



등록특허 10-2824232



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년06월23일  
(11) 등록번호 10-2824232  
(24) 등록일자 2025년06월19일

- (51) 국제특허분류 (Int. Cl.)  
*G02B 13/00* (2006.01) *G02B 26/08* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*G02B 13/0075* (2021.01)  
*G02B 26/0825* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7037026
- (22) 출원일자(국제) 2019년05월24일  
심사청구일자 2022년05월04일
- (85) 번역문제출일자 2020년12월22일
- (65) 공개번호 10-2021-0013176
- (43) 공개일자 2021년02월03일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2019/063502
- (87) 국제공개번호 WO 2019/224367  
국제공개일자 2019년11월28일
- (30) 우선권주장  
18174036.6 2018년05월24일  
유럽특허청(EPO)(EP)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP2006141082 A\*  
KR1020100078705 A\*  
KR1020110036105 A\*  
KR1020110042302 A\*
- \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 13 항

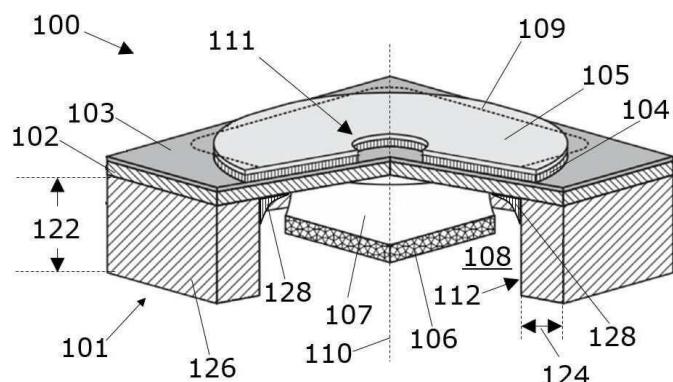
심사관 : 이시호

(54) 발명의 명칭 응력 분산 지지 구조체를 가지는 광학 요소

**(57) 요약**

조정 가능한 렌즈와 같은 광학 요소 (100)가 제공되며, 여기에는 지지 구조체 (101)의 경계에서 구부러 질 수 있는 커버 부재 (102)의 응력 집중 문제를 완화하기 위한 수단 (128)이 제공되며, 상기 수단이 없으면 구부릴 수 있는 커버 부재 (102) 주변의 기계적 특성의 급격한 변화로 인해, 스트레스 특이점 문제가 수반된다.

대표도 - 도1



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

광학 축을 정의하고 다음을 포함하는 광학 요소 (100):

- 지지 구조체 (101),
- 상기 지지 구조체 (101)에 부착된 구부릴 수 있는 커버 부재 (102), 상기 구부릴 수 있는 커버 부재 (102)와 상기 지지 구조체 (101) 사이의 인터페이스는 인터페이스 평면을 정의하고,
- 상기 구부릴 수 있는 커버 부재 (102)를 원하는 형상으로 형성하도록 배치된 하나 이상의 액츄에이터 (103),
- 상기 구부릴 수 있는 커버 부재에 부착된 적어도 하나의 변형 가능한 투명 렌즈 본체 (107, 507),

여기서

- 상기 인터페이스 평면 일측 상의 상기 지지 구조체의 하나 이상의 광축과 평행한 방향의 치수, 및/또는 영률 (young's modulus)은,

상기 광축에 직교하고 상기 광축과 교차하며 상기 광축에서 멀어지는 방향의 선의 적어도 일부를 따라 점진적으로 및/또는 여러 단계로 증가하고, 상기 선은 상기 인터페이스의 내부 가장자리에 있는 지점과 상기 광축에 대해 더 멀리 배치된 지점 사이의 범위에 걸쳐있고,

및/또는,

여기서

- 광축 (102)과 평행 한 방향에서 상기 구부릴 수 있는 커버 부재의 치수는 상기 인터페이스의 내부 가장 자리에 있는 하나 이상의 제1지점에서 상기 제1지점에서 광축까지의 선상의 적어도 하나의 제2지점보다 크고,

상기 지지 구조체의 영률이 상기 구부릴 수 있는 커버 부재 (102)의 영률보다 작은 것이고,

상기 지지 구조체 (101)는,

- 지지요소 (126),
- 상기 지지요소 (126) 및 상기 구부릴 수 있는 커버 부재 (102)에 인접하고, 상기 지지요소 (126)와 별도의 부재로서 설치된 구조 요소 (128)를 포함하고,

상기 구조 요소 (128)는,

상기 광축과 평행한 방향의 치수가 상기 광축에 직교하고 상기 광축과 교차하며 상기 광축에서 멀어지는 방향의 선을 따라 점진적으로 및/또는 여러 단계로 증가하고, 상기 광축을 완전히 둘러쌈.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 광학 요소 (100)의 광축과 평행한 방향의 지지 구조체의 치수는 광축에서 광축과 직교하고 광축에서 멀어지는 선을 따라 점진적으로 및/또는 여러 단계로 증가하는 것인, 광학 요소.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 구조 요소 (128)의 재료는 다음과 다른 광학 요소:

- 지지 요소 (126)의 재료, 및
- 구부릴 수 있는 커버 부재 (102)의 재료.

#### 청구항 5

제1항에 있어서, 구조 요소가 중합체를 포함하는 것인, 광학 요소.

#### 청구항 6

제1항에 있어서, 구조 요소가 예폭시를 포함하는 것인, 광학 요소.

#### 청구항 7

제1항에 있어서, 광학 요소 (100)는 다음을 포함하는 굴절 렌즈인 것인, 광학 요소.

- 지지 구조물 (101)의 측벽으로 둘러싸인 적어도 하나의 변형 가능한 투명 렌즈 바디 (107, 507),  
상기 구부릴 수 있는 커버 부재 (102, 502)는 상기 적어도 하나의 변형 가능한 투명 렌즈 본체 (107, 507)의 표면에 부착되는 구부릴 수 있는 투명 커버 부재이다.

#### 청구항 8

제1항에 있어서, 상기 하나 이상의 액추에이터 및 상기 구부릴 수 있는 커버 부재는 작동 시 하나 이상의 액추에이터가 5 디옵터 또는 그 이상의 범위에 걸쳐 구부릴 수 있는 커버 부재를 형성할 수 있도록 배치되는 것인, 광학 요소.

#### 청구항 9

제1항에 있어서, 상기 여러 단계는 적어도 3 개의 단계를 포함하는 것인, 광학 요소.

#### 청구항 10

제1항에 있어서, 방향의 치수가 광축과 평행인 지지 구조체의 일부, 및 또는

상기 영률은 점진적으로 증가하고, 및/또는 복수의 단계에서 적어도 하나의 변형 가능한 투명 렌즈 몸체 (107, 507)로부터 분리되어 위치하는 것인, 광학 요소.

#### 청구항 11

제1항에 따른 광학 요소 (100)를 제조하는 방법.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

지지 요소, 및/또는

구조 요소 (128)를 형성하기 위해 구부릴 수 있는 커버 부재 (102)

예 액체 구조 요소 재료를 배치하는 단계를 포함하는, 제1항에 따른 광학 요소 (100)를 제공하는, 방법.

### 청구항 13

제12항에 있어서, 상기 액체 구조 요소 재료는 액체 구조 요소 재료가 배치되는 위치를 넘어 액체 구조 요소 재료와 지지 요소 (126) 및/또는 구부릴 수 있는 커버 부재 (102) 사이의 접착력을 통해 재분배되는 것인, 방법

### 청구항 14

제1항에 따른 광학 요소 (100)를 포함하는, 카메라.

### 청구항 15

삭제

### 청구항 16

삭제

### 청구항 17

삭제

### 청구항 18

삭제

### 청구항 19

삭제

### 청구항 20

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

본 발명은 광학 요소에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 이는 특히 구부릴 수 있는 커버 부재 및 구부릴 수 있는 커버 부재를 형성하기 위한 하나 이상의 액추에이터를 갖는 광학 요소를 뜻하며, 및 이에 상응하는 용도, 광학 장치 및 상기 광학 요소를 제조하는 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002]

조정 가능한 초점 거리 렌즈, 가장 높은 영상 품질, 내충격성을 가지는 광학 어셈블리 (마이크로) 요소에 대한 저비용 고용량 솔루션에 대한 증가하는 수요가 있다. 예를 들어, 현대의 이동 전화는 현재 소형 디지털 카메라 모듈, 렌즈와 렌즈 어셈블리와 같은 광학 요소들이 구비되며, 광학 렌즈와 광학 어셈블리와 같은 광학 요소들에 대한 품질 및 비용 수요는 증가하며, 이들은 내충격성이 요구된다. 휴대 전화 및 노트북 컴퓨터에 사용되는 더 많은 소형 카메라는 자동 초점 기능을 갖는다. 예를 들어, 이러한 응용 분야를 위한 렌즈 시스템의 설계는 생산 표준에서 카메라 모듈 위에 렌즈를 장착 할 때의 자동 용이성에 이르기까지 많은 요구 사항을 충족해야 한다. 이러한 문제는, 예를 들어 렌즈에서 촬영할 물체까지의 거리를 맞추기 위해 초점 거리를 조정하기 위한 경우와 같이, 렌즈 배열이 자동 초점 렌즈와 같이 조정 가능한 매개 변수를 포함할 때 더욱 커진다. 이러한 광학 요소는 일반적으로 간단한 방식으로 광학 요소를 조립하기 어렵게 만들 수 있는 가동 부품을 포함하는 복잡한 디자인이다. 이러한 설계의 또 다른 과제는 렌즈 어셈블리와 같은 적합한 광학 요소를 이러한 용도로 제공해야 한다는 요구 사항이 계속 증가한다는 것이다. 이러한 광학 요소를 내충격성이 있게 만드는 것은, 특히 광학 및 기계

적 특성을 높은 수준으로 유지해야하는 경우, 특히 어렵다.

[0003] 소형의 자동 초점 광학 요소를 만들기위한 많은 솔루션이 있다. 현재 솔루션의 문제점 중 하나는 우수한 광학적 및 기계적 특성을 유지하면서 우수한 내충격성을 어떻게 제공하는가에 있다.

[0004] 따라서, 우수한 내충격성을 가능하게 하는 수단이 광학적 및 기계적 특성의 저하를 거의 또는 전혀 수반하지 않는 경우, 내충격성이 개선된 광학 요소가 유리할 것이며, 특히 내충격성이 개선된 조정 가능한 광학 마이크로 렌즈와 같은 광학 요소가 유리할 것이다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 내충격성이 향상된 광학 요소 (예를 들어, 조정 가능한 광학 요소)를 제공하는것과 같이 앞서 언급한 선행기술의 문제들을 해결하는, 조정 가능한 광학 요소와 같은, 광학적 요소를 제공하는 발명을 제시하는데 있다. 선행기술에 대한 대안을 제공하는 것이 본 발명의 또 다른 목적으로 볼 수 있다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 따라서, 전술한 물체 및 몇몇의 다른 물체는, 조정 가능한 광학 렌즈 (tunable optical lens)와 같은 광학 렌즈 (optical lens)와 같은 광학 요소를 제공함으로써 발명의 제1측면으로 획득되도록 의도되며, 광학 축을 정의하고 다음을 포함한다 :

[0007] - 지지 구조체,

[0008] - 상기 지지 구조체에 부착된 구부릴 수 있는 커버 부재, 상기 구부릴 수 있는 커버 부재와 상기 지지 구조체 사이의 인터페이스는, 예를 들어 상기 인터페이스 평면이 상기 광학 축과 직교하는 것, 예를 들어 상기 광학 요소가 구부릴 수 있는 커버 부재에 부착된 적어도 하나 이상의 변형 가능한 투명 렌즈 본체를 더 포함하는 광학 요소와 같이, 인터페이스 평면을 정의하고,

[0009] - 상기 구부릴 수 있는 커버 부재를 원하는 형상으로 형성하도록 배치된 하나 이상의, 예를 들어 하나 이상의 압전 액추에이터 (piezoelectric actuators)와 같은, 액츄에이터,

[0010] 여기서

[0011] - 상기 인터페이스 평면 일측 상의 상기 지지 구조체의 하나 이상의 광축과 평행한 방향의 치수, 및/또는 영률 (young's modulus)은,

[0012] 상기 광축에 직교하고 상기 광축과 교차하며 상기 광축에서 멀어지는 방향의 선의 적어도 일부를 따라 점진적으로 및/또는 여러 단계로 증가하고, 상기 선은 상기 인터페이스의 내부 가장자리에 있는 지점과 상기 광축에 대해 더 멀리 배치된 지점 사이의 범위에 걸쳐있고,

[0013] 및/또는,

[0014] 여기서

[0015] - 광축과 평행한 방향에서 상기 구부릴 수 있는 커버 부재의 치수는, 예를 들어 10% 이상, 예를 들어 20% 이상, 예를 들어 50% 이상, 예를 들어 100% 이상 또는 1마이크로미터 이상, 예를 들어 2마이크로미터 이상, 예를 들어 5마이크로미터 이상, 예를 들어 10마이크로미터 이상과 같이, 상기 인터페이스의 내부 가장 자리에 있는 하나 이상의 제1지점에서 상기 제1지점에서 광축까지의 선상의 적어도 하나의 제2지점보다 큼.

[0016] 본 발명은 특히, 그러나 배타적이지 않게, 예를 들어 광학 (굴절) 렌즈 또는 반사 소자와 같은, 예를 들어 조정 가능한 마이크로 렌즈 (tunable micro lens) 또는 조정 가능한 마이크로 미러 (tunable micro mirror)와 같은, 개선된 내충격성을 가질 수 있고/있거나 낙하에 따른 충격을 견디는 능력이 향상되는 광학 요소를 얻는데 유리하다. 또 다른 가능한 이점은 제안된 솔루션이 광학 특성 (예를 들어, 파면 오류 및/또는 투과율 및/또는 조정 가능성과 같은, 예를 들어 스패닝 될 수 있는 (spanned) 디옵터 (diopter) 범위) 및/또는 기계적 특성 (예를 들어, 구부릴 수있는 커버 부재의 굴곡 강성)을 크게 손상시키지 않는다는 것이다.

[0017] 예를 들어, 지지 구조물의 내측 모서리에서 기계적 특성의 어떠한 갑작스러운 변화와 같은 갑작스러운 변화가, 구부릴 수 있는 커버 부재에서의 지나치게 큰 응력과 같은, 과도하게 큰 응력을 초래할 수 있다는 것을 본 발명

자들의 통찰로 볼 수 있다. 본 발명의 특징은 이러한 지나치게 큰 응력을 피할 수 있게 하는 것이다. 이러한 갑작스런 변화 (특이점)에서의 응력을 두께 및/또는 영률 (young's modulus)을 점진적으로 또는 복수 단계로 변경하는 구조를 통해 유리하게 재분배 될 수 있다는 것이 본 발명의 통찰로 보일 수 있다.

[0018] 보다 구체적으로, 지지 구조체는 두께 및/또는 영률 (예를 들어, "스프링 상수")을 점진적으로 및/또는 복수 단계로 (예를 들어, 단일 단계 기능이 아님) 증가시킬 수 있고/있거나 구부릴 수 있는 커버 부재는 지지 구조물의 측벽과 같은 지지 구조물과의 접점에서 지지 구조물 내부에서 (예를 들어, 광학 축에 더 가까운 경우) 보다 더 두꺼워질 수 있다. '두께'란 '일관성 있는 재료의 두께'로 이해될 수 있다. 예를 들어 재료에 캡이 있는 경우, 캡이 두께에 기여할 때까지의 재료만을 의미하며, 캡 아래의 재료는 그러하지 않다.

[0019] 인터페이스 평면의 일측상의 지지 구조체는 두께의 점진적 및 단계적 증가의 조합을 포함할 수 있는 것으로 이해된다. 즉, 지지 구조체의 일부는 두께가 점진적으로 증가하여 형성될 수 있고, 지지 구조체의 다른 부분은 두께를 단계적으로 증가시켜 형성 될 수 있다.

[0020] 두께 및/또는 여러 단계에서의 영률 (young's modulus)의 단계적 증가는 두께 / 영률의 점차적인 증가에 근사해지는 형태로 될 수 있다. 따라서, 상기 여러 단계는 적어도 3 또는 제 4단계를 포함 할 수 있으며, 예를 들어, 연속적인 점진적 증가를 근사화하기 위한 최소 6 단계 또는 최소 10 단계를 포함한다. 다른 곳에서 언급했듯이, 점진적 또는 대략적으로 점진적인 두께 증가는 향상된 내충격성과 관련하여 기계적 특성을 향상시킬 수 있다. 마찬가지로 영률의 점진적 또는 근사적인 점진적 증가는 마찬가지로 기계적 특성을 향상시킨다. 두께/영률의 단계적 증가는 두께/영률의 지속적인 증가에 대한 근사치이다. 그러나 증가가 여러 단계의 형태이든 연속적인 변화이든, 두 경우 모두 두께/영률의 점진적인 증가를 나타낸다. 따라서, 두께 또는 영률의 단계적 증가는 두께 (즉, 광학 축과 평행한 방향의 치수) 또는 영률의 점진적인 증가의 예이다.

[0021] 예를 들어, 지지 구조체는 웨이퍼의 전면과 별도로 증착되고 패턴화된 상이한 층들의 조합을 포함 할 수 있다. 후면 에칭 (etching)의 선택성이 원하는 단계의 모양으로 이어 지도록 서로 다른 재료를 사용할 수 있다.

[0022] 증가하는 두께의 적어도 일부가 형성되는 라인의 연장은 인터페이스의 내부 모서리에 있는 지점을 광학 축에 대해 더 멀리 배치된 지점까지 연장한다. 따라서 인터페이스의 내부 가장자리에 있는 점은 더 멀리 배치된 점보다 광학 축에 더 가깝게 위치하며, 그 라인은 점 사이에서 연장된다.

[0023] 하나 이상의 액추에이터에 의해 구부릴 수 있는 커버 부재를 원하는 형상으로 성형하는 것은 커버 부재상의 액추에이터에 의해 생성된 응력에 의해 달성될 수 있으며, 이에 따라 액추에이터의 응력 및 위치에 따른 변형에 반응한다.

[0024] 본 발명의 가능한 이점은 지지 구조체를 제공하고 그 위에 커버 부재를 배치한 다음 - (지지 구조체와 관련하여) 커버 부재의 반대쪽 부위에 추가 단계 및/또는 추가 보강 요소를 필요로 하지 않고 - 본 발명의 특징이 통합 될 수 있다. 따라서 본 발명은 (지지 구조체 및/또는 커버 부재가 위에서 설명된 응력 특이성 문제를 완화하도록 배열되었는지 여부에 관계없이) 간단하고/하거나 효율적인 제조 방법을 가능하게 하는 것으로 볼 수 있다. (지지 구조와 관련하여) 액추에이터와 같은 다른 요소가, 예를 들어 위에서 설명한 응력 특이점 문제를 완화하도록 배열된 기능을 방해하지 않고, 커버 부재의 반대쪽에 배치 될 수 있다는 점이) 장점이 될 수 있다.

