값부터 및/또는 "약" 또 다른 특정한 값까지로 표현될 수 있다. 그러한 범

위가 표현될 때, 또 다른 실시양태는 한 특정한 값부터 및/또는 다른 특정한 값까지 포함한다. 마찬가지로, 값이 선행하는 "약"을 이용함으로써 근사값으로 표현될 때, 그 특정한 값이 또 다른 실시양태를 생성한다는 것을 이해할 것이다. 추가로, 각 범위의 끝점들이 다른 끝점과 관련해서 뿐만 아니라 다른 끝점과 관계 없이도 유의미하다는 것이 이해될 것이다.

[0028] 다른 특징 및 이익 중에서, 본 개시내용의 스택 조립체, 유리 부재 및 유리 물품 (및 그의 제조 방법)은 작은 굽힘 반경에서 (예를 들어, 정적 장력 및 피로에서의) 기계적 신뢰성 뿐만 아니라 높은 천공 저항성을 제공한다. 스택 조립체, 유리 부재, 및/또는 유리 물품이 절첩가능한 디스플레이, 예를 들어 디스플레이의 한 부분이 디스플레이의 또 다른 부분 위에 절첩되어 포개지는 디스플레이에 이용될 때, 작은 굽힘 반경 및 천공 저항성은 유익하다. 예를 들어, 스택 조립체, 유리 부재 및/또는 유리 물품은 다음 중 하나 이상으로 이용될 수 있다: 천공 저항성이 특히 중요한 부위인 절첩가능한 디스플레이의 사용자 대향 부분 상의 커버; 전자 부품이 위에 배치되는, 장치 자체 내에 내부에 배치되는 기관; 또는 절첩가능한 디스플레이 장치의 어떤 다른 곳. 대안적으로, 스택 조립체, 유리 부재, 및/또는 유리 물품은 디스플레이를 갖지 않지만 유리 층이 유익한 성질을 위해 이용되고 절첩가능한 디스플레이에서와 유사한 방식으로 굽힘 반경으로 절첩되는 장치에 이용될 수 있다. 스택 조립체, 유리 부재, 및/또는 유리 물품이 사용자가 장치와 상호작용하는 장치의 외부에 이용될 때, 천공 저항성이 특히 유익하다.

[0029] 도 1 및 1b에 관해서, 유리 부재(50)를 포함하는 스택 조립체(100)가 묘사된다. 유리 부재(50)는 유리 부재 두께(52), 제1 주요 표면(54) 및 제2 주요 표면(56)을 갖는다. 일부 측면에서, 두께(52)는 약 25 μm 내지 약 125 μm 의 범위일 수 있다. 다른 측면에서, 두께(52)는 약 50 μm 내지 약 100 μm , 또는 약 60 μm 내지 약 80 μm 의 범위일 수 있다. 또한, 두께(52)는 상기 범위 사이의 다른 두께로 설정될 수 있다.

[0030] 유리 부재(50)는 유리 층 제1 주요 표면(54a) 및 유리 층 제2 주요 표면(56a)을 갖는 유리 층(50a)을 포함한다. 추가로, 또한, 유리 층(50a)은 일반적으로 주요 표면(54a) 및 (56a)에 직각으로 구성된 가장자리(58b)를 포함한다. 추가로, 유리 층(50a)은 유리 층 두께(52a)에 의해 정의된다. 도 1 및 1b에 묘사된 스택 조립체(100)의 측면에서, 유리 부재(50)는 1개의 유리 층(50a)을 포함한다. 따라서, 스택 조립체(100)의 경우, 유리 층 두께(52a)는 유리 부재 두께(52)와 대등하다. 다른 측면에서, 유리 부재(50)는 2개 이상의 유리 층(50a)을 포함할 수 있다 (예를 들어, 도 2의 스택 조립체(100c) 및 상응하는 설명을 참고한다). 이와 같이, 유리 층(50a)의 두께(52a)는 약 1 μm 내지 약 125 μm 의 범위일 수 있다. 예를 들어, 유리 부재(50)는 3개의 유리 층(50a)을 포함할 수 있고, 각 유리 층(50a)은 약 8 μm 의 두께(52a)를 갖는다. 이 예에서, 유리 부재(50)의 두께(52)는 약 24 μm 일 수 있다. 그러나, 또한, 유리 부재(50)가 1개 이상의 유리 층(50a) 외에 추가로 다른 비-유리 층 (예를 들어, 유연성 중합체 층)을 포함할 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0031] 도 1 및 1b에서, 유리 층(50a)은 알칼리 무함유 알루미늄노실리케이트, 보로실리케이트, 보로알루미늄노실리케이트 및 실리케이트 유리 조성물로부터 제작될 수 있다. 또한, 유리 층(50a)은 알칼리 함유 알루미늄노실리케이트, 보로실리케이트, 보로알루미늄노실리케이트 및 실리케이트 유리 조성물로부터 제작될 수 있다. 일부 측면에서, 알칼리토 개질제가 유리 층(50a)의 상기 조성물 중 어느 것에도 첨가될 수 있다. 한 예시 측면에서는, 다음에 따른 유리 조성물이 유리 층(50a)에 적당하다: SiO_2 64 내지 69% (mol%); Al_2O_3 5 내지 12%; B_2O_3 8 내지 23%; MgO 0.5 내지 2.5%; CaO 1 내지 9%; SrO 0 내지 5%; BaO 0 내지 5%; SnO_2 0.1 내지 0.4%; ZrO_2 0 내지 0.1%; 및 Na_2O 0 내지 1%. 또 다른 예시 측면에서는, 다음 조성물이 유리 층(50a)에 적당하다: SiO_2 ~67.4% (mol%); Al_2O_3 ~12.7%; B_2O_3 ~3.7%; MgO ~2.4%; CaO 0%; SrO 0%; SnO_2 ~0.1%; 및 Na_2O ~13.7%. 추가의 예시 측면에서는, 또한, 다음 조성물이 유리 층(50a)에 적당하다: SiO_2 68.9% (mol%); Al_2O_3 10.3%; Na_2O 15.2%; MgO 5.4 %; 및 SnO_2 0.2%. 일부 측면에서, 유리 층(50a)의 조성물은 (다른 대안적 유리에 비해) 상대적으로 낮은 탄성 모듈러스를 갖도록 선택된다. 유리 층(50a)에서 더 낮은 탄성 모듈러스는 굽힘 동안에 층(50a)에서 인장 응력을 감소시킬 수 있다. 결합 함입을 최소화하면서 낮은 두께 수준으로 제조하기 용이함, 굽힘 동안에 생성되는 인장 응력을 상쇄하는 압축 응력 영역 발생의 용이함, 광학적 투명도 및 내부식성을 포함하지만 이에 제한되지 않는 다른 척도가 유리 층(50a)의 조성물을 선택하는 데 이용될 수 있다.

[0032] 유리 부재(50) 및 유리 층(50a)은 다양한 물리적 형태를 취할 수 있다. 단면 투시도로부터, 부재(50) 및 층(50a) (또는 층들(50a))은 편평할 수 있거나 또는 평면일 수 있다. 일부 측면에서, 부재(50) 및 층(50a)은 최종 응용에 의존해서 비직선형 시트-유사 형태로 제작될 수 있다. 한 예로서, 타원형 디스플레이 및 베젤을 갖는 모바일 디스플레이 장치는 일반적으로 타원형 시트-유사 형태를 갖는 유리 부재(50) 및 층(50a)을 요구할 수

있다.

[0033] 아직 계속해서 도 1 및 1b에 관해서, 스택 조립체(100)의 유리 부재(50)는 유리 층 (50)의 제1 주요 표면(54a)에서부터 유리 층(50) 내의 제1 깊이(62)까지 연장되는 압축 응력 영역(60)을 추가로 포함한다. 다른 이점 중에서도, 압축 응력 영역(60)은 굽힘 동안에 유리 층(50a)에 생성되는 인장 응력, 특히 제1 주요 표면(54a) 가까이에서 최대값에 도달하는 인장 응력을 상쇄하기 위해서 유리 층(50a) 내에 이용될 수 있다. 압축 응력 영역(60)은 유리 층의 제1 주요 표면(54a)에서 약 100 MPa 이상의 압축 응력을 포함할 수 있다. 일부 측면에서, 제1 주요 표면(54a)에서 압축 응력은 약 600 MPa 내지 약 1000 MPa이다. 다른 측면에서, 압축 응력은 유리 층(50a)에서 압축 응력을 생성하는 데 이용되는 공정에 의존해서 제1 주요 표면(54a)에서 1000 MPa를 초과할 수 있고, 최고 2000 MPa까지일 수 있다. 또한, 본 개시내용의 다른 측면에서 압축 응력은 제1 주요 표면(54a)에서 약 100 MPa 내지 약 600 MPa의 범위일 수 있다.

[0034] 압축 응력 영역(60) 내에서, 압축 응력은 유리 층(50a) 내에서 유리 층의 제1 주요 표면(54a)에서부터 아래로 제1 깊이(62)까지 깊이의 함수로서 일정할 수 있거나, 감소할 수 있거나 또는 증가할 수 있다. 이와 같이, 다양한 압축 응력 프로파일이 압축 응력 영역(60)에 이용될 수 있다. 추가로, 깊이(62)는 유리 층의 제1 주요 표면(54a)에서부터 약 15 μm 이하로 설정될 수 있다. 다른 측면에서, 깊이(62)는 그것이 유리 층의 제1 주요 표면(54a)에서부터 유리 층(50a)의 두께(52a)의 약 1/3 이하, 또는 유리 층(50a)의 두께(52a)의 20% 이하이도록 설정될 수 있다.

[0035] 도 1 및 1a와 관련해서, 유리 부재(50)는 유리 부재가 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 60분 이상 동안 약 3 mm 내지 약 20 mm의 굽힘 반경(40)에서 유지될 때, 파손 없음을 특징으로 한다. 본원에서 이용되는 바와 같이, 용어 "파손되다", "파손" 등은 본 개시내용의 스택 조립체, 유리 물품 및 유리 부재를 그들의 의도된 목적에 부적당하게 되게 하는 파단, 파괴, 탈적층, 균열 전파 또는 다른 메카니즘을 나타낸다. 유리 부재(50)가 이 조건 하에서 굽힘 반경(40)에서 유지될 때, 굽힘력(42)이 부재(50)의 말단에 가해진다. 일반적으로, 굽힘력(42)을 가하는 동안 부재(50)의 제1 주요 표면(54)에는 인장 응력이 생성되고, 제2 주요 표면(56)에는 압축 응력이 생성된다. 다른 측면에서, 유리 부재(50)는 약 3 mm 내지 약 10 mm의 범위인 굽힘 반경에서 파손을 피하도록 구성될 수 있다. 일부 측면에서, 굽힘 반경(40)은 약 1 mm 내지 약 5 mm의 범위로 설정될 수 있다. 또한, 스택 조립체(100)의 다른 측면에 따르면, 굽힘 반경(40)은 유리 부재(50)에 파손을 야기하지 않는 약 5 mm 내지 7 mm의 범위로 설정될 수 있다. 또한, 일부 측면에서, 유리 부재(50)는 유리 부재가 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 120 시간 이상 동안 약 3 mm 내지 약 20 mm의 굽힘 반경(40)에서 유지될 때, 파손 없음을 특징으로 할 수 있다. 상기한 것과 상이한 온도 및/또는 습도 수준을 갖는 시험 조건 하에서는 굽힘 시험 결과가 달라질 수 있다. 예를 들어, 더 작은 굽힘 반경(40)(예를 들어, < 3 mm)을 갖는 유리 부재(50)는 50% 상대 습도보다 상당히 낮은 습도 수준에서 수행되는 굽힘 시험에서 파손 없음을 특징으로 할 수 있다.

[0036] 또한, 유리 부재(50)는 부재(50)의 제2 주요 표면(56)이 (i) 약 1 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 25 μm 두께의 감압 접착제 ("PSA") 및 (ii) 약 10 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 50 μm 두께의 폴리에틸렌 테레프탈레이트 층 ("PET")에 의해 지지되고, 부재(50)의 제1 주요 표면(54)에 200 μm 직경을 갖는 편평한 하부를 갖는 스테인레스강 핀으로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성을 특징으로 한다. 대표적으로, 본 개시내용의 측면에 따른 천공 시험은 0.5 mm/분 크로스-헤드 속력의 변위 조절 하에서 수행된다. 일부 측면에서는, 더 높은 탄성 모듈러스를 갖는 물질 (예를 들어, 유리 부재(50))의 시험과 관련된 금속 핀의 변형 때문에 일어날 수 있는 편향을 피하기 위해서, 명시된 양의 시험 (예를 들어, 10회 시험) 후 스테인레스강 핀을 새로운 핀으로 교체한다. 일부 측면에서, 유리 부재(50)는 웨이블 플롯 내에서 5% 이상의 파손 확률에서 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성을 특징으로 한다. 또한, 유리 부재(50)는 웨이블 특성 강도 (즉, 63.2% 이상)에서 약 3 kgf 초과와 천공 저항성을 특징으로 할 수 있다. 일부 측면에서, 스택 조립체(100)의 유리 부재(50)는 약 2 kgf 이상, 2.5 kgf 이상, 3 kgf 이상, 3.5 kgf 이상, 4 kgf 이상 및 심지어 훨씬 더 높은 범위에서 천공에 저항할 수 있다. 또한, 유리 부재(50)는 8H 이상의 연필 경도를 특징으로 한다.

[0037] 다시 도 1 및 1b에 관해서, 스택 조립체(100)의 일부 측면은 제2 층 코팅 두께(72)를 갖는 낮은 마찰 계수를 갖는 제2 층(70)을 포함한다. 이 구성에서, 제2 층(70)은 유리 부재(50)의 제1 주요 표면(54) 상에 배치된다. 일부 응용을 위해 스택 조립체(100)에 이용될 때, 제2 층(70)은 마찰을 감소시키고/감소시키거나 마모로부터의 표면 손상을 감소시키는 역할을 할 수 있다. 또한, 제2 층(70)은 요소 및/또는 층이 파손을 야기하는 설계 한계를 초과하는 응력을 받을 때 유리 부재(50) 및/또는 유리 층(50a)의 단편(piece) 또는 파편(shard)을 보유하는 데 있어서 안전성 대책을 제공할 수 있다. 일부 측면에서, 제2 층(70)의 두께(72)는 1 μm 로 설정될 수 있다. 다른 측면에서, 제2 층(70)은 일부 조성물의 경우에 500 nm 이하로 설정될 수 있거나 또는 10 nm 이하로

낮게 설정될 수 있다. 게다가, 스택 조립체(100)의 일부 측면에서는, 설계 요건을 초과하는 응력에 기인하는 유리 부재(50) 및/또는 층(50a)의 파편을 보유하는 데 있어서 안전성 이익을 제공하기 위해 주요 표면(56) 상에 추가의 층(70)이 이용될 수 있다.

[0038] 제2 층(70)은 대표적으로 접착을 위해 기계적 교차 메커니즘에 의존하는 열가소성 물질, 예를 들어 폴리테트라플루오로에틸렌 ("PTFE"), 플루오린화 에틸렌 프로필렌 ("FEP"), 폴리비닐리덴 플루오라이드("PVDF"), 및 무정형 플루오로카본 (예를 들어, 듀폰(DuPont)® 테플론(Teflon)® AF 및 아사히(Asahi)® 사이톱(Cytop)® 코팅)을 포함하는 낮은 표면 에너지를 갖는 것으로 알려진 다양한 플루오로카본 물질을 이용할 수 있다. 또한, 제2 층(70)은 단층 또는 다중층으로서 침착될 수 있는 실란-함유 제제, 예를 들어 다우 코닝(Dow Corning)® 2634 코팅 또는 다른 플루오로- 또는 퍼플루오로실란 (예를 들어, 알킬실란)으로부터 제작될 수 있다. 일부 측면에서, 제2 층(70)은 단독으로 이용되거나 또는 핫-엔드 코팅, 예를 들어 주석 산화물, 또는 증착되는 코팅, 예를 들어 파릴렌 및 다이아몬드-유사 코팅 ("DLC")과 함께 이용되는 실리콘 수지, 왁스, 폴리에틸렌 (옥시드화됨)을 포함할 수 있다. 또한, 제2 층(70)은 단독으로 이용될 수 있거나 또는 상기 코팅 조성물 및 제제에 첨가제로서 이용될 수 있는 아연 산화물, 몰리브데넘 디설피드, 텅스텐 디설피드, 육방정 질화붕소, 또는 알루미늄 마그네슘 보라이드를 포함할 수 있다.

[0039] 대안적으로 또는 상기한 것 외에 추가로, 제2 층(70)은 다양한 다른 속성, 예컨대 항미생물, 쪼개짐 방지, 얼룩 방지 및 지문 방지 속성을 포함할 수 있다.

[0040] 일부 측면에서, 스택 조립체(100)는 유리 층(50)의 제1 주요 표면(54a)에 5 μm 이하의 최대 결함 크기를 갖는 압축 응력 영역(60)을 갖는 유리 부재(50)를 포함할 수 있다. 또한, 최대 결함 크기는 2.5 μm 이하, 2 μm 이하, 1.5 μm 이하, 0.5 μm 이하, 0.4 μm 이하, 또는 심지어 더 작은 결함 크기 범위로 유지될 수 있다. 유리 부재(50), 층(50a) 및/또는 층들(50a)의 압축 응력 영역에서의 결함 크기를 감소시키는 것은 굽힘력, 예를 들어 굽힘력(42) (도 1a를 참고한다)에 의해서 인장 응력을 가할 때 균열 전파에 의해 이 요소 및/또는 층이 파손되는 성향을 추가로 감소시킬 수 있다. 추가로, 스택 조립체(100)의 일부 측면은 또한 압축 응력 영역의 중첩이 없는 조절된 결함 크기 분포 (예를 들어, 유리 층(50a)의 제1 주요 표면(54a)에서 0.5 μm 이하의 결함 크기)를 갖는 표면 영역을 포함할 수 있다.

[0041] 다시, 도 1a와 관련하여, 스택 조립체(100)에 가한 굽힘력(42)은 유리 부재(50)의 제1 주요 표면(54)에 인장 응력을 야기한다. 더 급한 굽힘 반경(40)은 더 높은 인장 응력을 야기한다. 하기 식 (1)을 이용해서 일정한 굽힘 반경(40)으로 굽힌 스택 조립체(100) 내의 특히 유리 부재(50)의 제1 주요 표면(54)에서의 최대 인장 응력을 추정할 수 있다. 식 (1)은 다음에 의해 주어진다:

$$\sigma_{\text{최대}} = \frac{E h 1}{1-\nu^2 2 R} \quad (1)$$

[0043] 여기서, E는 유리 부재(50)의 영(Young)의 모듈러스이고, ν는 유리 부재(50)의 푸아송(Poisson) 비이고 (대표적으로, 대부분의 유리 조성물의 경우, ν는 ~0.2 - 0.3임), h는 유리 부재의 두께(52)를 반영하고, R은 굽힘 곡률 반경 (굽힘 반경(40)과 대등함)이다. 식 (1)을 이용할 때, 최대 굽힘 응력이 유리 부재의 두께(52) 및 탄성 모듈러스에 선형으로 의존하고, 유리 부재의 굽힘 곡률 반경(40)에 역비례로 의존한다는 것이 명백하다.

[0044] 또한, 스택 조립체(100)에 가한 굽힘력(42)은 즉각적 또는 더 느린 피로 파손 메커니즘에 이르는 균열 전파의 잠재성을 초래할 수 있을 것이다. 부재(50)의 제1 주요 표면(54)에 또는 그 표면 바로 아래에 결함의 존재가 이 잠재적 파손 모드에 기여할 수 있다. 하기 식 (2)을 이용해서, 굽힘력(42)을 받는 유리 부재(50)에서 응력 세기 인자를 추정하는 것이 가능하다. 식 (2)는 다음에 의해 주어진다:

$$K = Y\sigma\sqrt{\pi a} = \frac{YE h 1}{1-\nu^2 2 R} \sqrt{\pi a} \quad (2)$$

[0046] 여기서, a는 결함 크기이고, Y는 기하학적 인자 (일반적으로, 대표적 파손 모드인 유리 가장자리로부터 발산되는 균열의 경우, 1.12라고 추정함)이고, σ는 식 (1)을 이용하여 추정한 굽힘력(42)과 관련된 굽힘 응력이다. 식 (2)는 균열 면을 따라서 응력이 일정하다고 가정하고, 이것은 결함 크기가 작을 때 (예를 들어, < 1 μm) 타당한 가정이다. 응력 세기 인자 K가 유리 부재(50)의 파절 인성 K_{IC}에 달할 때, 즉각적 파손이 발생할 것이다. 유리 부재(50)에 이용하기에 적당한 대부분의 조성물의 경우, K_{IC}는 ~0.7 MPa√m이다. 마찬가지로, K가 피로 문

터 $K_{\text{문턱}}$ 이상의 수준에 달할 때, 또한, 느린 주기적 피로 하중 조건에 의해서 파손이 발생할 수 있다. $K_{\text{문턱}}$ 의 타당한 가정은 $\sim 0.2 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ 이다. 그러나, $K_{\text{문턱}}$ 은 실험에 의해 결정될 수 있고, 전체 응용 요건에 의존한다 (예를 들어, 주어진 응용에서, 더 높은 피로 수명은 $K_{\text{문턱}}$ 을 증가시킬 수 있다). 식 (2)를 고려할 때, 유리 부재 (50)의 표면에서 전체 인장 응력 수준 및/또는 결함 크기를 감소시킴으로써 응력 세기 인자를 감소시킬 수 있다.

[0047] 스택 조립체(100)의 일부 측면에 따르면, 식 (1) 및 (2)를 통해서 추정된 인장 응력 및 응력 세기 인자는 유리 부재(50)의 제1 주요 표면(54)에서의 응력 분포 조절을 통해 최소화될 수 있다. 특히, 제1 주요 표면(54)에서 및 제1 주요 표면(54) 아래에서의 압축 응력 프로파일 (예를 들어, 압축 응력 영역(60))은 식 (1)에서 계산된 굽힘 응력으로부터 차감된다. 이와 같이, 전체 굽힘 응력 수준이 감소되고, 이는 또한 결국 식 (2)를 통해 추정할 수 있는 응력 세기 인자를 감소시킨다.

[0048] 일부 실시에서, 절첩가능한 특징부를 갖는 절첩가능한 전자 장치는 스택 조립체(100)를 포함할 수 있다. 절첩가능한 특징부는 예를 들어 디스플레이, 인쇄 회로 기관, 하우징 또는 전자 장치와 관련된 다른 특징부일 수 있다. 예를 들어, 절첩가능한 특징부가 디스플레이일 때, 스택 조립체(100)는 실질적으로 투명할 수 있다. 게다가, 스택 조립체(100)는 앞에서 서술된 연필 경도, 굽힘 반경 및/또는 천공 저항성 성능을 가질 수 있다. 한 예시 실시에서, 절첩가능한 전자 장치는 상기한 내용에 따라서 서술된 스택 조립체(100)를 포함하거나 또는 다른 방식으로 합입하는 착용가능한 전자 장치, 예컨대 시계, 지갑 또는 팔찌이다. 본원에서 정의되는 바와 같이, "절첩가능한"은 완전 절첩, 부분 절첩, 굽힘, 휨, 및 다중절첩 성능을 포함한다.

[0049] 도 1c와 관련하여, 압축 응력 영역(60a)을 발생시키기 위해 이온 교환 공정에 의존하는 스택 조립체(100a)의 단면을 묘사한다. 스택 조립체(100a)는 도 1-1b에 묘사된 스택 조립체(100)와 유사하고, 같은 숫자를 매긴 요소는 대등한 구조 및 기능을 갖는다. 그러나, 스택 조립체(100a)에서는, 유리 부재(50)의 압축 응력 영역(60a)이 이온 교환 공정을 통해 발생될 수 있다. 즉, 압축 응력 영역(60a)은 복수의 이온-교환가능한 금속 이온 및 복수의 이온-교환된 금속 이온을 포함할 수 있고, 이온-교환된 금속 이온은 영역(60a)에 압축 응력을 생성하도록 선택된다. 스택 조립체(100a)의 일부 측면에서, 이온-교환된 금속 이온은 이온-교환가능한 금속 이온의 원자 반경보다 큰 원자 반경을 갖는다. 이온-교환가능한 이온 (예를 들어, Na^+ 이온)은 이온 교환 공정으로 처리되기 전의 유리 부재(50) 및 층 (50a)에 존재한다. 이온-교환하는 이온 (예를 들어, K^+ 이온)이 유리 부재(50) 및 층(50a) 안에 합입되어 이온-교환가능한 이온 중 일부를 교체할 수 있다. 유리 부재(50) 및 층(50a) 내에 이온-교환하는 이온, 예를 들어 K^+ 이온의 합입은 이온-교환하는 이온을 함유하는 용융된 염 조(예를 들어, 용융된 KNO_3 염)에 유리 부재 또는 층을 침지시킴으로써 달성될 수 있다. 이 예에서, K^+ 이온은 Na^+ 이온보다 큰 원자 반경을 가지고, 유리 내에 존재하는 곳 어디에서든 국소 압축 응력을 생성하는 경향이 있다.

[0050] 이용되는 이온-교환하는 공정 조건에 의존해서, 이온-교환하는 이온은 제1 주요 표면(54a)에서부터 아래로 제1 이온 교환 깊이(62a)까지 부여될 수 있고, 압축 응력 영역(60a)을 위한 이온 교환 층 깊이 ("DOL")를 확립할 수 있다. 마찬가지로, 도 1c에 묘사된 바와 같이 제2 주요 표면(56a)에서부터 아래로 제2 이온 교환 깊이(63a)까지 제2 압축 응력 영역(60a)이 발생될 수 있다. 그러한 이온 교환 공정으로 DOL 내에 100 MPa를 훨씬 초과하는 압축 응력 수준이 달성될 수 있고, 최고 2000 MPa까지 높을 수 있다. 앞에서 언급한 바와 같이, 압축 응력 영역(60a) (및 존재할 때, 제2 영역 (60a))에서 압축 응력 수준은 굽힘력(42)으로부터 생성되는 스택 조립체 (100a), 유리 부재(50) 및 유리 층(50a)에 생성된 인장 응력을 상쇄하는 역할을 할 수 있다.

[0051] 다시, 도 1c와 관련하여, 스택 조립체(100a)의 일부 측면은 1개 이상의 가장자리 압축 응력 영역(59a)을 포함할 수 있고, 각 압축 응력 영역은 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 정의된다. 유리 부재(50)에서 가장자리 압축 응력 영역(59a)은 가장자리(58b)로부터 아래로 가장자리 깊이(59b)까지 확립될 수 있다. 압축 응력 영역(60a)을 생성하는 데 이용되는 이온-교환하는 공정과 본질상 유사한 이온-교환하는 공정을 이용하여 가장자리 압축 응력 영역(59a)을 생성할 수 있다. 더 특히, 가장자리 압축 응력 영역(59a)은 가장자리(58b)의 면을 가로질러서 예를 들어 유리 부재(50)의 굽힘을 통해 가장자리(58b)에서 생성되는 인장 응력을 상쇄하는 데 이용될 수 있다. 대안적으로, 또는 그에 추가하여, 이론에 의해 엄매이지 않지만, 압축 응력 영역(59a)은 심지어 가장자리 (58b)에서 또는 가장자리(58b) 근처에서의 충격 또는 마모로부터 불리한 영향을 상쇄할 수 있다.

[0052] 도 1d에서는, 압축 응력 영역(60b)을 발생시키기 위해 유리 층(50a)의 영역들 사이의 열 팽창 계수 ("CTE")의 불일치에 의존하는 스택 조립체(100b)를 묘사한다. 스택 조립체(100b)는 도 1-1b에 묘사된 스택 조립체(100)와

유사하고, 같은 숫자가 매겨진 요소는 대등한 구조 및 기능을 갖는다. 그러나, 스택 조립체(100b)에서는, 유리 부재(50)의 압축 응력 영역(60b)이 층(50a) 자체 내에서의 CTE 차이에 의존하는 유리 층(50a)의 맞춤 구조에 의해 발생될 수 있다. 특히, 유리 층(50a)은 코어 영역(55a) 및 코어 영역(55a) 상에 배치된 제1 및 제2 클래드 영역(57a)을 포함한다. 주목할 것은, 코어 영역(55a)의 CTE가 클래드 영역(57a)의 CTE보다 크다. 제작시 유리 층(50a)이 냉각된 후, 코어 영역(55a)과 클래드 영역(57a) 사이의 CTE 차이가 냉각 동안 불균등한 부피 수축을 야기하여, 도 1d에 나타난 바와 같이 제1 주요 표면(54a) 및 제2 주요 표면(56a) 각각의 아래의 클래드 영역(57a)에 압축 응력 영역(60b)의 발생을 야기한다. 환언하면, 코어 영역(55a) 및 클래드 영역(57a)을 고온에서 서로 친밀 접촉시키고; 그 다음, 영역(55a) 및 (57a)을 저온으로 냉각시키고, 이렇게 함으로써 낮은 CTE 클래드 영역(57a)에 비해 높은 CTE 코어 영역(55a)의 더 큰 부피 변화가 클래드 영역(57a)에 압축 응력 영역(60b)을 생성한다.

[0053] 다시, 도 1d와 관련해서, CTE에 의해 발생된 압축 응력 영역(60b)은 유리 층의 제1 주요 표면(54a)에서부터 아래로 CTE 영역 깊이(62b)까지, 및 제2 주요 표면(56a)에서부터 아래로 CTE 영역 깊이(63b)까지 달하고, 이렇게 해서 CTE-관련 DOL을 확립한다. 일부 측면에서, 압축 응력 영역(60b)에서의 압축 응력 수준은 150 MPa를 초과할 수 있다. 코어 영역(55a)과 클래드 영역(57a) 사이의 CTE 값의 차이를 최대화하는 것은 제작 후 부재(50)의 냉각시 압축 응력 영역(60b)에서 발생하는 압축 응력의 크기를 증가시킬 수 있다.

[0054] 스택 조립체(100b)의 일부 측면에서는, 도 1d에 나타난 바와 같이, 코어 영역(55a)은 코어 영역 두께(55b)를 가지고, 클래드 영역(57a)은 클래드 두께(57b)를 갖는다. 이 측면에서는, 코어 영역 두께(55b)를 클래드 영역 두께(57b)의 합으로 나눈 두께 비를 3 이상으로 설정하는 것이 바람직하다. 이와 같이, 클래드 영역(57a)의 크기 및/또는 CTE에 대해 코어 영역(55a)의 크기 및/또는 그의 CTE를 최대화하는 것은 스택 조립체(100b)의 압축 응력 영역(60b)에서 관찰되는 압축 응력 수준의 크기를 증가시키는 역할을 할 수 있다.

[0055] 또 다른 측면에 따르면, 도 2는 복수의 유리 층(50a) (예를 들어, 2개의 층(50a), 3개의 층(50a), 4개의 층(50a) 등)을 갖는 유리 부재(50)를 갖는 스택 조립체(100c)를 묘사한다. 도 2에 나타난 바와 같이, 함께 스택으로 쌓인 3개의 유리 층(50a)이 유리 부재(50)를 구성한다. 도 2에 나타난 바와 같이 각 층(50a)에 압축 응력 영역(60)이 존재할 수 있다. 층(50a)들은 함께 직접적으로 스택으로 쌓일 수 있거나, 또는 일부 측면에서는, 그들 사이에 유연성 개재층이 배치될 수 있다. 게다가, 스택 조립체(100c)의 일부 측면에서는, 유리 부재(50) 내의 모든 층(50a)에서 압축 응력 영역(60)이 요구되지는 않는다. 바람직하게는, 압축 응력 영역(60)은 부재(50)의 가장 위에 있는 층(50a)에 존재한다. 추가로, 또한, 일부 측면에서는, 1개 이상의 층(50a)에 가장자리 압축 응력 영역(59a)(도 1c 및 상응하는 설명을 참고한다), 압축 응력 영역(60a) (도 1c 및 상응하는 설명을 참고한다), 및/또는 압축 응력 영역 (60b) (도 1d 및 상응하는 설명을 참고한다)을 포함하는 것이 바람직하다.

[0056] 일반적으로, 스택 조립체(100c)의 층(50a)들은 유리 부재(50)의 굽힘 시에 서로에 대해 움직임을 허용하도록 구성되거나 (도 2a를 참고한다); 또는 층(50a)들은 서로 느슨하게 커플링된다. 각 층(50a)이 그 위의 층을 지지하기 때문에 층(50a)들을 스택으로 쌓음으로써 얻은 유리 부재(50)의 집합적 두께는 부재(50)의 천공 저항성을 증가시킨다. 게다가, 굽힘 동안에 유리 층(50a)들이 서로에 대해 움직이는 능력은 굽힘 반경(40)으로 굽힐 때 각 층(50a)에 생성되는 인장 응력의 양을 감소시킨다. 이것은 식 (1)에 의해 추정된 바와 같이 (부재(50)의 두께가 아니라) 각 층(50a)의 두께가 인장 응력 생성에 있어서 기여 인자이기 때문이다. 일반적으로 각 층(50a)이 굽힘 응력 생성에 관해서 그의 인접하는 층(50a)으로부터 탈커플링되기 때문에, 스택 조립체(100c)의 일부 측면은 스택 조립체 내에 존재하는 각 층(50a) 내에 압축 응력 영역(60)을 함입한다. 스택 조립체(100c)의 일부 측면에서는, 유리 부재(50)의 제1 주요 표면(54) 상에 (즉, 가장 위에 있는 층(50a)의 제1 주요 표면 상에) 제2 층(70)이 배치될 수 있다. 이 목적으로 이용되는 제2 층(70)은 스택 조립체(100)와 관련해서 앞에서 개요한 제2 층(70)과 대등한 구조 및 기능을 갖는다. 대안적으로, 또는 그에 추가하여, 제2 층(70)은 가장 낮은 층(50a)의 제2 주요 표면 상에; 및/또는 스택 조립체(100c)의 임의의 층(50a)의 한 주요 표면 상에 또는 두 주요 표면 상에 이용될 수 있다.

[0057] 도 3 및 3b와 관련해서, 본 개시내용의 추가의 측면에 따른 스택 조립체 (또는 유리 물품)(100d)를 묘사한다. 스택 조립체(100d)는 그의 유리 층(50a)의 두께(52a)보다 큰 두께(92)를 갖는 유리 구조물(90)을 포함한다. 유리 층(50a)은 제1 주요 표면(54a) 및 제2 주요 표면(56a)을 포함한다. 또한, 제1 주요 표면(54a)은 유리 구조물(90)의 제1 주요 표면에까지 연장될 수 있다 (도 3 및 3b). 일부 측면에서는, 유리 구조물(90)이 125 μm 이상의 두께(92)를 갖는다. 예시 실시양태에 따르면, 유리 층의 두께(52a)는 약 20 μm 내지 약 125 μm 으로 설정될 수 있다. 스택 조립체(100d)의 일부 측면에서는, 유리 층(50a) 및 유리 구조물(90)의 제1 주요 표면(54a) 상에 제2 층(70)이 배치될 수 있다. 스택 조립체(100d)에서 이 목적으로 이용되는 제2 층(70)은 스택 조립체

(100)와 관련해서 앞에서 개요한 제2 층(70)과 대등한 구조 및 기능을 갖는다.

- [0058] 도 3 및 3b에 나타난 바와 같이, 스택 조립체/유리 물품(100d)의 유리 구조물(90) 및 유리 층(50a)은 서로에 대해서 모놀리식이다. 그러나, 일부 측면에서는, 유리 구조물(90)이 유리 층(50a)과 결합되거나 또는 다른 방식으로 접합된 별개의 부품일 수 있다. 게다가, 스택 조립체(100d)에서는, 유리 층(50a)이 유리 구조물의 실질적으로 평행한 가장자리(98) 사이에서 유리 구조물(90)의 중앙 영역(96)에 배열된다. 일부 측면에서 및 도 3 및 3b에 묘사된 바와 같이, 유리 층(50a) 및 중앙 영역(96)은 평행한 가장자리 (98) 각각으로부터 어떤 거리로 떨어져서 이격된다. 다른 측면에서, 유리 층(50a) 및 중앙 영역(96)은 다른 한 실질적으로 평행한 가장자리(98) 보다 한 가장자리(98)에 더 가깝게 이격될 수 있다.
- [0059] 도 3 및 3b에 묘사된 스택 조립체 (또는 유리 물품)(100d)에서, 유리 구조물(90) 안에 함입된 유리 층(50a)은 스택 조립체(100), (100a) 및 (100b)와 관련해서 앞에서 서술된 유리 층(50a)과 본질적으로 동일하다. 이와 같이, 스택 조립체(100d)에 이용되는 유리 층(50a)은 유리 층(50a)의 제1 주요 표면(54a)에서부터 아래로 제1 깊이(62a)까지 미치는 압축 응력 영역(60), (60a) 또는 (60b)을 포함한다. 스택 조립체(100d)의 일부 측면에 따르면, 또한, 유리 층(50a) 내의 압축 응력 영역(60), (60a) 또는 (60b)은 횡방향으로는 유리 구조물(90) 안으로 까지 미칠 수 있다. 모든 측면에서 요구되지는 않지만, 유리 층(50a) 및 유리 구조물(90) 전체에 걸쳐서 압축 응력 영역(60), (60a) 또는 (60b)의 포함은 제조가능성 이익을 제공할 수 있다. 예를 들어, 이온 교환 공정을 이용해서 한 침지 단계에서 유리 층(50a) 및 유리 구조물(90) 둘 다에 압축 응력 영역(60) 또는 (60a)을 발생시킬 수 있다.
- [0060] 도 3a에 나타난 바와 같이, 스택 조립체(100d) (또는 유리 물품)는 일정한 굽힘 반경(40)으로 유리 층(50a)을 굽히는 굽힘력(42)을 받을 수 있다. 일반적으로 유리 층(50a)의 두께(52a)가 유리 구조물(90)의 두께(92)보다 작기 때문에, 굽힘력(42)은 유리 층(50a)에서는 굽힘 변위를 야기하고 유리 구조물(90)의 인접하는 구역에서는 굽힘을 거의 또는 전혀 야기하지 않는 경향이 있다. 이와 같이, 두께(52a)를 유리 구조물(90)의 두께(92) 미만의 수준으로 최소화함으로써 유리 층(50a)의 제1 주요 표면(54a)에서 굽힘 응력 및 응력 세기 수준이 감소된다. 그럼에도 불구하고, 유리 구조물(90)의 증가된 두께(92)는 스택 조립체(100d)의 대부분에 추가의 천공 저항성 (즉, 유리 층(50a)을 함유하는 중앙 영역(96)에서의 천공 저항성을 초과함)을 제공한다.
- [0061] 스택 조립체(100d)의 일부 추가의 측면에서, 유리 층(50a) 및 제2 주요 표면(56a) 아래의 중앙 영역(96)은 일반적으로 비-유연성 중합체 층으로 추가로 보강될 수 있다. 이 보강은 유리 구조물(90)의 천공 저항성에 비해 유리 층(50a)에서의 임의의 감소된 천공 저항성을 상쇄하는 경향이 있을 수 있다. 게다가, 스택 조립체(100d)의 유리 층(50a)에 이용되는 압축 응력 영역(60), (60a) 또는 (60b)은 스택 조립체(100a) 및 (100b)와 관련해서 앞에서 개요한 이온 교환 공정 및/또는 CTE 불일치 개념 (도 1c 및 1d 및 상응하는 설명을 참고한다)을 통해 발생될 수 있다.
- [0062] 도 4, 4a 및 4b에 나타난 바와 같이, 두께(52e), 제1 주요 표면(54e) 및 제2 주요 표면(56e)을 갖는 유리 층(50e)을 포함하는 유리 물품 또는 스택 조립체(100e)가 제공된다. 또한, 제1 주요 표면(54e)은 유리 구조물(90)의 제1 주요 표면에까지 연장될 수 있다 (도 4 및 4b를 참고한다). 일부 측면에서, 유리 구조물(90)은 125 μm 이상의 두께(92)를 갖는다. 예시 실시양태에 따르면, 유리 층(50e)의 두께(52e)는 약 20 μm 내지 약 125 μm 로 설정될 수 있다. 스택 조립체(100e)의 일부 측면에서는, 유리 층(50e)의 제1 주요 표면(54e) 상에 및/또는 유리 구조물(90)의 한 주요 표면 또는 두 주요 표면 상에 제2 층(70)이 배치될 수 있다. 스택 조립체(100e)에서 이 목적으로 이용되는 제2 층(70)은 스택 조립체(100)와 관련해서 앞에서 개요한 제2 층(70)과 대등한 구조 및 기능을 갖는다. 또한, 제2 주요 표면(56e) 상에 제2 층(70)이 배치될 수 있다.
- [0063] 도 4 및 4b에 묘사된 스택 조립체 (또는 유리 물품)(100e)에서, 유리 구조물(90) 내에 함입된 유리 층(50e)은 스택 조립체(100), (100a) 및 (100b)와 관련해서 앞에서 서술된 유리 층(50a)과 본질적으로 동일하다. 게다가, 스택 조립체(100e)의 구조 및 배열은 도 3, 3a 및 3b와 관련해서 앞에서 서술된 스택 조립체(100d)와 유사하다. 그러나, 스택 조립체(100e)에 이용되는 유리 층(50e)은 압축 응력 영역(60)을 포함하지 않는다.
- [0064] 도 4a에 나타난 바와 같이, 스택 조립체(100e) (또는 유리 물품)는 일정한 굽힘 반경(40)으로 유리 층(50e)을 굽히는 굽힘력(42)을 받을 수 있다. 일반적으로 유리 층(50e)의 두께(52e)가 유리 구조물(90)의 두께(92)보다 작기 때문에, 굽힘력(42)은 유리 층(50e)에서 굽힘 변위를 야기하고 유리 구조물(90)의 인접하는 구역에서는 굽힘을 거의 또는 전혀 야기하지 않는 경향이 있다. 이와 같이, 두께(52e)를 유리 구조물(90)의 두께(92) 미만의 수준으로 최소화함으로써 유리 층(50e)의 제1 주요 표면(54e)에서 굽힘 응력 및 응력 세기 수준이 감소된다.

- [0065] 그러나, 스택 조립체(100e) (또는 유리 물품)에서, 유리 구조물(90)의 증가된 두께(92)는 조립체의 대부분에 추가의 천공 저항성 (즉, 유리 층(50e)을 함유하는 중앙 영역(96)에서의 천공 저항성을 초과함)을 제공한다. 도 5에 묘사된 결과에 의해 입증되는 바와 같이, 천공 저항성 및 유리 두께는 상관 있을 수 있다. 도 5의 결과는 116, 102, 87, 71, 60, 49, 33 및 25 μm 를 포함하는 두께를 갖는 다양한 유리 샘플의 천공 저항성을 측정함으로써 생성되었다. 이 유리 샘플은 15 vol% HF 및 15 vol% HCl을 갖는 에칭 용액을 이용해서 130 μm 두께 유리 샘플을 상기 두께 수준으로 에칭함으로써 제조하였다. 천공 저항성 시험은 가요성 디스플레이 장치의 구조를 시뮬레이션하기 위해 375 μm 유연성 층 스택에 적층된 각 유리 샘플에 대해서 수행하였다. 375 μm 두께 유연성 층 스택은 다음 층들로 이루어졌다: (a) 50 μm 두께 PSA 층 (b) 100 μm 두께 PET 층, 및 (c) 100 μm 두께 PSA 층 및 (d) 125 μm 두께 PET 층. 일단 각 유리 샘플 (예를 들어, 116 μm 두께 유리, 102 μm 두께 유리 등)을 375 μm 두께 유연성 층 스택에 적층하였 때, 200 μm 직경 스테인레스강 팁을 갖는 편평한 팁 프로브를 유연성 층 스택으로부터 반대쪽에 있는 유리 샘플의 주요 표면 안으로 밀어넣었다. 그 다음, 파손 (광학 현미경으로 시각적 관찰에 의해 확인됨) 및 파손시의 힘 (단위 kgf)이 측정될 때까지 팁을 샘플 안으로 전진시켰다. 이 시험으로부터의 결과를 도 5에 플롯하였다.
- [0066] 도 5로부터의 결과가 입증하는 바와 같이, 유리 층 두께를 각각 약 116 μm 로부터 약 25 μm 로 감소시킴으로 인해서 유리 샘플의 천공 저항성이 약 2.5 kgf로부터 약 0.4 kgf로 감소하였다. 따라서, 이 유리 샘플의 천공 저항성은 유리 두께에 매우 의존하였다. 추가로, 도 5는 약 116 μm 의 두께를 갖는 시험되는 유리 기관 샘플의 천공 저항성이 약 2.5 kgf임을 입증한다. 130 μm 이상의 두께를 갖는 유리 기관의 이용을 통해서 3 kgf를 초과할 수 있는 천공 저항성 수준을 얻을 수 있다는 것이 외삽을 통해서 분명하다. 이와 같이, 스택 조립체(100e)의 한 측면 (도 4, 4a 및 4b를 참고한다)은 약 130 μm 이상의 두께를 갖는 유리 구조물(90)을 이용해서 (더 얇은 유리 층(50e)을 함유하는 중앙 영역(96)에 근접하는 영역을 지나서 있는 스택 조립체(100e)의 영역에서) 3 kgf의 천공 저항성을 얻는다. 스택 조립체(100e)의 일부 추가의 측면에서, 유리 층(50e) 및 제2 주요 표면(56e) 아래의 중앙 영역(96)은 일반적으로 비-유연성 중합체 층으로 추가로 보강될 수 있다. 이 보강은 유리 구조물(90)의 증가된 천공 저항성에 비해 유리 층(50e)에서의 임의의 감소된 천공 저항성을 상쇄하는 경향이 있을 수 있다.
- [0067] 스택 조립체(100e)에서, 유리 층(50e)의 두께(52e)는 일반적으로 유리 구조물(90)의 두께(92)보다 작다. 스택 조립체의 한 실시에서, 스택 조립체(100e)에서 ≤ 2 mm의 굽힘 반경은 약 20 내지 25 μm 의 두께(52e)로 실현 가능하다. 두께(52e)에 관해서 그러한 두께 수준을 얻기 위해서, 천공 저항성을 유지하기 위해 두께(92)를 더 높은 값으로 유지함과 동시에 스택 조립체(100e)에 선택적 에칭 공정을 수행할 수 있다.
- [0068] 한 예시 선택적 에칭 공정에서, 한 단계는 유리 구조물(90)의 두께(92)와 같은 실질적으로 일정한 두께를 갖는 유리 구조물을 제공하는 것이다. 그 다음, 유리 구조물(90)의 의도된 중앙 영역(96)에 인접하는 영역 (즉, 두께(52e)로 에칭될 영역)에서 유리 구조물(90)의 제2 주요 표면(56e) 상에 후속 에칭 단계 동안에 이 영역을 보호하거나 또는 다른 방식으로 차폐하기 위해 코팅 물질을 피복한다. 예를 들어, 이 물질은 적층 또는 스크린 인쇄 공정에 의해 유리 구조물(90) 상에 피복될 수 있는 필름 또는 잉크일 수 있다. 관련 분야의 통상의 기술자는 어떤 유형의 코팅 물질이 스택 조립체(100e)의 선택적 에칭 공정을 위해 선택되는 특정한 에칭제 조성물에 적당한지를 쉽게 이해할 것이다. 중앙 영역(96)에 인접해서 이 코팅 물질 등을 피복함으로써, 후속 에칭 단계에서 이용되는 산에 중앙 영역(96)만 노출될 것이다. 후속 에칭 단계 또는 단계들에서는, 차폐된 유리 구조물을 유리 층(50e)에 요망되는 두께(52e)를 달성하는 적정한 시간 동안 상기 서술에 따른 에칭 용액 (예를 들어, 15 vol% HF 및 15 vol% HCl)으로 처리할 수 있다. 선택적 에칭이 완결된 후 (예를 들어, 탈이온수로 에칭 용액을 씻어내는 것을 포함함), 선택적 에칭 공정에 이용되는 특정 차폐 물질에 의존해서 적당한 스트리퍼 (stripper) 용액을 이용하여 차폐 물질을 박리할 수 있거나 또는 다른 방식으로 스트리핑할 수 있다.
- [0069] 다시, 스택 조립체(100e)를 제조하는 데 이용되는 선택적 에칭 공정과 관련하여, 에칭 단계 또는 단계들 동안에 가장자리(98)는 피복되지 않은 채로 둘 수 있다. 그 결과, 두께(52e)를 갖는 유리 층(50e)이 생성될 때, 이 가장자리(98)는 라이트 에칭된다. 가장자리(98)의 이 라이트 에칭은 그의 강도를 유익하게 개선할 수 있다. 특히, 선택적 에칭 공정이 이용되기 전에 유리 구조물을 자르는 데 이용되는 절단 또는 단일화 공정은 유리 구조물(90)의 표면 내에 결함 및 다른 결점을 남길 수 있다. 이 결함 및 결점은 응용 환경 및 사용으로부터 스택 조립체(100e)에 응력을 가하는 동안에 전파하여 유리 파단을 야기할 수 있다. 선택적 산 에칭 공정은 이 가장자리(98)를 경미하게 에칭함으로써 이 결함 중 적어도 일부를 제거할 수 있고, 이렇게 함으로써 스택 조립체(100e)의 가장자리의 강도 및/또는 파절 저항성을 증가시킨다.
- [0070] 스택 조립체 (또는 유리 물품)(100e)에서, 유리 층(50e)은 (a) 층(50e)이 약 25 $^{\circ}\text{C}$ 및 약 50% 상대 습도에서 60분 이상 동안 약 1 mm 내지 약 5 mm의 굽힘 반경으로 유지될 때, 파손 없음; (b) 층(50e)의 제2 주요 표면(56

e)이 (i) 약 1 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 25 μm 두께의 감압 접촉제 및 (ii) 약 10 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 50 μm 두께의 폴리에틸렌 테레프탈레이트 층에 의해 지지되고, 층(50e)의 제1 주요 표면(54e)에 200 μm 직경을 갖는 편평한 하부를 갖는 스테인레스강 핀으로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성; 및 (c) 8H 이상의 연필 경도를 특징으로 할 수 있다. 일부 측면에서, 유리 구조물(90)의 두께(92)는 125 μm 이상일 수 있다. 추가의 측면에서, 유리 층(50e)의 두께(52e)는 굽힘 반경을 달성하기 위해 약 20 μm 내지 약 125 μm 로 설정될 수 있다. 예시 실시양태에 따르면, 유리 층(50e)의 두께(52e)는 약 1 mm 내지 약 5 mm의 굽힘 반경을 달성하기 위해 약 20 μm 내지 약 30 μm 로 설정될 수 있다. 일부 측면에서, 유리 층(50e) (예를 들어, 알칼리 무함유 알루미늄-보로실리케이트 유리 조성물을 가짐)의 두께(52e)는 약 2 mm의 굽힘 반경, 및 약 1 mm의 굽힘 반경을 약간의 추가의 라이트 에칭으로 얻기 위해 약 25 μm 이하일 수 있다.

[0071] 도 1-4b에 묘사된 스택 조립체(100-100e)는 제1 주요 표면(54a, 54e), 유리 층(50a)의 제1 주요 표면(54a)에서부터 유리 층(50a) 내의 제1 깊이(62, 62a, 62b)까지 연장되는 압축 응력 영역(60, 60a, 60b) (즉, 스택 조립체(100-100d)의 경우), 및 최종 두께(52a, 52e)를 갖는 제1 유리 층(50a, 50e)을 형성하는 단계를 포함하는 방법에 따라서 제작될 수 있다. 그것이 스택 조립체(100-100d) (도 1-3b를 참고한다)와 관련 있을 때, 압축 응력 영역(60, 60a, 60b)은 층(50a)의 제1 주요 표면(54a)에서 약 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 정의된다.

[0072] 도 1-4b에 묘사된 스택 조립체(100-100e)를 생성하는 방법은 또한 약 25 μm 내지 약 125 μm 의 두께(52)를 갖는 유리 부재(50)를 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 여기서, 부재(50)는 유리 층(50a, 50e), 제1 주요 표면(54), 및 제2 주요 표면(56)을 추가로 포함한다. 이 측면에서, 유리 부재(50) 또는 유리 층(50a, 50e)은 또한 (a) 유리 부재(50) 또는 유리 층(50a, 50e)이 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 60분 이상 동안 약 3 mm 내지 약 20 mm의 굽힘 반경(40)으로 유지될 때, 파손 없음; (b) 유리 부재(50)의 제2 주요 표면(56)이 (i) 약 1 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 25 μm 두께의 PSA 및 (ii) 약 10 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 50 μm 두께의 PET 층에 의해 지지되고, 유리 부재(50) 또는 유리 층(50a, 50e)의 제1 주요 표면(54, 54a, 54e)에 200 μm 직경을 갖는 편평한 하부를 갖는 스테인레스강 핀으로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성; 및 (c) 8H 이상의 연필 경도를 특징으로 할 수 있다. 방법의 다른 측면에서, 유리 부재(50) 또는 유리 층(50a, 50e)은 약 3 mm 내지 약 10 mm의 범위의 굽힘 반경에서 파손을 피하도록 구성될 수 있다. 일부 측면에서, 굽힘 반경(40)은 약 1 mm 내지 약 5 mm의 범위로 설정될 수 있다. 또한, 방법의 다른 측면에 따르면, 굽힘 반경(40)은 유리 부재(50) 또는 유리 층(50a, 50e)에 파손을 야기하지 않도록 약 5 mm 내지 7 mm의 범위로 설정될 수 있다.