[0025] '광학 요소'는 요소를 통과하는 빛에 작용 (예를 들어, 조작과 같은)하거나 광학 요소 (예를 들어, 광학 굴절 렌즈와 같은 광학 렌즈인 요소 등)에서 반사되는 빛에 작용하는 요소 (예를 들어, 광학 요소가 반사 요소 또는 반사 미러인 것과 같은)로 이해할 수 있다.

[0026] 광학 요소는 일반적으로 조정 가능한 광학 요소일 수 있다. '조정 가능'에 의한이란 광학 요소의 초점 거리가, (예를 들어, 액추에이터가 압전 액추에이터인 경우와 같이) 액추에이터 작동에 의해, 상기 구부릴 수 있는 커버 부재를 원하는 형상으로 성형하기 위해 배열된 하나 이상의 압전 액추에이터의 인가 전압을 변경함으로써 조정 될 수 있음으로 이해될 수 있다.

[0027] 투명하고 변형 가능하고 비유체인 물체와 같은 변형 가능한 투명 렌즈 물체. 변형 가능한 비유체 렌즈 본체는 바람직하게는 탄성 중합체 재료와 같은 탄성 재료로 제조된다. 렌즈 본체가 유동적이지 않기 때문에 렌즈 본체를 고정하기 위해 밀폐할 필요가 없으며, 누출 위험이 없다.

[0028] 렌즈 본체는 연질 폴리머 (soft polymeric)로 만들어 질 수 있는데, 이는 실리콘, 폴리머 젤, 가교 또는 부분 가교 폴리머의 폴리머 네트워크, 혼화유 또는 오일의 조합과 같은 다양한 재료를 포함할 수 있다. 비유체 렌즈 본체의 탄성 계수는 300Pa보다 클 수 있으므로 정상 작동 시 중력으로 인한 변형을 방지 할 수 있다. 비 유체 렌즈

본체의 굴절률은 1.3보다 클 수 있다

[0029] 소프트 폴리머를 사용하면 폴리머가 공기와 접촉하는 렌즈를 생산할 수 있으므로, 렌즈의 초점 거리를 조정할 때, 예를 들어 폴리머가 전체 캐비티 (cavity)를 채우는 경우에 비해, 훨씬 적은 힘이 필요하다. 또한, 다른 생산 단계가 다른 위치 또는 시설에 국한되어 있어도 폴리머가 제자리에 유지되므로 생산이 용이하다.

[0030] '광학 축'은 당업계에서 일반적으로 이해되고 있는 것이며, 렌즈 본체와 커버 부재를 통과하는 것과 같이, 커버 부재와 교차하는 것으로 이해된다. (그리고 광학 요소가 광학 렌즈인 경우, 광학 축은 또한 렌즈 본체와 교차하는 것으로 이해된다.)

[0031] 일반적으로 본 출원에서 광학적 특성을 언급할 때, 광학적 특성 (예를 들어, 투과율 또는 불투명도 또는 투명도 또는 반사율)은 광학 축에 대해 입사각 (AOI) 내에서 이동하는 빛에 적용된다. 예를 들어, (광학 렌즈의 경우) 광학 개구를 통하거나 (반사 요소의 경우) 광학 활성 영역에서 반사되는 것이며, 여기서 입사각은 0-65°의 각도 내에 (예를 들어, 광학 축에 대해서는 0-40°) 있음을 의미한다. 광학적 특성은, 630nm 파장 및/또는 특정한 입사각 (예를 들어, 630nm 파장과 0° 입사각)에서와 같은 가시부 영역 내의 임의의 파장과 같은 특정 파장에서의 광학적 특성으로 이해될 수 있다.

[0032] 광학적 특성의 '평균'에 대해서는 파장 범위 내에서 상기 특성과 광학 축에 대한 입사각 (angle of incidence; AOI)의 이중 평균으로 이해되며, 여기에서 파장 범위는 10nm 내지 1mm 이내 일 수 있으며, 파장 범위는 다음 중 하나 이상 또는 모두에 해당 할 수 있다:

- 10-380nm 이내와 같은, 자외선 (UV) 영역,

- 380-760nm 이내와 같은, (인간이 '빛'으로 인식하거나 보는) 가시 광선 (VIS) 영역

- 760-2,500nm 이내와 같은, 근적외선 (nIR) 영역,

- 2.50-10 마이크로 미터와 같은, 중적외선 (mIR) 영역

- 10 마이크로 미터-1mm 이내와 같은, 원적외선 (fIR) 영역,

[0038] 그리고, 여기서 AOI는 0-65° (예를 들어, 0-40°) (예를 들어, 0°) 이다.

[0039] '광학'은 '빛'과 관련된 것으로 이해되며, '빛'은 가시부 영역내에서와 같이 UV, 가시 광선, nIR, mIR 및 fIR에 해당하는 하나 이상의 영역 내의 전자기 복사로 이해된다.

[0040] '투명'에 대해서는 일반적으로 빛과 관련하여 이해된다. 즉, 빛은 재료를 통과 할 때 투명한 물체를 손실 강도 거의 또는 전혀 없게, 예를 들어, 평균 10 % 이하, 또는, 평균 5 % 이하로 통과할 수 있다. (각각 90% 및 95 %의 평균 투과율에 해당)

[0041] 거울 투과율이나 일반 투과율과 같은 '투과율'은 (광학 렌즈와 같은) 광학 요소에 대한 투과율의 현재 맥락에서 다음과 같은 (파장 범위 이내 및 입사각 범위 이내의) 사이의 평균 비율로 이해될 수 있다.

-광학 렌즈에 입사되는 빛, 그리고

-광학 렌즈에 입사되는 빛의 일부이며, 이 부분은 광학 렌즈를 통해 투과되고 (일반적으로) 반사광 투과로 반대면에서 방출된다.

[0044] '측벽'은 구부릴 수 있는 커버 부재를, 적어도 부분적으로 지지하는, 예를 들어 광학 개구와 같이 광학 활성 영역 바로 외부 또는 가까운 영역에서 구부릴 수 있는 커버 부재를 지지하는 것과 같이, 지지 요소 또는 지지 요소의 일부 (예를 들어, 표면)로 이해 될 수 있다.

[0045] '지지 구조체'는 구부릴 수 있는 커버 부재를 고정하는 것과 같이 구부릴 수 있는 커버 부재를 제자리에 기계적으로 유지하는 프레임과 같은 구조로 이해 될 수 있다. 예를 들어, 카메라에서, 지지 구조체는 카메라의 나머지 부분에 대해 커버 부재를 고정한다. 지지 구조체는 모놀리식 (monolithic)이 될 수 있다. 예를 들어, (2개 이상의 모놀리식 재료로 구성되는 것과 같이) 광학 축을 향해 안쪽으로 돌출된 요소를 갖는 실리콘 요소 또는 비 모놀리식이 될 수 있으며, 광학 축을 향해 안쪽으로 돌출된 실리콘 요소 및 에폭시 요소 일 수 있다.

[0046] '에폭시'는 당업계에서 일반적인 것으로 이해되며, 특히 에폭시 수지의 경화된 최종 생성물을 지칭할 수 있다. 폴리에폭시아이드 (polyepoxides)로도 알려진 에폭시 수지는 에폭시 그룹을 포함하는 반응성 프리폴리머 (reactive prepolymers) 및 폴리머의 한 부류이다.

- [0047] 유용하고 가능한 실시예에서, 에폭시는, 무기 또는 유기의 필러 재료로 되거나 되지 않은 액체, 유동성 열경화성 또는 UV 경화성 (또는 조합) 접착제를 포함하거나 구성하는 에폭시이며, 이는 경화 전에 달성할 수 있는 낮은 점도 (예를 들어, 20 ° 또는 293K와 같은 실온에서 가열시 접착제의 가교 반응으로 인해 점도가 증가하기 전의 온도/시간과 같은, 5000mPas (밀리 파스칼 초) 이하의 점도), 이는 경화 후 영률이 1GPa 이상이다. 추가적으로, 적용된 에폭시의 유리한 특징은 낮은 수축, 우수한 열 안정성 및 우수한 내 습성 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0048] 구부릴 수 있는 커버 부재는 지지 구조체 (및/또는 렌즈 본체(있는 경우))에 대해 얇아지는 것과 같이 상대적으로 얇을 수 있으며, 여기서 "얇은"은 광학 축을 따르는 방향의 (작은) 치수 (예를 들어, 1mm 미만, 0.75mm 미만, 0.5mm 미만, [10; 40] 마이크로미터 (즉, 10-40 마이크로미터 이내))를 나타낸다. 이는 보로포스포실리케이트 유리(BPSG), 모든 표준 유형의 유리, 또는 소위 커버 유리 또는 이와 유사한 세라믹-유리, 폴리머, 폴리머-무기 하이브리드 기타 재료 등과 같이, 어떤 유형의 유리로도 만들어 질 수 있다 (예를 들어, 10-100 GPa 이내, 20-100 GPa 이내, 20-60 GPa 이내 또는 30-70 GPa 이내의 영률을 갖는 유리). 이들 재료는 특히 구부릴 수 있는 커버 부재가 투명해야 하는 실시예에 관련 될 수 있다. '구부릴 수 있음'은 구부릴 수 있는 커버 부재와 같은 요소가 하나 이상의 액추에이터에 의해 구부러질 수 있다는 것을 이해할 수 있다. 즉, 하나 이상의 액추에이터의 작동이 요소를 구부릴 수 있습니다. '구부러지는 커버 부재'는 "커버 부재"와 혼용해서 지칭될 수 있다.
- [0049] 일 실시예에서, 구부러질 수 있는 커버 부재는, 10-100 GPa이내, 20-100 GPa 이내, 20-60 GPa 이내 또는 30-70 GPa 이내와 같은, 영률이 10 GPa 이상인 재료로 구성된 것을 포함하는 광학 요소가 제시된다. 이것의 장점 (예를 들어, 비교적 단단한 커버 부재)은 하나 이상의 압전 액추에이터가 개구 (aperture)와 같은 광학적 활성 영역을 정의하는 것을 가능하게 하거나 용이하게 하는 반면, (압전 액추에이터가 없더라도) 개구와 같은 광학 활성 영역에서 커버 부재를 형성하는 것이 여전히 가능하다는 것이다.
- [0050] 구부릴 수 있는 커버 부재는 (광학 요소가 광학 렌즈인 경우) 구부릴 수 있는 투명 커버 부재 일 수 있고, 보다 구체적으로는
- 빛에 대한 투과율이 98% 이상인 경우 및/또는
  - 20MPa 이하의 응력을 가짐
- [0053] 이는, 예를 들어, 구부릴 수 있는 투명 커버 부재가 유리로 만들어지면 실현될 수 있다.
- [0054] 일 실시예에서, 구부릴 수 있는 커버 부재가 측벽의 내부 에지를 넘어 연장되는 광학 요소가 제공된다. 측벽의 내부 에지는 광학 요소가 광학 렌즈인 경우에, 변형 가능한 렌즈 본체를 향하는 측벽의 표면과 같은, 측벽의 표면에 대응하는 것으로 이해되어야 한다. 다시 말해서, 구부릴 수 있는 커버 부재는, 광학 축 (및 선택적으로 변형 가능한 렌즈 본체)을 향하는 측벽의 표면과 같이, 측벽을 향하는 표면의 표면보다 광학 축으로부터 더 멀리 연장된다.
- [0055] '액추에이터'는 당업계에 공지되어 있으며, 예를 들어, 열 액추에이터, 정전 액추에이터, 자기 액추에이터 또는 압전 액추에이터 중 어느 하나 일 수 있다.
- [0056] '상기 구부릴 수 있는 커버 부재를 원하는 형상으로 성형하기 위해 배열됨'에 의함이란, 커버 부재에 대한 액추에이터의 형상, 크기 및 위치가 작동 시 이를 가능하게 한다는 것으로 이해할 수 있으며, 예를 들어 (압전 액추에이터의 경우) 전극에 인가된 전압에 따라 구부릴 수 있는 상기 커버 부재를 변형시켜 원하는 모양으로 성형한다. 커버 부재의 적어도 일부는 광학 축에 의해 교차되는 커버 부재의 일부가 원하는 형상으로 성형되는 것과 같은 광학 개구와 같은 광학 활성 영역에 있는 것으로 이해된다.
- [0057] '원하는 모양'은 모양에서 원하는 모양으로 (예를 들어, 하나의 원하는 모양에서 다른 원하는 모양으로) 이동할 때 광학 요소의 초점 거리가 변경될 수 있음으로 이해할 수 있다.
- [0058] 다음 중 하나 이상이 되도록 지지 구조체를 배열하여 응력 특이성 문제를 완화 할 수 있다.
- o 광학 축과 평행한 방향의 치수, 및/또는
  - o 영률
- [0061] 경계면의 일측에 있는 지지 구조의 이들은 광학 축에 직교하고 광학 축과 교차하는 선의 적어도 일부를 따라 광학 축으로부터 멀어지는 방향으로 점진적으로 그리고/또는 복수 단계로 증가한다. 여기서, 상기 선은 인터페이스의 내부 에지에 있는 지점 및 광학 축에 대해 더 멀리 배치된 지점으로부터의 범위에 걸쳐 있다. 이러한 배열

에 의해, 구부리질 수 있는 커버 부재에 의해 보이는 지지 구조체의 "스프링 상수" (여기서, "스프링 상수"는 힘F 및 변위x와 관련된 상수k로 이해된다) (Hooke의 법칙,  $F = kx$ )는, 광학 축에서 (지지 구조가 없는 경우) 0으로부터 변할 수 있고, 적어도 커버 부재와 지지 구조체 사이의 인터페이스의 내부 예지로부터와 같이, 광학 축으로부터 멀어지는 방향으로 점진적으로 또는 복수 단계로 증가한다. 따라서, 지지 구조체와 커버 부재 사이의 최대 반력의 변화는 또한 광학 축으로부터 멀어지는 방향으로 점진적으로 또는 복수 단계로 증가할 수 있다.

[0062] 두께가 측정되는 선분의 위치는 광학 축에 대해 반경 방향으로 바깥쪽으로 배향되고 지지 구조체와 커버 부재 사이의 첫 번째 접촉점에서 시작하여 광학 축에 대해 반경 방향으로 바깥쪽으로 배향된 선분이며, 이는 상기 제 1접촉 지점의 반경 방향 외측에 있고 상기 제 1접촉 지점보다 광학 축에 대해 더 멀리 배치된 지점에서 끝나는 지지 구조물의 적어도 일부를 커버한다. 상기 선분은 길이가 1mm 이하, 예를 들어 750  $\mu\text{m}$  이하, 500  $\mu\text{m}$  이하, 400  $\mu\text{m}$  이하, 300  $\mu\text{m}$  이하, 290  $\mu\text{m}$  이하, 250  $\mu\text{m}$  이하, 200  $\mu\text{m}$  이하, 150  $\mu\text{m}$  이하, 100  $\mu\text{m}$  이하, 50  $\mu\text{m}$  이하, 40  $\mu\text{m}$  이하, 20  $\mu\text{m}$  이하, 10  $\mu\text{m}$  이하, 2  $\mu\text{m}$  이하일 수 있다. 상기 선분을 가로 지르는 지지 구조체의 광학 축과 평행한 방향의 치수와 같은 두께는 1mm 이하, 예를 들어 750  $\mu\text{m}$  이하, 500  $\mu\text{m}$  이하, 400  $\mu\text{m}$  이하, 300  $\mu\text{m}$  이하, 290  $\mu\text{m}$  이하, 250  $\mu\text{m}$  이하, 200  $\mu\text{m}$  이하, 150  $\mu\text{m}$  이하, 100  $\mu\text{m}$  이하, 50  $\mu\text{m}$  이하, 40  $\mu\text{m}$  이하, 20  $\mu\text{m}$  이하, 10  $\mu\text{m}$  이하, 2  $\mu\text{m}$  이하일 수 있다. 특정 실시예에서, 상기 선분의 길이와 상기 선분을 가로 지르는 지지 구조물체의 치수는 모두 1mm 이하, 예를 들어 750  $\mu\text{m}$  이하, 500  $\mu\text{m}$  이하, 400  $\mu\text{m}$  이하, 300  $\mu\text{m}$  이하, 290  $\mu\text{m}$  이하, 250  $\mu\text{m}$  이하, 200  $\mu\text{m}$  이하, 150  $\mu\text{m}$  이하, 100  $\mu\text{m}$  이하, 50  $\mu\text{m}$  이하, 40  $\mu\text{m}$  이하, 20  $\mu\text{m}$  이하, 10  $\mu\text{m}$  이하, 2  $\mu\text{m}$  이하일 수 있다.

[0063]

[0064] '지지 구조체의 영률'은 지지 구조체 재료의 영계수를 의미한다. '점진적으로 그리고/또는 여러 단계로 증가'함으로써 영률의 관점에서 10% 이상, 20% 이상, 50% 이상 또는 100% 이상과 같은 상대적인 증가로 이해될 수 있다.

[0065]

'점진적으로 그리고/또는 복수 단계로 증가'함으로써 차원 측면에서 절대적 측면의 증가로 이해될 수 있다. 상기 증가는 1마이크로미터 이상, 예를 들어, 2마이크로미터 이상, 5마이크로미터 이상, 10마이크로미터 이상, 20마이크로미터 이상, 40마이크로미터 이상, 50마이크로미터 이상과 같다. 상기 증가는 100 마이크로미터 이하, 예를 들어, 50 마이크로미터 이하, 40 마이크로미터 이하, 20 마이크로미터 이하, 10 마이크로미터 이하, 5 마이크로미터 이하 일 수 있다. 특정 구체 예에서, 상기 증가는 1 마이크로미터 내지 100 마이크로미터 이내, 예를 들어 10 마이크로미터 내지 100마이크로미터 이내, 10 마이크로미터 내지 50 마이크로미터 이내, 20 마이크로미터 내지 40 마이크로미터 이내이다.

[0066]

인터페이스의 내부 가장자리에 있는 지점과 광학 축에 대해 더 먼 곳에 위치한 지점 사이의 거리는 1마이크로미터 이상, 예를 들어, 2마이크로미터 이상, 5마이크로미터 이상, 10마이크로미터 이상, 20마이크로미터 이상, 40마이크로미터 이상, 50마이크로미터 이상일 수 있다. 인터페이스의 내부 가장자리에 있는 지점과 광학 축에 대해 더 먼 곳에 위치한 지점 사이의 거리는 100마이크로미터 이하, 예를 들어, 50마이크로미터 이하, 40마이크로미터 이하, 20마이크로미터 이하, 10마이크로미터 이하, 5마이크로미터 이하일 수 있다. 특정 실시예에서, 상기 거리는 1 마이크로미터 내지 100 마이크로미터 이내, 예를 들어 10마이크로미터 내지 100마이크로미터 이내, 10 마이크로미터 내지 50마이크로미터 이내, 20 마이크로미터 내지 40마이크로미터 이내이다.