[0073] 상기 방법의 일부 측면에서, 제1 유리 층(50a, 50e)을 형성하는 단계는 다음 형성 공정 중 하나 이상을 이용한다: 용융, 슬롯 드로잉, 압연, 리드로잉 또는 플로트. 유리 층(50a, 50e)의 최종 형상 인자 및/또는 최종 유리 층(50a, 50e)에 이용되는 유리 전구체의 중간 치수에 의존해서 다른 형성 공정이 이용될 수 있다.

[0074] 형성 공정은 추가로 유리 층(50a, 50e)을 최종 두께(52a, 52e)로 생성하도록 구성될 수 있고, 이와 같이, 최종 두께(52a, 52e)를 얻는 부-공정 단계를 포함할 수 있다. 제1 유리 층(50a, 50e)을 형성하는 단계는 유리 층(50a, 50e)으로부터 물질을 제거하여 최종 두께(52a, 52e)에 도달하도록 구성되는 물질 제거 공정을 포함할 수 있다. 이 분야의 통상의 기술자가 이해하는 바와 같이 이 목적으로는 다양한 공지된 산 에칭/산 박화 공정이 이용될 수 있다. 예를 들어, 적당한 에칭 용액은 15 vol% HF 및 15 vol% HCl을 포함할 수 있다. 에칭 시간 및/또는 에칭 용액 농도를 조절함으로써, 유리 층(50a, 50e)에서 요망되는 최종 두께(52a, 52e)를 얻을 수 있다. 이 용액을 이용할 때의 예시 에칭률은 약 1.1 μm /분이다. 방법의 일부 측면에서, 최종 두께(52a, 52e)에 달하는 데 이용되는 물질 제거 공정은 추가로 제1 주요 표면(54a)에 근접해서 최대 결함 크기를 예를 들어 5 μm 이하, 2.5 μm 이하, 0.5 μm 이하, 또는 심지어 훨씬 더 낮게 감소시키도록 구성될 수 있다.

[0075] 도 1-3b에 묘사된 스택 조립체(100-100d)를 제조하는 방법의 추가의 측면에 따르면, 압축 응력 영역(60a)을 생성하는 데 이온 교환 공정이 이용될 수 있다. 앞에서 개요한 바와 같이, 유리 층(50a)의 제1 주요 표면(54a)에서부터 제1 깊이(62a)까지 연장되는 압축 응력 영역(60a)을 형성하는 단계는 다음 추가의 부-공정 단계를 포함할 수 있다: 이온-교환가능한 금속 이온을 함유하는 유리 층(50a)에 압축 응력을 생성하도록 선택된 복수의 이온-교환가능한 금속 이온을 포함하는 강화 조를 제공하는 단계; 및 유리 층(50a)을 강화 조에 침지시켜 유리 층(50a)의 복수의 이온-교환가능한 금속 이온의 일부를 강화 조의 복수의 이온-교환가능한 금속 이온의 일부로 교환하여 제1 주요 표면(54a)에서부터 유리 층(50a)의 제1 깊이(62a)까지 연장되는 압축 응력 영역(60a)을 형성하는 단계. 방법의 일부 측면에서, 이온 교환하는 금속 이온은 유리 층(50a)에 함유된 이온-교환가능한 금속 이온의 원자 반경보다 큰 원자 반경을 갖는다. 방법의 다른 측면에서, 침지 단계는 유리 층(50a)을 강화 조에서 약 400°C 내지 약 450°C에서 약 15분 내지 약 180분 동안 침지시켜 압축 응력 영역(60a)을 발생시키는 것을 포함한다.

다.

- [0076] 한 측면에 따르면, 코닝(Corning)® 고릴라 글래스(Gorilla Glass)® 2.0과 일치하는 조성을 갖는 75 μm 두께 유리 샘플을 430°C에서 30분 동안 KNO_3 조 침지를 포함하는 이온 교환 공정으로 처리하였다. 그 다음, 압축 응력 (MPa)을 유리 층 깊이 (μm)의 함수로서 측정하였고, 그 결과를 도 6a에 묘사한다. 나타난 바와 같이, 이 이온 교환 공정은 유리의 표면에 약 889 MPa의 압축 응력을 생성하였고, 인식가능한 압축 응력 수준이 약 11.4 μm 의 깊이까지 측정되었다 (즉, DOL = 11.4 μm).
- [0077] 방법의 일부 측면에서는, 유리 층(50a)의 표면으로부터 물질을 제거하는 이온 교환 후 공정이 결합 크기 감소에 관해서 이익을 제공할 수 있다. 특히, 그러한 제거 공정은 압축 응력 영역(60a) 생성 후 제1 주요 표면(54a)에서 유리 층(52a)의 최종 두께로부터 약 1 μm 내지 약 5 μm 를 제거하는 라이트 에칭 단계를 이용할 수 있다. 예를 들어, 제거 단계는 이 목적으로 ~128 분 동안 950 ppm F^- 이온 (예를 들어, HF 산), 0.1M 시트르산 에칭 용액을 이용할 수 있다. 식 (2)와 관련해서 앞에서 개요한 바와 같이, 유리 층(50a) 및/또는 유리 부재(50)에서 특히 그의 표면 가까이에서 최대 결합 크기의 감소는 유리 층 및/또는 유리 부재의 굽힘으로부터 생성되는 응력 세기 인자를 감소시키는 역할을 할 수 있다.
- [0078] 도 6b와 관련해서, 이온 교환 및 이온 교환 후 물질 제거 공정 둘 다로 처리된 유리 층에서의 압축 응력에 대한 영향을 관찰할 수 있다. 특히, 도 6b는 도 6a에 따라서 제조되어 추가로 라이트 에칭 공정으로 처리되어 표면으로부터 약 1-2 μm 의 물질을 제거한 유리 층 샘플에 관해서 유리 층 깊이 (μm)의 함수로서 압축 응력을 묘사한다. 이 샘플들은 유리 표면에서 약 772 MPa의 압축 응력을 갖는 것으로 측정되었고, 인식가능한 압축 응력 수준이 약 9.6 μm 의 깊이까지 측정되었다(즉, DOL = 9.6 μm). 사실상, 도 6b는 도 6a에 나타난 바와 같이 깊이 관계의 함수로서 유사한 압축 응력을 가졌지만; 도 6b가 사실상 도 6a의 절두된 형태이고, 제거된 첫 부분이 라이트 에칭 공정으로부터 물질의 실제 제거와 일치한다는 것이 명백하다. 이와 같이, 이온 교환 후 물질 제거 공정은 이온 교환 공정으로부터 얻은 DOL 및 최대 압축 응력을 다소 감소시킬 수 있고, 그와 동시에 결합 크기 감소에 관해서 이익을 제공한다. 이온 교환 후 물질 제거 공정으로부터 예상되는 효과를 고려하면, 더 높은 압축 응력 수준 및/또는 DOL 수준이 주어진 응용에 필요한 정도까지, 이온 교환 공정을 목표 수준보다 약간 높은 압축 응력 및 DOL 수준을 생성하도록 맞출 수 있다.
- [0079] 일부 측면에 따르면, 제거 공정은 압축 응력 영역(60), (60a) 및/또는 (60b)의 결합 분포를 유리 층(50a)의 제1 주요 표면(54a)에서 5 μm 이하의 최대 결합 크기로 조절하도록 수행될 수 있다. 또한, 제거 단계는 압축 응력 영역(60), (60a) 및/또는 (60b)이 유리 층(50a)의 제1 주요 표면(54a)에 2.5 μm 이하, 또는 심지어 0.4 μm 이하만큼 작은 최대 결합 크기를 포함하도록 수행될 수 있다. 방법의 일부 추가의 측면에 따르면, 제거 단계는 또한 압축 응력 영역(60), (60a) 또는 (60b)의 중첩이 없는 유리 층(50a)의 영역 내에서 결합 크기 분포를 조절하기 위해 수행될 수 있다. 게다가, 가장자리 및 가장자리 압축 응력 영역(59a)이 존재할 때 (예를 들어, 도 1 및 1c를 참고한다), 가장자리에서 및 가장자리 압축 응력 영역(59a) 내에서 결합 크기 분포를 조절하기 위해 유리 부재(50)의 가장자리(58b)에서 제거 공정의 변형을 수행할 수 있다.
- [0080] 한 실시양태에 따르면, 제1 주요 표면(54a); 유리 층(50a)의 제1 주요 표면(54a)에서 약 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 정의되는, 유리 층(50a)의 제1 주요 표면(54a)에서부터 유리 층(50a)의 제1 깊이(62)까지 연장되는 압축 응력 영역(60); 및 최종 두께(52a)를 갖는 제1 유리 층(50a)을 형성하는 단계; 및 약 25 μm 내지 약 125 μm 의 두께(52)를 가지고, 유리 층(50a), 제1 주요 표면(54) 및 제2 주요 표면(56)을 추가로 포함하는 유리 부재(50)를 형성하는 단계를 포함하는 스택 조립체(100-100d) 제조 방법이 제공된다. 일부 측면에서, 부재(50)는 1 개의 유리 층(50a)을 포함한다.
- [0081] 예시 실시양태에서, 제1 유리 층(50a) 및 부재(50)를 형성하는 단계는 용융, 슬롯 드로잉, 압연, 리드로잉, 플로트 또는 다른 직접 유리 형성 공정을 이용해서 유리 층(50a)의 최종 두께(52a) (및 부재(50)의 두께(52))를 초과하는 임시 두께(예를 들어, 약 200 μm)를 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 그 다음, 임시 유리 층(50a) (및 부재(50))을 공지된 절단 공정 (예를 들어, 물 절단, 레이저 절단 등)을 이용해서 최종 부품 치수에 가까운 치수로 분리할 수 있고/있거나, 절단할 수 있고/있거나, 다른 방식으로 형상화할 수 있다. 이 시점에서, 그 다음, 임시 유리 층(50a) (및 부재(50))을 상기 공정 단계에 따라서 최종 두께(52a) (예를 들어, 약 75 μm)로 에칭할 수 있다. 공정의 이 단계에서 최종 두께로 에칭하는 것은 이전의 유리 생성 및 분리/절단 단계로부터 도입된 결함 및 다른 결점을 제거함에 있어서 이익을 제공할 수 있다. 그 다음, 유리 층(50a) 및 부재(50)를 상기 이온 교환 공정을 포함하지만 이에 제한되지 않는 압축 응력 영역(60)을 생성하는 공정 단계로 처리할 수 있다. 그 다음, 앞에서 서술한 공정에 따라서 압축 응력 영역(60)을 함유하는 유리 층(50a) 및 부재(50)에 대해

최종 라이트 에칭을 수행할 수 있다. 그 다음, 이 최종 라이트 에칭은 이전의 이온 교환 공정에 기인하는 유리 층(50a) 및 부재(50)의 표면의 임의의 인식가능한 결함 및 결점을 제거할 수 있다. 이 방법에 따라서 제조된 유리 부재(50) 또는 유리 층(50a)은 (a) 부재(50) 또는 유리 층(50a)이 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 60분 이상 동안 약 3 mm 내지 약 20 mm의 굽힘 반경으로 유지될 때, 파손 없음; (b) 부재(50) 또는 층(50a)의 제2 주요 표면(56, 56a)이 (i) 약 1 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 25 μm 두께의 감압 접촉제 및 (ii) 약 10 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 50 μm 두께의 폴리에틸렌 테레프탈레이트 층에 의해 지지되고, 부재(50) 또는 층(50a)의 제1 주요 표면(54, 54a)에 200 μm 직경을 갖는 편평한 하부를 갖는 스테인레스강 핀으로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성; 및 (c) 8H 이상의 연필 경도를 특징으로 할 수 있다.

[0082] 추가의 예시 실시양태에서, 제1 유리 층(50a) 및 부재(50)를 각각 최종 두께(52a) 및 두께(52)로 형성하는 단계는 용융, 슬롯 드로잉, 압연, 리드로잉, 플로트 또는 다른 직접 유리 형성 공정을 이용함으로써 수행될 수 있다. 그 다음, 유리 층(50a) (및 부재(50))을 공지된 절단 공정 (예를 들어, 물 절단, 레이저 절단 등)을 이용해서 최종 부품 치수에 가까운 치수로 분리할 수 있고/있거나, 절단할 수 있고/있거나, 다른 방식으로 형상화할 수 있다. 이 시점에서, 그 다음, 유리 층(50a) (및 부재(50))을 상기 이온 교환 공정을 포함하지만 이에 제한되지 않는 압축 응력 영역(60)을 생성하는 공정 단계로 처리할 수 있다. 그 다음, 앞에서 서술한 공정에 따라서 압축 응력 영역(60)을 함유하는 유리 층(50a) 및 부재(50)에 대해 최종 라이트 에칭을 수행할 수 있다. 그 다음, 이 최종 라이트 에칭은 이전의 이온 교환 공정에 기인하는 유리 층(50a) 및 부재(50)의 표면의 임의의 인식가능한 결함 및 결점을 제거할 수 있다.

[0083] 이 방법에 따라서 제조된 유리 부재(50) 또는 유리 층(50a)은 (a) 부재(50) 또는 유리 층(50a)이 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 60분 이상 동안 약 3 mm 내지 약 20 mm의 굽힘 반경으로 유지될 때, 파손 없음; (b) 부재(50) 또는 층(50a)의 제2 주요 표면(56, 56a)이 (i) 약 1 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 25 μm 두께의 감압 접촉제 및 (ii) 약 10 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 50 μm 두께의 폴리에틸렌 테레프탈레이트 층에 의해 지지되고, 부재(50) 또는 층(50a)의 제1 주요 표면(54, 54a)에 200 μm 직경을 갖는 편평한 하부를 갖는 스테인레스강 핀으로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성; 및 (c) 8H 이상의 연필 경도를 특징으로 할 수 있다.

[0084] 도 7a와 관련하여, 세 가지 조성물의 유리 층 "A", "B" 및 "C"에 관해 추정된 응력 세기 인자의 개략적 플롯이 제공된다. A 그룹의 조성물은 SiO_2 67.1% (mol%); Al_2O_3 6.3%; B_2O_3 19.9%; MgO 0.5%; CaO 4.8%; SrO 0.5%; SnO_2 0%; 및 Na_2O 0.9%이다. B 그룹의 조성물은 SiO_2 66.7% (mol%); Al_2O_3 10.9%; B_2O_3 9.7%; MgO 2.2%; CaO 9.1%; SrO 0.5%; SnO_2 0.1%; 및 Na_2O 0%이다. C 그룹의 조성물은 SiO_2 67.4% (mol%); Al_2O_3 12.7%; B_2O_3 3.7%; MgO 2.4%; CaO 0%; SrO 0%; SnO_2 0.1%; 및 Na_2O 13.7%이다. 도 7a에 묘사된 추정값을 생성하는 데 식 (2)를 이용하였다. 유리 층 "A", "B" 및 "C"는 각각 57.4, 69.3 및 73.6 GPa의 탄성 반경을 갖는다. 게다가, 유리 층 "A", "B" 및 "C"는 각각 0.22, 0.22 및 0.23의 푸아송 비를 갖는다. 추가로, 25, 50 및 100 μm 의 두께 및 3, 5 및 7 mm의 굽힘 반경을 갖는 유리 층 "A", "B" 및 "C"에 관해서 응력 세기 인자 추정을 수행하였다. 400 나노미터(nm)의 결함 크기가 용융에 의해 생성되는 유리 표면의 대표적 최대 결함 크기이기 때문에, 모든 경우에서 400 나노미터(nm)의 결함 크기를 가정하였다. 이 유리 층들 중 어느 것에도 압축 응력 영역이 존재하지 않는다고 가정하였다.

[0085] 도 7a에서, 영역(I), (II) 및 (III)은 각각 즉각적 파손 영역, 느린 피로 파손 영역, 및 무-파손 영역을 나타낸다. 추정값이 나타내는 바와 같이, 굽힘 반경을 증가시키는 것 및 유리 층의 두께를 감소시키는 것이 각각 응력 세기 인자를 감소시키는 경향이 있는 단계이다. 굽힘 반경이 5 mm 이상으로 유지되고 유리 층의 두께가 25 μm 이하로 유지되면, 도 7a에서 추정된 응력 세기 인자는 정적 장력 또는 피로에서 파손이 일어나지 않을 것이라는 것을 암시한다 (예를 들어, 영역(III)의 경우, $< 0.2 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ 의 K). 개시내용의 일부 측면에 따르면, 도 7a에 묘사된 이 특정한 유리 층 (즉, 5 mm 이상의 굽힘 반경 및 25 μm 이하의 두께를 갖는 유리 층)은 상대적으로 보통의 천공 저항성 요건을 갖는 스택 조립체 및 유리 물품에 이용하기에 적당할 수 있다.

[0086] 도 7b와 관련하여, 세 가지 조성물의 유리 층 "A", "B" 및 "C" (즉, 도 7a에 묘사된 유리 층에 이용된 것과 동일한 조성물)에 관해서 추정된 응력 세기 인자의 개략적 플롯이 제공된다. 도 7b에 묘사된 추정에 이용된 각 유리 층이 50 μm 의 두께 및 5 mm의 굽힘 반경을 갖는다고 가정하였다. 게다가, 본 개시내용의 측면에 따라서, "대조물" (또한, A, B, 및 C로 표기함) 그룹은 중첩된 압축 응력 영역이 없다고 가정하였고, "IOX" 그룹 (또한, A, B 및 C로 표기함)은 약 700 MPa의 표면 압축을 갖는 이온 교환 공정을 통해 발생한 압축 응력 영역을 가진다고 가정하였다. 이 추정값을 생성하는 목적으로, 본 개시내용의 한 측면에 따라서, 스택 조립체, 유리 부

재 또는 유리 물품을 함유하는 장치를 제작한 지 충분히 지난 후 고객에 의해 응용-사용 단계에서 도입되는 큰 결함 크기의 최악의 경우의 시나리오를 반영하여 2000 nm (2 μm)의 더 줄잡은 결함 크기를 가정하였다.

[0087] 도 7b의 추정값이 나타내는 바와 같이, 이온 교환 공정으로 유리 층에 발생된 압축 응력 영역은 굽힘시 관찰되는 유리 층의 응력 세기 수준을 상당히 상쇄할 수 있다. 50 μm 두께 및 5 mm의 굽힘 반경을 갖는 "IOX" 유리 층의 경우에는 굽힘시 발생된 인장 응력에 중첩된 추가의 압축 응력 때문에 영역(III) 문턱 (예를 들어, 영역(III)의 경우, $< 0 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ 의 K)보다 상당히 낮은 응력 세기 수준이 관찰되었다. 대조적으로, 압축 응력 영역이 없는 대조물 그룹은 영역 I 내의 응력 세기 수준을 갖는 것으로 추정하였다.

[0088] 도 8과 관련해서, 한 특정한 조성물, 즉, 도 7a 및 7b에 묘사된 C 그룹의 조성물과 대등한 유리 조성물의 유리 층의 표면에서 추정된 응력 수준의 개략적 플롯이 제공된다. 도 8에 묘사된 응력 추정값을 생성하는 데 이용되는 각 유리 층이 25, 50, 75 및 100 μm 의 두께 및 5 mm의 굽힘 반경을 갖는다고 가정하였다. 게다가, 이 유리 층들 중 일부는 압축 응력 영역이 없다 (즉, "대조물" 그룹)고 가정하였고, 나머지 유리 층은 예를 들어 본 개시내용의 추가의 측면에 따라서 이온 교환 공정을 통해 발생된 약 700 MPa의 표면 압축을 갖는 압축 응력 영역을 갖는다 (즉, "IOX" 그룹)고 가정하였다. 400 nm의 결함 크기가 응용에 의해 생성되는 유리 표면의 경우에 전형적 최대 결함 크기이기 때문에, 모든 경우에서 400 nm의 결함 크기를 가정하였다. 게다가, 안전 대역 (즉, 영역(III))이 $K < 0.2 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ 의 응력 세기 안전 인자에서 설정되었다.

[0089] 도 8에서의 추정값이 나타내는 바와 같이, 이온 교환 공정으로 유리 층에서 발생된 압축 응력 영역은 굽힘시 관찰되는 유리 층에서의 응력 세기 수준을 상당히 감소시킬 수 있다. 25, 50, 75 및 100 μm 두께 및 5 mm의 굽힘 반경을 갖는 "IOX" 유리 층 모두에서 굽힘시 발생된 인장 응력에 중첩된 추가의 압축 응력 때문에 영역(III) 문턱 (예를 들어, 영역(III)의 경우, $< 0.2 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ 의 K)보다 상당히 낮은 응력 세기 수준이 관찰되었다. 대조적으로, 압축 응력 영역을 갖지 않는 대조물 그룹은 모든 두께에서 영역(I)에서의 응력 세기 수준을 갖는다고 추정하였다.

[0090] 도 9와 관련해서, 본 개시내용의 한 측면에 따라서, 75 μm 의 두께 및 이온 교환 공정을 통해 발생된 압축 응력 영역을 갖는 한 가지 조성물의 유리 층에 관해 파손 천공 하중 데이터의 플롯이 제공된다. 특히, 도 9에서 시험된 샘플들의 유리 조성물은 SiO_2 68.9% (mol%); Al_2O_3 10.3%; Na_2O 15.2%; MgO 5.4 %; 및 SnO_2 0.2%였다. 도 9의 데이터를 생성하는 데 이용된 실험에서 시험된 모든 유리 층을 이온 교환 공정으로 처리하여 약 772 MPa의 표면에서의 압축 응력 및 9.6 μm 의 DOL을 갖는 압축 응력 영역을 형성하였다. 시험 목적으로, 25 μm PSA 층 (약 1 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 가짐)을 갖는 50 μm PET 층 (약 10 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 가짐)에 유리 층을 적층하였다. 외부 유리 표면에 대해 천공 시험을 수행하였다.

[0091] 도 9에 나타난 바와 같이, 4 그룹의 샘플을 시험해서 천공 시험 데이터를 얻었다. 각 그룹은 상이한 천공 기구에 상응하였다: 200 μm 직경의 편평한 하부 스테인레스강 펀치; 0.5 mm 텅스텐 카바이드 볼; 1.0 mm 텅스텐 카바이드 볼; 및 1.5 mm 텅스텐 카바이드 볼. 도 9의 데이터는 시험에 이용된 특정 천공 기구에 대한 천공 파손 하중 데이터의 민감도를 입증한다. 일반적으로, 결과의 가변성은 이용된 각 기구에서 유사한 것으로 보인다. 도 9에 나타난 바와 같이, 이온-교환 가공을 통해 발생된 압축 응력 영역을 갖는 75 μm 두께를 갖는 유리 층은 200 μm 직경의 편평한 하부를 갖는 스테인레스강 펀치로 시험할 때 4 kgf를 상당히 초과하는 천공 파손 하중을 가졌다.

[0092] 또 다른 예에서는, 본 개시내용의 한 측면에 따라서 제조된, 이온 교환 공정을 통해 생성된 압축 응력 영역을 갖는 도 9에서 시험한 유리 층과 대등한 조성물을 갖는 유리 층을 2-점 정적 피로 굽힘 시험으로 시험하였다. 특히, 시험한 유리 층은 75 μm 의 두께를 가졌고, 그의 압축 응력 영역은 KNO_3 용융 염 조에서 430°C에서 30분 동안 침지에 의해서 발생되었다. 게다가, 유리 층을 약 128 분 동안 950 ppm F^- 이온, 0.1M 시트르산 에칭 용액에서의 산 에칭을 포함하는 이온 교환 후 물질 제거 공정으로 처리하였다. 시험할 때, 유리 층은 ~5 mm의 굽힘 반경으로 120 시간 동안 굽힘 후 파손되지 않았다.

[0093] 추가의 예에서, 도 9에서 시험한 샘플의 조성 및 이온 교환 공정 단계에 따라서 75 μm 두께 유리 층 샘플을 제조하였다. 이 샘플을 임의의 유연성 층과 적층시키지 않았다. 제조된 그대로의 이 샘플은 105 x 20 x 0.075 mm였다. 그 다음, 10 mm 플레이트 (테플론(Teflon)® 물질로부터 제작된 플레이트) 분리를 갖는 정적 시험 장비 내에 굽힘 구성으로 10개 샘플을 배열하였다. 그 다음, 샘플을 85% 상대 습도 하에서 85°C에서 장비 내에 유지시켰다. 10개 샘플 중 9개는 장비 내에서 2 개월 넘게 시험한 후 전혀 파손을 겪지 않았다. 1개 샘플은 시험 첫날에 파손되었다. 이 결과 및 다른 분석을 고려할 때, 가공 후 남는 파손 유발 표면 결함을 갖는 어떤

한 샘플도 입증 시험을 통해 제거될 수 있다고 믿는다.

[0094] 추가의 예에서, 25 μm PSA 층을 갖는 50 μm PET 층에 적층하는 것을 포함해서 도 9에서 시험한 샘플의 조성 및 이온 교환 공정 단계에 따라서 75 μm 두께 유리 층 샘플을 제조하였다. 제조한 그대로의 이 샘플은 105 x 20 x 0.075 mm였다 (PET/PSA 층을 포함하지 않음). 그 다음, 5개 샘플을 클램셸(clamshell) 사이클 피로 시험으로 시험하였다. 클램셸 사이클 피로 시험 장비는 주위 온도 및 습도 조건 하에서 10 mm 플레이트 분리로 샘플을 유지하였다. 각 사이클은 10 mm 플레이트 분리를 보유하면서 클램셸 장비를 폐쇄하고, 그 다음, 샘플이 굽힘 없이 균일하도록 장비를 완전히 개방하는 것을 포함하였다. 5개 샘플 각각이 45,000 회 초과의 그러한 사이클을 견뎌냈다.

[0095] 이제, 도 10과 관련하여, 본 개시내용의 추가의 측면에 따라서 세 가지 조성물의 유리 층, 즉 도 7a 및 7b에 주어진 추정값에 이용된 샘플의 그룹과 동일한 조성물을 갖는 그룹 "A", "B" 및 "C"에 관해 추정된 응력 세기 인자의 개략적 플롯이 제공된다. 도 10의 추정값에 이용된 각 샘플은 25, 50, 75 또는 100 μm 의 두께 및 10 또는 20 mm의 굽힘 반경을 가졌다. 여기서, 각 시험 샘플은 가열 및 그 후의 냉각을 통해 발생된 압축 응력 영역, 친밀 접촉하는 유리 층의 코어 및 클래딩 영역을 가졌고, 코어 영역은 클래드 영역의 CTE보다 큰 CTE를 가졌다. 도 10에 이용된 추정값은 각 샘플에 관해 유리 층의 표면에 약 2 μm 의 결함 크기를 가정하였다. 게다가, 코어 영역과 클래딩 영역 사이의 CTE 불일치를 통해 이 유리 층들의 압축 응력 영역에 약 150 MPa의 압축 응력이 발생한다고 가정하였다.

[0096] 도 10의 추정값이 나타내는 바와 같이, 코어 영역과 클래딩 영역 사이의 CTE 불일치로 유리 층에 발생된 압축 응력 영역은 굽힘 시에 관찰되는 유리 층 내의 응력 세기 수준을 상당히 감소시킬 수 있다. 25, 50, 75 및 100 μm 두께 및 20 mm의 굽힘 반경을 갖는 유리 층 모두에서 굽힘시 발생된 인장 응력에 중첩된 추가의 압축 응력 때문에 영역(III) 문턱 (예를 들어, 영역(III)의 경우, < 0.2 MPa $\sqrt{\text{m}}$ 의 K)보다 상당히 낮은 응력 세기 수준이 관찰되었다. 추가로, 또한, 25 및 50 μm 의 두께 및 10 mm의 굽힘 반경을 갖는 유리 층은 영역(III) 문턱보다 낮은 응력 세기 수준을 가졌다. 이와 같이, CTE 불일치 접근을 이용하는 이 특정한 유리 층들은 본 발명의 측면에 따라서 10 mm 이상의 굽힘 반경 요건을 갖는 스택 조립체 및 유리 물품 내에 이용될 수 있다 (예를 들어, 도 1d 및 상응하는 설명에서 스택 조립체(100b)를 참고한다).

[0097] 도 11에는, 본 개시내용의 한 측면에 따라서 75 μm 의 두께 및 이온 교환 공정을 통해 발생된 압축 응력 영역을 갖는 한 가지 조성물의 유리 층에 관해 파손 확률 대 천공 하중 데이터의 웨이블 플롯이 제공된다. 특히, 시험 샘플의 유리 조성물은 도 9에서 시험한 것과 대등하였다. 도 11의 데이터를 생성하는 데 이용된 실험에서 시험한 모든 유리 층을 이온 교환 공정으로 처리하여 약 772 MPa의 표면에서의 압축 응력 및 9.6 μm 의 DOL을 갖는 압축 응력 영역을 형성하였다. 도 11에서 개방된 원 기호로 표기된 "B" 그룹의 유리 층은 25 μm PSA 층을 갖는 50 μm PET 층에 적층된 유리 샘플로 이루어졌다. 모든 천공 시험은 PET/PSA 층 스택으로부터 먼, 이 샘플의 외부 유리 표면에 대해 수행하였다. 도 11에서 폐쇄된 원 기호로 표기된 "A" 그룹의 유리 층은 PET/PSA 층 스택에 적층되지 않은 유리 샘플로 이루어졌다. 200 μm 직경의 편평한 하부 스테인레스강 펀치를 이용해서 도 11에 나타낸 천공 시험 결과를 생성하였다.

[0098] 도 11에 나타낸 바와 같이, 비-적층된 "A" 그룹의 샘플 및 적층된 "B" 그룹의 샘플은 각각 4.3 kgf 및 3.3 kgf의 웨이블 특성 강도 값 (즉, 63.2% 이상의 파손 확률에서)을 나타낸다. 게다가, 두 그룹의 모든 샘플은 5.5 kgf 이상에서 파손되었다. 적층된 "B" 그룹의 웨이블 모듈러스는 비-적층된 "A" 그룹의 웨이블 모듈러스보다 높고, 이는 샘플 적층에 의해서 파손 성능 가변성이 감소될 수 있다는 것을 나타낸다. 다른 한편, 비-적층된 "A" 그룹은 적층된 "B" 그룹에 비해 더 높은 평균 천공 파손 하중 및 웨이블 특성 강도를 입증하였고, 이는 적층이 천공 시험 성능을 약간 감소시킬 수 있고, 이는 아마도 천공 시험 팁 가까이에서 유리에 인접해서 유연성 층과 관련된 증가된 국소 응력 집중에 의해 야기되는 것임을 암시한다. 이와 같이, 본 개시내용의 측면에 따른 스택 조립체의 적층과 관련된 선택 및 옵션(option)은 천공 저항성 가변성의 잠재적 최적화 및 천공 저항성의 전체 최대화에 유념할 수 있다.

[0099] 전체 응력 프로파일

[0100] 유리 내의 인장 응력은 결함을 전파하게 하는 경향이 있고, 한편, 유리 내의 압축 응력은 결함의 전파를 억제하는 경향이 있다. 결함은 유리가 제조되거나, 취급되거나 또는 가공되는 본질로부터 유리에 존재할 수 있다. 따라서, 아마도 결함을 갖거나 또는 결함을 수용할 유리의 부분 (즉, 주요 표면, 및 그 표면에서부터 균열이 침투할 수 있는 깊이까지)을 압축하는 것이 바람직하다. 굽힘 유리 단편의 경우, 응력 프로파일은 두 주요 성분으로 이루어지고, 제1 σI 는 유리가 제조되고/제조되거나 가공되는 방식으로부터 유리에 고유적으로 있는 것이

고, 제2 σ_B 는 유리 내에서 굽힘으로부터 유발되는 것이다.

- [0101] 유리 자체에 고유적으로 있는 응력인 제1 성분 σ_I 의 예를 도 12에 나타낸다. 선(1202)은 756 MPa의 압축 응력 및 9.1 μm 의 DOL을 갖는 코닝 코드 2319 (고릴라® 유리 2)로 제조된 75 μm 두께 유리 부재의 응력 프로파일이다. 본원에서 이용되는 바와 같이, 양의 응력은 인장이고, 압축 응력은 음이다. 유리에서 고유 응력 프로파일은 (유리의 외부 층에 압축 응력을 부여할 수 있는 위에서 서술된 유리 적층체의 경우에서처럼) 유리를 제조할 때의 상이한 IOX 조건, 유리 조성물 및/또는 상이한 가공 조건에 기초해서 달라질 수 있다. 어떠한 경우이든, 유리 자체는 고유 응력 프로파일을 가질 것이다.
- [0102] 유리 부재(50)를 굽힐 때, 굽힘은 유리 내에서 응력 프로파일에 제2 응력 성분 σ_B 을 유발한다. 예를 들어, 유리 부재(50)를 도 1a에 나타난 방향으로 굽힐 때, 굽힘 작용에 의해 유발되는 인장 응력은 상기 식 (1)에 의해 주어지고, 유리 부재(50)의 외측 표면, 예를 들어 제1 주요 표면(54)에서 최대일 것이다. 제2 주요 표면(56)은 압축될 것이다. 굽힘에 의해 유발된 응력의 예는 도 13에서 선(1302)으로 나타낸다. 선(1302)은 코닝 코드 2319 (고릴라® 글래스 2)로 제조된 75 μm 두께 유리 부재의 굽힘 응력 플롯이지만, 지금은 IOX로 인한 유리의 고유 응력 프로파일을 무시한다. 이 유형의 유리의 경우, 플롯된 바와 같이, 식 (1)의 매개변수는 모듈러스 $E = 71.3 \text{ GPa}$, 푸아송 비 $\nu = 0.205$, 두께 = 75 μm 및 굽힘 반경 = 4.5 mm이다.
- [0103] 따라서, 다시, 유리에서 전체 응력 프로파일은 상기 두 성분의 합, 또는 $\sigma_I + \sigma_B$ 일 것이다. 전체 응력은 도 14에 실선(1402)으로 나타내고, 이 실선(1402)은 짧은 점선으로 나타난 고유 응력 σ_I 의 선(1202) 및 긴 점선으로 나타난 굽힘에 의해 유발된 응력 σ_B 의 선(1302)의 합이다. 유리 부재(50)의 외측 표면, 예를 들어 도 1a에 나타난 주요 표면(54)에서의 응력은 플롯의 왼쪽에 나타나고, 한편, 내측 주요 표면(56)에서의 응력은 플롯의 오른쪽에 나타낸다. 선(1402)으로부터 알 수 있는 바와 같이, 내측 제2 주요 표면(56)에서의 응력은 압축이고, 결함의 전파를 제한할 것이다. 또한, 외부 또는 제1 주요 표면(54)에서의 응력도 압축 응력이고, 결함의 전파를 제한할 것이다. 나타난 바와 같이, 위에서 언급한 조건의 경우, 압축 응력은 제1 주요 표면(54)에서부터 수 마이크로미터의 깊이까지 연장된다. 외측 주요 표면에서의 압축 응력의 양, 및 압축 응력이 미치는 외측 주요 표면 아래의 깊이는 많은 방식으로 증가시킬 수 있다. 첫째, 굽힘에 의해 유발되는 인장 응력을 더 작게 할 수 있다. 식 (1)로부터 알 수 있는 바와 같이, 굽힘에 의해 유발되는 응력 σ_B 는 더 얇은 유리, 및/또는 더 큰 굽힘 반경, 및/또는 더 작은 모듈러스 E 를 갖는 유리, 및/또는 더 높은 푸아송 비 ν 를 갖는 유리를 이용함으로써 더 작게 할 수 있다. 둘째, 외측 주요 표면에서 압축 응력의 양은 예를 들어 도 12에 관한 논의와 관련해서 위에서 언급한 바와 같이 상이한 IOX 조건, 유리 조성물, 및/또는 상이한 가공 조건을 이용함으로써 요망되는 부위에서 더 큰 고유 압축 응력 σ_I 을 갖는 유리를 선택함으로써 증가될 수 있다.
- [0104] 개시내용의 중요한 측면은 외측 주요 표면, 즉, 유리 부재(50)의 굽힘 부분의 바깥쪽에 있는 주요 표면, 예를 들어 도 1a에 나타난 제1 주요 표면(54)에서, 굽힘 반경이 $\leq 20 \text{ mm}$ 인 절첩가능한 또는 롤링가능한 디스플레이의 경우, 하기 식 (3)에 의해 나타난 바와 같이, 고유 응력 σ_I 및 굽힘 응력 σ_B 의 합이 0 미만이다.
- [0105] $\sigma_I + \sigma_B < 0$ 식 (3)
- [0106] 추가로, 식 (3)이 일부 예에서는 주요 표면(54) 아래 1 μm 이상의 깊이까지, 다른 예에서는 주요 표면(54) 아래 2 μm 이상의 깊이까지, 및 다른 예에서는 주요 표면(54) 아래 3 μm 이상의 깊이까지 충족시키도록 유리 부재의 응력 프로파일을 정의하는 것이 추가로 유익하다. 식 (3)이 적용되는 깊이가 주요 표면 아래로 더 깊을수록, 장치가 더 내구성일 것이다. 즉, 결함 (예를 들어, 제조 또는 사용 동안에 장치 취급으로부터 생기는 굽힘)이 주요 표면 아래로 식 (3)의 관계식이 적용되는 곳보다 더 큰 정도까지 연장되면, 결함이 시간에 따라 전파할 것이고, 유리 부재가 파손될 것이다. 환언하면, 파손을 최소화하기 위해서는, 굽힘으로부터 유발되는 응력이 영역(1403)에 함유되도록, 즉, 선(1402)이 Y 축을 두 선으로 자르는 점보다 크지 않도록 IOX 프로파일이 관리되어야 한다. 추가로, 추가의 예에서는, 결함이 영역(1403) 내에 함유되도록, 즉, 유리 표면으로부터의 최대 결함 깊이가 선(1402)이 X 축을 두 선으로 자르는 점을 초과하지 않도록 관리되어야 하고, 이렇게 함으로써 결함이 유리의 압축 영역에 함유되어 전파하지 않을 것이다. 따라서, 영역(1403)을 최대화함으로써, 더 작은 굽힘 반경 및 더 깊은 결함이 용인될 수 있고, 한편으로는 파손이 최소화된다.
- [0107] 상기한 논의에서는 외측 주요 표면을 제1 주요 표면(54)으로 나타내지만, 일부 예에서는, 제1 주요 표면(54) 대신에 제2 주요 표면(56)이 외측 주요 표면일 수 있다. 다른 예에서는, 예를 들어, 삼중 절첩 배열에서는, 제1 주요 표면(54) 및 제2 주요 표면(56) 둘 다가 외측 주요 표면인, 즉, 유리 부재(50)의 굽힘 부분의 바깥쪽에 있는 부분을 가질 수 있다.

[0108] IOX 후 라이트 에칭 단계의 이익

[0109] IOX 강화 단계 후 에칭 단계 수행의 이익을 도 15 및 16에 나타내고, 도 15 및 16은 다양한 2점 굽힘 강도 분포를 나타낸다. 이 도면에서 2점 굽힘 값은 다음과 같이 샘플을 시험함으로써 측정하였다. 샘플에 250 MPa/초의 일정한 비율로 응력을 가하였다. 2점 굽힘 프로토콜에 관해서는 [S. T. Gulati, J. Westbrook, S. Carley, H. Vepakomma, and T. Ono, "45.2: Two point bending of thin glass substrates, " in SID Conf., 2011, pp. 652-654]를 참고한다. 환경을 50% 상대 습도 및 25℃로 조절하였다. 데이터 세트는 파손시의 최대 응력을 나타내고, 파손은 최소 반경 부위에서 일어난다고 가정한다. 선(1501)은 200 μm 두께로부터 75 μm 두께로 딥(deep) 에칭된 유리 샘플의 강도의 웨이블 분포를 나타낸다 (이 샘플에 대해서는 IOX 또는 후속 에칭을 수행하지 않았음). 이 세트의 샘플은 B10 파손 확률에서 약 850 MPa의 강도를 나타낸다. 선(1502)은 200 μm 두께로부터 75 μm 두께로 딥 에칭된 후 IOX로 처리된 (하지만, 후속 에칭은 수행되지 않음) 유리 샘플의 강도의 웨이블 분포를 나타낸다. 이 샘플은 선(1501)의 딥 에칭만 수행된 샘플의 값으로부터 B10 파손 확률에서 약 700 MPa의 약간 감소된 강도를 나타낸다. 이론에 의해 얽매고 싶지는 않지만, IOX 공정은 결함을 연장함으로써 강도를 감소시키는 것으로 보인다. 선(1503)은 200 μm 두께로부터 75 μm 두께로 딥 에칭되고, 선(1502)의 샘플과 동일한 조건 하에서 IOX 처리된 후, 후속 라이트 에칭으로 처리되어 각 표면으로부터 < 2 μm의 두께가 제거된 유리 샘플의 강도의 웨이블 분포를 나타낸다. 이 샘플은 선(1501) 및 (1502)의 샘플 세트 각각에 대해서 B10 파손 확률에서 약 1500 MPa의 증가된 강도를 나타낸다. 따라서, 도 15는 IOX 후 라이트 에칭 수행의 이익을 나타낸다. 다시, 이론에 의해 얽매고 싶지 않지만, IOX 후 라이트 에칭은 결함 깊이를 감소시키고, IOX 공정 자체에 의해 도입된 균열 선단을 뭉툭하게 하고, 따라서 샘플의 강도를 증가시킨다고 믿는다.

[0110] IOX가 딥 에칭된 샘플에서 강도를 감소시키는 것으로 보이지만 (도 15에서 보이는 바와 같이), 도 16은 (도 12-14와 관련해서 위에서 논의한 것 외에 추가로) 절첩가능한 및/또는 롤링가능한 디스플레이의 경우에 유리의 주요 표면의 강화의 또 다른 이익을 나타낸다. 특히, IOX로 처리되지 않은 유리는 그의 (굽힘의) 외측 표면이 압축되지 않음으로써 피로를 겪는다. 따라서, IOX로 처리되지 않은 유리 샘플은 시간 지연 파손을 겪을 것이다. 선(1601)은 200 μm 두께로부터 75 μm 두께로 딥 에칭만 되고 (이것은 IOX로 처리되지 않음), 큐브 코너 다이아몬드 압자와 매우 낮은 하중 10 gf로 접촉한 후에 2점 굽힘 강도 시험으로 시험한 유리 샘플의 강도의 웨이블 분포를 나타낸다. 큐브 코너 시험은 큐브 코너 다이아몬드 압자 팁을 갖는 미투토요(Mitutoyo) HM-200 경도 시험 기계로 수행하였다. 시험은 기기의 샘플 스테이지 상에 놓은 비피복 유리에 대해 수행하였다. 10 그램 힘(gf)의 하중을 가하고 10초의 지속 시간 동안 유지하였다. 압입은 50% 상대 습도 및 25℃에서 수행하였다. 압흔이 시험 샘플의 중심에 있고, 이렇게 해서 이것은 2점 굽힘 시험으로 시험할 때 최대 응력 부위 (최소 반경) 일 것이다. 압입 후, 샘플을 위에서 서술한 2점 굽힘 시험 전에 24 시간 동안 동일 환경에서 유지하였다. 선(1601)은 B10 파손 확률에서 약 150 MPa의 강도를 나타낸다. 선(1603)은 200 μm 두께로부터 75 μm 두께로 딥 에칭되고, IOX로 처리되고, 후속 에칭되어 각 면으로부터 2 μm 두께가 제거되고, 그 다음, 큐브 코너 다이아몬드 압자와 매우 낮은 하중 10 gf로 접촉한 후 2점 굽힘 강도 시험으로 시험한 유리 샘플의 강도의 웨이블 분포를 나타낸다. 선(1603)은 B10 파손 확률에서 약 800 MPa의 강도를 나타낸다. 선(1601)과 선(1501)을 비교하고 선(1603)과 선(1503)을 비교함으로써, 임의의 접촉이 비강화된 부분의 강도를 크게 감소시킬 것이라고 이해된다. 그러나, 선(1603)과 선(1601)을 비교함으로써, IOX로 처리된 부분의 압축 깊이 내에 손상이 함유되어 선(1601)의 비강화된 부분보다 선(1603)의 강화된 부분에 더 큰 강도를 준다고 이해된다. 따라서, 예를 들어 IOX에 의한 강화는 접촉 손상, 심지어 10 gf의 상대적으로 낮은 하중에 의해 야기되는 접촉 손상의 영향을 감소시키는 유익한 방식이다.

[0111] 비커스 균열 개시

[0112] 또한, 본 개시내용에 따른 유리 부재의 예는 강도 제한 결함 생성에 대한 저항성을 제공할 수 있다. 이것은 유리 부재가 커버 유리로 이용되고, 사용자로부터의 접촉 또는 다른 접촉 사건을 겪을 때 유익하다. 이론에 의해 얽매고 싶지 않지만, IOX는 또한 강도-제한 결함 생성에 대한 저항성을 제공한다. 위에서 논의한 바와 같이 딥 에칭되고 IOX로 처리되고 그 다음에 라이트 에칭된 유리 샘플에 >100 μm의 균열을 생성/개시하는 데 2 kgf 초과 힘의 힘이 필요하다. 도 17-20은 IOX로 처리된 도 17 및 18의 샘플 (위에서 논의한 바와 같이 딥 에칭되고, IOX로 처리되고, 그 다음에 라이트 에칭됨)과 IOX로 처리되지 않은 (하지만, 딥 에칭만 수행된) 도 19 및 20의 샘플의 비교를 나타낸다. 도 17은 비커스 다이아몬드 압자로 1 kgf 하중을 받은 IOX로 처리된 샘플을 나타낸다. 비커스 균열 개시 시험은 레코(Leco) 비커스 경도 시험기 LV800AT로 수행하였다. 시험은 압입 기기의 샘플 스테이지 상에 놓인 피비복 유리에 대해 수행하였다. 주어진 하중에서 생긴 10 개 압흔 중 50% 초과가 강도 제한 결함의 존재를 나타낼 때까지 증가하는 하중으로 유리에 압입하였다. 압입은 10 초의 압흔 지속 시

간으로 주위 조건 하에서 수행하였다. 도 17에서 보이는 바와 같이, 압자는 100 μm 미만의 결함을 생성하였다. 도 18은 비커스 압자로 2 kgf 하중을 받은 IOX로 처리된 샘플을 나타낸다. 도 17과 마찬가지로, 압자는 100 μm 미만의 결함을 생성하였다. 따라서, 본 개시내용의 예들이 2 kgf 하중을 견뎌낼 수 있어 강도 제한 결함, 즉, 100 μm 초과 결함을 발생시키지 않는다고 이해된다. 도 19는 비커스 압자로 1 kgf 하중을 받은 IOX로 처리되지 않은 유리 샘플을 나타낸다. 도 19에서 보이는 바와 같이, 압자는 100 μm 초과 결함을 생성하였다. 도 20은 비커스 압자로 2 kgf 하중을 받은 IOX로 처리되지 않은 유리 샘플을 나타낸다. 도 20에서 보이는 바와 같이, 압자는 100 μm보다 훨씬 큰 결함을 생성하였다. 도 17과 도 19의 비교 및 도 18과 도 20의 비교는 IOX로 처리된 유리 부분이 강도 제한 결함, 즉, 100 μm 초과 결함 생성에 대한 저항성을 제공할 수 있다는 것을 나타낸다. 도 18 및 20의 비교에 의해 볼 수 있는 바와 같이, 비커스 압자에 대한 힘의 매우 작은 증가 (즉, 1 kgf에서 2 kgf로 증가)는 비강화된 부분에서 훨씬 더 큰 결함을 생성한다. 이론에 의해 엄매고 싶지 않지만, 비커스 압자가 큐브 코너 압자보다 훨씬 더 넓은 각을 갖기 때문에, 비커스 압자가 강도-제한 결함을 생성하는데 (큐브 코너보다) 훨씬 더 많은 힘을 요구한다고 생각된다.

[0113] 비커스 경도

[0114] 유리 부재는 550 내지 650 kgf/mm²의 비커스 경도를 갖는다. 비커스 경도는 미투토요 HM-114 경도 시험 기계로 측정하였다. 경도는 200 그램 힘(gf)으로 압입하고, 결과적으로 얻은 자국의 두 주대각선 길이의 평균을 측정함으로써 측정하였다. 경도는 다음 식으로 계산하였다: $VHN = (P * 1.8544)/d^2$, 여기서 VHN은 비커스 경도 수치이고, P는 200 gf의 가한 하중이고, d는 평균 주대각선 길이이다. 대표적으로 10회의 VHN 측정을 행하여 평균 VHN을 결정한다. 압입은 50% 상대 습도 및 25°C에서 수행한다. 시험은 압입 기기의 샘플 스테이지 상에 놓인 비피복 유리에 대해 수행한다. 압입의 지속 시간은 10 초이다. 비커스 경도를 포함해서 경도는 물질 내의 영구 변형의 측정값이다. 더 높은 비커스 경도 수치에 의해 증명되는 바와 같이, 물질이 단단할수록, 물질 내의 영구 변형이 적다. 따라서, 경도는 예를 들어 물질과 접촉할 수 있는 열쇠 및 유사한 또는 더 작은 경도를 갖는 물체에 대한 물질의 굽힘 및 다른 손상 저항성의 측정값이다. 550 내지 650 kgf/mm²의 비커스 경도는 장치 커버와 함께 예를 들어 사용자의 주머니 또는 배낭에서 발견할 수 있는 열쇠 및 다른 물체에 대한 장치 커버의 적당한 굽힘 및 다른 손상 저항성을 제공한다.

[0115] 폐쇄력

[0116] 절첩가능한 또는 굽힘가능한 디스플레이에서 또 다른 고려사항은 장치가 절첩되게 하거나 또는 굽히게 하는 힘이다. 장치를 닫는 데 필요한 힘은 사용자가 그것을 닫을 때 사용자를 불편하게 할 정도로 높지 않아야 한다. 추가로, 그 힘은 장치가 닫힌 채 있도록 의도될 때 장치가 열리게 하는 경향이 있을 정도로 높지 않아야 한다. 따라서, 2점 굽힘 폐쇄력이 제한되어야 한다. 그러나, 2점 굽힘 폐쇄력은 또한 본원에서 폭이라고 부르는 절첩선의 방향을 따라서 연장되는 유리 부재의 치수에 의존하기 때문에, 그 힘은 폭을 기초로 해서 정규화되어야 한다. 2점 굽힘 폐쇄력은 하기 식 (4)에 의해 주어지고, 식 (4)는 유리가 마치 그것이 두 평행한 플레이트 사이에 배치된 것처럼, 즉, 유리가 일정한 굽힘 반경을 갖지 않도록 거동할 것이라고 가정한다. 모듈러스 아래의 $(1 - \nu^2)$ 항은 유리같은 물질에서 한 방향에서의 응력/굽힘이 또 다른 방향에서의 수축을 생성할 것이라는 점을 고려한다. 이것은 대표적으로 플레이트 형상 물체의 경우에 해당된다.

$$F = \left(\frac{wt}{6}\right) \left(\frac{\sigma_{\text{최대}}^2}{\left(\frac{E}{1-\nu^2}\right)}\right) \tag{4}$$

[0118] 여기서, t는 샘플의 두께 (단위: mm)이고, w는 절첩 선을 따라서 유리 부재의 폭 (단위: mm)이고, E는 유리 물질의 모듈러스 (단위: GPa)이고, ν는 물질의 푸아송 비이고, 여기서 σ_{최대}는 평행 플레이트 2점 굽힘 방법을 이용할 때 다음 식 (5)에 의해 주어진다.

$$\sigma_{\text{최대}} = 1.198 \frac{E}{1-\nu^2} \left[\frac{t}{(D-t)} \right] \tag{5}$$

[0120] 여기서, E는 물질의 모듈러스 (단위: GPa)이고, ν는 물질의 푸아송 비이고, t는 물질의 두께 (단위: mm)이고, D는 평행한 플레이트 사이의 분리 거리 (단위: mm)이다. 식 (5)는 평행 플레이트 굽힘 기기에서의 최대 응력이고, 식 (5)는 샘플이 시험 기기에서 균일한 일정한 굽힘 반경 (식 (1)의 경우에 가정했던 것)을 달성하지 않을 것이고 더 작은 최소 반경을 가질 것이라는 사실을 고려하기 때문에, 식 (5)는 식 (1)에서의 최대 응력과 상이

하다. 최소 반경 (R)은 $D - h = 2.396 R$ (여기서, h는 유리 두께 (단위 mm)이고, t와 동일함)로 정의된다. 주어진 플레이트 분리에 대해서 결정되는 최소 반경 R을 식 (1)에서 이용해서 최대 응력을 결정할 수 있다.

[0121] 식 (4)의 양변을 절첩 선을 따르는 유리 부재의 폭 w로 나누면 F/w의 값을 얻게 된다. 본 발명자들에 의해 특히 유익한 폐쇄력을 갖는다고 발견된 유리 샘플의 값 - 두께 $t = 0.075 \text{ mm}$, 플레이트 분리 거리 $D = 10 \text{ mm}$ (여기서, 플레이트 분리 거리는 사이클 시험과 관련해서 아래에서 논의되는 평행한 플레이트에 의한 2점 굽힘 방법에서의 플레이트 분리 거리임), 71 GPa의 모듈러스 E, 0.205의 푸아송 비 ν - 을 대입할 때, 본 발명자들은 0.076 N/mm 이하의 F/w 값이 허용가능한 폐쇄력, 즉, 사용자에게 불편을 주지 않는 폐쇄력 및 절첩된 상태로 있을 때 장치가 열리게 하는 경향이 없는 폐쇄력을 얻게 된다는 것을 발견하였다. 예로서, 본 발명자들은 105.2 mm의 폭에서 7.99 N의 폐쇄력이 허용가능하였다는 것을 발견하였다. 20 mm의 폭에서는 1.52 N의 힘이 허용가능하였다. 따라서, 다시, 폭에 관해 정규화할 때, $F/w = 0.076 \text{ N/mm}$ 이하의 값이 허용가능하였다는 것을 발견하였다.