[0067]

더 구체적인 실시예에서, 광학 축과 평행한 방향의 치수 증가는 1마이크로미터 내지 100마이크로미터 이내, 예를 들어, 10 마이크로미터 내지 100마이크로미터 이내, 10 마이크로미터 내지 50마이크로미터 이내, 20마이크로미터 내지 40마이크로미터 이내이다. 상기 거리는 1마이크로미터 내지 100마이크로미터 이내, 예를 들어, 10 마이크로미터 내지 100마이크로미터 이내, 10 마이크로미터 내지 50마이크로미터 이내, 20 마이크로미터 내지 40마이크로미터 이내와 같다. 더 구체적인 실시예에서, 상기 증가는 10마이크로미터 내지 100마이크로미터 이내이고, 상기 거리는 10마이크로미터 내지 100마이크로미터 이내이다. 보다 더 구체적인 실시예에서, 상기 증가는 20마이크로미터 내지 40마이크로미터 이내이고, 상기 거리는 20마이크로미터 내지 40마이크로미터 이내이다.

[0068]

다음과 같은 곳에 구부릴 수 있는 커버 부재를 광학 축과 평행한 방향으로 구부릴 수 있는 커버 부재의 치수 (두께 등)가

o 인터페이스의 내부 가장자리에 있는 하나 이상의 첫 번째 지점에,

o 상기 제 1 지점에서 광학 축까지의 라인상의 적어도 하나의 제 2 지점 보다

- [0071] 더 커지도록 배열함으로써 응력 특이성 문제를 완화 할 수 있다.
- [0072] 이러한 배열에 의해, 구부릴 수 있는 커버 부재는 지지 구조체의 "스프링 상수"에서 갑작스러운 변화를 경험할 수 있지만, 그 갑작스러운 변화에서 그것을 처리 할 수 있을 만큼 충분히 두꺼울 수 있으나, 우수한 광학적 및/ 또는 기계적 특성을 나타낼 수 있는 지지 구조체 내의 영역에서 동시에 충분히 얇을 수 있다. 위에서 언급한 계면은 광학 축과 평행한 방향에서 관찰되는 바와 같이 지지 구조체와 구부릴 수 있는 커버 부재 사이의 계면이다.
- [0073] 일 실시예에서는 광학 요소가 제시되며, 여기에 광학 요소는 액체를 포함하지 않는다. 일 실시예에서는 광학 요소가 제공되며, 여기서 광학 요소는, 예를 들어 고체 또는 기체 요소로 구성된 것과 같은, 고체 또는 기체 요소이다. 일 실시예에서 광학 요소가 제공되며, 여기에 광학 요소는, 예를 들어 고체 요소로 구성되는 것과 같은, 고체이다.
- [0074] 광학 렌즈는 일반적으로 튜닝 가능한 마이크로 렌즈와 같은 마이크로 렌즈 일 수 있다. '마이크로 렌즈'는 일반적으로 (예를 들어 두께 (광학 축과 평행한 방향의 치수)와 같은) 적어도 하나의 구조적 구성 요소의 치수가 1 마이크로미터에서 1 밀리미터 범위 내에 있는 렌즈로 이해 될 수 있다. 본 출원에서 두께에 대한 참조는 기하학적 두께에 대한 참조이다 (광학 두께와 반대됨). 일 실시예에서, 두께는 200-800 마이크로미터 일 수 있는 지지 구조체 (예를 들어, 실리콘), 커버 부재 및 약 22마이크로미터일 수 있는 전기 접점을 포함하는 하나 이상의 압전 액추에이터의 조합일 수 있다. 광학 렌즈는 노르웨이의 poLight사에서 구할 수 있는 TLens®로 알려진 조정 가능한 마이크로 렌즈와 동일하지는 않지만 (청구된 특성으로 인해) 유사할 수 있다. 광학 렌즈는 특히 특허 출원 WO2008100154 (A1)에 개시된 조정 가능한 마이크로 렌즈에 (동일하지는 않더라도) 대응하는 조정 가능한 마이크로 렌즈 일 수 있으며, 여기에 "가변 초점 거리를 갖는 플렉스블 렌즈 어셈블리 (Flexible lens assembly with variable focal length)"라는 제목이 포함되어 있으며, 이 출원은 전체적으로 참고로 포함된다. 참고 문헌 WO2008100154 (A1)와 관련하여 특정 치수는 마이크로미터에서 밀리미터로 변환될 수 있으며, 특히  $d_{PZT}$ ,  $d_{2PZT}$  및  $w_{pol}$ 로 지정되는 치수가 추가로 언급된다. (도면 1/5 페이지의 도 1c, 하위 도면I 참조) 구체적으로,  $v_m$  (마이크로미터) 대신  $mm$  (밀리미터) 단위로 주어졌지만 수치적으로 동일한 값을 가질 수 있다. 특히 :
- [0075]  $d_{PZT} = 4 mm$ ,  $d_{2PZT} = 1.5 mm$ , 및  $w_{pol.} = 4.5 mm$ .
- [0076] 일 실시예에서 광학 요소가 제공되며, 여기서 광학 요소의 두께는 1mm 이하, 예를 들어 700 마이크로미터 이하, 500 마이크로미터 이하, 450 마이크로미터 이하, 425 마이크로미터 이하, 400 마이크로미터 이하와 같다. 얇은 두께의 장점은 수직 풋프린트 (footprint)가 매우 작은 광학 렌즈가 가능하다는 것이다. 이 작은 수직 풋프린트는 현재 허용된 것보다 더 작은 수직 풋프린트를 휴대 전화와 같은 더 얇은 장치에 통합할 수 있는 카메라와 같은 더 얇은 광학 장치를 선택적으로 허용할 수 있다. '광학 렌즈의 두께'는 광학 축과 평행한 방향으로 광학 질이의 치수로 이해될 수 있다. (예를 들어, 광학 축에 대해 직교하고 광학 렌즈의 양쪽에 배치되는 두 평면 사이의 거리).
- [0077] 일 실시예에서 광학 요소가 제공되며, 여기서 지지 구조체는 다음을 포함한다:
- [0078] - 지지 요소가 실리콘 요소인 것과 같은 지지 요소,
- [0079] - 애폐시 요소인 구조 요소와 같은 구조 요소, 예를 들어 구조 요소의 일부 또는 전부가 지지 요소보다 광학 축에 더 가깝게 배치되어 다음에 인접해 있다.
- [0080] o 지원 요소, 및
- [0081] o 구부릴 수 있는 커버 멤버.
- [0082] 지지 요소 및 구부릴 수 있는 커버 부재에 인접하는 구조 요소를 갖는 것의 가능한 이점은 전술된 다소 어려운 기능인 모놀리식 (monolithic) 지지 구조를 제공하는 것을 불필요하게 만든다는 점일 수 있다. 예를 들어, 청구된 특징을 가진 실리콘에 모놀리식 지지 구조를 제공하는 것이 가능할 수 있지만 이는 어렵고 낮은 수율을 초래할 수 있다. 설명된 바와 같은 구조적 요소의 도입은, 예를 들어, 애폐시 기반 구조 요소와 같은, 단순하고 효율적인 방식으로 지지 구조를 제공하는 것을 가능하게 할 수 있으며, 여기서 인터페이스 평면의 일측에서 (지지 구조의) 구조적 요소의 광학 축과 평행한 방향의 치수는 광학 축에 직교하고 광학 축으로부터 멀어지는 방향으로 광학 축을 교차하는 라인의 적어도 일부를 따라 점진적으로 증가한다. 일 실시예에서, 상기 구조 요소는 1 마이크로미터 내지 300마이크로미터 이내에서, 예를 들어 1 마이크로미터 내지 100마이크로미터 이내, 10 마이

크로 미터 내지 100마이크로미터 이내, 10 마이크로미터 내지 50마이크로미터 이내, 20 마이크로미터 내지 40마이크로미터 이내에서, 광학 축과 평행한 방향으로 제1 치수를 가진다. 일 실시예에서, 상기 구조적 요소는 1마이크로미터 내지 300마이크로미터 이내에서, 예를 들어 1마이크로미터 내지 100마이크로미터 이내, 10마이크로미터 내지 100마이크로미터 이내, 10마이크로미터 내지 50마이크로미터 이내, 20마이크로미터 내지 40마이크로미터 이내에서, 광학 축에 대해 반경 방향으로 제 2 치수를 가진다. 일 실시예에서, 상기 구조 요소의 영률은 0.1-100GPa 이내, 예를 들어 0.1-10 GPa이내, 1-10 GPa 이내, 3.5 GPa이다. 더 구체적인 실시예에서, 상기 제1 및 제2방향 각각은 1마이크로미터 내지 300마이크로미터 이내, 예를 들어 1마이크로미터 내지 100마이크로미터 이내, 10 마이크로미터 내지 100마이크로미터 이내, 20마이크로미터 내지 40마이크로미터 이내이고, 영률은 0.1-100GPa 이내, 예를 들어 0.1-10 GPa이내, 1-10GPa 이내, 3.5GPa이다. 보다 구체적인 실시예에서, 상기 제1 및 제 2방향 각각은 20마이크로미터 내지 40 마이크로미터 내에 있고, 상기 구조 요소의 영률은 1-10GPa 내에 있다.

[0083] 구조 요소는 구부릴 수 있는 커버 부재와 지지 요소를 단순히 연결하고, 구조 요소는 광학 축을 향하는 외부 표면을 갖는다. 외부 표면은 지지 요소로부터 구부릴 수 있는 커버 부재로 연장되고 평면 표면 또는 내부 형상 또는 오목 표면과 같은 곡선 표면 일 수 있다.

[0084] 구조 요소의 재료는 복수의 재료 중에서 선택될 수 있다. 실시예에서 구조 요소 재료는 폴리머일 수 있다. 실시 예에서 구조 요소 재료는 에폭시일 수 있다.

[0085] 실시예에서 구조 요소는 유기 반응성 접착제일 수 있다. 예를 들어, 액체 유기/하이브리드 무기/유기 접착제와 같은 경화 후 단단한 가교 구조로 설정된 (예를 들어, 아크릴, 폴리우레탄, 에폭시, 폴리이미드, 시아노 아크릴레이트) 액체 구조 요소 재료가 지지 요소에 배치 될 수 있고/있거나 구부릴 수 있는 커버 부재 및 (고체) 액체 구조 요소는 경화 수분 활성화 경화 (curing moisture activated curing), UV화 경화 (UV activated curing) 또는 이들의 조합을 통해 형성될 수 있으며, 예를 들어 여기에서 경화는 열적으로 활성화된 화학적 가교 반응, 수분 활성화 된 경화, UV 활성화 된 경화 또는 이들의 조합일 수 있다.

[0086] 실시예에서 충전제 재료가 구조 요소 재료에 추가된다. 충전제 재료를 접착제에 추가하여 다음과 같은 바람직한 특성을 얻을 수 있다. 예를 들어, 높은 모듈러스 (modulus), 증가 된 파괴 저항 (fracture resistance), 더 나은 열 안정성, 더 나은 기계적 강도 또는 안정성, 또는 경화되지 않은 상태에서 유동 특성을 수정한다. 충전제 재료는 입자, 섬유, 플레이트의 형태 일 수 있으며 모든 종류의 무기 (또는 경우에 따라 유기) 광물 (산화물, 질화물, 금속, 유리, 탄소)일 수 있다. 충전제 재료는 이방성 또는 등방성 (예를 들어, 섬유 대 구형 입자) 일 수 있다.

[0087] 실시예에서 구조 요소는 콜-겔 (sol-gels)과 같은 무기 물질을 포함한다. 경화 전에 액체와 같은 특성을 가질 수 있으며 화학/열 공정을 통해 일반적으로 "콜-겔"시스템으로 표시되는 재료와 같이 단단하고 높은 모듈러스 재료가 되는 재료가 많이 있다. 몇 가지 예는 다음과 같다: 물 또는 기타 액체에 분산된 나노 입자 세라믹은 겔화, (용매 제거를 위한) 건조 및 소결의 다단계 공정에 의해, 심지어 세번째 결정화 단계에 의해 수행된다. 콜-겔 기술은 세라믹 재료 (산화물, 질화물, 탄화물)의 박막 생산에 적용될 수 있다.

[0088] 구조 요소에 대한 실시예는 금속 및/또는 세라믹으로 구성되는 것과 같은 것들을 포함한다. 금속 및/또는 세라믹은 적절한 마스킹 (masking)을 사용하여 스퍼터링 (sputtering) (예를 들어, 물리적 기상 증착 (PVD))을 통해 적용될 수 있다.

[0089] 일 실시예에서 광학 요소가 제시되는데, 여기서 구조적 요소와 같은 지지 구조의 (두께와 같은) 치수는 광학 요소의 광학 축과 평행한 방향으로 광학 축으로부터 멀어지는 광학 축에 직교하는 선을 따라 점진적으로 및/또는 복수의 단계로 증가한다. 이것의 가능한 이점은 지지 구조체의 영률이 일정하게 유지될 수 있다는 점인데, 그 이유는 두께 증가가 지지 구조체의 스프링 상수를 점진적으로 그리고/또는 복수 단계로 증가시키기 위해 이용될 수 있기 때문이며, 이는 응력 특이점 문제를 줄이거나 제거할 수 있다.

[0090] 일 실시예에서 광학 요소가 제시되는데, 여기서 광학 요소는 음의 방향 (즉, 커버 부재가 중력 방향을 향하고 있는 드롭에 대한 충격에 대응하는 커버 부재로부터 지지 구조로의 광학 축에 평행한 방향으로) 및/또는 양의 방향으로의 가속과 같은 광학 축과 평행한 방향으로 적어도 5,000 (오천) g의, 예를 들어 최소 10,000g, 최소 15,000g, 최소 30,000g, 최소 50,000g, 가속 및/또는 감속을 견딘다. '견딘다'는 이 문맥에서 다음과 같은 매개 변수 중 하나 이상 또는 모두로 이해된다.

[0091] - 작동시 하나 이상의 액추에이터가 전체적으로 구부릴 수 있는 커버 부재를 변형 할 수 있는 디옵터

(diopters)의 범위,

[0092] - 630nm에서의 투과율과 같은 투과율,

[0093] - 총 과면 오류 (WFE<sub>RMS</sub>),

[0094] 가속 및/또는 감속 전의 상기 매개 변수 값에 대하여 가속 및/또는 감속 후 [90; 110]% (예를 들어,  $\pm 10\%$ ) 간격 내임.

[0095] 견딜 수 있는 가속은 특히 점진적으로 또는 단계적으로 증가하는 두께 및/또는 영률로 인하여 지지 구조에 의해 적어도 부분적으로 달성된다. 가속 사양은 두께 및/또는 영률, 다른 영률 값 및 모양이 증가하는 부품의 다른 치수로 설계될 수 있는 지지 구조의 다양한 설계에 의해 달성될 수 있다.

[0096] 실시예 (예를 들어, 지지 요소 및 구조 요소가 있는 실시예)에서 광학 요소가 제시되며, 여기서 구조적 요소는 광학 축을 향하는 상기 서브-인터페이스의 측면에서와 같이, 지지 요소와 구부릴 수 있는 커버 부재 사이의 서브-인터페이스에 인접하는 것과 같이, 인접하게 배치된다. 이것의 가능한 장점은 구조적 요소가 응력 특이성 문제를 완화하는 데 도움이 될 수 있는 위치라는 점이다 (예를 들어 측벽이, 광학 축과 평행하거나 실질적으로 평행한 지지 구조체가 있는 모서리에 구조 요소가 있고 광학 축을 향하는 것은 광학 축에 직교하는 커버 부재를 만나는 경우, 또는 지지 요소와 커버 부재 사이에 배치되고 지지 요소보다 광학 축을 향해 더 연장되는 경우). 접두사 'sub' (서브 인터페이스에서)는 지지 구조가 커버 부재와 인터페이스를 가지기 때문에, (지지 구조의 일부인) 구조 요소는 이 인터페이스의 서브 인터페이스만 가질 수 있음을 의미하는 것으로 이해될 수 있다.

[0097] 실시예 (예를 들어, 지지 요소 및 구조 요소가 있는 실시예)에서 광학 요소가 제시되며, 여기서 구조적 요소의 일부 또는 전부가 지지 요소보다 광학 축을 향해, 예를 들어 최소 5vmm, 최소 10vmm, 최소 15vmm, 최소 20vmm, 최소 30vmm, 최소 40vmm, 최소 50vmm만큼 지지 요소보다 광학 축 방향으로 더 멀리, 더 배치 및/또는 연장된다. 이것의 가능한 장점은 구조적 요소가 응력 특이성 문제를 완화하는데 도움이 될 수 있는 위치라는 점이다.

[0098] 실시예 (예를 들어, 지지 요소 및 구조 요소를 갖는 실시예)에서 광학 요소가 제시되며, 여기서 구조 요소는 광학 요소의 광학 축을 완전히 (360도) 둘러싸는 것과 같이 둘러싸고 있다. 이것의 가능한 장점은 응력 특이성 문제가 광학 축 주위의 모든 부분에서 완화되거나 극복될 수 있다는 것이다.

[0099] 실시예 (예를 들어, 지지 요소 및 구조 요소가 있는 실시예)에서 광학 요소가 제시되며, 여기서 구조 요소의 재료는 다음과 다르다.

[0100] - 지지 요소가 구조 요소에 인접하는 지점에서의 지지 요소의 재료와 같은 지지 요소의 재료, 및

[0101] -지지 요소가 구조 요소에 인접하는 지점에서 구부릴 수 있는 커버 부재의 재료와 같은 구부릴 수 있는 커버 부재의 재료.

[0102] 특정 실시예에서, 구조 요소 (예를 들어, 에폭시)의 재료는 지지 요소 (예를 들어, 실리콘)의 재료 및 구부릴 수 있는 커버 부재 (예를 들어, 유리)의 재료 모두와 다르다. 대안적인 실시예에서, 구조 요소의 재료는 지지 요소의 재료 또는 구부릴 수 있는 커버 부재의 재료와 다르다.

[0103] 일 실시예 (예를 들어, 지지 요소 및 구조 요소가 있는 실시예)에서 광학 요소가 제시되며, 여기서 구조 요소는 중합체로 구성되는 것과 같은 것을 포함한다.

[0104] 일 실시예에서 광학 요소가 제시되며, 여기서 구조적 요소는 에폭시로 구성되는 것과 같은 것 들을 포함한다.

[0105] 일 실시예에서 광학 요소가 제시되며, 여기서 광학 요소의 광학 축으로부터 관찰된 구조 요소의 표면은 오목하다. 따라서, 광학 축에 수직인 방향 또는 광학 축과 예각을 이루는 방향을 따라 광학 축에서 오목한 표면을 향해 볼 때 오목 함이 보인다. 이것의 가능한 이점은 습윤력 (wetting force) 및/또는 모세관력 (capillary force)에 의해 실현될 수 있다는 것이다. 또 다른 가능한 이점은 지지 구조체의 내부 측벽 및 구조 요소의 내부에지에서 충격을 받는 동안 구부러 질 수 있는 커버 부재에서 낮은 응력 집중 계수와 같은 우수한 기계적 특성을 촉진한다는 점일 수 있다.