[0122] 사이클 시험

[0123] 디스플레이 또는 다른 장치에 이용할 때, 유리 부재(50)는 반복되는 굽힘 사이클을 겪을 수 있다. 예를 들어, 디스플레이 장치는 반복적으로 절첩하고 펼 수 있다. 따라서, 장치의 적당한 수명을 결정하기 위해, 유리 부재를 절첩하고 펼 수 있는 사이클 수를 특성화하는 것이 유익하다. 유리 부재(50)의 사이클 굽힘 내구성을 시험하기 위해, 유리 부재(50)를 30 mm의 초기 분리 거리 D를 갖는 평행한 두 플레이트(2102) 및 (2104) 사이에 굴곡된 형상으로 배치하였다 (도 21을 참고한다). 그 다음, 플레이트를 여전히 평행하게 있게 하면서 이동시켜서 분리 거리를 목표 거리로 감소시켰고, 그 목표 거리에서 약 1 초 동안 유지시켰고, 그 다음, 30 mm의 초기 분리 거리로 복원시켰고, 초기 분리 거리에서 약 1 초 동안 유지시켰고, 이렇게 해서 사이클을 종료하였다. 플레이트는 38 mm/s의 비율로 이동시켰다. 그 다음에, 사이클을 반복하였다. 그 다음, 유리 부재가 파손될 때까지 사이클 수를 셀 수 있다. 30 mm의 초기 분리 거리 D가 선택되었지만, 다른 시험에서는 초기 분리 거리가 30 mm보다 크거나 또는 작을 수 있다. 30 mm라는 값은 유리 부재(50) 상에 유의미한 하중을 가하지 않는 거리로서 선택되었다. 목표 거리는 시험하고자 하는 목표 굽힘 반경을 달성하도록 변화시킬 수 있다. 목표 굽힘 반경 (시험되고 있는 유리 부재에 의해 달성되는 가장 굽힘 반경임)은 평행한 플레이트(2102, 2104)의 분리 거리 D의 0.414 배이다. 이것은 관심 유리 두께가 대표적으로 플레이트 분리 거리 D보다 훨씬 작을 것이기 때문에 식 (5)에 뒤따르는 논의에서 최소 굽힘 반경 R의 계산으로부터 유리 두께 h (또는 t)를 본질적으로 무시하는 단순화된 계산이다. 그러나, 필요한 정도까지는, 상기 식 (5)에 뒤따르는 논의에서 최소 굽힘 반경 R의 계산을 이용함으로써 유리 두께가 고려될 수 있다. 유리 부재가 시험 기기에서 완벽한 반원을 형성하지 않기 때문에, 굽힘 반경이 단순히 D의 1/2은 아니다. 따라서, 상이한 목표 굽힘 반경을 시험하기 위해, 상이한 평행한 플레이트 거리를 적당히 계산할 수 있다. 나타난 바와 같이, 제1 주요 표면(54)이 굽힘의 외측 표면을 형성하여 평행한 플레이트의 내측 표면과 접촉하고, 한편, 제2 주요 표면(56)이 굽힘의 내측 표면을 형성한다. 제2 층(70)이 제1 주요 표면(54) 상에 존재할 때는, 그것이 평행한 플레이트와 접촉할 것이다. 제2 층(70)의 두께가 대표적으로 최소한 ($1 \mu\text{m}$ 이하 정도)이기 때문에, 플레이트 분리 거리(D)로부터 (도 21에 나타난 바와 같이, 제1 주요 표면(54)에 대해) 굽힘 반경을 계산할 때 제2 층의 두께는 무시될 수 있다. 그러나, 제2 층(70)이 임의의 유의미한 두께를 갖는 정도까지는, 시험되고 있는 주요 표면 (도 21에 나타난 바와 같이, 제1 주요 표면(54))에서 요망되는 목표 굽힘 반경을 달성하기 위해서 플레이트 분리 거리(D)를 제2 층 두께의 2배만큼 증가시킬 수 있다. 제1 주요 표면(54)을 부재(50)의 굽힘 구성의 외측 주요 표면으로 나타내지만, 유사한 방법을 이용해서 유리 부재(50)가 최종 장치에서 취할 구성에 적절하게 제2 주요 표면(56)을 굽힘의 외측 표면으로 하여 굽힘 반경 및 사이클링을 시험할 수 있다.

[0124] 본 개시내용의 한 예에 따른 유리 부재는 위에서 서술한 바와 같이 $75 \mu\text{m}$ 두께를 가졌고, 775 MPa의 IOX 압축 응력 및 $10 \mu\text{m}$ 의 DOL을 가졌고, 9 mm의 목표 플레이트 분리 거리 D에서 200,000 회 초과 굽힘 사이클을 견뎌냈다. 본 개시내용의 또 다른 예에 따른 또 다른 유리 부재는 위에서 서술한 바와 같이 $75 \mu\text{m}$ 의 두께를 가졌고, 775 MPa의 IOX 압축 응력 및 $10 \mu\text{m}$ 의 DOL을 가졌고, 8 mm의 목표 플레이트 분리 거리(D)에서 200,000 회 초과 굽힘 사이클을 견뎌냈다. 대표적인 디스플레이 장치의 경우, 200,000 회의 굽힘 사이클을 합격하는 것이 적당한 수명이라고 생각된다.

[0125] 게다가, 위에서는 동적 굽힘 시험을 서술하지만, 유사한 평행 플레이트 시험 기기를 이용해서 정적 굽힘 반경을 시험할 수 있다. 이 경우, 평행한 플레이트(2102, 2104)는 플레이트 분리 거리의 0.414 배가 시험할 요망되는 정적 굽힘 반경과 같도록 요망되는 분리 거리(D)로 설치된다. 평행한 플레이트(2102, 2104)가 필요한 분리 거

리(D)로 설치되었을 때, 유리 부재를 도 21에 나타낸 굽힘 구성을 달성하도록 평행한 플레이트 사이에 놓는다.

[0126] 결론

[0127] 청구범위의 정신 또는 범위로부터 벗어나지 않으면서 다양한 변경 및 변화를 가할 수 있다는 것이 관련 분야 기술자에게 명백할 것이다. 예를 들어, 스택 조립체(100) (도 1, 1a를 참고한다)에서의 압축 응력 영역(60)을 제 1 주요 표면(54a)에서부터 유리 층(50a) 안으로 연장되는 것으로 나타내고 서술했지만, 제2 주요 표면(56a)에서부터 유리 층(50a) 안으로 연장되는 유사한 압축 응력 영역이 포함될 수 있다. 또한, 예를 들어, 굽힘 반경의 중심이 스택 조립체(100)의 제2 주요 표면(56a)과 동일한 쪽에 있는 것으로 나타냈지만, 그럴 필요는 없다. 대신에, 또는 그에 추가하여, 굽힘 반경의 중심이 스택 조립체(100)의 제1 주요 표면(54a)과 동일한 쪽에 배치될 수 있다. 예를 들어 스택을 삼중-절첩 구성으로 놓을 때처럼 굽힘 반경의 중심은 스택 조립체(100)의 양쪽에 배치될 수 있다. 게다가, 예를 들어, 스택 조립체를 절첩하는 다른 방법에 따라서 스택 조립체의 한 쪽에 굽힘 반경의 하나 초과와 중심이 배치될 수 있다. 게다가, 예를 들어, 임의의 특정한 예에서는 단 1개의 굽힘 반경을 나타냈지만, 임의의 적당한 및/또는 실용적인 수의 굽힘 반경이 스택 조립체에 존재할 수 있다.

[0128] 제1 예시 측면에 따르면, 약 25 μm 내지 약 125 μm 의 두께, 제1 주요 표면 및 제2 주요 표면을 갖는 유리 부재를 포함하고, 유리 부재가 추가로 (a) 제1 주요 표면을 갖는 제1 유리 층; 및 (b) 유리 층의 제1 주요 표면에서의 약 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 정의되는, 유리 층의 제1 주요 표면에서부터 유리 층 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 포함하는 스택 조립체가 제공된다. 유리 부재는 (a) 유리 부재가 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 60분 이상 동안 약 3 mm 내지 약 20 mm의 굽힘 반경으로 유지될 때, 파손 없음; (b) 유리 부재의 제2 주요 표면이 (i) 약 1 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 25 μm 두께의 감압 접착제 및 (ii) 약 10 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 50 μm 두께의 폴리에틸렌 테레프탈레이트 층에 의해 지지되고, 유리 부재의 제1 주요 표면에 200 μm 직경을 갖는 편평한 하부를 갖는 스테인레스강 핀으로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성; 및 (c) 8H 초과와 연필 경도를 특징으로 한다.

[0129] 유리 층이 알칼리-무함유 또는 알칼리-함유 알루미늄실리케이트, 보로실리케이트, 보로알루미늄실리케이트, 또는 실리케이트 유리 조성물을 포함하는 제1 예시 측면의 조립체.

[0130] 유리 부재의 두께가 약 50 μm 내지 약 100 μm 인 상기 제1 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.

[0131] 유리 부재의 두께가 약 60 μm 내지 약 80 μm 인 상기 제1 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.

[0132] 유리 부재의 굽힘 반경이 약 3 mm 내지 약 10 mm인 상기 제1 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.

[0133] 유리 부재의 굽힘 반경이 약 5 mm 내지 약 7 mm인 상기 제1 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.

[0134] 유리 층의 제1 주요 표면에서 압축 응력이 약 600 MPa 내지 1000 MPa인 상기 제1 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.

[0135] 제1 깊이가 유리 층의 제1 주요 표면에서부터 유리 층의 두께의 약 1/3 이하로 설정되는 상기 제1 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.

[0136] 제1 깊이가 유리 층의 제1 주요 표면에서부터 유리 층의 두께의 약 20% 이하로 설정되는 상기 제1 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.

[0137] 제2 예시 측면에 따르면, 유리 부재의 제1 주요 표면 상에 배치된 낮은 마찰 계수를 갖는 제2 층을 추가로 포함하는, 제1 예시 측면에 따른 스택 조립체가 제공된다.

[0138] 제2 층이 열가소성 물질 및 무정형 플루오로카본으로 이루어진 군으로부터 선택되는 플루오로카본 물질을 포함하는 코팅인 제2 예시 측면에 따른 조립체.

[0139] 제2 층이 실리콘, 왁스, 폴리에틸렌, 핫-엔드, 파릴렌, 및 다이아몬드 유사 코팅 제제로 이루어진 군 중 하나 이상을 포함하는 코팅인 제2 예시 측면에 따른 조립체.

[0140] 제2 층이 아연 산화물, 몰리브데넘 디설피드, 텅스텐 디설피드, 육방정 질화붕소, 및 알루미늄 마그네슘 보라이드로 이루어진 군으로부터 선택되는 물질을 포함하는 코팅인 제2 예시 측면에 따른 조립체.

[0141] 제2 층이 아연 산화물, 몰리브데넘 디설피드, 텅스텐 디설피드, 육방정 질화붕소 및 알루미늄 마그네슘 보라이드로 이루어진 군으로부터 선택되는 첨가제를 포함하는 코팅인 제2 예시 측면에 따른 조립체.

[0142] 압축 응력 영역이 유리 층의 제1 주요 표면에 5 μm 이하의 최대 결함 크기를 포함하는 상기 제1 예시 측면 중

어느 하나의 조립체.

- [0143] 압축 응력 영역이 유리 층의 제1 주요 표면에 2.5 μm 이하의 최대 결함 크기를 포함하는 상기 제1 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0144] 압축 응력 영역이 유리 층의 제1 주요 표면에 0.4 μm 이하의 최대 결함 크기를 포함하는 상기 제1 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0145] 유리 부재가 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 120 시간 이상 동안 약 3 mm 내지 약 20 mm의 굽힘 반경으로 유지될 때, 파손 없음을 추가로 특징으로 할 수 있는 상기 제1 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0146] 유리 부재 및 낮은 마찰 계수를 갖는 제2 층이 디스플레이 장치에 이용되도록 구성된 제1 및 제2 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0147] 압축 응력 영역이 복수의 이온-교환가능한 금속 이온 및 복수의 이온-교환된 금속 이온을 포함하고, 이온-교환된 금속 이온이 이온-교환가능한 금속 이온의 원자 반경보다 큰 원자 반경을 갖는 상기 제1 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0148] 유리 층이 가장자리를 추가로 포함하고, 유리 부재가 가장자리에서부터 유리 층 내의 가장자리 깊이까지 연장되는 가장자리 압축 응력 영역을 추가로 포함하고, 가장자리 압축 응력 영역이 가장자리에서의 약 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 정의되는 상기 제1 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0149] 제3 예시 측면에 따르면, 유리 층이 코어 영역, 및 코어 영역 상에 배치된 제1 및 제2 클래드 영역을 추가로 포함할 수 있고, 추가로, 코어 영역의 열 팽창 계수가 클래드 영역의 열 팽창 계수보다 큰 제1 예시 측면에 따른 스택 조립체가 제공된다.
- [0150] 코어 영역이 코어 두께를 가지고, 제1 및 제2 클래드 영역이 제1 및 제2 클래드 두께를 가지고, 두께 비가 코어 두께를 제1 및 제2 클래드 두께의 합으로 나눈으로써 주어지고, 추가로, 두께 비가 3 이상인 제3 예시 측면에 따른 조립체.
- [0151] 유리 부재가 제1 유리 층 아래에 배치되는 1개 이상의 추가의 유리 층을 추가로 포함하는 상기 제1 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0152] 유리 부재가 제1 유리 층 아래에 배치되는 2개의 추가의 유리 층을 추가로 포함하는 상기 제1 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0153] 제4 예시 측면에 따르면, 유리 부재의 두께보다 큰 두께 및 2개의 실질적으로 평행한 가장자리 표면을 갖는 유리 구조물을 추가로 포함하고, 유리 구조물이 유리 부재를 포함하고, 유리 부재가 실질적으로 평행한 가장자리 표면 사이에서 구조물의 중앙 영역에 배열되는, 상기 제1 예시 측면에 따른 스택 조립체가 제공된다.
- [0154] 제5 예시 측면에 따르면, 약 25 μm 내지 약 125 μm 의 두께를 갖는 유리 층을 포함하고, 유리 층이 추가로 (a) 제1 주요 표면; (b) 제2 주요 표면; 및 (c) 유리 층의 제1 주요 표면에서의 약 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 정의되는, 유리 층의 제1 주요 표면에서부터 유리 층 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 포함하는 유리 물품이 제공된다. 유리 층은 (a) 유리 층이 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 60분 이상 동안 약 3 mm 내지 약 20 mm의 굽힘 반경으로 유지될 때, 파손 없음; (b) 유리 층의 제2 주요 표면이 (i) 약 1 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 25 μm 두께의 감압 접착제 및 (ii) 약 10 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 50 μm 두께의 폴리에틸렌 테레프탈레이트 층에 의해 지지되고, 유리 층의 제1 주요 표면에 200 μm 직경을 갖는 편평한 하부를 갖는 스테인레스강 핀으로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성; 및 (c) 8H 초과와 연필 경도를 특징으로 한다.
- [0155] 유리 층이 알칼리-무함유 또는 알칼리-함유 알루미늄실리케이트, 보로실리케이트, 보로알루미늄실리케이트, 또는 실리케이트 유리 조성물을 포함하는 상기 제5 예시 측면의 조립체.
- [0156] 유리 층의 두께가 약 50 μm 내지 약 100 μm 인 상기 제5 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0157] 유리 층의 굽힘 반경이 약 3 mm 내지 약 10 mm인 상기 제5 제2 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0158] 유리 층의 제1 주요 표면에서 압축 응력이 약 600 MPa 내지 1000 MPa인 상기 제5 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0159] 제1 깊이가 유리 층의 제1 주요 표면에서부터 유리 층의 두께의 약 1/3 이하로 설정되는 상기 제5 예시 측면 중

어느 하나의 조립체.

- [0160] 제6 예시 측면에 따르면, 유리 층의 제1 주요 표면 상에 배치된 낮은 마찰 계수를 갖는 제2 층을 추가로 포함하는, 제5 예시 측면에 따른 스택 조립체가 제공된다.
- [0161] 압축 응력 영역이 유리 층의 제1 주요 표면에 5 μm 이하의 최대 결함 크기를 포함하는 상기 제5 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0162] 유리 층이 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 120 시간 이상 동안 약 3 mm 내지 약 20 mm의 굽힘 반경으로 유지될 때, 파손 없음을 추가로 특징으로 할 수 있는 상기 제5 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0163] 유리 층 및 낮은 마찰 계수를 갖는 제2 층이 디스플레이 장치에 이용되도록 구성된 상기 제5 예시 측면 및 제6 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0164] 압축 응력 영역이 복수의 이온-교환가능한 금속 이온 및 복수의 이온-교환된 금속 이온을 포함하고, 이온-교환된 금속 이온이 이온-교환가능한 금속 이온의 원자 반경보다 큰 원자 반경을 갖는 상기 제5 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0165] 유리 층이 가장자리, 및 가장자리에서부터 유리 층 내의 가장자리 깊이까지 연장되는 가장자리 압축 응력 영역을 추가로 포함하고, 가장자리 압축 응력 영역이 가장자리에서의 약 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 정의되는 상기 제5 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0166] 유리 층이 코어 영역, 및 코어 영역 상에 배치된 제1 및 제2 클래드 영역을 추가로 포함하고, 추가로, 코어 영역의 열 팽창 계수가 클래드 영역의 열 팽창 계수보다 큰 상기 제5 예시 측면 중 어느 하나의 조립체.
- [0167] 코어 영역이 코어 두께를 가지고, 제1 및 제2 클래드 영역이 제1 및 제2 클래드 두께를 가지고, 두께 비가 코어 두께를 제1 및 제2 클래드 두께의 합으로 나눔으로써 주어지고, 추가로, 두께 비가 3 이상인 상기 제5 예시 측면 중 어느 하나에 따른 조립체.
- [0168] 제7 예시 측면에 따르면, 유리 층의 두께보다 큰 두께 및 2개의 실질적으로 평행한 가장자리 표면을 갖는 유리 구조물을 추가로 포함하고, 유리 구조물이 유리 층을 포함하고, 유리 층이 실질적으로 평행한 가장자리 표면 사이에서 구조물의 중앙 영역에 배열되는, 제5 예시 측면에 따른 스택 조립체가 제공된다.
- [0169] 제8 예시 측면에 따르면, 제1 주요 표면, 유리 층의 제1 주요 표면에서의 약 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 정의되는 유리 층의 제1 주요 표면에서부터 유리 층 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역, 및 최종 두께를 갖는 제1 유리 층을 형성하는 단계; 및 약 25 μm 내지 약 125 μm 의 두께를 가지고, 추가로 유리 층, 제1 주요 표면 및 제2 주요 표면을 포함하는 유리 부재를 형성하는 단계를 포함하는 스택 조립체의 제조 방법이 제공된다. 유리 부재는 (a) 유리 부재가 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 60분 이상 동안 약 3 mm 내지 약 20 mm의 굽힘 반경으로 유지될 때, 파손 없음; (b) 유리 부재의 제2 주요 표면이 (i) 약 1 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 25 μm 두께의 감압 접착제 및 (ii) 약 10 GPa 미만의 탄성 모듈러스를 갖는 약 50 μm 두께의 폴리테트라플루오로에틸렌 테레프탈레이트 층에 의해 지지되고, 유리 부재의 제1 주요 표면에 200 μm 직경을 갖는 편평한 하부를 갖는 스테인레스강 핀으로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성; 및 (c) 8H 초과와 연필 경도를 특징으로 한다.
- [0170] 제1 유리 층을 형성하는 단계가 용융, 슬롯 드로잉, 압연, 리드 드로잉 및 플로트 공정으로 이루어진 군으로부터 선택되는 형성 공정을 포함하고, 형성 공정이 추가로 유리 층을 최종 두께로 형성하도록 구성된 제8 예시 측면에 따른 방법.
- [0171] 제1 유리 층을 형성하는 단계가 용융, 슬롯 드로잉, 압연, 리드 드로잉 및 플로트 공정으로 이루어진 군으로부터 선택되는 형성 공정, 및 유리 층으로부터 물질을 제거하여 최종 두께에 이르도록 구성된 물질 제거 공정을 포함하는 제8 예시 측면 중 어느 하나에 따른 방법.
- [0172] 유리 층이 알칼리-무함유 또는 알칼리-함유 알루미늄실리케이트, 보로실리케이트, 보로알루미늄실리케이트, 또는 실리케이트 유리 조성물을 포함하는 제8 예시 측면 중 어느 하나에 따른 방법.
- [0173] 제9 예시 측면에 따르면, 유리 층의 제1 주요 표면에서부터 유리 층 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 형성하는 단계가 유리 층 내에 함유된 복수의 이온-교환가능한 금속 이온의 원자 반경보다 크기가 더 큰 원자 반경을 갖는 복수의 이온-교환가능한 금속 이온을 포함하는 강화 조를 제공하고; 유리 층을 강화 조에 침지시켜서 유리 층 내의 복수의 이온-교환가능한 금속 이온의 일부를 강화 조 내의 복수의 이온-교환가능한 금속 이

온의 일부와 교환하여 제1 주요 표면에서부터 유리 층 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 형성하는 것을 포함하는, 제8 예시 측면에 따른 방법이 제공된다.

- [0174] 침지 단계가 유리 층을 강화 조에서 약 400°C 내지 약 450°C에서 약 15분 내지 약 180분 동안 침지시키는 것을 포함하는 제9 예시 측면에 따른 방법.
- [0175] 제10 예시 측면에 따르면, 압축 응력 영역 형성 단계 후 제1 주요 표면에서 유리 층의 최종 두께로부터 약 1 μm 내지 약 5 μm를 제거하는 단계를 추가로 포함하는 제8 예시 측면에 따른 방법이 제공된다.
- [0176] 최종 두께가 약 50 μm 내지 약 100 μm인 제8 예시 측면 중 어느 하나에 따른 방법.
- [0177] 굽힘 반경이 약 3 mm 내지 약 10 mm인 제8 예시 측면 중 어느 하나에 따른 방법.
- [0178] 압축 응력이 약 600 MPa 내지 1000 MPa인 제8 예시 측면 중 어느 하나에 따른 방법.
- [0179] 제1 깊이가 유리 층의 제1 주요 표면에서부터 유리 층의 최종 두께의 약 1/3 이하로 설정되는 제8 예시 측면 중 어느 하나에 따른 방법.
- [0180] 제11 예시 측면에 따르면, 제1 유리 층을 형성하는 단계가 코어 영역을 형성하고, 코어 영역 상에 배치되는 제1 및 제2 클래드 영역을 형성하는 것을 추가로 포함하고, 추가로, 코어 영역의 열 팽창 계수가 클래드 영역의 열 팽창 계수보다 큰 제8 예시 측면에 따른 방법이 제공된다.
- [0181] 코어 영역이 코어 두께를 가지고, 제1 및 제2 클래드 영역이 제1 및 제2 클래드 두께를 가지고, 두께 비가 코어 두께를 제1 및 제2 클래드 두께의 합으로 나눈으로써 주어지고, 추가로, 두께 비가 3 이상인 제11 예시 측면에 따른 방법.
- [0182] 유리 층의 제1 주요 표면 상에 배치되는 낮은 마찰 계수를 갖는 제2 층을 형성하는 단계를 추가로 포함하는 제8 예시 측면 중 어느 하나에 따른 방법.
- [0183] 제거 단계가 압축 응력 영역이 유리 층의 제1 주요 표면에 5 μm 이하의 최대 결함 크기를 포함하도록 수행되는 제10 예시 측면에 따른 방법.
- [0184] 제거 단계가 압축 응력 영역이 유리 층의 제1 주요 표면에 2.5 μm 이하의 최대 결함 크기를 포함하도록 수행되는 제10 예시 측면에 따른 방법.
- [0185] 유리 층이 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 120 시간 이상 동안 약 3 mm 내지 약 20 mm의 굽힘 반경으로 유지될 때, 파손 없음을 추가로 특징으로 할 수 있는 제8 예시 측면 중 어느 하나에 따른 방법.
- [0186] 제12 측면에 따르면, 3 kgf 이상의 천공 저항성을 제공하는 제1 두께; 및 5 mm의 굽힘 반경을 달성하는 능력을 기관에 제공하는 제2 두께를 포함하는 유리 기관이 제공된다.
- [0187] 제13 측면에 따르면, 제2 두께가 2 mm의 굽힘 반경을 달성하는 능력을 기관에 제공하는 제12 측면의 유리 기관이 제공된다.
- [0188] 제14 측면에 따르면, 제2 두께가 1 mm의 굽힘 반경을 달성하는 능력을 기관에 제공하는 제12 측면의 유리 기관이 제공된다.
- [0189] 제15 측면에 따르면, 제2 두께가 ≤ 30 μm인 제12 측면 내지 제14 측면 중 어느 하나의 유리 기관이 제공된다.
- [0190] 제16 측면에 따르면, 제2 두께가 ≤ 25 μm인 제12 측면 내지 제14 측면 중 어느 하나의 유리 기관이 제공된다.
- [0191] 제17 측면에 따르면, 길이를 추가로 포함하고, 제2 두께가 전체 길이를 가로질러서 연속으로 제공되는 제12 측면 내지 제16 측면 중 어느 하나의 유리 기관이 제공된다.
- [0192] 제18 측면에 따르면, 제2 두께를 갖는 기관의 부분을 덮도록 배치되는 보호 부재를 추가로 포함하는 제12 측면 내지 제17 측면 중 어느 하나의 유리 기관이 제공된다.
- [0193] 제19 측면에 따르면, 제1 두께가 ≥ 130 μm인 제12 측면 내지 제18 측면 중 어느 하나의 유리 기관이 제공된다.
- [0194] 제20 측면에 따르면, 유리 기관이 알칼리-무함유 알루미늄-보로-실리케이트 유리인 조성물을 포함하는 제12 측면 내지 제19 측면 중 어느 하나의 유리 기관이 제공된다.
- [0195] 제21 측면에 따르면, 파손 전에 100회 이상의 5 mm 반경 굽힘 사이클을 수행할 수 있는 제12 측면 내지 제20 측

면 중 어느 하나의 유리 기판이 제공된다.

- [0196] 제22 측면에 따르면, > 50 GPa의 영의 모듈러스를 추가로 포함하는 제12 측면 내지 제21 측면 중 어느 하나의 유리 기판이 제공된다.
- [0197] 제23 측면에 따르면, 8H 이상의 연필 경도를 갖는 제12 측면 내지 제22 측면 중 어느 하나의 유리 기판이 제공된다.
- [0198] 제24 측면에 따르면, 본체 및 커버 유리를 포함하고, 커버 유리가 제12 측면 내지 제23 측면 중 어느 하나의 유리 기판을 포함하는 디스플레이 장치가 제공된다.
- [0199] 제25 측면에 따르면, 제1 두께를 갖는 기판을 얻고, 제1 두께보다 작은 제2 두께를 달성하도록 기판의 일부를 제거하는 것을 포함하고, 여기서 제1 두께가 기판에 3 kgf 이상의 천공 저항성을 제공하고, 여기서 제2 두께가 기판에 5 mm의 굽힘 반경을 달성하는 능력을 제공하고, 여기서 제거 후 기판이 제1 두께를 갖는 부분을 유지하는, 유리 에칭 방법이 제공된다.
- [0200] 제26 측면에 따르면, 제거가 에칭에 의해 수행되는 제25 측면의 방법이 제공된다.
- [0201] 제27 측면에 따르면, 제2 두께가 기판에 2 mm의 굽힘 반경을 달성하는 능력을 제공하는 제25 측면 또는 제26 측면의 방법이 제공된다.
- [0202] 제28 측면에 따르면, 제2 두께가 기판에 1 mm의 굽힘 반경을 달성하는 능력을 제공하는 제25 측면 또는 제26 측면의 방법이 제공된다.
- [0203] 제29 측면에 따르면, 제2 두께가 $\leq 30 \mu\text{m}$ 인 제25 측면 내지 제28 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0204] 제30 측면에 따르면, 제2 두께가 $\leq 25 \mu\text{m}$ 인 제25 측면 내지 제28 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0205] 제31 측면에 따르면, 기판이 길이를 포함하고, 제거가 전체 길이를 따라서 연속으로 제2 두께를 제공하는 제25 측면 내지 제30 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0206] 제32 측면에 따르면, 제2 두께를 갖는 기판의 부분을 덮는 보호 부재를 배치하는 것을 추가로 포함하는 제25 측면 내지 제31 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0207] 제33 측면에 따르면, 제1 두께가 $\geq 130 \mu\text{m}$ 인 제25 측면 내지 제32 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0208] 제34 측면에 따르면, 유리 기판이 알칼리-무함유 알루미늄-boro-실리케이트 유리인 조성물을 포함하는 제25 측면 내지 제33 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0209] 제35 측면에 따르면, 기판이 가장자리를 포함하고, 방법이 가장자리를 에칭하는 것을 추가로 포함하는 제25 측면 내지 제34 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0210] 제36 측면에 따르면, 가장자리를 에칭하는 것이 제거와 동시에 수행되는 제35 측면의 방법이 제공된다.
- [0211] 제37 측면에 따르면, 유리 기판이 > 50 GPa의 영의 모듈러스를 포함하는 제25 측면 내지 제36 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0212] 제38 측면에 따르면, 유리 기판이 8H 이상의 연필 경도를 포함하는 제25 측면 내지 제37 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0213] 제39 측면에 따르면,
- [0214] 약 25 μm 내지 약 125 μm 의 두께를 갖는 유리 부재를 포함하고, 유리 부재가 추가로
- [0215] (a) 제1 주요 표면;
- [0216] (b) 제2 주요 표면; 및
- [0217] (c) 유리 부재의 제1 주요 표면에서의 약 100 MPa 이상의 압축 응력 σI 에 의해 정의되는, 유리 부재의 제1 주요 표면에서부터 유리 부재 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역
- [0218] 을 포함하고,
- [0219] 여기서, 유리 부재가

- [0220] (a) 제1 주요 표면에 굽힘 응력 σ_B 를 유발하도록 제2 주요 표면 쪽에 곡률 중심을 두고 1 mm 내지 20 mm의 목표 굽힘 반경으로 유리 부재를 굽힐 때, $\sigma_I + \sigma_B < 0$ 이도록 하는 응력 프로파일; 및
- [0221] (b) 유리 부재의 제1 주요 표면에 1.5 mm의 직경을 갖는 텅스텐 카바이드 볼로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초과
의 천공 저항성
- [0222] 을 특징으로 하는 유리 물품이 제공된다.
- [0223] 제40 측면에 따르면, 제1 주요 표면 아래 1 μm 이상의 깊이까지 $\sigma_I + \sigma_B < 0$ 인 제39 측면의 유리 물품이 제공
된다.
- [0224] 제41 측면에 따르면, 제1 주요 표면 아래 2 μm 이상의 깊이까지 $\sigma_I + \sigma_B < 0$ 인 제39 측면의 유리 물품이 제공
된다.
- [0225] 제42 측면에 따르면, 제1 주요 표면 아래 3 μm 이상의 깊이까지 $\sigma_I + \sigma_B < 0$ 인 제39 측면의 유리 물품이 제공
된다.
- [0226] 제43 측면에 따르면,
- [0227] 약 25 μm 내지 약 125 μm 의 두께를 갖는 유리 부재를 포함하고, 유리 부재가 추가로
- [0228] (a) 제1 주요 표면;
- [0229] (b) 제2 주요 표면; 및
- [0230] (c) 유리 부재의 제1 주요 표면에서의 약 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 정의되는, 유리 부재의 제1 주요 표
면에서부터 유리 부재 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역
- [0231] 을 포함하고,
- [0232] 여기서, 유리 부재가
- [0233] (a) 유리 부재에 평행 플레이트법에 의해, 1 mm 내지 20 mm의 목표 굽힘 반경으로의 200,000 회의 굽힘 사이클
을 적용할 때, 파손 없음;
- [0234] (b) 유리 부재의 제1 주요 표면에 1.5 mm의 직경을 갖는 텅스텐 카바이드 볼로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초
과
의 천공 저항성
- [0235] 을 특징으로 하는 유리 물품이 제공된다.
- [0236] 제44 측면에 따르면,
- [0237] 약 25 μm 내지 약 125 μm 의 두께를 갖는 유리 부재를 포함하고, 유리 부재가 추가로
- [0238] (a) 제1 주요 표면;
- [0239] (b) 제2 주요 표면; 및
- [0240] (c) 유리 부재의 제1 주요 표면에서의 약 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 정의되는, 유리 부재의 제1 주요 표
면에서부터 유리 부재 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역
- [0241] 을 포함하고,
- [0242] 여기서, 유리 부재가
- [0243] (a) 유리 부재가 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 60분 이상 동안 약 1 mm 내지 약 20 mm의 굽힘 반경으로 유
지될 때, 파손 없음;
- [0244] (b) 유리 부재의 제1 주요 표면에 1.5 mm의 직경을 갖는 텅스텐 카바이드 볼로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초
과
의 천공 저항성
- [0245] 을 특징으로 하는 유리 물품이 제공된다.
- [0246] 제45 측면에 따르면, 유리 부재가 (c) 8H 이상의 연필 경도를 포함하는 제39 측면 내지 제44 측면 중 어느 하나
의 물품이 제공된다.

- [0247] 제46 측면에 따르면, 유리 부재가 복수의 층을 포함하는 제39 측면 내지 제45 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.
- [0248] 제47 측면에 따르면, 복수의 층 각각이 동일한 구성을 갖는 제46 측면의 물품이 제공된다.
- [0249] 제48 측면에 따르면, 유리 부재의 제1 주요 표면에 200 μm 직경을 갖는 편평한 하부를 갖는 스테인레스강 핀으로 하중을 가할 때, 유리 부재가 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성을 포함하는 제39 측면 내지 제47 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.
- [0250] 제49 측면에 따르면, 유리 부재의 제1 주요 표면에 1.0 mm의 직경을 갖는 텅스텐 카바이드 볼로 하중을 가할 때, 유리 부재가 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성을 포함하는 제39 측면 내지 제48 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.
- [0251] 제50 측면에 따르면, 유리 부재의 제1 주요 표면에 0.5 mm의 직경을 갖는 텅스텐 카바이드 볼로 하중을 가할 때, 유리 부재가 약 1 kgf 초과와 천공 저항성을 포함하는 제39 측면 내지 제49 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.
- [0252] 제51 측면에 따르면, 유리 부재의 제1 주요 표면이 비커스 압자로부터 1 kgf 하중을 받을 때 제1 주요 표면 내에 $\leq 100 \mu\text{m}$ 의 결함이 도입되는 제39 측면 내지 제50 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.
- [0253] 제52 측면에 따르면, 유리 부재의 제1 주요 표면이 비커스 압자로부터 2 kgf 하중을 받을 때 제1 주요 표면 내에 $\leq 100 \mu\text{m}$ 의 결함이 도입되는 제39 측면 내지 제50 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.
- [0254] 제53 측면에 따르면, 유리 부재가 550 내지 650 kgf/mm²의 비커스 경도를 갖는 제39 측면 내지 제52 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.
- [0255] 제54 측면에 따르면, 유리 부재가 10 gf의 하중을 받는 큐브 코너 다이아몬드 압자와 접촉한 후 800 MPa 초과와 보유된 B10 굽힘 강도를 갖는 제39 측면 내지 제53 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.
- [0256] 제55 측면에 따르면, $F/w \leq 0.76 \text{ N/mm}$ 를 포함하고, 여기서 F는 유리 부재를 목표 굽힘 반경으로 굽히는 폐쇄력이고, w는 유리가 굽혀지는 축에 평행한 방향에서의 유리 부재의 치수인 제39 측면 내지 제54 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.
- [0257] 제56 측면에 따르면, 유리 부재가 알칼리-무함유 또는 알칼리-함유 알루미늄실리케이트, 보로실리케이트, 보로알루미늄실리케이트, 또는 실리케이트 유리 조성물을 포함하는 제39 측면 내지 제55 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.
- [0258] 제57 측면에 따르면, 유리 부재의 두께가 약 50 μm 내지 약 100 μm 인 제39 측면 내지 제56 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.
- [0259] 제58 측면에 따르면, 유리 부재의 굽힘 반경이 약 3 mm 내지 약 10 mm인 제39 측면 내지 제57 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.
- [0260] 제59 측면에 따르면, 유리 부재의 제1 주요 표면에서 압축 응력이 약 600 MPa 내지 1000 MPa인 제39 측면 내지 제58 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.
- [0261] 제60 측면에 따르면, 제1 깊이가 유리 부재의 제1 주요 표면에서부터 유리 부재의 두께의 약 1/3 이하로 설정되는 제39 측면 내지 제59 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.
- [0262] 제61 측면에 따르면,
- [0263] 유리 부재의 제1 주요 표면 상에 배치된 낮은 마찰 계수를 갖는 제2 층
- [0264] 을 추가로 포함하는 제39 측면 내지 제60 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.
- [0265] 제62 측면에 따르면, 압축 응력 영역이 유리 부재의 제1 주요 표면에 5 μm 이하의 최대 결함 크기를 포함하는 제39 측면 내지 제61 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.
- [0266] 제63 측면에 따르면, 압축 응력 영역이 복수의 이온-교환가능한 금속 이온 및 복수의 이온-교환된 금속 이온을 포함하고, 이온-교환된 금속 이온이 이온-교환가능한 금속 이온의 원자 반경보다 큰 원자 반경을 갖는 제39 측면 내지 제62 측면 중 어느 하나의 물품이 제공된다.

- [0267] 제64 측면에 따르면, 유리 부재가 가장자리, 및 가장자리에서부터 유리 부재 내의 가장자리 깊이까지 연장되는 가장자리 압축 응력 영역을 추가로 포함하고, 가장자리 압축 응력 영역이 가장자리에서의 약 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 정의되는 제63 측면의 물품이 제공된다.
- [0268] 제65 측면에 따르면,
- [0269] 절첩가능한 특징부를 갖는 전자 장치를 포함하고, 여기서 절첩가능한 특징부가 제39 측면 내지 제64 측면 중 어느 하나에 따른 스택 조립체를 포함하는, 절첩가능한 전자 장치가 제공된다.
- [0270]
- [0271] 제66 측면에 따르면,
- [0272] 약 25 μm 내지 약 125 μm 의 두께를 갖는 유리 부재를 형성하는 단계를 포함하고, 유리 부재가 추가로
- [0273] (a) 제1 주요 표면;
- [0274] (b) 제2 주요 표면; 및
- [0275] (c) 유리 부재의 제1 주요 표면에서의 약 100 MPa 이상의 압축 응력 σI 에 의해 정의되는, 유리 부재의 제1 주요 표면에서부터 유리 부재 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역
- [0276] 을 포함하고,
- [0277] 여기서, 유리 부재가
- [0278] (a) 제1 주요 표면에 굽힘 응력 σB 를 유발하도록 제2 주요 표면 쪽에 곡률 중심을 두고 1 mm 내지 20 mm의 목표 굽힘 반경으로 유리 부재를 굽힐 때, $\sigma\text{I} + \sigma\text{B} < 0$ 이도록 하는 응력 프로파일; 및
- [0279] (b) 유리 부재의 제1 주요 표면에 1.5 mm의 직경을 갖는 텅스텐 카바이드 볼로 하중을 가할 때 약 1.5 kgf 초과 의 천공 저항성
- [0280] 을 특징으로 하는 스택 조립체의 제조 방법이 제공된다.
- [0281] 제67 측면에 따르면, 제1 주요 표면 아래 1 μm 이상의 깊이까지 $\sigma\text{I} + \sigma\text{B} < 0$ 인 제66 측면의 유리 물품이 제공 된다.
- [0282] 제68 측면에 따르면, 제1 주요 표면 아래 2 μm 이상의 깊이까지 $\sigma\text{I} + \sigma\text{B} < 0$ 인 제66 측면의 유리 물품이 제공 된다.
- [0283] 제69 측면에 따르면, 제1 주요 표면 아래 3 μm 이상의 깊이까지 $\sigma\text{I} + \sigma\text{B} < 0$ 인 제66 측면의 유리 물품이 제공 된다.
- [0284] 제70 측면에 따르면,
- [0285] 약 25 μm 내지 약 125 μm 의 두께를 갖는 유리 부재를 형성하는 단계를 포함하고, 유리 부재가 추가로
- [0286] (a) 제1 주요 표면;
- [0287] (b) 제2 주요 표면; 및
- [0288] (c) 유리 부재의 제1 주요 표면에서의 약 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 정의되는, 유리 부재의 제1 주요 표 면에서부터 유리 부재 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역
- [0289] 을 포함하고,
- [0290] 여기서, 유리 부재가
- [0291] (a) 유리 부재에 평행 플레이트법에 의해, 1 mm 내지 20 mm의 목표 굽힘 반경으로의 200,000 회의 굽힘 사이클 을 적용할 때, 파손 없음;
- [0292] (b) 유리 부재의 제1 주요 표면에 1.5 mm의 직경을 갖는 텅스텐 카바이드 볼로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초과 의 천공 저항성
- [0293] 을 특징으로 하는 스택 조립체의 제조 방법이 제공된다.

- [0294] 제71 측면에 따르면,
- [0295] 제1 주요 표면, 유리 부재의 제1 주요 표면에서의 약 100 MPa 이상의 압축 응력에 의해 정의되는, 유리 부재의 제1 주요 표면에서부터 유리 부재 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역, 및 최종 두께를 갖는 제1 유리 부재를 형성하는 단계
- [0296] 를 포함하고,
- [0297] 여기서, 유리 부재가
- [0298] (a) 유리 부재가 약 25°C 및 약 50% 상대 습도에서 60 분 이상 동안 약 1 mm 내지 약 20 mm의 굽힘 반경으로 유지될 때, 파손 없음; 및
- [0299] (b) 유리 부재의 제1 주요 표면에 1.5 mm의 직경을 갖는 텅스텐 카바이드 볼로 하중을 가할 때, 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성
- [0300] 을 특징으로 하는 스택 조립체의 제조 방법이 제공된다.
- [0301] 제72 측면에 따르면, 제1 유리 층을 형성하는 단계가 용융, 슬롯 드로잉, 압연, 리드로잉 및 플로트 공정으로 이루어진 군으로부터 선택되는 형성 공정을 포함하고, 형성 공정이 추가로 유리 층을 최종 두께로 형성하도록 구성된 제66 측면 내지 제71 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0302] 제73 측면에 따르면, 제1 유리 층을 형성하는 단계가 용융, 슬롯 드로잉, 압연, 리드로잉 및 플로트 공정으로 이루어진 군으로부터 선택되는 형성 공정, 및 유리 층으로부터 물질을 제거하여 최종 두께에 이르게 하는 물질 제거 공정을 포함하는 제66 측면 내지 제71 측면 중 어느 한 측면이 방법이 제공된다.
- [0303] 제74 측면에 따르면, 유리 층이 알칼리-무함유 또는 알칼리-함유 알루미늄실리케이트, 보로실리케이트, 보로알루미늄실리케이트, 또는 실리케이트 유리 조성물을 포함하는 제66 측면 내지 제73 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0304] 제75 측면에 따르면, 유리 층의 제1 주요 표면에서부터 유리 층 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 형성하는 단계가
- [0305] 유리 층 내에 함유된 복수의 이온-교환가능한 금속 이온의 원자 반경보다 크기가 더 큰 원자 반경을 갖는 복수의 이온-교환하는 금속 이온을 포함하는 강화 조를 제공하고;
- [0306] 유리 층을 강화 조에 침지시켜서 유리 층 내의 복수의 이온-교환가능한 금속 이온의 일부를 강화 조 내의 복수의 이온-교환하는 금속 이온의 일부와 교환하여 제1 주요 표면에서부터 유리 층 내의 제1 깊이까지 연장되는 압축 응력 영역을 형성하는
- [0307] 것을 포함하는 제66 측면 내지 제74 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0308] 제76 측면에 따르면, 침지 단계가 유리 층을 강화 조에서 약 400°C 내지 약 450°C에서 약 15분 내지 약 180분 동안 침지시키는 것을 포함하는 제75 측면의 방법이 제공된다.
- [0309] 제77 측면에 따르면,
- [0310] 압축 응력 영역 형성 단계 후 제1 주요 표면에서 유리 층의 최종 두께로부터 약 1 μm 내지 약 5 μm를 제거하는
- [0311] 단계를 추가로 포함하는 제66 측면 내지 제76 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0312] 제78 측면에 따르면,
- [0313] 압축 응력 영역 형성 단계 후 제1 주요 표면에서 유리 층의 최종 두께로부터 약 1 μm 내지 약 5 μm를 제거하는 단계
- [0314] 를 추가로 포함하고, 여기서 제거 단계가 유리 층을 침지시키는 단계 후에 수행되는 제75 측면 또는 제76 측면의 방법이 제공된다.
- [0315] 제79 측면에 따르면, 압축 응력이 약 600 MPa 내지 1000 MPa인 제66 측면 내지 제78 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0316] 제80 측면에 따르면, 유리 부재가 8H 이상의 연필 경도를 포함하는 제66 측면 내지 제79 측면 중 어느 하나의

방법이 제공된다.

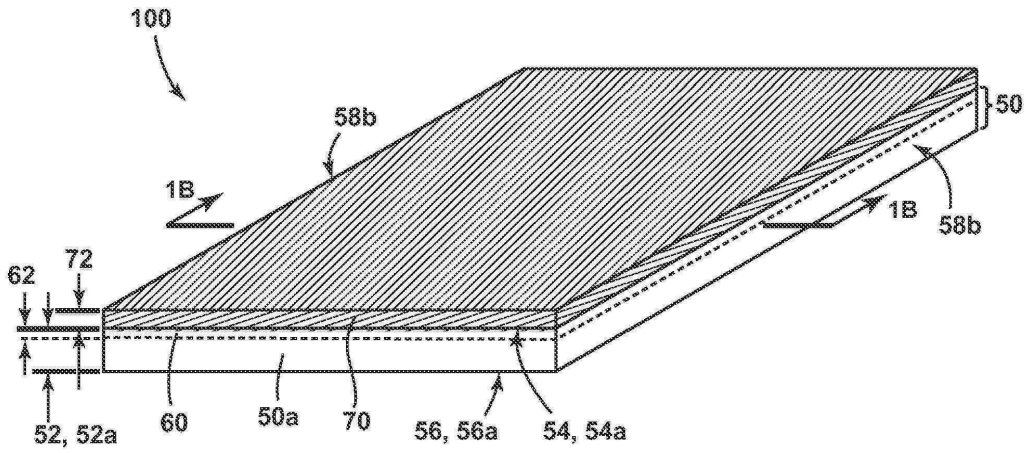
- [0317] 제81 측면에 따르면, 유리 부재가 복수의 층을 포함하는 제66 측면 내지 제80 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0318] 제82 측면에 따르면, 복수의 층 각각이 동일한 구성을 갖는 제81 측면의 방법이 제공된다.
- [0319] 제83 측면에 따르면, 유리 부재의 제1 주요 표면에 200 μm 직경을 갖는 편평한 하부를 갖는 스테인레스강 핀으로 하중을 가할 때, 유리 부재가 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성을 포함하는 제66 측면 내지 제82 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0320] 제84 측면에 따르면, 유리 부재의 제1 주요 표면에 1.0 mm의 직경을 갖는 텅스텐 카바이드 볼로 하중을 가할 때, 유리 부재가 약 1.5 kgf 초과와 천공 저항성을 포함하는 제66 측면 내지 제83 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0321] 제85 측면에 따르면, 유리 부재의 제1 주요 표면에 0.5 mm의 직경을 갖는 텅스텐 카바이드 볼로 하중을 가할 때, 유리 부재가 약 1 kgf 초과와 천공 저항성을 포함하는 제66 측면 내지 제84 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0322] 제86 측면에 따르면, 유리 부재의 제1 주요 표면이 비커스 압자로부터 1 kgf 하중을 받을 때, 제1 주요 표면 내에 $\leq 100 \mu\text{m}$ 의 결함이 도입되는 제66 측면 내지 제85 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0323] 제87 측면에 따르면, 유리 부재의 제1 주요 표면이 비커스 압자로부터 2 kgf 하중을 받을 때, 제1 주요 표면 내에 $\leq 100 \mu\text{m}$ 의 결함이 도입되는 제85 측면의 방법이 제공된다.
- [0324] 제88 측면에 따르면, 유리 부재가 550 내지 650 kgf/mm²의 비커스 경도를 갖는 제66 측면 내지 제87 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0325] 제89 측면에 따르면, 유리 부재가 10 gf의 하중을 받는 큐브 코너 다이아몬드 압자와 접촉한 후 800 MPa 초과와 보유된 B10 굽힘 강도를 갖는 제66 측면 내지 제88 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.
- [0326] 제90 측면에 따르면, $F/w \leq 0.76 \text{ N/mm}$ 를 포함하고, 여기서 F는 유리 부재를 목표 굽힘 반경으로 굽히는 폐쇄력이고, w는 유리가 굽혀지는 축에 평행한 방향에서의 유리 부재의 치수인 제66 측면 내지 제89 측면 중 어느 하나의 방법이 제공된다.

부호의 설명

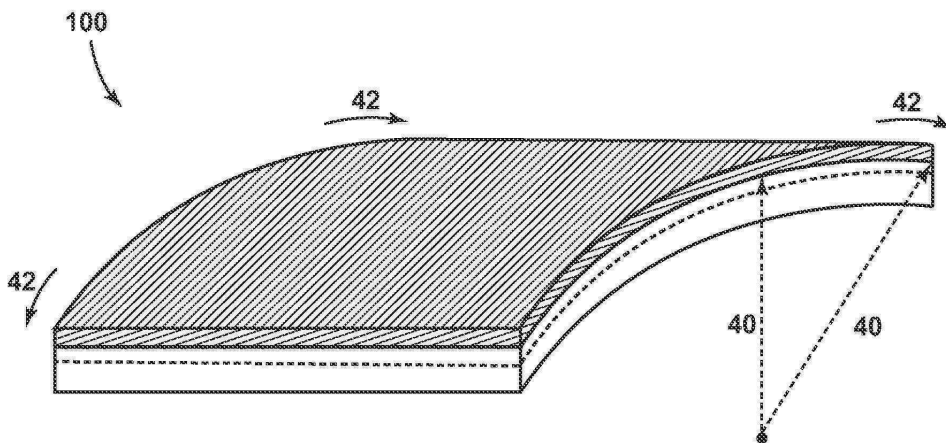
- [0327] 50: 유리 부재
- 54: 제1 주요 표면
- 56: 제2 주요 표면
- 60: 압축 응력 영역
- 100: 스택 조립체