[0106] 일반적으로 내 충격성을 향상시키는 개선된 기계적 특성은 (첫 번째 측면에 따르면) 구조 요소의 오목한 표면에서 얻을 수 있을 뿐만 아니라 지지 구조의 두께만큼 모든 곡면 또는 평면에서 얻을 수 있다. 광학 축의 방향으로 지지 구조체의 이 부분이 광학 축에 가장 가까운 낮은 두께에서 지지 구조체의 측벽에서 가장 큰 두께로 점진적으로 또는 단계적으로 변경된다. 점차적으로 증가하는 두께는 광학 요소에 의해 구현된 렌즈의 이미징 왜곡

을 생성하기 위해 점차적으로 변화하는 두께를 통해 투과되는 빛에 영향을 미칠 수 있다. 그러나 렌즈가 점차적으로 증가하는 두께를 통해 투과된 빛을 받지 않는 한, 점차적으로 증가하는 두께를 갖는 지지 구조체의 효과는 무관하다.

[0107] 더욱이, 광학 개구 (111) (도 1)는 압전 액추에이터 (103, 104, 105층)의 내부 에지에 의해 제한된다. 빛은 조리개만 통과한다. 따라서 지지 구조체가 압전 액추에이터 아래에 있는 한 투명 여부는 중요하지 않다.

[0108] 일 실시예에서 광학적 요소가 제시되며, 여기서 광학적 활성 영역의 직경은 10mm이하, 예를 들어 7.5mm이하, ([0.5; 4.0] mm와 같은) 5mm이하, ([2.0-2.4] mm와 같은) 2.5mm이하, 1.9mm이하, 1.55mm이하, 1mm이하이다. 작은 직경을 갖는 것의 가능한 장점은 광학 렌즈를 제공할 수 있다는 것이다. 이는 (카메라와 같은) 최종 적용 장치에서 매우 적은 면적을 활용할 수 있고/있거나 (3D 이미징과 같은) 추가 기능을 위하여 작은 크기로 여러 위치에 설치할 수 있다. '광 활성 영역'이란 빛이 입사되어 조작될 수 있는 영역을 의미한다. 광학 렌즈의 경우 광학 활성 영역은 광학 개구에 대응될 수 (예를 들어, 동일할 수) 있다.

[0109] 거울과 같은 반사 요소의 경우, 광학 활성 영역은 빛이 입사 될 수 있고 조작된 빛이 반사될 수 있는 반사 영역 일 수 있다. 반사 요소의 경우 광학 활성 영역은 빛이 입사되고 조작된 빛이 반사될 수 있는 반사 영역 일 수 있다 (예를 들어, 광학 렌즈의 조리개와 유사 함).

[0110] 일 실시예에서 광학적 요소가 제시되는데, 여기서 광학적 활성 영역의 직경은 1mm 이상, 예를 들어 1.55mm이상, 9mm이상, 2mm이상, 2.5mm 이상이다. 큰 직경의 장점은 많은 양의 빛을 제공할 수 있다는 점이다.

[0111] 광학 요소는 구부릴 수 있는 커버 부재에 부착된 적어도 하나의 변형 가능한 투명 렌즈 본체를 더 포함 할 수 있다. 광학 요소가 조정 가능한 렌즈와 같은 렌즈와 같은 굴절 광학 요소인 경우 이는 특히 관련될 수 있다. 일 실시예에서 광학 요소가 제공되며, 여기서 광학 요소는 다음을 포함하는 굴절 렌즈이다:

[0112] -지지 구조물의 측벽에 의해 둘러싸인 적어도 하나의 변형 가능한 투명 렌즈 본체,

[0113] 그리고 여기서 구부릴 수 있는 커버 부재는 구부릴 수 있는 투명 커버 부재이며, 이는 다음과 같은 곳에 부착되어 있다.

[0114] o 상기 적어도 하나의 변형 가능한 투명 렌즈 본체의 표면.

[0115] 일 실시예에서 광학 렌즈인 광학 요소가 제시되며, 여기서 상기 적어도 하나의 변형 가능한 투명 렌즈 본체는 고체 폴리머로 구성된 변형 가능한 투명 렌즈 본체, 고체 폴리머와 같은 폴리머를 포함한다. 상기 적어도 하나의 변형 가능한 투명 렌즈 본체는 고체 폴리머와 같은 폴리머를 포함함으로써, 상기 적어도 하나의 변형 가능한 투명 렌즈 본체는 적어도 10wt% (중량%), 예를 들어 적어도 25wt%, 적어도 50wt%, 적어 75wt%인, 고체 중합체를 포함할 수 있다. 일 실시예에서 광학 렌즈인 광학 요소가 제시되며, 여기서 상기 적어도 하나의 변형 가능한 투명 렌즈 본체는 가교된 또는 부분적으로 가교된 중합체의 중합체 네트워크 및 혼화유 또는 오일의 조합을 포함한다. 일 실시예에서 광학 렌즈인 광학 요소가 제시되며, 여기서 상기 적어도 하나의 변형 가능한 투명 렌즈 본체는 300P보다 큰 탄성 계수를 가질 수 있고, 굴절률은 1.35보다 높으며, 밀리미터 두께당 10% 미만의 가시 범위에서의 흡광도를 갖는다.

[0116] '굴절 렌즈'는 당업계에 알려져 있고 그에 따라 이해된다. 굴절 렌즈의 장점은 유지 관리가 적고 일반적으로 반사 요소와 동일한 정도로 시준 (collimation)이나 재코팅이 필요하지 않다는 것이다.

[0117] 일 실시예에서 광학 요소가 제시되며, 여기서 상기 광학 요소는 구부릴 수 있는 커버 부재를 (직접 변형 등과 같이) 변형하거나 성형하기 위한 하나 이상의 액추에이터를 포함하고, 여기서, 하나 이상의 액추에이터 및 구부릴 수 있는 커버 부재는 작동시 하나 이상의 액추에이터가 5디옵터 이상의 범위에 걸쳐, 예를 들어 10디옵터 이상의 범위, 11디옵터 이상의 범위, 13디옵터 이상의 범위, [-3; +10] 디옵터 범위 전체에 걸쳐 그 이상, 14디옵터 이상, 16디옵터 이상, 17디옵터 이상, 20디옵터 이상, [-10; +20] 디옵터 범위 전체에 걸쳐 그 이상, 28디옵터 이상, ([-4; +26] 디옵터 이상과 같은) 30디옵터 이상, 54디옵터 이상, [-4; +50] 디옵터 이상에서, 구부릴 수 있는 커버 부재를 변형 또는 형상화 할 수 있도록 배열되고, 일반적으로 범위는 0디옵터 이상의, 예를 들어, 0-5디옵터 이상의 범위, 0-6디옵터 이상의 범위, 0-7.5디옵터 이상의 범위, 0-10디옵터 이상의 범위, 0-12.5디옵터 이상의 범위, 0-14디옵터 이상의 범위, 0-16디옵터 이상의 범위, 0-20디옵터 이상의 범위, 28디옵터 이상의 범위, ([-4; +26] 디옵터 이상과 같은) 30디옵터 이상의 범위, ([-4; +50] 디옵터 이상과 같은) 54디옵터 이상의 범위, 배율을 포함 할 수 있음으로 이해할 수 있다. 이 범위는 0디옵터의 배율과 0의 양쪽 범위를, 예를 들어 ±2.5디옵터 이상의 범위 (즉, -2.5디옵터에서 2.5디옵터 이상), ±6디옵터 이상, ±7.5디옵터 이상, ±10

디옵터 이상, ±12.5디옵터 이상, ±14디옵터 이상, ±16 디옵터 이상, ±20디옵터 이상, [-4; +26] 디옵터 이상, [-4; +50] 디옵터 이상, 포함할 수 있다.

[0118] '직접' (변형)은 하나 이상의 액추에이터가 구부릴 수 있는 커버 부재에 대해 배열되어 있으므로, 구부릴 수 있는 커버 부재의 변형이 제 3요소에 의존하지 않는 것으로 이해될 수 있다.

[0119] 일 실시예에서 광학 요소가 제시되며, 여기서 :

[0120] -상기 광학 요소는 평균 (파장 범위내 및 입사각 범위내) 투과율이 95% 이상, 예를 들어 98 %이상, 99% 이상 및 /또는

[0121] -가시광선 파장과 같이 가시광선 범위에 대한 최소 투과율은 94% 이상이고/이상이거나

[0122] -가시범위에 대한 평균 반사율 (예를 들어, 여기서 파장 범위는 모든 가시파장에 한정 됨)은 2.5% 이하, 예를 들어 1% 이하이다.

[0123] 높은 투과율의 장점은 광학 장치 요소를 통과할 때 손실되는 빛이 적다는 점이다. 일반적인 실시예에서, 상기 광학 렌즈는 90% 이상, 예를 들어 92% 이상, 93% 이상, 94% 이상의, 평균 투과율을 갖는다.

[0124] 일 실시예에서 광학 요소가 제시되며, 여기서 광학 요소는 반사 요소이고, 여기서 구부릴 수 있는 커버 부재는 지지 구조체로부터 멀어지는 면 및/또는 지지 구조를 향하는 면에서 반사성이다. '반사 요소'는 거울과 같은 입사 전자기 복사를 반사하는 요소로 이해될 수 있다. '반사'는 평균 (파장 범위내 및 입사각 범위내) 반사율이 90% 이상임으로, 예를 들어 최소 95% 이상, 최소 99% 이상, 최소 99.9% 이상으로, 이해할 수 있다. 반사 요소의 장점은 굴절 광학 요소에 비해 색수차 (chromatic aberration)를 덜 겪을 수 있다는 것이다. 반사 요소의 또 다른 장점은 굴절 광학 요소보다 상대적으로 가볍다는 점이다.

[0125] 일 실시예에서 광학 요소가 제시되며, 여기서 총 파면 오류 ( $WFE_{RMS}$ )는 다음의 범위에서 50nm 이하이고 (예를 들어 40nm이하, 30nm이하, 25nm이하, 20nm이하), 이는 5디옵터 이상의 범위에 걸쳐, 예를 들어 10디옵터 이상의 범위, 11디옵터 이상의 범위, 13디옵터 이상의 범위, [-3; +10]디옵터 이상의 범위, 14디옵터 이상의 범위, 15 디옵터 이상의 범위임. 구체적으로는 11디옵터 이상의 범위에 걸치며, 예를 들어, 13디옵터 이상의 범위, [-3; +10]디옵터 이상의 범위, 14디옵터 이상의 범위, 15디옵터 이상의 범위이다. 특정 실시예에서 광학 요소가 제시되며, 여기서 총 파면 오류 ( $WFE_{RMS}$ )는 15디옵터 이상의 범위에 걸쳐 50nm이하이다. 특정 실시예에서 광학 요소가 제시되며, 여기서 총 파면 오류 ( $WFE_{RMS}$ )는 15디옵터의 범위에 걸쳐 30nm 이하이다. 디옵터와 같은 다른 매개 변수의 범위 전체에서 총  $WFE_{RMS}$  를 임계 값보다 낮게 설정하면, 총  $WFE_{RMS}$  는 주어진 범위에서 다른 매개 변수의 임의의 값에 대한 임계 값보다 낮다는 것을 이해할 수 있다. 이 실시예의 가능한 이점은 디옵터 및/또는 초점 거리의 범위에 걸쳐 개선된 이미지 품질이 달성될 수 있다는 점일 수 있다. '총 파면 오류 ( $WFE_{RMS}$ )'는 총 RMS (root-mean-square) 파면 오류 ( $WFE_{RMS}$ )로 이해되며, 이는 당 업계에 일반적으로 알려져 있으며 그에 따라 이해된다. 총 파면 오류 ( $WFE$ )는 주어진 활용 (객체 및 이미지 포인트)에 대해 정의된다. 웨이브 프론트 오류는 광선의 각 지점에 대해 정의된다. 실제 (수차) 파면과 완벽한 구면 파면 사이의 광경로 길이 (OPL)의 불일치와 같은 광경로 차이 (OPD)이다. 일반적으로 나노미터 (nm) 또는 마이크로미터 ( $\mu m$ )로 표시되는 거리이다. 총  $WFE_{RMS}$  는 주어진 활용 (객체 및 이미지 포인트)에 대해 정의된다. 아래 공식에 설명된 것과 같이, 이는 계산된 표면에 있는 광선의 단면에 걸친 전체  $WFE$ 의 제곱 평균이다.

$$\text{Total } WFE_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{A} \iint_A (WFE(P))^2 dP}$$

[0126] 적분은 시스템의 출력 동공 단면의 A 영역에 걸쳐 만들어진다. 총  $WFE_{RMS}$ 는 단일 값이다. 이는 일반적으로 나노 미터 (nm) 또는 마이크로미터 ( $\mu m$ )로 표시되는 거리이다. 총  $WFE_{RMS}$ 의 측정은, 예를 들어 Imagine Optic 회사의 HASO™ (프랑스 Orsay에 본사 주소 있음)와 같은, Shack-Hartmann 센서가 있는 파면 측정 시스템을 사용하여 수행될 수 있다. 일 실시예에서, 총 파면 오류 ( $WFE_{RMS}$ )가 630nm의 파장 및 0°의 입사각에서와 같이 630nm에서 측정되는 광학 요소가 제공된다.

[0128] 일 실시예에서, 지지 구조체의 영률은 구부릴 수 있는 커버 부재의 영률보다 작다. 예를 들어, 지지 구조체는, 가열 또는 UV 경화 공정을 통해 3.5GP와 같이 1-20GPa 범위의 영률 값을 갖는, 응고된 후에 에폭시와 같은 접착

제를 포함하거나 그로 구성 될 수 있다. 비교하여 구부릴 수 있는 커버 부재에 비교하면, 예를 들어 유리로 만 들어진 것은 10~100GPa 범위의 영률을 가진다. 예를 들어, 봉규산 (borosilicate) 유리의 영률은 63GPa, 용융 실리카 유리의 경우 73GPa, 봉규산 유리의 경우 44GPa이다. 유리하게는, 상대적으로 더 높은 탄성 (즉, 더 낮은 영률)을 갖는 지지 구조체가 커버 부재 및 지지 구조물의 측벽에 신뢰할 수 있는 방식으로 부착하기 더 쉬울 수 있다.

- [0129] 일 실시예에서, 복수의 단계는 적어도 4개의 단계를 포함한다. 유리하게는, 지지 구조체의 계단형 표면은 기계적 특성에 대해 연속적인 구조물을 갖는 지지 구조체에 근접하다.
- [0130] 일 실시예에서, 방향의 치수가 광학 축과 평행하고/하거나 영률은 점진적 으로/이거나 복수 단계로 증가하는 지지 구조체의 적어도 일부는 하나 이상의 변형 가능한 투명 렌즈 본체와 분리되어 있다.
- [0131] 구조 요소와 같은, 광학 축과 평행한 방향의 치수 및/또는 영률이 증가하는 지지 구조체의 부분은 광학 축에 가장 가까운 구조 요소의 부분과 광학 축에서 가장 먼 렌즈 본체의 부분 사이에 방사상 분리로 배치될 수 있다. 따라서, 구조 요소는 구조 요소의 원주를 따라 어떤 지점에서도 구조적 요소 또는 지지 구조체와 렌즈 몸체 사이에 직접적인 접촉이 없도록 렌즈 몸체를 둘러 쌀 수 있다.
- [0132] 유리하게는, 렌즈 본체로부터 떨어진 구조 요소의 배치는 구조 요소가 렌즈 본체의 광전파를 방해하지 않도록 보증한다. 더욱이, 구조 요소 또는 지지 구조체의 상기 부분과 렌즈 본체 사이의 비접촉으로 인해, 렌즈 본체는 구조 요소의 변형으로 인한 변형 또는 응력에 노출되지 않는다.
- [0133] 일 예에서, 구조 요소 또는 지지 구조체의 상기 부분은 적어도 하나의 변형 가능한 투명 렌즈 본체로부터 분리되어 광학 축에 가장 가까운 구조 요소의 부분이 렌즈 본체로 연장되지 않도록 할 수 있다. 따라서, 실질적으로 0의 최소 거리, 예를 들어 몇 마이크로미터가, 허용될 수 있다.
- [0134] 제 2측면은 제 1측면에 따른 광학 요소를 제공하는 방법에 관한 것이다.
- [0135] 제 2측면의 실시예에서, 이 방법은 광학 요소의 구부러 질 수 있는 커버 부재의 내 충격성을 개선하기 위한 것이다.
- [0136] 제 1측면, 특히 제 1측면의 임의의 실시예에 따르면, 제 2측면의 일 실시예에서 광학 요소를 제조하는 방법이 제시되며, 여기서 지지 구조체는 다음을 포함한다:
- [0137] - 지지 요소, 및
- [0138] - 구조적 요소,
- [0139] 상기 방법은 다음에서 액체 구조 요소 재료 배치를 포함하며,
- [0140] - 지원 요소 및/또는
- [0141] - 구부릴 수 있는 커버 부재,
- [0142] 상기 방법은 구조 요소를 형성하기 위해 지지 요소와 구부릴 수 있는 커버 맴브레인 (membrane) 사이의 인터페이스의 내부 가장자리에 액체 구조 요소 재료를 배치하는 단계를 포함한다.
- [0143] 구조 요소를 얻기 위해 경화 프로세스와 같은 응고 프로세스를 적용하여 액체 구조 요소 재료의 원하는 기계적 특성을 얻을 수 있다.
- [0144] 이 방법의 장점은 액체 물질을 상기 위치 (들)에 배치하는 것이 상대적으로 간단하다는 점일 수 있다. 또 다른 가능한 이점은 습윤력 및/또는 모세관력이 상기 액체의 재분배에 이용 될 수 있다는 점일 수 있으며, 이는 청구된 광학 요소를 얻는데 비교적 간단하면서도 효율적인 방법을 제공하는데 도움이 될 수 있다.
- [0145] 구조 요소가 에폭시 (예를 들어, 광학 렌즈의 경화 에폭시)인 경우, 액체 구조 재료는 경화되지 않은 에폭시 수지일 수 있다. 지지 요소와 구부릴 수 있는 커버 맴브레인 사이의 경계면 내부 가장자리에 액체 구조 요소 재료 배치의 가능한 이점은 습윤력 및/또는 모세관력이 상기 액체의 (더 쉬운) 재분배를 위해 이용될 수 있는 어느 위치로부터 (출발점에서) 인터페이스에 배치될 수 있다는 것이다.
- [0146] 일 실시예에서 방법이 제시되는데, 여기서 액체 구조 요소 재료는 액체 구조 요소와 다음 사이의 접착력을 통해 그것이 놓인 위치를 넘어서 재분배되며,
- [0147] - 지지 요소 및/또는