도면

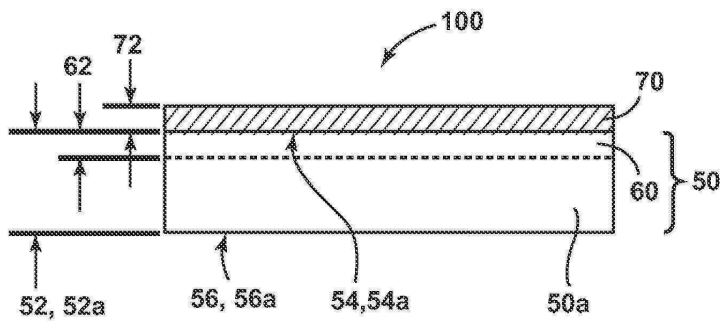
도면1



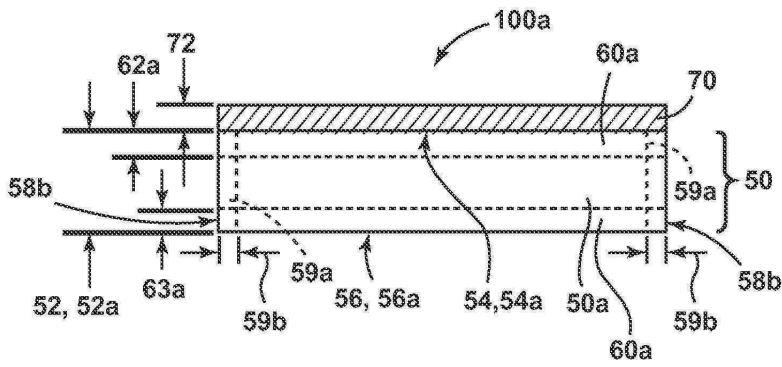
도면1a



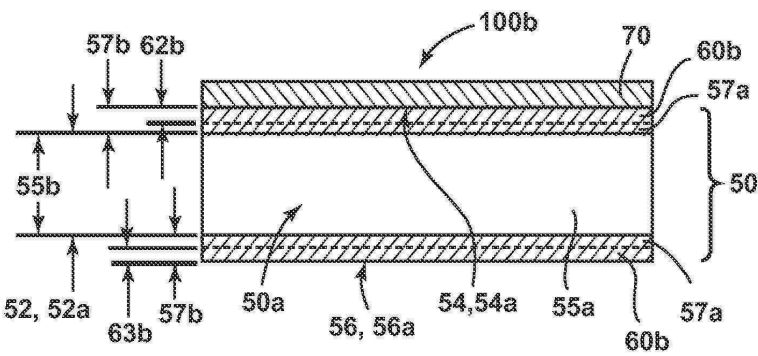
도면1b



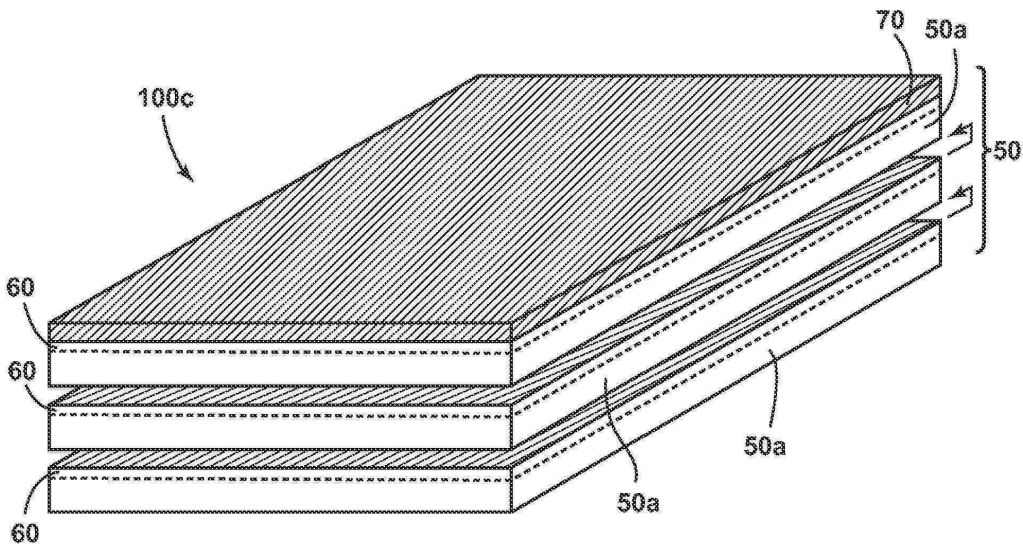
도면1c



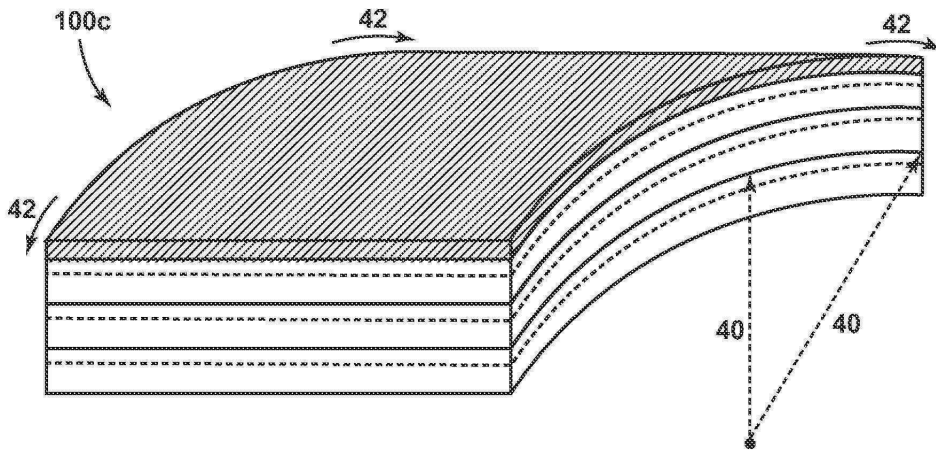
도면1d



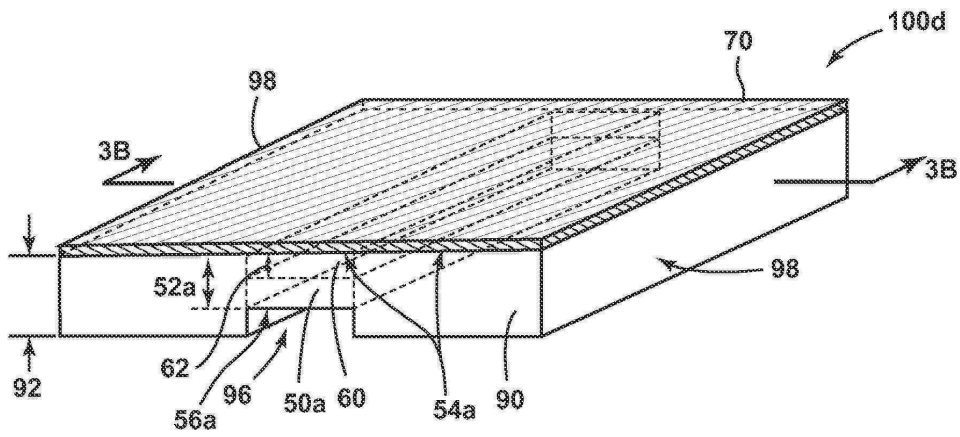
도면2



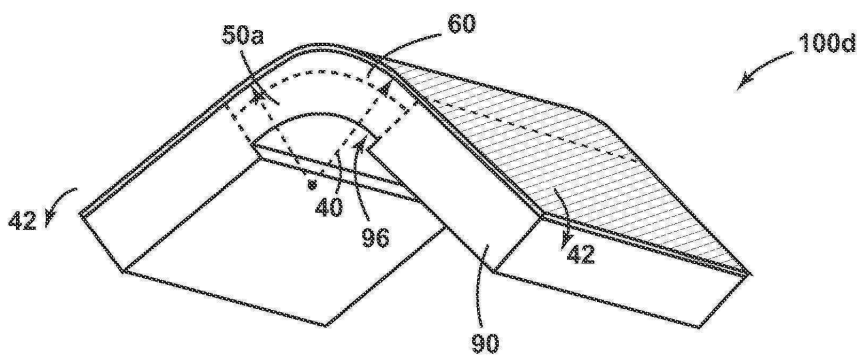
도면2a



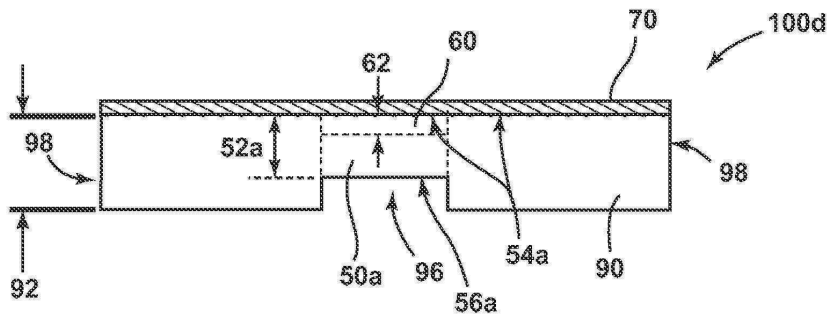
도면3



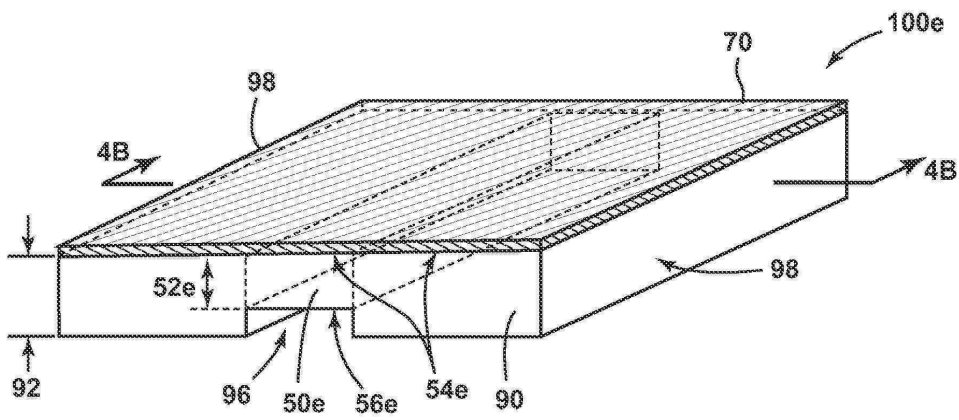
도면3a



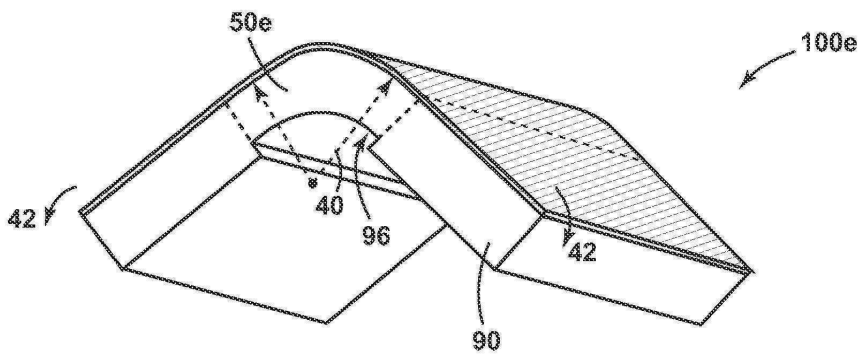
도면3b



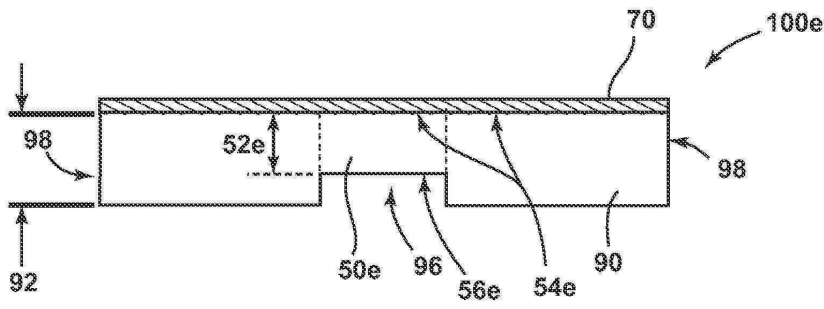
도면4



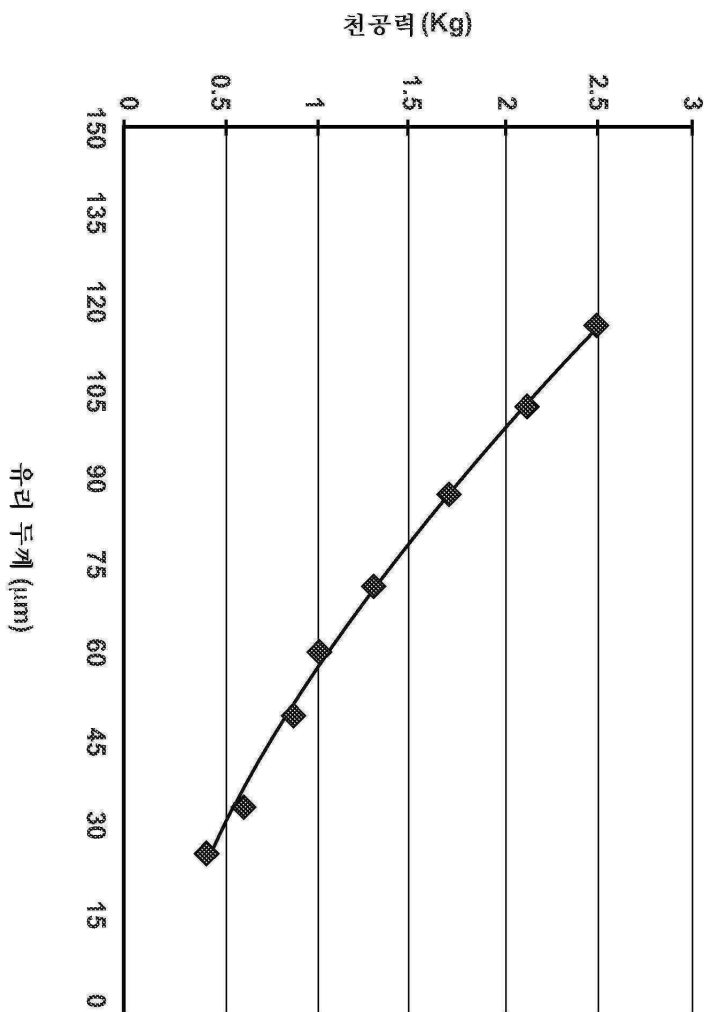
도면4a



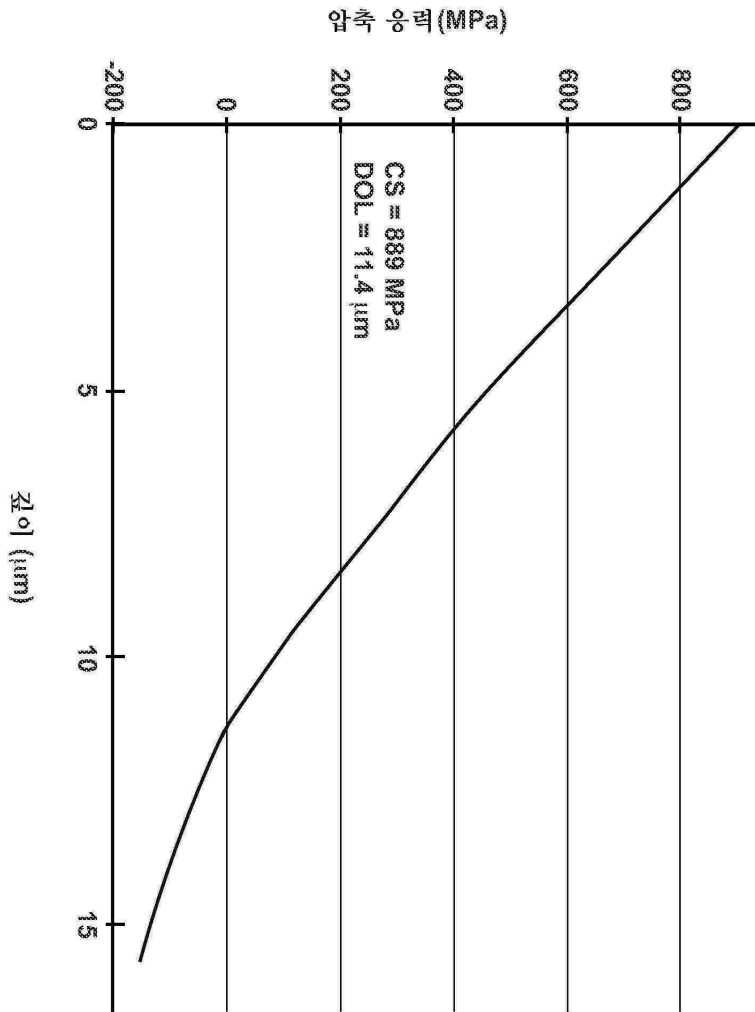
도면4b



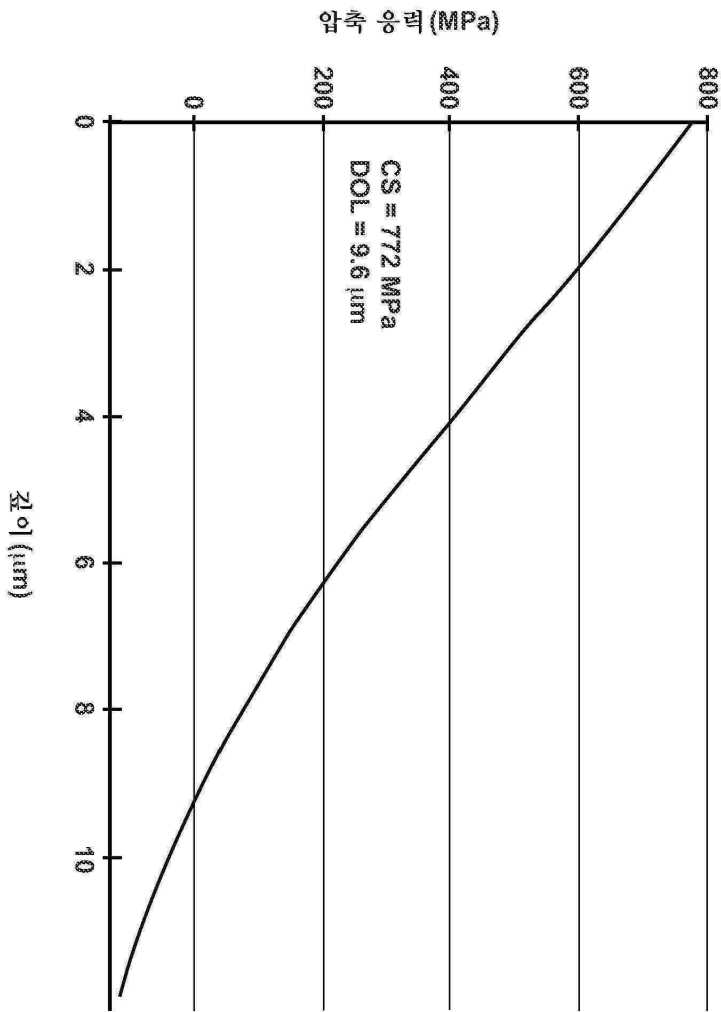
도면5



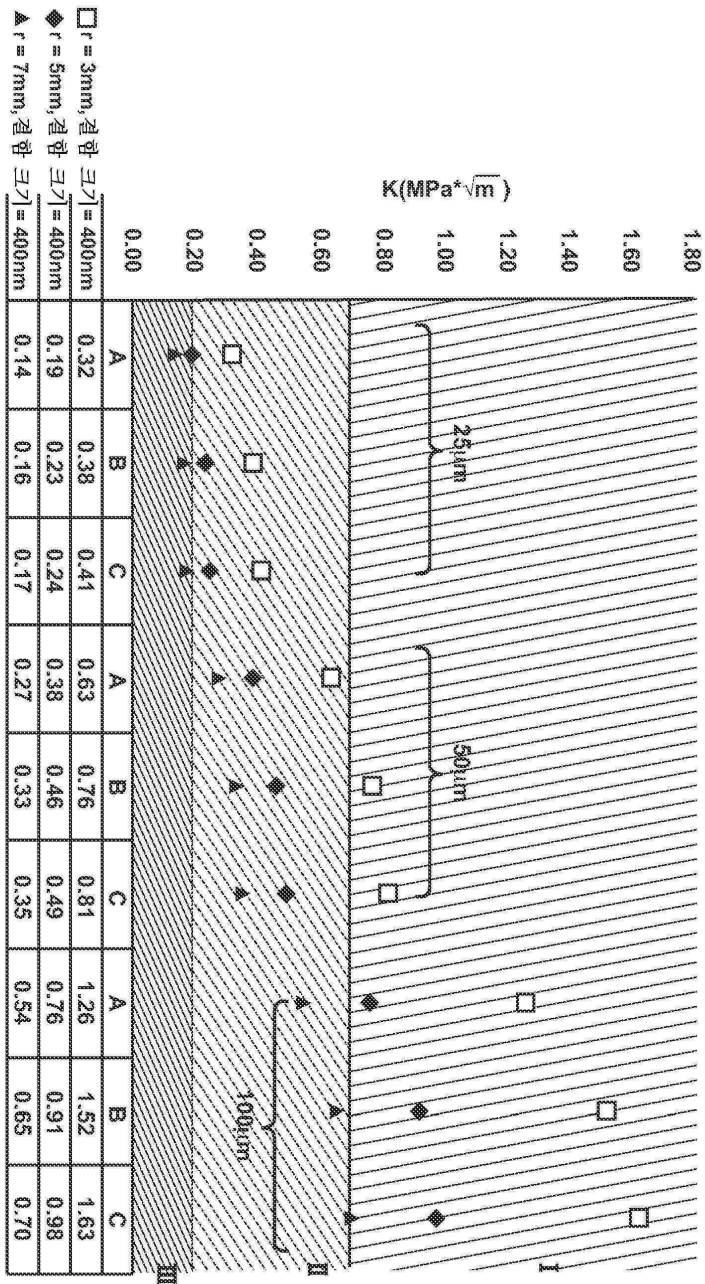