- [0148] - 구부릴 수 있는 커버 부재
- [0149] 이는, 예를 들어, 지지 요소와 구부릴 수 있는 커버 부재 사이의 인터페이스 내부 가장자리를 따르거나, 액체 구조 요소 재료는 최소 100마이크로미터의 거리에 (예를 들어, 최소 500마이크로미터 이상, 최소 1000마이크로미터 이상, 최소 2000마이크로미터와 같은 접착력을 통해) 재분배된다. 상기 접착력을 통한 재분배의 가능한 이점은 액체 구조 요소의 균일한 분포를 제공하거나 보장하는 것을 용이하게 하는 점일 수 있다. 또 다른 가능한 이점은 재배포가 자체적으로 수행된다는 것이다. 또 다른 가능한 이점은 지지 구조체 및/또는 구부릴 수 있는 커버 부재의 표면을 제어함으로써 재배포가 제어될 수 있다는 점일 수 있다. '접착력을 통한 재분배'는 습윤력 및/또는 모세관력으로 이해 될 수 있다.
- [0150] 일 실시예에서 방법이 제시되는데, 여기서 액체 구조 요소 재료는 액체 구조 요소와 액체 구조 요소와 다음 사이의 접착력을 통해 재분배되며,
- [0151] - 지지 요소 및/또는
- [0152] - 구부릴 수 있는 커버 부재
- [0153] 이는 광학 요소의 광학 축을 완전히 (360도) 둘러싸는 것과 같이 둘러싸기 위함이다.
- [0154] 일 실시예에서 방법이 제시되는데, 여기서 상기 방법은 액체 구조 요소 재료를 응고시켜 구조 요소를 형성하는 것과 같은 방법을 포함한다.
- [0155] 액체 구조 요소 재료의 응고는 구부릴 수 있는 커버를 따라 재분배된 후 액체 구조 요소의 경화 공정을 포함할 수 있다.
- [0156] 제 3측면에 따르면, 다음을 포함하는 카메라가 제공된다.
- [0157] - 제 1측면에 따른 광학 요소, 예를 들어 여기에서 구부릴 수 있는 커버 부재는 지지 구조체를 통해 광학 요소를 제외한 카메라와 같은 카메라의 나머지 부분에 부착되거나, 또는
- [0158] - 제 2측면에 따라 제조된 광학 요소, 예를 들어 여기에서 구부릴 수 있는 커버 부재는, 광학 요소를 제외한 카메라와 같은, 지지 구조체를 통해 카메라의 나머지 부분에 부착된다.
- [0159] 광학 요소는 카메라의 일부인 것으로 이해된다. 예를 들어 카메라의 일부에 붙어 있는 것과 같은 방식으로, 지지 구조체를 통해, 지지 구조체가 부착되도록 하기 위하여, 광학 요소는 카메라와 통합될 수 있는데, 즉, 광학 요소가 없는 카메라 또는 카메라의 나머지 부분을 의미한다. 이러한 방식으로 구부릴 수 있는 커버 부재가 카메라에 부착된다.
- [0160] 보다 일반적인 실시예에서, 다음을 포함하는 광학 장치가 제공되며,
- [0161] - 제 1측면에 따른 광학 요소, 또는
- [0162] - 제 2측면에 따라 제조된 광학 요소,
- [0163] 여기서 광학 장치는 다음으로 구성된 그룹에서 선택된 임의의 하나의 광학 장치 일 수 있다: 스캐너, 카메라, 가변 광학 튜너 또는 감쇠기 (attenuator), 조리개, 광학 이미지 안정화 (optical image stabilization; OIS) 장치, 줌 렌즈, 광각 렌즈, 바코드 판독기, 내시경, 프로젝터 또는 원하는 효과를 만들기 위해 빛이 구성되는 모든 장치 (예를 들어, 이미징).
- [0164] 본 발명의 네 번째 측면에 따르면, 하나 이상의 이미지를 얻기 위해 다음의 용도가 제공된다.
- [0165] - 제 1측면에 따른 광학 요소, 또는
- [0166] - 제 2측면에 따라 제조된 광학 요소,
- [0167] 대안적인 실시예에서, 참조된 광학 요소는 바코드 및/또는 망막과 같은 식별 마크를 스캔하거나 특정 파장의 빛을 감쇄시키는데 사용할 수 있다.
- [0168] 본 발명의 제 1, 제 2, 제 3 및 제 4 측면은 각각 다른 측면과 결합 될 수 있다. 본 발명의 이러한 측면 및 다른 측면은 이후에 설명되는 실시예를 참조하여 명백 해지고 설명될 것이다.

## 발명의 효과

[0169]

본 발명은 특히, 그러나 배타적이지 않게, 예를 들어 광학(굴절)렌즈 또는 반사 소자와 같은, 예를 들어 조정 가능한 마이크로 렌즈(tunable micro lens) 또는 조정 가능한 마이크로 미러(tunable micro mirror)와 같은, 개선된 내충격성을 가질 수 있고/있거나 낙하에 따른 충격을 견디는 능력이 향상되는 광학 요소를 얻는데 유리하다. 또 다른 가능한 이점은 제안된 솔루션이 광학 특성(예를 들어, 파면 오류 및/또는 투과율 및/또는 조정 가능성과 같은, 예를 들어 스패닝 될 수 있는(spanned) 디옵터(diopter) 범위) 및/또는 기계적 특성(예를 들어, 구부릴 수 있는 커버 부재의 굴곡 강성)을 크게 손상시키지 않는다는 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0170]

도 1은 광학 요소의 투시도이다.

도 2는 광학 요소의 측면도이다.

도 3은 제조 방법 중 광학 요소의 저면도의 현미경 이미지이다.

도 4는 도 1-2에 개략적으로 표시된 광학 요소의 뒷면에서 본 사시도의 현미경(SEM) 이미지를 보여준다.

도 5는 광학 요소의 시뮬레이션 모델을 보여준다.

도 6은 응력 특이점 문제를 보여주는 도이다.

도 7-11은 도 5-6에 설명된 시뮬레이션 모델에 해당하는 시뮬레이션 결과를 보여준다.

도 12-14는 지지 구조체가 실리콘으로 만들어지는 대안적인 실시예를 보여준다.

도 15는 Si 구조 요소의 폭이  $20\text{ }\mu\text{m}$ 인 경우 도 12-14에 해당하는 세 가지 시뮬레이션 모델의 시뮬레이션 결과를 보여준다.

도 16은 도 15와 17의 곡선에 대한 범례를 구성한다.

도 17은 Si 구조 요소의 폭이  $40\text{ }\mu\text{m}$ 인 경우, 도 12-14에 대응하는 3개의 시뮬레이션 모델에 대한 도 15와 유사한 시뮬레이션 결과를 보여준다.

도 18은 광학 요소의 위치를 나타내는 개략도이다.

도 19는 실시예를 보여준다.

도 20-25는 대체 광학 렌즈의 예를 보여준다.

도 26은 구조 요소에 에폭시를 사용한 세 가지 시뮬레이션 모델에 대한 도 15와 유사한 시뮬레이션 결과를 보여준다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0171]

이제 본 발명에 따른 광학 요소, 방법, 광학 장치 및 용도가 첨부된 도면과 관련하여 더 상세히 설명될 것이다. 도면은 본 발명을 구현하는 한 가지 방법을 도시하며 첨부된 청구항 세트의 범위 내에 있는 다른 가능한 실시예로 제한되는 것으로 해석되어서는 안된다.

[0172]

일반적으로 '위', '아래' 또는 '위' 또는 '아래'라는 용어를 사용할 때와 같이 방향이 함축된 경우, 일반적으로 양의 방향은 지지 구조체에서 커버 부재까지 광학 축에 평행한 방향으로 정의되는 것으로 이해된다. 예를 들어, 커버 부재는 지지 구조체의 상부와 같이 지지 구조체 위에 있다. 또한 '내부'는 일반적으로, 예를 들어, 광학 축을 향하는 요소의 측면 또는 끝과 같은, 광학 축을 향하는 '내부'면 또는 끝과 광학 축에서 멀어지는 '외부'면 또는 끝을 갖는 요소와 같은, 요소의 일부를 나타낸다. 또한 '내부'는 일반적으로 요소의 측면 또는 끝과 같은 광학 축을 향하는 (예를 들어, 광학 축을 향하는 '내부'면 또는 끝과 광학 축에서 멀어지는 '외부'면 또는 끝을 갖는 요소와 같은) 요소의 일부를 나타낸다. 마찬가지로 '내부'(예를 들어, '내부 측벽')는 일반적으로, 광학 축을 향하는 '내부 측벽' 및 광학 축으로부터 멀어지는 '외부 측벽'을 갖는 요소와 같은, 광학 축을 향하는 요소의 측면 또는 끝과 같은 요소의 일부를 나타낸다.

[0173]

도 1은 광학 요소, 특히 실시예에 따른 광학 렌즈, 특히 200-800 마이크로미터 범위의 두께(122)를 갖는 지지 구조체(101)의 사시도이다. 지지 구조체는 광학 축(110)을 향하는 내부 측벽(112)을 갖는다. 도면은 또한 구부릴 수 있는 투명 커버 부재(102) (본 실시예에서는 유리임), 하나 이상의 액추에이터(압전 액추에이터)를

위한 바닥 전극 (103), 압전 활성 물질 (104), (하나 이상의 압전 액추에이터 용) 상부 전극 (105)을 도시한다. 지지 구조체는 지지 요소 (126)를 포함하고, 여기서 지지 요소 (126)는 실리콘 요소이고, 구조 요소 (128)는 에폭시 요소이다. 모든 구조 요소 (128)는 지지 요소 (126)보다 광학 축에 더 가깝게 배치되고, 구조 요소 (128)는 지지 요소 (126) 및 구부러 질 수 있는 커버 부재 (102) 모두에 인접한다. 지지 요소 (126)는 100-500 마이크로미터 범위의 폭 (124)을 갖는다. 평면도 (광학 축과 평행한 방향을 따라)에서 관찰되는 하나 이상의 압전 액추에이터의 위치는 모든 하부 전극 (103) 압전 활성층 (104) 및 상부 전극 (105) 사이에 중첩이 있는 위치로 정의된다. (이러한 위치에서만 압전 활성층이 작동될 수 있음에 유의). 이 도면은 또한 (본 실시예에서는 폴리머인) 투명한 변형 가능한 렌즈 몸체 (107), (렌즈 몸체 (107)에 부착 된) 투명한 후면 창 (106), (구멍 (108)이 광학 축 (110)을 포함하고 측벽 (112)에 의해 광학 축 (110)으로부터 멀어지는 방향으로 경계를 이루는) 지지 구조체 (101) 내부의 구멍 (108), (지지 구조체 (101)와 구부릴 수 있는 투명 커버 부재 (102) 사이의 계면에서) (하부 전극 (103)의 표면 또는 상부 전극 (105)의 표면에 투영된) 지지 구조체 (101)의 내부 가장자리 (109), 하부 전극 (103)의 표면 또는 상부 전극 (105)의 표면에 돌출 된 지지 구조체 (101)를 보여준다. 현재 도시 된 실시예에서, 하나 이상의 압전 액추에이터 (103, 104, 105) (본 실시예에서는 광학 축과 평행한 방향에서 관찰되는 바와 같이 바닥 전극 (103), 압전 활성 물질 (104) 및 상부 전극 (105)이 모두 겹치는 영역으로 정의 될 수 있는 단일 압전 액추에이터)의 외부 에지가 광학 축 (110) 및 광학 개구 (111)를 완전히 둘러싸는 폐쇄링을 형성함을 알 수 있다.

[0174]

도 2는 도 1의 광학 요소와 유사한 광학 요소의 측면도이다. 도 2는 또한 몰딩된 패키지 (130), 부드러운 물체 사이드 캡 ("블랙 시트") (232) 및 접착제 (234)를 보여준다. 이 도면은 또한 이는 습윤력 및/또는 모세관력을 통해 커버 부재 (102) (유리)와 지지 요소 (126) (실리콘) 사이의 코너에 배치된 에폭시인 구조 요소 (128)의 단면도의 (주사 전자 현미경 (SEM)로부터의) 현미경 이미지가 있는 삽입물 136을 보여준다. 도 2의 개략적인 부분과 도 2의 삽입물은 모두 구조적 요소의 둥근 부분 (즉, 커버 부재 (102)에도 지지 요소 (126)에도 인접하지 않은 부분)을 보여준다.

[0175]

도 3은 제조 방법, 특히 구조 요소를 제공하는 광학 요소의 저면도의 현미경 이미지이다. 도면은 아래쪽에서 볼 때, 즉 아래쪽 (즉, 도 2의 광학 요소 아래)에서 광학 축의 한 지점에서 관찰한 모습이다. 도면은 구부릴 수 있는 커버 부재 (102)에서 액체 구조 요소 재료 (329)를 도시한다. 액체 구조 요소 재료는 커버 부재 (102)와 지지 요소 (126) 사이의 인터페이스의 내부 에지에 닿도록 적용된다. 액체 구조 요소 재료 (329)는 현재 도시된 작은 물방울 형태로부터 액체 구조 요소의 일면과 지지 요소 (126) 및 구부러 질 수 있는 커버 부재 (102) 사이의 접착력을 통해 재분배 될 수 있다. 더 구체적으로, 이는 광학 요소의 광학 축 (종이 평면에 직교하고 이미지 중앙의 검은색 원 중앙에 위치 함)을 완전히 (360도) 둘러 싸도록 하기 위하여 커버 부재 (102)와 지지 요소 (126) 사이의 내부 에지 인터페이스 주위에 그려 질 수 있으며, 따라서 재분배되어 지지 요소 (126)의 전체 측벽 주위에 배치되고, 지지 요소 (126)와 커버 부재 (102) 사이의 모서리를 채운다.

[0176]

\*도 4는 도 1-2에 개략적으로 표시된 광학 요소의 뒷면에서 본 사시도의 현미경 (SEM) 이미지를 보여준다. 구조 요소 (128)는 커버 부재 (102)와 지지 요소 (126의 내부 측벽) 사이의 코너에서 볼 수 있다.

[0177]

도 3-4의 특정 실시예에서, 점도가 약 5000 cPs (centipoise)이고 경화 후 저장 모듈러스 (storage modulus) 3GPa 인 2성분 에폭시가 사용되었다 (이러한 데이터는 생산자 데이터 시트의 정보에 따른 것이며, 사용된 특정 에폭시는 미국 Billerica에 있는 Epoxy Technology, Inc.의 EPO-TEK®353ND이다). 액체 구조 요소 재료 (329) (예를 들어, 사전 경화된 구조 요소 128 에폭시 재료) 약 0.2  $\mu$ l (1/5 마이크로리터)가 작은 주사기 텁이 있는 표준 분배 장비를 사용하여 분배되었다. 액체 구조 요소 재료 (329)의 액체의 작은 물방울 모양은, 지지 요소 (126)에 의해 둘러싸인 것과 같이, 구멍 내부의 (유리 맴브레인인) 구부러 질 수 있는 맴브레인 (102) 상에 배치되었다.

[0178]

짧은 시간 후, 액체 방울은 광학 축 (110)을 향하는 지지 요소 (126)의 내부 측벽 (도 1의 내부 측벽 (112) 참조)에 확산되고 접촉하며, 이는 본 실시예에서 실리콘 벽이고, 예를 들어 모세관력을 의해 구부릴 수 있는 커버 부재 (102)와 지지 요소 (126) 사이의 인터페이스의 내부 에지에서 광학 축 주위에서와 같이, 지지 요소 (126)의 내부 측벽의 내부 에지 주위로 빠르게 흐르기 시작한다. 따라서 액체 구조 요소 재료 (329)는 그것이 배치된 위치를 넘어서 (예를 들어, 도 3에 도시된 원래 배치된 물방울 사이의 접촉 위치로부터 도 4에 도시된 구조 요소 (128)의 위치로 재분배 됨) 액체 구조 요소와 다음 사이의 접착력을 통해 재분배된다.

[0179]

- 지지 요소 (126), 및

[0180]

- 구부릴 수 있는 커버 부재 (102)