도면6a



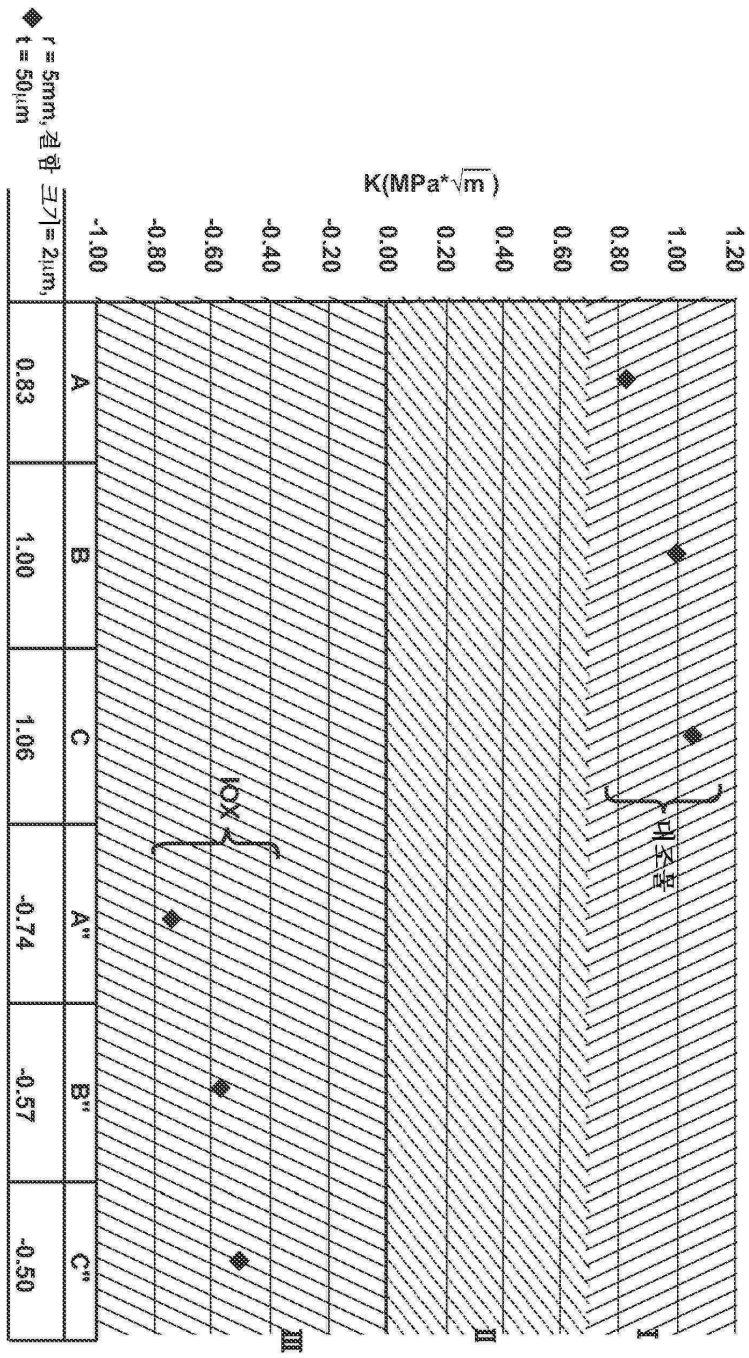
도면6b



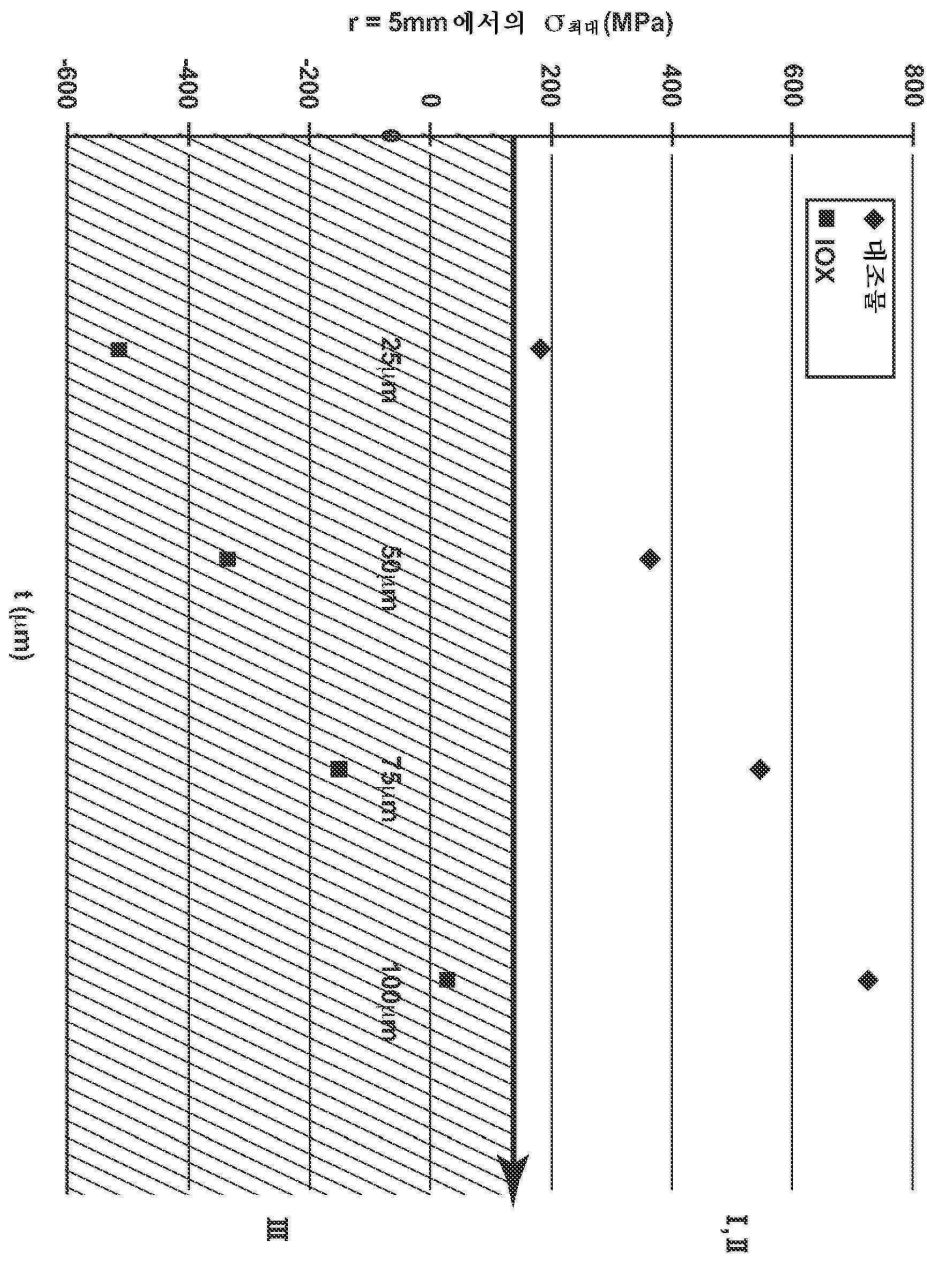
도면7a



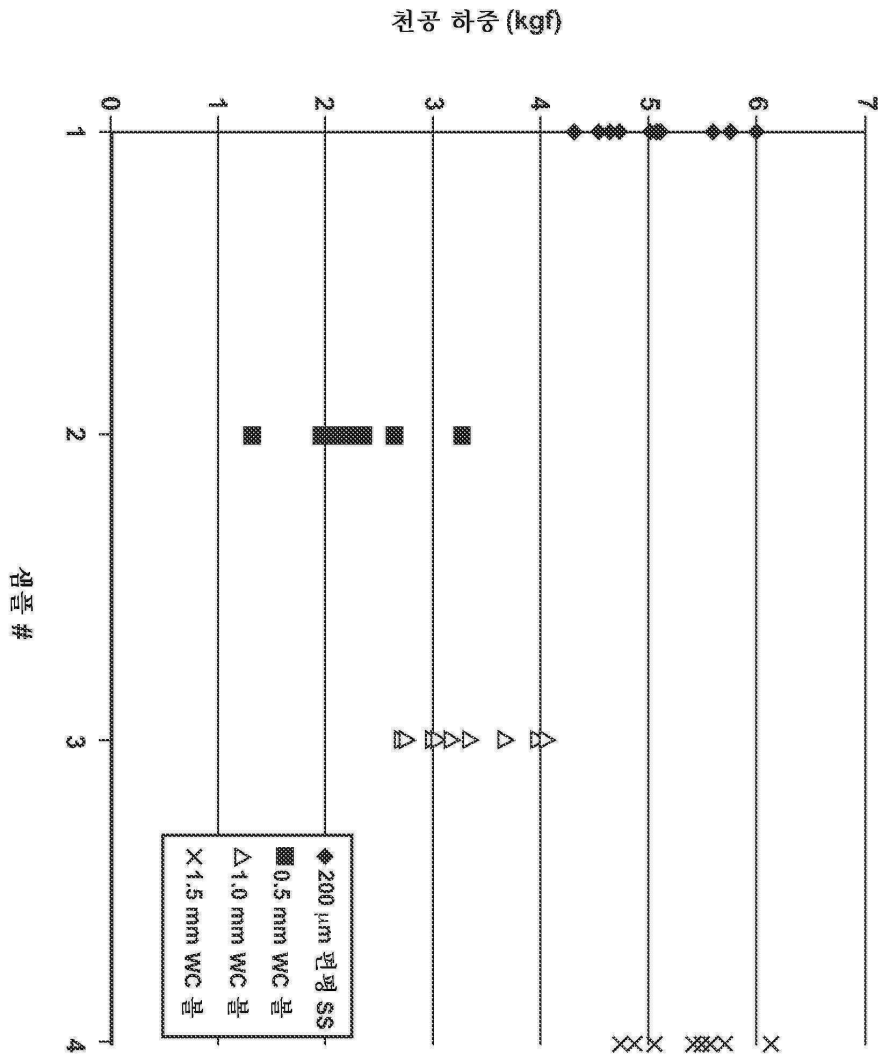
도면7b



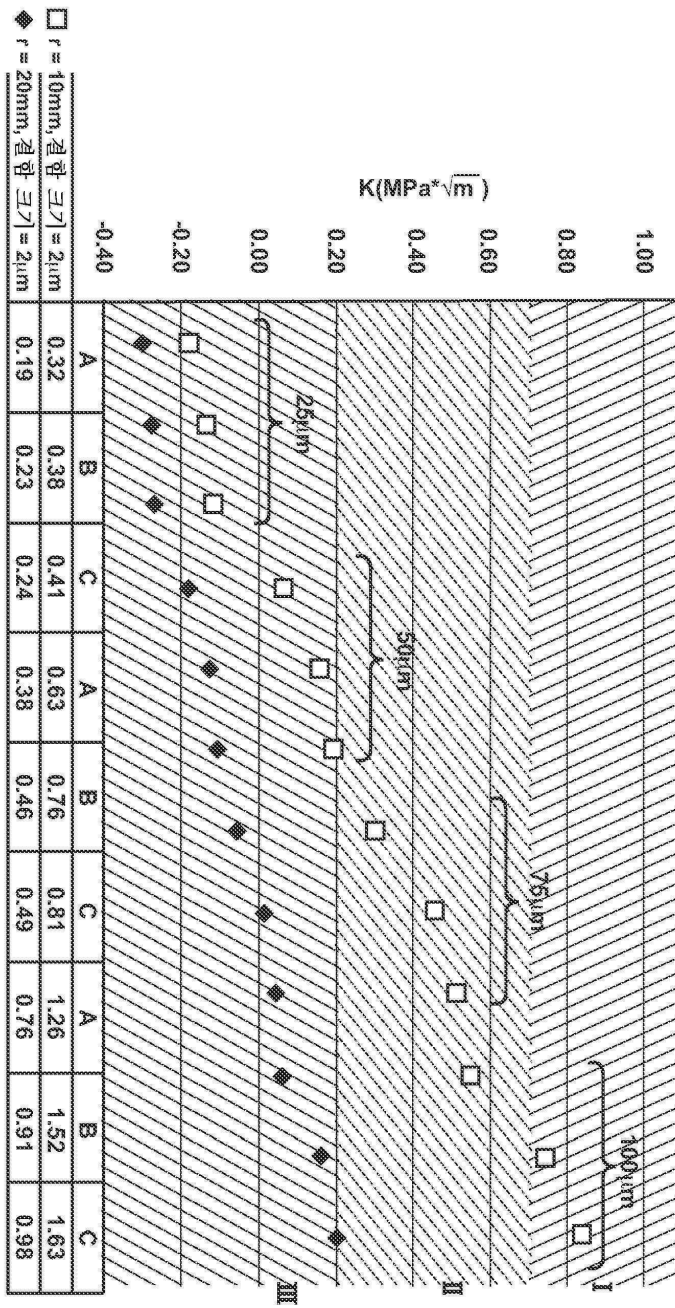
도면8



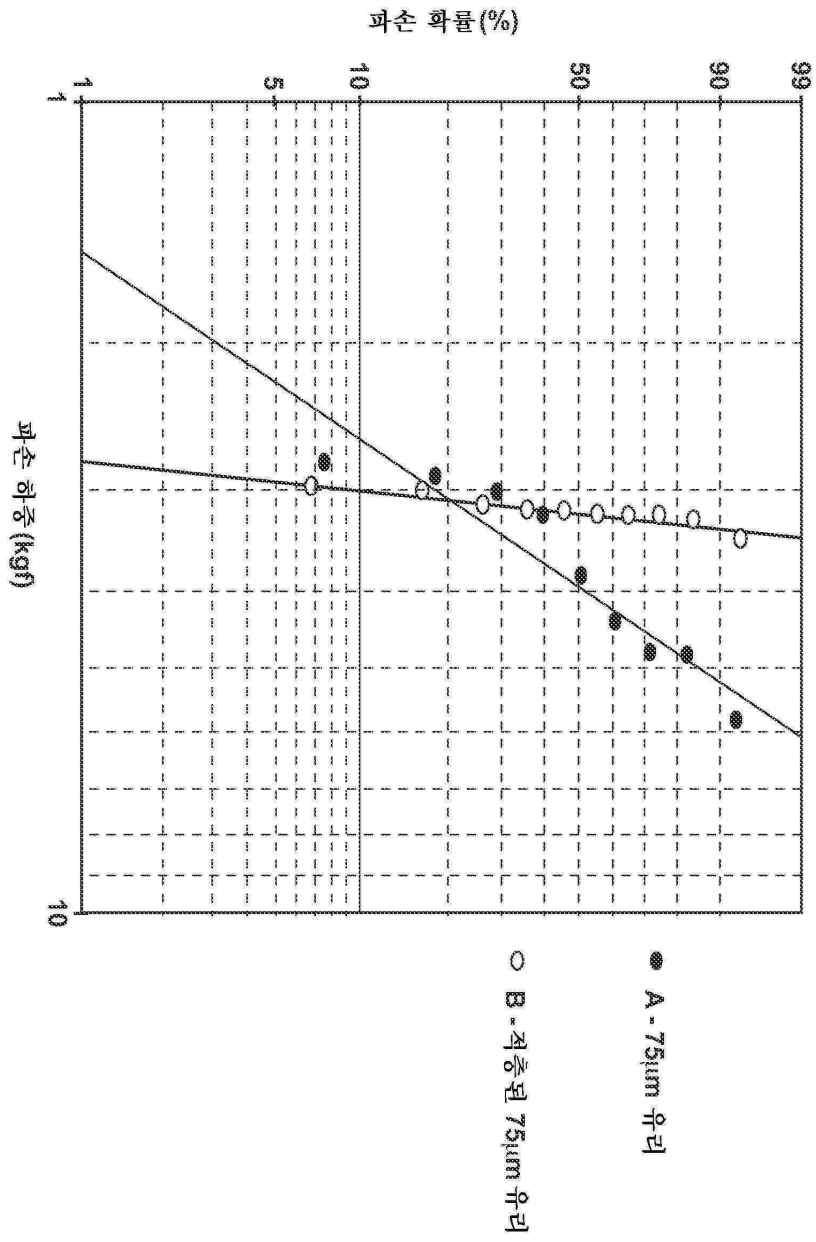
도면9



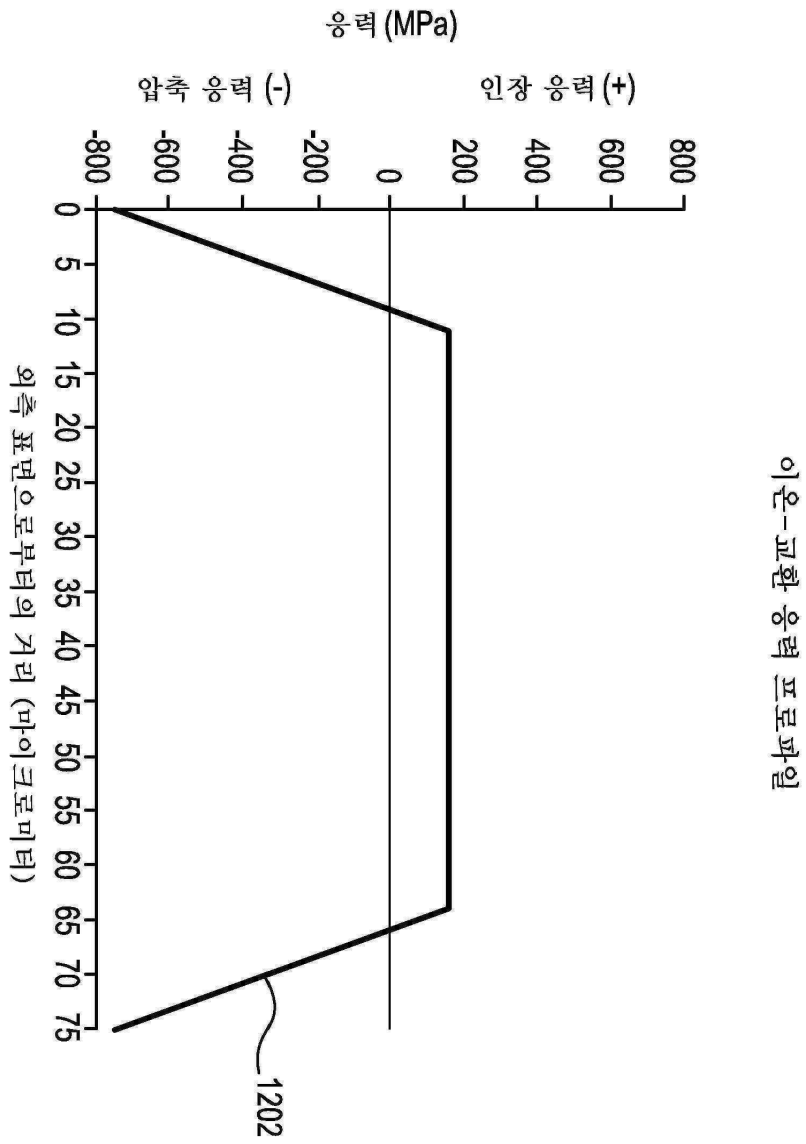
도면10



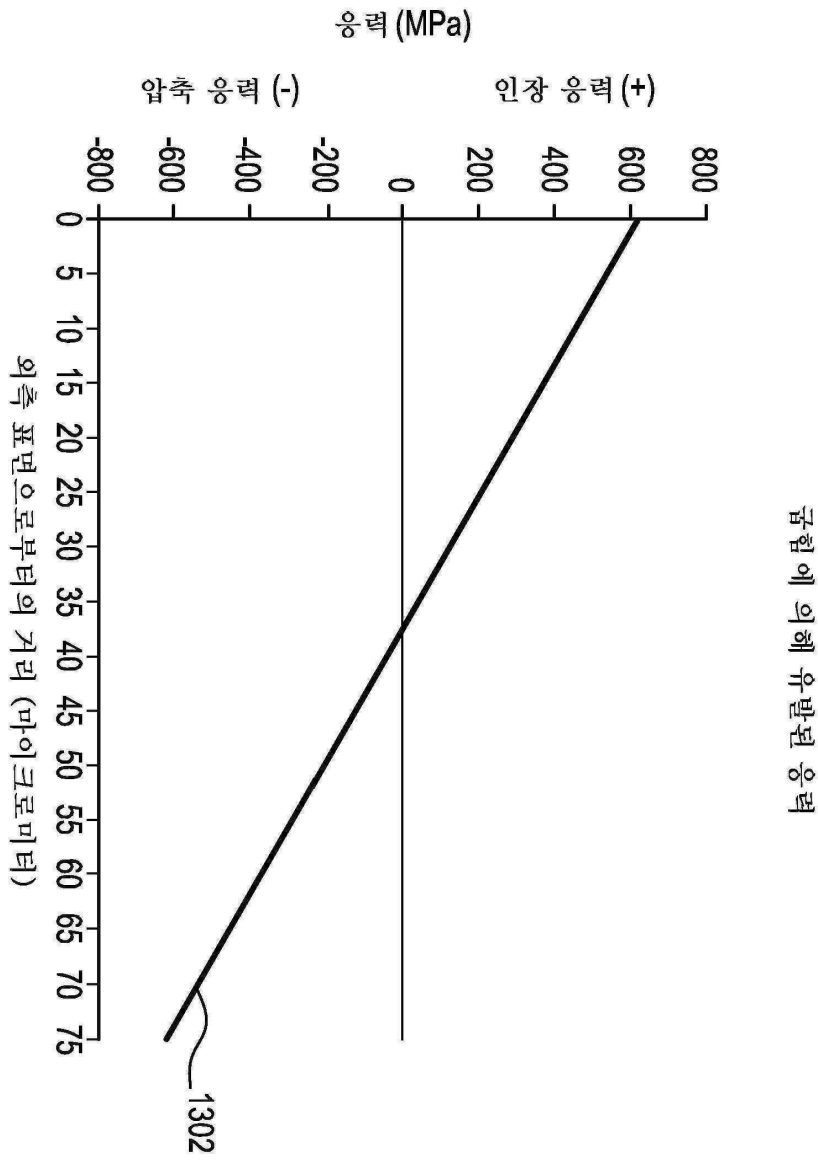
도면11



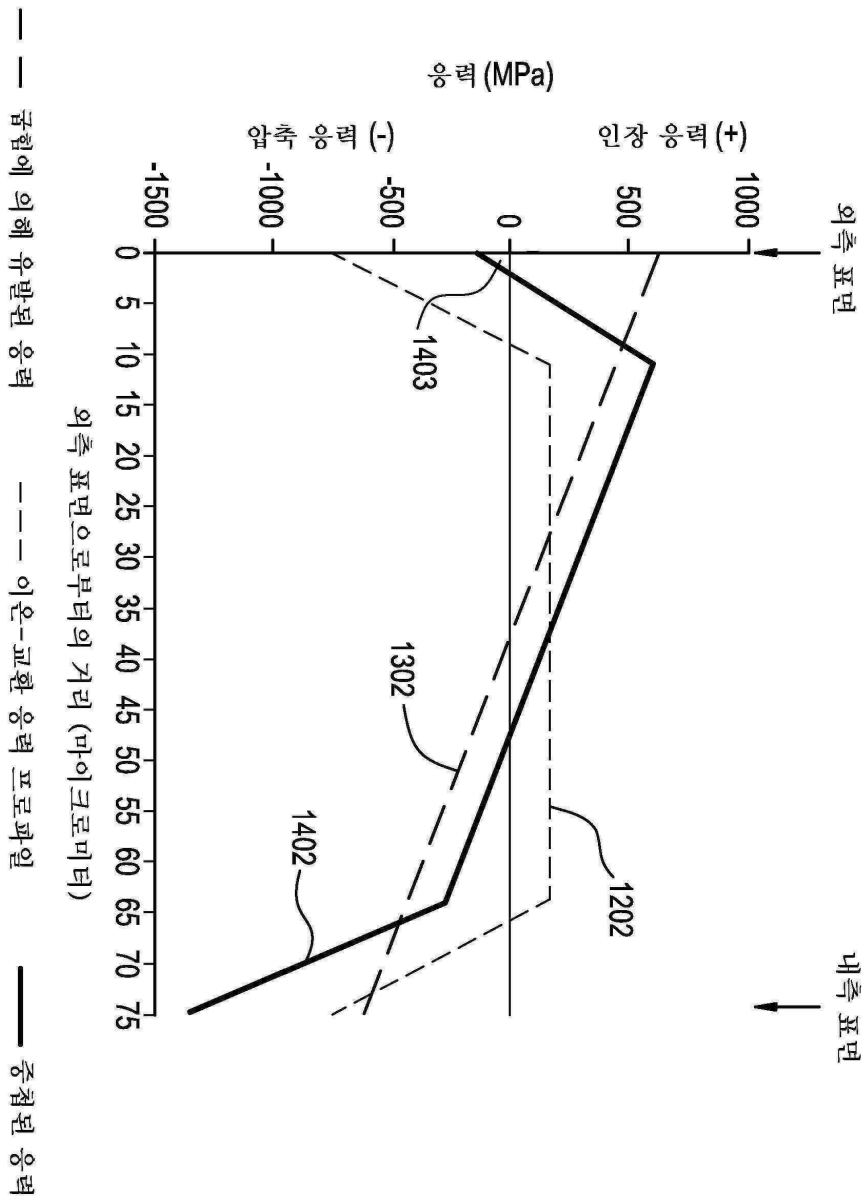
도면12



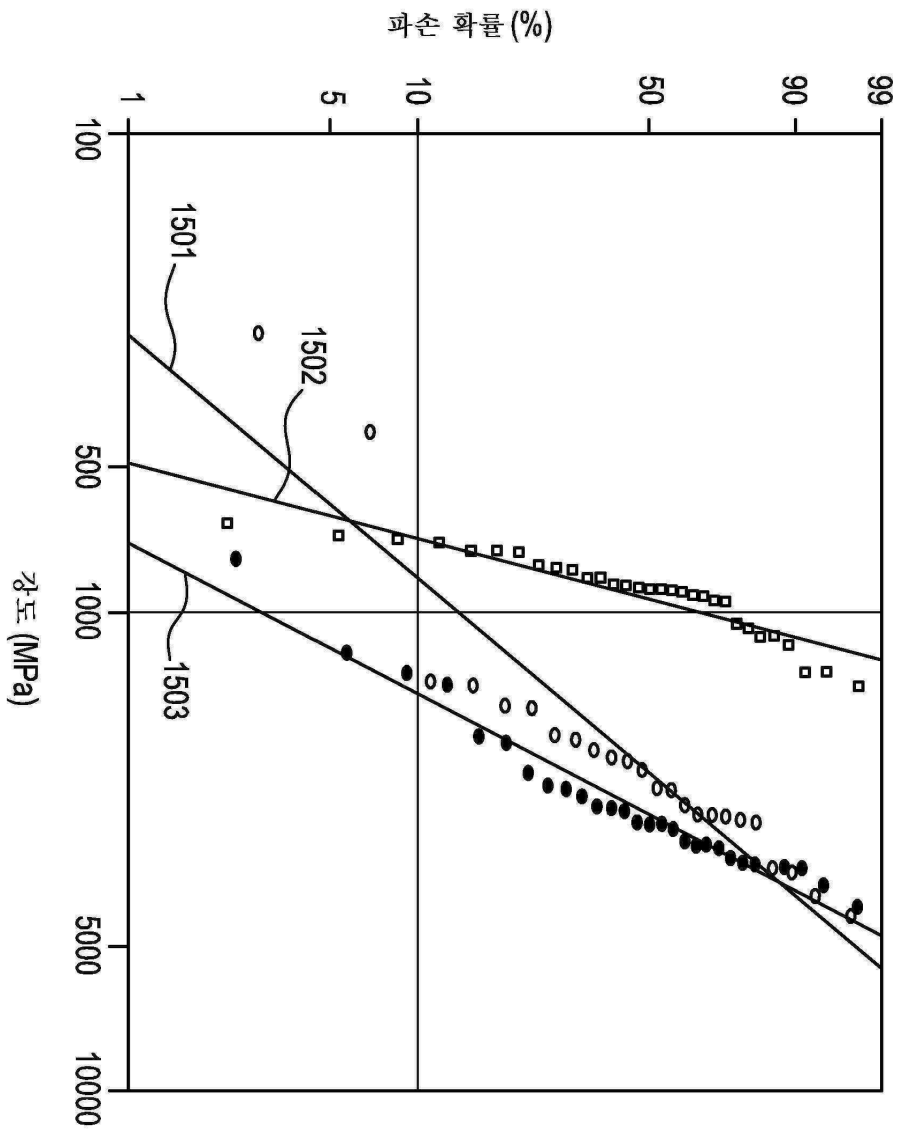
도면13



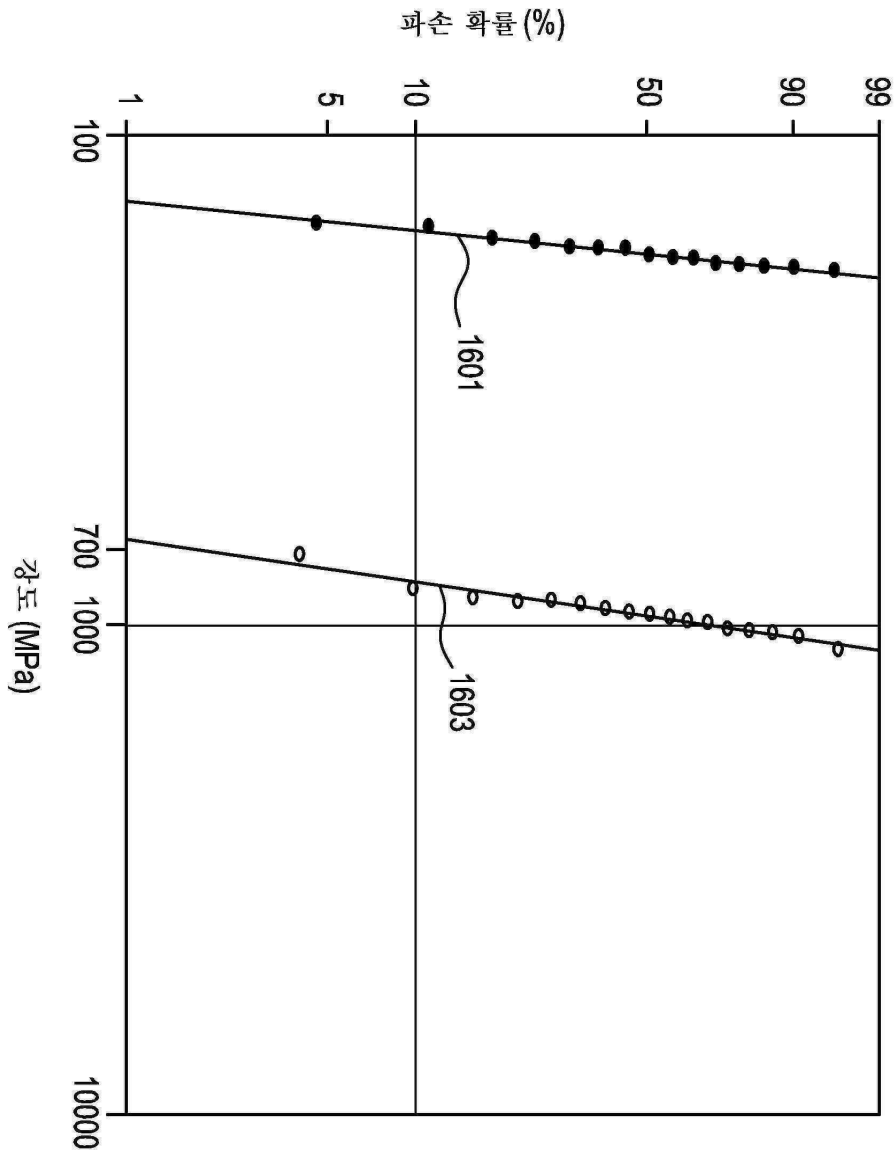
도면14



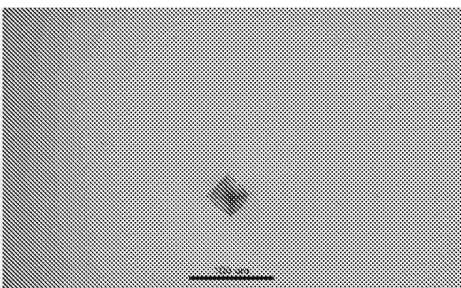
도면15



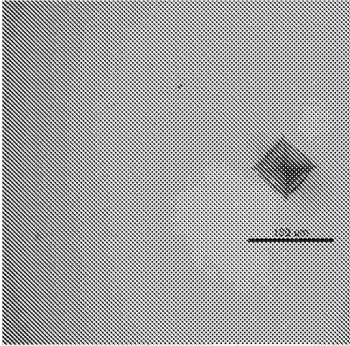
도면16



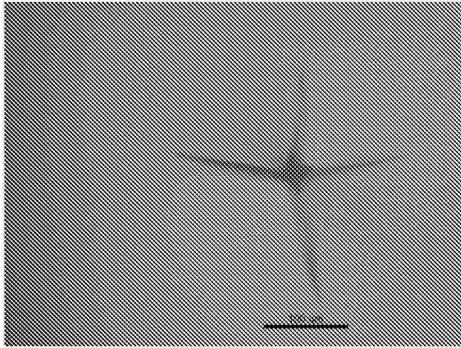
도면17



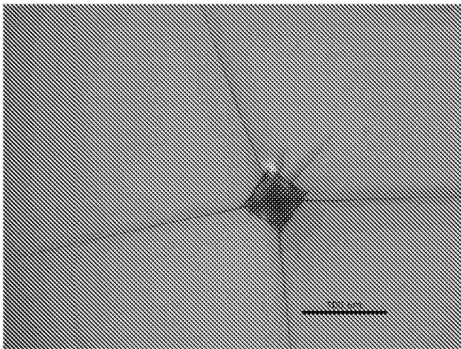
도면18



도면19



도면20



도면21