- [0181] 액체 에폭시와 같은 액체 구조 요소 재료 (329)를 갖는 광학 요소를 오븐에 두어 120°C에서 2시간 동안 경화시켰다.
- [0182] 경화 후 경화된 에폭시의 균일한 모양의 고리가 형성되었다. 에폭시 링과 같은 구조 요소의 폭 (즉, 광학 축에 직교하는 방향의 치수)은 약 50-70  $\mu\text{m}$  (마이크로미터)로 측정되었다.
- [0183] 여러 샘플은 동일한 절차를 수행하기 위해 준비되었고, 조정 가능한 광학 렌즈와 같은 광학 요소로 조립하는데 추가로 사용되었다. 렌즈의 광학 성능은 이후에 특성화되었으며 모두 우수한 성능을 나타냈다. 또한 렌즈를 지그 (jig)에 장착하고 휴대폰 카메라 모듈의 일반적인 관행에 따라 낙하 테스트를 수행했다. 이 광학 렌즈의 90%는 150cm에서 낙하를 통과하는 것으로 밝혀졌다.
- [0184] 도 5는 광학 요소의 시뮬레이션 모델을 보여준다. 도면의 위쪽 부분에 있는 도면은 (예를 들어, 도면 2에 대해) 광학 요소의 절반을 거꾸로 보여주며, 참조 부호는 대응하는 요소, 특히 광학 축 (510), 커버 부재 (502), 지지 요소 (526), 구조 요소 (528), 투명 변형 가능한 렌즈 본체 (507 투명 백 윈도우 (506) 및 몰딩된 패키지 (530)에 대응한다. 패키지 접착제 (544)도 도시되어 있다. 시뮬레이션은 단순화된 축 대칭 모델에 대한 낙하 테스트에 해당한다. 낙하 높이는  $h = 1\text{m}$ 이다. 구부릴 수 있는 커버 부재 (502)는 (두께 2 $\mu\text{m}$ ) PZT 필름 및 (두께 1  $\mu\text{m}$ )  $\text{Si}_3\text{N}_4$  필름으로 덮인 두께 (광학 축과 평행 한 치수)가 20 $\mu\text{m}$ 인 보로포스포실리케이트유리 (BPSG)로 구성된다. PZT 및  $\text{Si}_3\text{N}_4$  필름 모두 직경 1.55mm (개구부)의 중심에 둑근 구멍이 있다.  $\text{Si}_3\text{N}_4$  필름의 응력은 오프셋 -2.7dpt를 얻기 위해 -120MPa로 조정되었다 (여기서, 'dpt'는 디옵터의 약자이다). 광학 조리개 직경의 절반을 나타내는 이중 화살표  $R = \frac{1}{2} * 1.55\text{ mm}$  (즉, 반경  $R = 0.5 * 1.55\text{ mm}$ )는 왼쪽의 광학 축에서 오른쪽의 불투명한 피에조 필름 (piezo-film)까지의 거리를 나타낸다. 화살표 (538)는 충돌시의 속도 (즉, 방향)를 나타낸다. 굽은 점선으로 표시된 경계 (542)에서의 속도는 충돌 시간 동안  $V_{\text{max}} = 4.427\text{ m/s}$ 에서 0 m/s로 변경되었다. 도면 하단의 확대는 도면 상단과 동일한 요소 중 일부를 보여 주며, 추가적으로 치수를 마이크로미터로 나타낸다. 특히, 에지 (546)가 도시된 구조적 요소 (528)의 3개의 상이한 치수에 대해 시뮬레이션이 수행된다는 점에 유의해야한다. 특히, 에폭시 단면의 다음 치수가 다음과 같이 시뮬레이션되었다 : 40  $\mu\text{m} \times 40\text{ }\mu\text{m}$ , 200  $\mu\text{m} \times 200\text{ }\mu\text{m}$ , 290  $\mu\text{m} \times 290\text{ }\mu\text{m}$ . 압전 재료는 납지르코네이트티타네이트 (PZT)이다. 구조 요소 (528)는 에폭시이다. 점선 (548)은 커버 부재 (도 6 참조)에서 응력이 계산되는 선을 나타내며, 이 선은 폴리머 렌즈 본체, 에폭시 구조 요소 및 지지 요소를 향하는 면에서 0.1  $\mu\text{m}$ 이다.
- [0185] 도 6은 응력 특이점 문제를 보여주는 도면을 보여주며, 즉, 지지 요소 (526)와 구조 요소 (528) 사이의 계면에서 기계적 특성의 급격한 변화는 충격시 구부릴 수 있는 커버 부재에서 최대 응력 값 (최대  $\tau_{\text{max}}$ )을 초래한다 (이는 실질적으로 기준 값  $\tau_{\text{ref}}$ 보다 높음). 그래프는 (0-300 MPa에 걸쳐 있는) y축의 Von Mises 응력 (MPa 단위)과 광학 축의 공간 좌표를 보여 주며, 왼쪽에서 오른쪽으로 0 mm에서 1.6 mm에 걸쳐 있다. 응력은 폴리머 렌즈 본체, 에폭시 구조 요소 및 지지 요소를 향하는 면에서 0.1  $\mu\text{m}$ 떨어진 커버 부재의 선에 대해 표시된다 (도 5의 선 548 참조).
- [0186] 도 7-11은 도 5-6에 설명된 시뮬레이션 모델에 해당하는 시뮬레이션 결과를 보여준다. x축은 0.0에서 1000GPa (도 7) 또는 0.01에서 100GPa (도 8)의 로그 스케일로 구멍 내부 가장자리 (기가 파스칼 (GPa))에서 에폭시 구조 요소 (528)의 영률을 보여준다. 도 7-11의 모든 곡선에서 영률 3.5GPa (예를 들어, 에폭시의 실제 값)는 수직 점선으로 표시된다.
- [0187] 도 7은 구멍 가장자리에서 최대 응력  $\tau_{\text{max}}$ 를 보여주며, 즉, 광학 축을 향하는 지지 요소의 가장자리 위치에서 구부릴 수 있는 커버 부재의 아래쪽 표면 위 0.1mm 위의 (즉, 지지 요소를 향하는 표면 위) 구부릴 수 있는 커버 부재의 응력 (도 6의  $\tau_{\text{max}}$ )을 나타낸다. Y 축은 최대 응력을 나타낸다 (메가 파스칼 (MPa)). 도면은 에폭시 구조 요소의 치수가 증가하고 에폭시 구조 요소의 영률 (표시된 값에 대해)에 따라 피크 응력이 감소되고 감소량이 증가함을 보여준다. 그래프는 공동 가장자리 (측벽)에서 커버 부재 (유리)의 피크 응력이 접착제의 영률  $E = 3.5\text{ GPa}$ 에 대해 실질적으로 또는 완전히 억제될 수 있음을 보여준다. 응력 집중 계수 (stress concentration factor) 여러 번 줄일 수 있다.
- [0188] 각각의 도 8-11에는, 각각 40mm x 40mm (개방 원 마커가 있는 점선), 200mm x 200mm (채워진 원 마커가 있는 파선), 290 mm x 290 mm (닫힌 원 마커가 있는 완전히 그려진 곡선), 에 해당하는 세 개의 곡선이 있다.
- [0189] 도 8-10은 디옵터 (dpt) 단위로 광학 파워 (OP)를 보여주는 y축이 있다.

- [0190] 도 8은 0볼트의 압전 액추에이터에 적용된 (실제) 전압에 대한 영률 ( $Y_m$ )의 함수로서 광 파워 (OP)를 보여준다.
- [0191] 도 9는 40볼트의 압전 액추에이터에 적용된 (실제) 전압에 대한 영률 ( $Y_m$ )의 함수로서 광 파워 (OP)를 보여준다.
- [0192] 도 10은 영률 함수로서 0-40V의 전압 차이에 해당하는 광 파워 차이를 보여준다. 표시된 모든 구성에 대해 15디옵터 이상의 광 파워 스팬이 달성되었음을 알 수 있다.
- [0193] 도 11에는 나노미터 (nm) 단위의  $RMS_{WFE}$  (root-mean-square waveform error)를 보여주는 y축이 있다. 도 11은 구조 요소의 영계수 함수로  $RMS_{WFE}$ 를 보여준다. 상기  $RMS_{WFE}$ 는 표시된 모든 구성에 대해 50nm 이하로 유지되며, 충분히 낮은 영률 값 및 표시된 영 계수 범위 전체에 걸쳐 표시된 가장 작은 치수에 대해 모든 치수에 대해 30nm 미만으로 유지될 수도 있음을 알 수 있다.
- [0194] 도 12-14는 지지 구조체가 실리콘으로 만들어지는 대안적인 실시예를 보여준다.
- [0195] 도 12-14는 지지 구조가 실리콘으로 만들어지는 대안적인 실시예를 보여준다. 도 1-11은 실리콘 (Si)의 지지 요소 (1226) 및 (에폭시와 같은) 다른 재료의 구조 요소 (1228)를 포함하는 지지 구조를 갖는 광학 요소와 관련된 반면, 도 12-14의 각각의 실시예는 지지 구조체를 포함하는데, 여기서 제 1(주)부분 (1226, 1326, 1426)은 도 1-11의 실시예의 지지 요소 및 제 2(돌출) 부분 (1228, 1328, 1428)에 대응하며, 도 1-11의 실시예의 구조적 요소에 대응하며, 제 1부분 및 제 2부분 각각은 선택적으로 단일체 구조에서 동일한 재료 (실리콘)로 제조된다. 도 12-14 각각은 실리콘 (Si)의 우측에 주요 부분 (1226, 1326, 1426) 및 실리콘 (Si)의 좌측에 돌출부 (1228, 1328, 1428)를 갖는 지지 구조체를 개시한다. 도 12-14의 각각의 돌출 부분은 20  $\mu m$ 의 (다른 실시예에서는 40  $\mu m$ ) 폭  $w$  (반경 방향 치수, 즉 광학 축에 직교하는 치수)와 2  $\mu m$ , 5  $\mu m$ , 10  $\mu m$ , 20  $\mu m$  또는 40  $\mu m$ 의 두께  $d$  (광학 축에 평행한 치수)를 갖는다. 이 수치는 또한 두께가 20  $\mu m$  인 BPSG (borophosphosilicate glass)의 커버 부재를 보여준다. 커버 부재 위에는 2  $\mu m$  두께의 압전 재료 층이 PZT (lead zirconate titanate)로 되어 있고, 그 위에는 직경 1.55mm의 구멍이 있는 1  $\mu m$   $Si_3N_4$ 가 배치된다.
- [0196] 도 12에서, 제 2(돌출) 부분 (1228)은 광학 축을 포함하는 단면에서, 예를 들어 둥근 모서리를 갖는 직사각형에 대응하는 형상과 같이 (여기서, 둥근 모서리는 제 1(주) 부분 (1226) 및 커버 부재 (1202) 모두로부터 멀리 향하는 모서리), 실질적으로 직사각형 형상을 가진다. 대안적인 실시예에서, 제 2(돌출) 부분 (1228)의 재료는 실리콘 이외의 재료일 수 있으며, 예를 들어  $SiO_2$  일 수 있다. 대안적인 실시예에서, 제 2(돌출) 부분 (1228)의 재료는 제 1(주) 부분 (1226)과 커버 부재 (1202) 사이에 배치된 재료와 유사 할 수 있다.
- [0197] 도 13에서 제 2(돌출) 부분 (1328)은 단면 평면에, 예를 들어 제 1(주) 부분 (1326)의 측면 및 커버 부재 (1302)의 측면 및 (마지막) 직선 측면과 평행한 직선 측면을 갖는 형상과 같은, 실질적으로 삼각형 모양과 같은 삼각형 형상인 광학 축을 포함한다.
- [0198] 도 14에서, 제 2(돌출) 부분 (1428)은 광학 축을 포함하는 단면에서 비록 하나의, 예를 들어 제 1(주) 부분 (1426)의 측면 및 커버 부재 (1402)의 측면과 (마지막) 측면이 만곡된 측면과 평행한 직선 측면을 갖는 형상과 같은, 만곡된 측면을 갖지만 삼각형 외부에서 볼 때 오목한 것과 같은 실질적으로 삼각형 형상을 가진다.
- [0199] 도 12에 따른 실시예는 웨이퍼 뒷면으로부터 2단계 딥 건식 실리콘 에칭을 사용하는 표준 벌크 마이크로 머시닝 기술에 의해 제조될 수 있다.
- [0200] 도 13 및 14에 따른 실시예는 2단계 후면 실리콘 에칭을 사용하는 표준 벌크 마이크로 머시닝 기술에 의해 제조될 수 있다. 벌크 실리콘의 주요 부분을 제거하기 위해 첫 번째 딥 드라이 실리콘 에칭 단계가 사용된다. 도 13에 도시된 실시예의 경우, 이 첫 번째 딥 건식 실리콘 에칭 단계에 이어 이방성 습식 에칭이 뒤 따르며, 이는 <100> 평면에서 우선적으로 실리콘을 제거하고도 도 13에 도시된 특징적인 경사 측벽을 생성한다. 도 14에 표시된 것처럼 첫 번째 깊은 건식 실리콘 에칭 단계 다음에는 습식 또는 건식 등방성 에칭이 이어지며, 이는 도 14에 표시된 둥근 프로파일을 생성한다.
- [0201] 도 15는 도 12-14에 해당하는 세 가지 시뮬레이션 모델에 대한 시뮬레이션 결과를 보여준다. x축은 제 2(돌출) 부분 (1228, 1328, 1428)의 두께  $d$ 를 마이크로 미터 ( $\mu m$ )로 나타낸다. y축은 메가 파스칼 (MPa)로 응력을 나타낸다. 오른쪽 상단에 있는 3개의 곡선 (1550, 1552, 1554)은 제 1(주)부분 (1226)과 제 2 (돌출)부분 (1228) (곡선 1550) 사이의 계면 위의 위치에서, 커버 부재 (1302)의 퍼크 응력 (도 6의  $\tau_{max}$  참조) (주)부분 1326 및 제 2 (돌출)부분 1328 (곡선 1552) 및 제 1 (주)부분 (1426)과 제 2 (돌출)부분 (1428) (곡선 1554) 사이의

계면 위의 위치에서, 커버 부재 (1402) (도 6의  $\tau_{\max}$  참조)에서의 피크 응력에서, 커버 부재 (1202)의 피크 응력을 나타낸다 (도 6의  $\tau_{\max}$  참조). 원쪽 상단에 있는 3 개의 곡선 (1556, 1558, 1560)은 제 2 (돌출)부분 (1228, 1328, 1428)의 광학 축에 가장 가까운 (즉, 도 12-14에서 제 2(돌출) 부분 (1228, 1328, 1428)의 가장 좌측 지점) 위치에서 커버 부재 (1202, 1302, 1402)의 피크 응력을 나타낸다. 이 곡선 (1556, 1558, 1560)은 두께  $d$ 가 0 ( $\mu\text{m}$ )으로 작아지는 경우 518 MPa로 수렴한다. 곡선이 나타내는 구조 요소의 모양에 해당하는 모양이 있는 작은 삽입 도면은 최대 응력의 위치를 나타내는 작은 별표가 있다.

[0202] 도 16은 도 15, 17의 곡선에 대한 범례를 포함한다. 도 16의 범례는 Si 잔류물이 구조 요소 128의 예폭시 재료로 대체될 때 도 26에도 적용된다.

[0203] 도 17은 제 2 (돌출)부분 (1228, 1328, 1428)의 폭 ( $d$ )이  $40\mu\text{m}$ 인 경우에도 도면 12-14에 해당하는 3개의 시뮬레이션 모델에 대한 도 15와 유사한 시뮬레이션 결과를 보여준다. 오른쪽 상단에 있는 3개의 곡선은 1750, 1752, 1754 (위에서)에서의 제 1 (주)부분 (1226)과 제 2(돌출) 부분 (1228) (곡선 (1750)) 사이의 계면 위의 위치에서 커버 부재 (1202) (도 6 참조)의 피크 응력, 제 1 (주)부분 (1326)과 제 2(돌출) 부분 (1328) (곡선 1752) 사이의 계면 위의 위치에서 커버 부재 (1302) (도 6 참조)의 최대 응력, 및 제 1 (주)부분 (1426)과 제 2 (돌출)부분 (1428) (곡선 (1754)) 사이의 계면 위의 위치에서 커버 부재 (1402) (도 6 참조)에서의 피크 응력을 나타낸다. 원쪽 상단에 있는 3개의 곡선 1756, 1758, 1760은 제 2 (돌출)부분 (1228, 1328, 1428)의 지점 위의 위치에서 광학 축에 가장 가까운 (즉, 도 12-14에서 제 2 (돌출)부분 (1228, 1328, 1428)의 가장 좌측 지점) 커버 부재 (1202, 1302, 1402)의 피크 응력을 나타낸다. 이 곡선 (1756, 1758, 1760)은 두께  $d$ 가 0 ( $\mu\text{m}$ ) 작아지는 경우 518 MPa로 수렴한다. 곡선이 나타내는 구조 요소의 모양에 해당하는 모양이 있는 작은 삽입 도면은 최대 응력의 위치를 나타내는 작은 별표가 있다.

[0204] 도 26은 제 2 (돌출)부분 (1228, 1328, 1428)의 폭  $d$ 가  $40\text{ }\mu\text{m}$ 이고 구조 요소 (128) 인 경우에도 도 12-14에 해당하는 3개의 시뮬레이션 모델에 대한 도 15 및 17과 유사한 시뮬레이션 결과를 보여주며, (돌출된) 부분 (1228, 1328, 1428)은 경화된 예폭시로 만들어진다.

[0205] 오른쪽에 최대 응력 값이 있는 3개의 곡선 2650, 2652, 2654 (상단부터)은 제 1 (주)부분 (1226)과 제 2 (돌출)부분 (1228) (곡선 (2650)) 사이의 계면 위의 위치에서 커버 부재 (1202)의 피크 응력 (도 6의  $\tau_{\max}$  참조), 제 1 (주)부분 (1326)과 제 2 (돌출)부분 (1328) (곡선 (2652)) 사이의 계면 위의 위치에서 커버 부재 (1302)의 최대 응력 (도 6의  $\tau_{\max}$  참조), 및 제 1 (주)부분 (1426)과 제 2 (돌출)부분 (1428) (곡선 (2654)) 사이의 계면 위의 위치에서 커버 부재 (1402) 도림 6의  $\tau_{\max}$  참조)에서의 피크 응력을 나타낸다. 원쪽에 있는 3 개의 곡선 2656, 2658, 2660은 광학 축에 가장 가까운 (즉, 도 12-14에서 제 2 (돌출)부분 (1228, 1328, 1428)의 가장 좌측 지점) 제 2 (돌출)부분 (1228, 1328, 1428)의 지점 위의 위치에서 커버 부재 (1202, 1302, 1402)의 피크 응력을 나타낸다. 이 곡선 (2656, 2658, 2660)은 두께  $d$ 가 0 ( $\mu\text{m}$ ) 작아지는 경우 533 MPa로 수렴한다. 곡선이 나타내는 구조 요소의 모양에 해당하는 모양이 있는 작은 삽입 도면은 최대 응력의 위치를 나타내는 작은 별표가 있다.

[0206] 도 15-17에서 구멍 가장자리의 커버 부재 (BPSG의)에서 (즉, 제 1 (주)부분 1226, 1326, 1426과 제 2 (돌출)부분 1228, 1328, 1428 (곡선 1550, 1552, 1554, 1750, 1752, 1754) 사이의 계면 위의 위치 및 제 2 (돌출)부분 (1228, 1328, 1428)의 내부 에지에서 응력 집중 계수 (도 6의 최대 응력  $\tau_{\max}$  및 기준 응력  $\tau_{\max}$  사이의 비율) 를 알 수 있으며, 즉, 제 2 (돌출)부분 (1228, 1328, 1428)의 지점 위의 위치에서) 광학 축에 가장 가까운 (즉, 두 번째 (돌출)부분 1228, 1328, 1428 (곡선 1556, 1558, 1560, 1756, 1758, 1760)의 가장 원쪽 지점은 두 번째 (돌출 된)부분이 등근 모양 일 때 최소 (예를 들어, 약 1)이며, 두께 대 너비의 비율이 대략 1:10인, 도 14의 실시예와 비교된다, 예를 들면 :

[0207] \* 두께  $2\text{ }\mu\text{m}$  및 너비  $20\text{ }\mu\text{m}$ , 또는

[0208] \* 두께  $4\text{ }\mu\text{m}$  및 너비  $40\text{ }\mu\text{m}$ .

[0209] 또한, 광 파워 및  $WFE_{\text{RMS}}$  (root-mean square wavefront error)에 대한 도 12-14의 실시예의 제 2 (돌출)부분의 존재의 영향은 무시할 만하다 (정량적으로 각각 0.1 디옵터 미만,  $1\text{nm}$  미만).

[0210] 도 26은 도 14와 같이 두 번째 (돌출 된)부분이, 예를 들어 오목하거나 안쪽으로 구부러진 모양과 같이, 등근 모양 일 때 최적 두께  $d$ 는 약  $800\text{ }\mu\text{m}$  또는  $800\text{ }\mu\text{m}$  이상의 값을 보여준다. 최적의 두께는, 구멍 가장자리의 응

력 수준 (오른쪽 별 위치, 빨간색 곡선)과 구조 요소 가장자리의 응력 수준 (왼쪽 별 위치, 파란색 곡선)이 거의 동일한, 두께로 정의 할 수 있다. 따라서, 도 26은 구조적 요소 (128)에 에폭시를 사용하여 특히 공동 가장자리 (빨간색 곡선)에서 응력 수준의 상당한 감소가 가능함을 보여준다.

[0211] 도 26은 직사각형 요소의 광학 두께가 약 30-40  $\mu\text{m}$ 이고, 삼각형 요소의 최적 두께는 약 60  $\mu\text{m}$ 임을 보여준다.

[0212] 에폭시 또는 다른 액체 구조 요소 재료로 제조된 구조 요소 (128) 표면의 오목한 형상은 재료의 유체 특성의 결과로 얻어진다는 점에 유의해야한다.

[0213] 도 18은 광학 요소의 위치를 나타내는 개략도를 보여준다. 이 도면은 광학 축 (1810), 지지 요소 (1826) 및 구조 요소 (1828)를 포함하는 지지 구조, 지지 구조에 부착된 구부릴 수 있는 커버 부재 (1802)를 도시하며, 여기서 구부릴 수 있는 커버 부재 (1802)와 지지 구조 사이의 인터페이스 (1862) (수평 점선으로 표시됨)는 인터페이스 평면을 정의한다. 이 도면은 또한 인터페이스 (1862)의 내부 가장자리에 있는 지점 (1864)과 광학 축에 대해 더 멀리 배치 된 지점 (1866)을 보여준다 (이 지점 (1866)은 중괄호 (1867)로 표시된 범위 내의 어느 곳이든 될 수 있음에 유의한다). 더욱이, 도면은 인터페이스의 내부 에지에 있는 지점 (1864)에서 광학 축 (1810)까지의 선상의 지점 (1868)을 도시한다 (이 지점 (1868)은 중괄호 (1869)로 표시된 범위 내의 어느 곳이나 있을 수 있음을 주목한다).

[0214] 도 19는 (튀어 나온) 구조적 요소 (다른 실시예에서 가질 수 있음)가 없다는 점을 제외하고 도 2의 실시예와 유사한 실시예를 보여주는데, 대신에 광학 축 (1902)과 평행한 방향의 구부릴 수 있는 커버 부재의 치수는 구부릴 수 있는 커버 부재 (1902)와 지지 구조물 (1901) 사이의 경계면의 내부 가장자리 내부 에지에서 상기 제 1지점에서 광학 축 (1910)까지의 라인상의 적어도 하나의 제 2지점보다 적어도 하나의 제 1지점에서 더 크다.

[0215] 도시된 모든 실시예에서, 구조 요소, 제 2 (돌출)부분 또는 커버 부재의 두께는 광학 축으로부터 바깥쪽 방향의 임의의 지점에서 증가하거나 일정하다는 점에 유의하여야 하고, 적어도 일부 (반경) 범위에 대해 두께가 감소할 수 있다는 것도 본 발명에 의해 생각되고 포함된다.

[0216] 대체 광학 렌즈의 예는 아래 및 도 20-25에 나와 있다.

[0217] 첫 번째 대체 광학 렌즈는 다음을 포함한다.

[0218] - 지지 구조체 (2001),

[0219] - 지지 구조체 (2001)에 부착된 구부릴 수 있는 커버 부재 (2002),

[0220] - 상기 구부릴 수 있는 커버 부재를 원하는 형상으로 성형하도록 배열된 하나 이상의 액추에이터,

[0221] - 구부릴 수 있는 덮개 부재 (2002)보다 더 단단하고 광학 축을 둘러싸도록 배열되고 구부릴 수 있는 덮개 부재 (2002)의 반대쪽 (광학 축과 평행 한 방향에 대해)에 배치되는 제 1요소 (2074) 지지 구조체 (2001)에 대한 커버 부재 (2002),

[0222] - 제 2요소 (2072)는 제 1요소 (2074)와 커버 부재 (2002)를 연결하는 접착제이고, 제 2요소 (2072)는 제 1요소 (2074)보다 덜 단단하며,

[0223] 여기서, 제 1요소 (2074) 및 제 2요소 (2072) 각각은 지지 구조체 (2001)보다 광학 축을 향해 더 연장되어 있다. '더 강성 (more rigid)'은 더 높은 굴곡 강성을 이해할 수 있다. 이것은 더 높은 영률 및/또는 더 큰 두께 (즉, 광학 축과 평행한 방향의 치수)로 달성 될 수 있다.

[0224] 도 20은 제 1 대체 광학 요소의 실시예를 보여준다. 이는 도2의 실시예 (예를 들어, '폴리머' 렌즈 몸체 및 후면 윈도우 참조)와 유사하지만, (돌출된) 구조 요소 (128) (다른 실시예에서 가질 수 있음)가 없고 부드러운 몸체 측면 캡 ("블랙 시트") (232)이나 접착제 (234)가 없다. 또한, 도 2의 실시예와 대조적으로, 도 20의 실시예는 광학 축을 둘러싸고 제 2요소 (2072) ("하드 캡 접착제")로 커버 부재에 부착된 제 1요소 (2074) ("하드 캡")를 갖는다. 제 1및 제 2요소의 장점은 이들이 커버 부재의 과도한 이동을 억제하고 따라서 지지 구조체의 내부 에지 지점에서 커버 부재의 과도한 응력을 피할 수 있다는 점일 수 있다. 접착제 제 2요소로 인해, 이 효과는 양 방향 (위/아래, 즉 광학 축을 따라 양방향으로 충돌하는 경우)에서 달성된다. 더욱이, 접착성 제 2요소는 강성 제 1요소가 커버 부재로부터 어느 정도 떨어져 있는 것을 보장하여, 응력 특이성 문제가 제 1요소의 내부 에지에서 발생하지 않도록 보장한다. 제 2 요소 (2072)는 30-50 마이크로미터와 같이 10-1000 마이크로미터 범위의 두께를 갖는 강철 (또는 구리 또는 알루미늄)로 제조 될 수 있다. 제 2요소 (접착제 일 수 있음) (2072)는 두께가 10-1000 마이크로미터 범위이고 영률E가 1-100 MPa이내인 에폭시 (또는 아크릴 또는 실리콘

접착제)일 수 있다. 제 2요소 (2072)의 영률은 바람직하게는 광학 렌즈의 광학 파라미터에 대한 강판의 영향을 너무 많이 피하기 위해 너무 뺏뻣하지 않아야 한다.

[0225] 광학 요소가 굴절 렌즈인 제 2대체 광학 렌즈는 다음을 포함한다.

- 지지 구조체 (2101),

[0227] - 지지 구조체 (2101)에 부착된 구부릴 수 있는 커버 부재 (2102),

[0228] - 상기 구부릴 수 있는 커버 부재를 원하는 형상으로 성형하도록 배열된 하나 이상의 액추에이터,

[0229] - 지지 구조체 (2101)의 측벽에 의해 둘러싸이고 구부려 질 수 있는 커버 부재 (2102)에 부착되는 적어도 하나의 변형 가능한 투명 렌즈 본체 (2107),

[0230] - 구부러지는 커버 부재 (2102)에 대하여 렌즈 본체 (2107)의 반대측 (광학 축과 평행한 방향에 대하여)에서 렌즈 본체 (2107)에 부착된 백 윈도우 (2106),

[0231] - 구부릴 수 있는 커버 부재 (2102)보다 더 단단하고, 광학 축을 둘러싸도록 배열되며, 구부릴 수 있는 커버 부재 (2102)에 대한 지지 구조체 (2101)의 반대쪽 (광학 축과 평행한 방향에 대해)의 지지 구조체 (2101)에 배치된, 제 1 요소 (2176)

[0232] - 제 1요소 (2176)를 다음과 연결하는 접착제인 제 2 요소 (2178)이며,

[0233] o지지 구조체 (2101) 및,

[0234] o 백 윈도우 (2106),

[0235] 제 2요소 (2178)는 제 1요소 (2176)보다 덜 단단함

[0236] 도 21은 제 2 대체 광학 요소의 실시예를 보여준다. 이는 도2의 실시예 (예를 들어, '폴리머' 렌즈 몸체 및 후면 윈도우 참조)와 유사하지만, (돌출된) 구조 요소 (128) (다른 실시예에서 가질 수 있음)가 없고 부드러운 물체 측면 캡 ("블랙 시트") (232)이나 접착제 (234)가 없다. 또한, 도 2의 실시예와 대조적으로, 도 21의 실시예는 제 1요소 (2176) ('소프트 캡') 및 제 2 요소 (2178) ('소프트 캡 접착제')를 갖는다. 제 1및 제 2요소의 장점은 이들이 커버 부재의 과도한 이동을 억제하고 따라서 지지 구조체의 내부 에지 지점에서 커버 부재의 과도한 응력을 피할 수 있다는 점일 수 있다. 접착제 제 2요소로 인해, 이 효과는 양 방향 (위/아래, 즉 광학 축을 따라 양방향으로 충돌하는 경우)에서 달성된다. 제 1요소 (2176)는 30-100 마이크로미터와 같이 두께가 10-1000 마이크로미터인 폴리이미드 (polyimide) 또는 10 MPa 미만의 영률과 같이 충분히 낮은 영률을 갖는 임의의 다른 재료로 제조 될 수 있다. 제 2요소 (접착제 일 수 있음) (2178)는 두께가 10-1000 마이크로미터 범위이고 1-100 MPa 이내의 영률 E를 갖는 에폭시 (또는 아크릴 또는 실리콘 접착제) 일 수 있다.

[0237] 제 1요소 (2176) 및 제 2요소 (2178) 각각의 영률은 바람직하게는 광학 렌즈의 광학 파라미터에 대한 너무 많은 영향을 피하기 위해 너무 뺏뻣하지 않아야 한다. 제 2요소 (2178) 및 제 1요소 (2176)는 둘 다 TLens의 광학 매개 변수에 너무 많은 영향을 주지 않도록 너무 뺏뻣하지 않아야 한다.

[0238] 제 3 대안 실시예 (이는 제 2 대안 실시예와 다소 유사 함)에서, 백 윈도우는 분배된 접착제에 의해 단단한 프레임 (예를 들어, 지지 구조체)에 부착된다.

[0239] 제 4, 제 5 및 제 6 대체 광학 렌즈에서, 이동 커버 부재 및/또는 백 윈도우로부터 제어된 거리에 위치된 기계적 구조 (들)가 제공 될 수 있다. 기계적 구조 (들)는 광 경로를 방해하지 않고 광학 축을 둘러싸는 것을 가능하게 하기 위해 링 형태로 제공된다.

[0240] 네 번째 대체 광학 렌즈는 다음을 구성한다.

[0241] - 지지 구조체 (2201),

[0242] - 지지 구조체 (2201)에 부착된 구부릴 수 있는 커버 부재 (2202),

[0243] - 상기 구부릴 수 있는 커버 부재를 원하는 형상으로 성형하도록 배열된 하나 이상의 액추에이터,

[0244] - 구부릴 수 있는 커버 부재 (2202)보다 더 단단하고 광학 축을 둘러싸도록 배열되고 (광학 축과 평행한 방향에 대해) 구부릴 수 있는 반대쪽에서 구부릴 수 있는 커버 부재 (2202)상에 배치되는 제 1요소 (2222) 지지 구조체 (2201)에 대한 커버 부재 (2202),

- [0245] - 제 2요소 (2274)는 제 1요소 (2272)와 커버 부재 (2202)를 연결하는 접착제이고, 제 2요소 (2274)는 제 1요소 (2272)보다 덜 단단하며,
- [0246] - 구부릴 수 있는 커버 부재 (2202)보다 더 단단하고 광학 축을 둘러싸도록 배열되고 지지 구조체 (2201) 또는 지지 구조체에 연결된 요소 상에 배치되는 제 3요소 (2280),
- [0247] - 제 3요소 (2280)와 다음을 연결하는 접착제인 제 4요소 (2282)이며,
- [0248] o지지 구조체 (2201) 또는  
o지지 구조체에 연결된 요소 (2230),
- [0249] 제 4요소 (2282)는 제 1요소 (2280)보다 덜 단단함
- [0250] 여기서
- [0251] -제 1요소 (2272)는, 예를 들어, 제 1 요소 (2322) 및 제 2 요소 (2274)는 광학 축을 따라 적어도 한 방향으로 커버 부재 (2202)의 움직임을 억제하도록 배치되는 것과 같이, 지지 구조체 (2201) 및 제 2요소 (2274) 각각보다 광학 축을 향해 더 연장되고,
- [0252] 그리고 여기서
- [0253] -제 3요소 (2280) 및 제 4요소 (2282)는, 예를 들어 가속/감속 5000-20000g의 충격과 같은, 즉 5-20kg (여기서 'kg'는 킬로 (천) 'g'를 나타내며, 'g'는 대략 지구 표면의 중력으로 인한 가속도에 해당하며, 표준 중력은 광학 축을 따라 적어도 한 방향에서 초당 9.80665 미터 제곱 또는 이와 동등하게 질량 킬로그램 당 9.80665 뉴턴의 힘으로 정의된다), 충격시 백 윈도우의 움직임을 억제하도록 배치 된다.
- [0254] 도 22는 제 4대체 광학 요소의 실시예를 보여준다. 이는 도 2의 실시예 (예를 들어, '폴리머' 렌즈 몸체 및 후면 윈도우 참조)와 유사하지만, (돌출된) 구조 요소 (128) (다른 실시예에서 가질 수 있음)가 없고 부드러운 물체 측면 캡 ("블랙 시트") (232)이나 접착제 (234)가 없다. 또한, 도 2의 실시예와 대조적으로, 도 22의 실시예는 제 1요소 (2272) ('하드 캡') 및 제 2요소 (2274) ("하드 캡 접착제"), 제 3요소 (2280) ("하드 캡") 및 제 4요소 (2282) ("하드 캡 접착제")를 갖는다. 제 4대안적인 광학 요소의 장점은 커버 부재가 정상적으로 사용하는 동안 자유롭게 움직일 수 있지만 충격을 받는 동안 과도한 응력을 피하기 위해 그 움직임이 억제된다는 점일 수 있다.
- [0255] 또 다른 이점은, 실시예에서 TLens로 지칭될 수 있는, 캡 (2280)을 패키지 (2230) (도 22)에만 접착하는 것이 패키지와 광학 렌즈 (도 2) 모두에 접착하는 것보다 기술적으로 더 쉬울 수 있다는 것이다. 제 1요소 (2272) 및 제 3요소 (2280)는 두께가 10-1000 마이크로미터인 강철로 제조 될 수 있다. 제 2요소 (2274) 및 제 4요소 (2282)는 두께가 10-1000 마이크로미터인 에폭시 (또는 아크릴 또는 실리콘 접착제) 일 수 있고, 1-100 MPa 이내의 영률 E를 가질 수 있다. 제 2요소 (2274) 및/또는 제 4요소 (2282)가 가능한한 뻣뻣하다는 것이 이점 일 수 있다.
- [0256] 다섯 번째 대체 광학 렌즈는 다음으로 구성된다.
- [0257] - 지지 구조체,
- [0258] - 지지 구조체에 부착된 구부릴 수 있는 커버 부재,
- [0259] - 상기 구부릴 수 있는 커버 부재를 원하는 형상으로 성형하도록 배열된 하나 이상의 액추에이터,
- [0260] - 구부릴 수 있는 커버 부재보다 더 단단하고 광학 축을 둘러싸도록 배열되고 몰딩된 패키지 및 백 윈도우에 배치되는 제 1요소 (2384),
- [0261] - 제 1요소 (2384)와 백 윈도우를 연결하는 접착제인 제 2요소 (2385),
- [0262] - 제 1요소 (2384)와 몰딩된 패키지를 연결하는 접착제인 제 3요소 (2386),
- [0263] - 구부릴 수 있는 커버 부재보다 더 단단하고 광학 축을 둘러싸도록 배열되고 제 1요소 (2384) 상에 배치되는 제 4요소 (2387),
- [0264] - 제 4요소 (2387)와 제 1요소 (2384)를 연결하는 접착제인 제 5요소 (2388),
- [0265] 예를 들어, 제 1, 제 2, 제 3, 제 4 및 제 5 요소 (2384, 2385, 2386, 2387, 2388)는 광학 축을 따라 적어도

한 방향으로 백 윈도우의 움직임을 억제하도록 배치된다. 첫 번째, 두 번째, 세 번째, 네 번째 및 다섯 번째 요소 (2384, 2385, 2386, 2387, 2388)의 굴곡 강성 (flexural rigidity)은 낙하 테스트에서 백 윈도우의 큰 움직임을 차단할 만큼 충분히 크고 동시에 충분히 작아서 피에조 필름 (piezo-film)이 정상 작동 모드에서 작동 될 때 백 윈도우의 작은 움직임을 방해하지 않는다.

[0267] 도 23은 제 5 대체 광학 요소의 실시예를 보여준다. 이는 도2의 실시예 (예를 들어, '폴리머' 렌즈 몸체 및 후면 윈도우 참조)와 유사하지만, (돌출된) 구조 요소 (128) (다른 실시예에서 가질 수 있음)가 없고 부드러운 물체 측면 캡 ("블랙 시트") (232)이나 접착제 (234)가 없다. 또한, 도 2의 실시예와 대조적으로, 도 23의 실시예는 제 1, 제 2, 제 3, 제 4 및 제 5 요소 (2384-2388)를 갖는다.

[0268] 도 24는 제 1요소 (2384) 및 제 4요소 (2387) 및 상기 결합된 둘 모두 (2389)의 광학 축 상의 한 지점에서 본 도면을 도시한다.

[0269] 제 1요소 (2384)는 두께가 10-1000 마이크로미터인 폴리이미드 또는 영률이 10 MPa 미만인 임의의 다른 재료로 제조 될 수 있다. 이는 광학 렌즈의 광학 매개 변수에 너무 많은 영향을 주지 않도록 너무 뺏뻣하지 않아야 한다. 제 2요소 (2385), 제 3요소 (2388) 및 제5 요소 (2388) (접착층 일 수 있음)는 두께가 10-1000 마이크로미터인 에폭시 (또는 아크릴 또는 실리콘 접착제) 일 수 있으며, 1-100 MPa 이내의 영률 E를 가질 수 있다. 제 1 요소 (2384)는 내충격성에 필수적인 것은 아니지만 불필요한 빛이 광학 요소를 통해 투과되는 것을 차단하는 데 관련 될 수 있다. 제 1요소 및/또는 제 4요소 (2387)는 임의의 표준 흑색 재료로 만들어 질 수 있다. (예를 들어, "카본 블랙이 혼합 된 폴리 에스터 필름"으로 만든 SOMABLACK 필름, 참조 : 2018 년 4 월 26 일 검색된 [http://www.somar.co.jp/english/products/03\\_somablack.html](http://www.somar.co.jp/english/products/03_somablack.html)) 제 4요소 (2387) 및/또는 제 2요소 (2385), 제 3요소 (2386) 및 제 5요소 (2388) (접착층 일 수 있음) 중 하나 이상이 가능한한 강하다는 것이 이점 일 수 있다.

[0270] 여섯 번째 대체 광학 렌즈는 다음으로 구성된다.

[0271] -지지 구조체 (2501),

[0272] -지지 구조체에 부착된 구부릴 수 있는 커버 부재,

[0273] -상기 구부릴 수 있는 커버 부재를 원하는 형상으로 성형하도록 배열된 하나 이상의 액추에이터,

[0274] -지지 구조체 (2501)의 측벽에 의해 둘러싸이고 구부릴 수 있는 커버 부재에 부착되는 적어도 하나의 변형 가능한 투명 렌즈 본체 (점선으로 표시됨),

[0275] -구부릴 수 있는 커버 부재에 대해 렌즈 본체의 반대쪽 (광학 축과 평행한 방향에 대해)에서 렌즈 본체에 부착된 백 윈도우 (2506),

[0276] -구부릴 수 있는 커버 부재보다 더 단단하고 광학 축을 둘러싸도록 배열되고 백 윈도우에 배치되는 제 1요소 (2591),

[0277] -제 1요소 (2591)와 백 윈도우를 연결하는 접착제인 제 2요소 (2592),

[0278] -제 3요소 (2593)는 제 3요소 (2593)와 지지 구조체를 연결하는 접착제 또는 지지 구조체에 연결된 요소이고,

[0279] 여기서, 제 1, 제 2 및 제 3 요소는 백 윈도우가 임계 변위 (선택적으로 광학 축을 따라 각각 위쪽 또는 아래쪽 방향에 대한 제 1 및 제 2 임계 변위) 아래로 자유롭게 이동하고 상기 임계 변위를 넘어서는 이동을 억제하도록 배열된다. '더 강성 (more rigid)'은 더 높은 굴곡 강성을 이용할 수 있다. 이것은 더 높은 영률 및/또는 더 두께 (즉, 광학 축과 평행한 방향의 치수)로 달성할 수 있다.

[0280] 도 25는 도 2의 실시예와, (다른 실시예에서 가질 수 있는) (돌출된) 구조 요소 (128)를 갖지 않고 부드러운 물체 측면 캡 ("블랙 시트") (232)도 접착제 (234)도 갖지 않는다는 점을 제외하고는, 유사한 제 6대체 광학 요소의 실시예를 보여준다 (예를 들어, '폴리머' 렌즈 본체 및 백 윈도우). 도 2의 실시예와 대조적으로, 도 25의 실시예는 제 1, 제 2 및 제 3 요소 (2591-2593)를 갖는다. 도면은 첫 번째 대각선을 따라 광학 렌즈의 위쪽 절반 배열과 다른 대각선을 따라 아래쪽 절반 배열을 보여준다. 화살표 (2595)는 한 방향으로의 충돌에서 백 윈도우의 움직임을 나타낸다 (아래쪽 화살표는 반대 방향으로의 충돌의 움직임을 나타낸다). 원 (2596)은 제 2요소 (2592)에 의해 정의된 간격을 나타낸다. 별 (2597)은 추가 이동을 금지하는 정지를 나타낸다. 원 (2598)은 제 3 요소 (2593)에 의해 정의된 간격을 나타낸다. 제 1요소 (2591)는 두께가 10-1000 마이크로미터인 폴리이미드 (polyimide)는 10 MPa 미만의 영률을 갖는 다른 재료로 제조 될 수 있다. 제 2요소 (2592) 및 제 3요소 (2593)

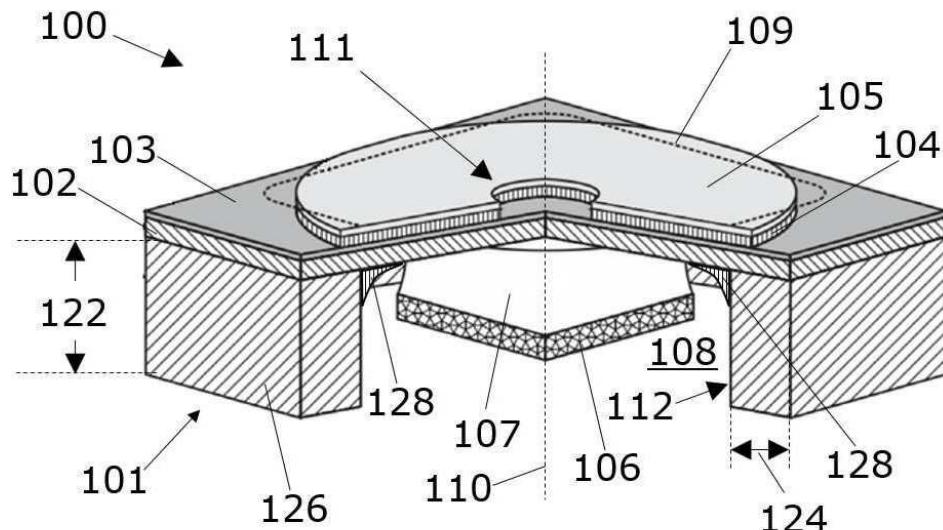
(각각 접착제 일 수 있음)는 10-1000 마이크로미터 이내 두께의 에폭시 (또는 아크릴 또는 실리콘 접착제) 일 수 있고 1-100 MPa 이내의 영률  $E$ 를 가질 수 있다. 제 1요소 (2591)는 광학 요소의 광학 파라미터에 대한 너무 많은 영향을 피하기 위해 너무 뺏뻣하지 않아야 한다.

요약하자면, 튜닝 가능한 렌즈와 같은 광학 요소 (100)가 제공되는데, 여기서 지지 구조체 (101)의 경계에서 구부릴 수 있는 커버 부재 (102) 내의 응력 집중 (응력 특이점) 문제를 완화하기 위한 수단 (128)이 제공되고, 상기 수단이 없을 경우 구부릴 수 있는 커버 부재 (102) 주변의 기계적 특성의 급격한 변화로 인해 응력 특이성 문제가 수반될 것이다.

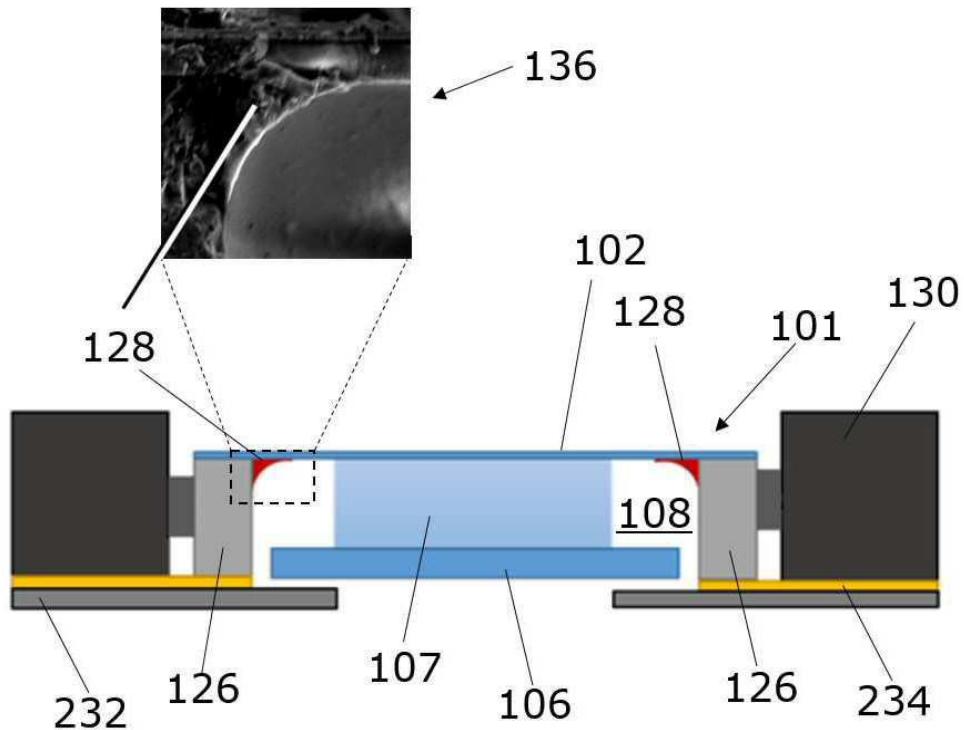
본 발명은 특정 실시예와 관련하여 설명되었지만, 제시된 실시예에 어떤 식으로든 제한되는 것으로 해석되어서는 안된다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항 세트에 의해 설정된다. 청구항의 맥락에서, 용어 "포함하는"은 다른 가능한 요소 또는 단계를 배제하지 않는다. 또한, "하나" 등과 같은 참조의 언급은 복수를 배제하는 것으로 해석되어서는 안된다. 도면에 표시된 요소와 관련하여 청구항에서 참조 부호를 사용하는 것도 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 해석되어서는 안된다. 더욱이, 상이한 청구항들에서 언급된 개별적인 특징들은 아마도 유리하게 결합 될 수 있고, 상이한 청구항들에서 이들 특징들의 언급은 특징들의 조합이 가능하지 않고 유리하다는 것을 배제하지 않는다.

## 도면

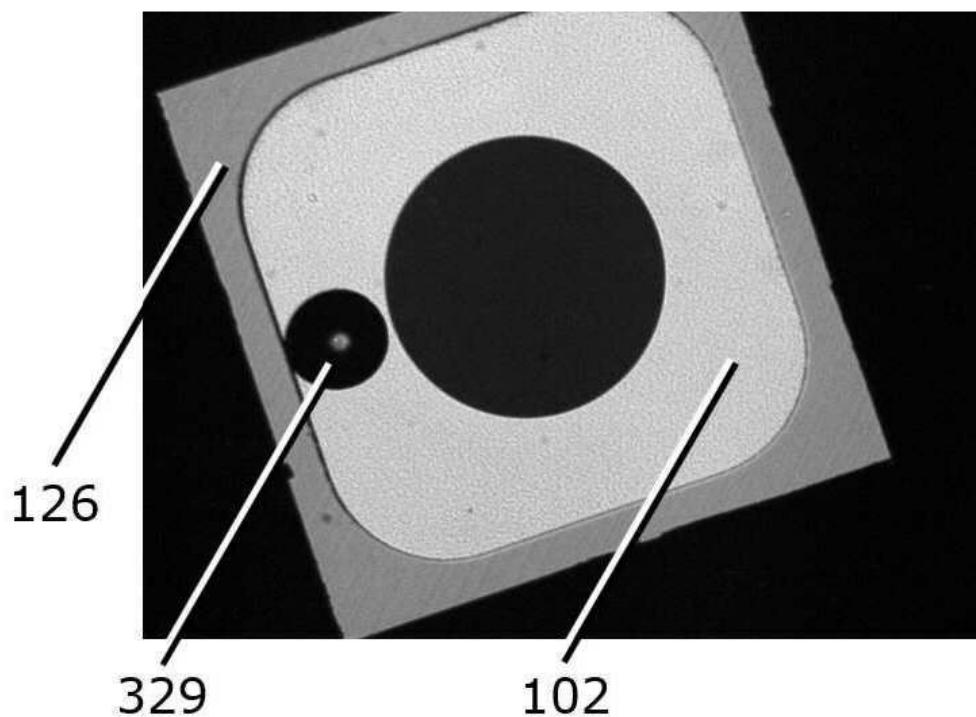
## 도면1



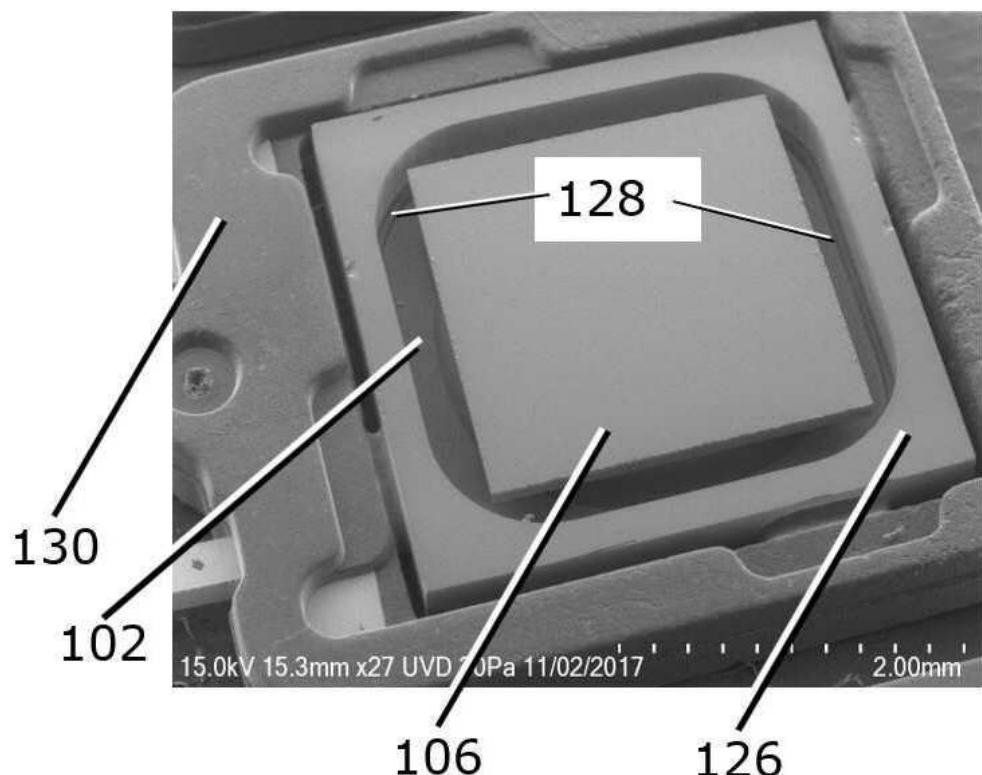
도면2



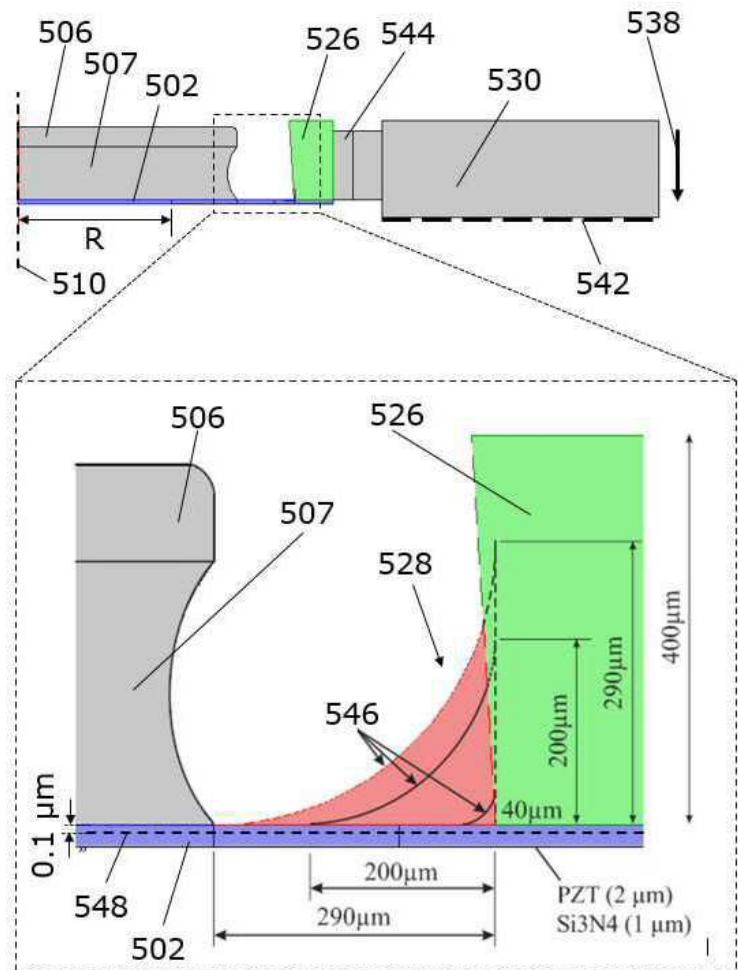
도면3



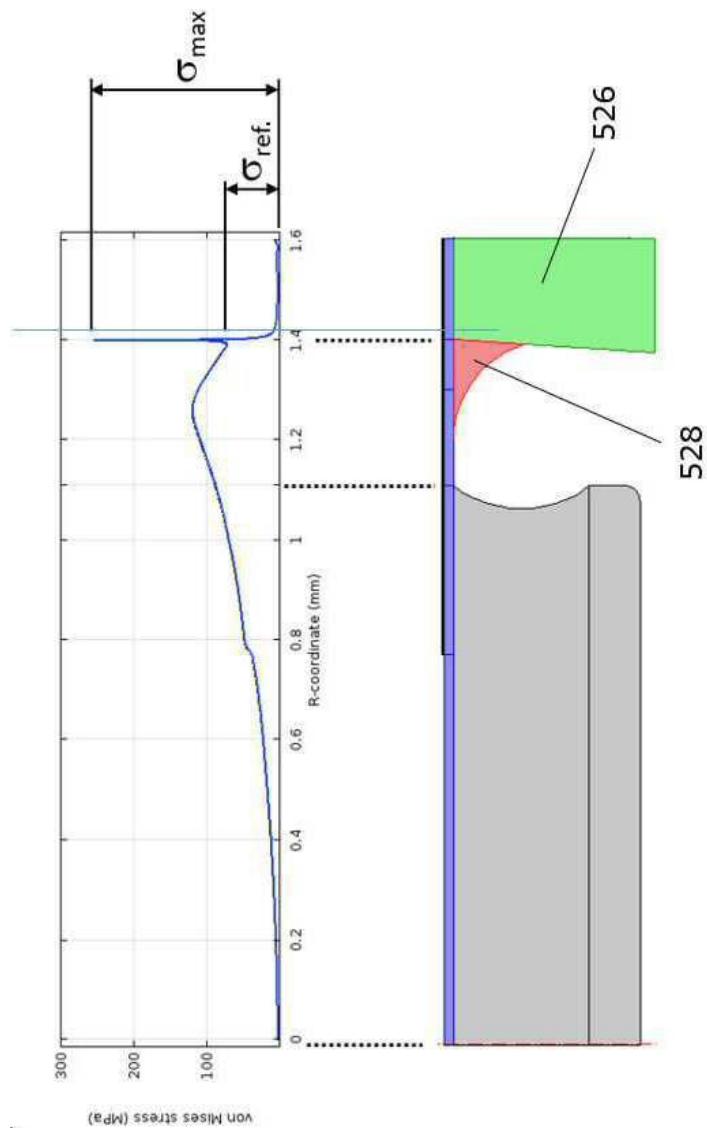
도면4



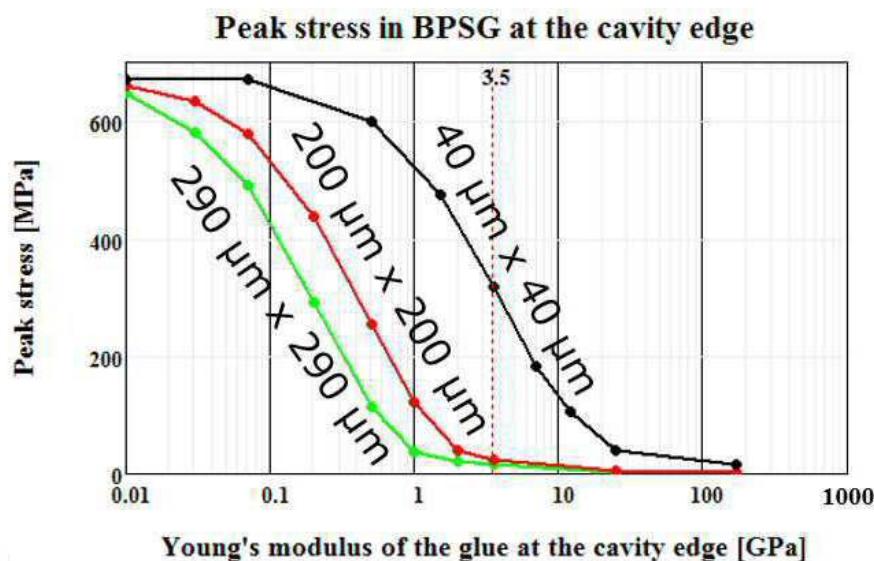
도면5



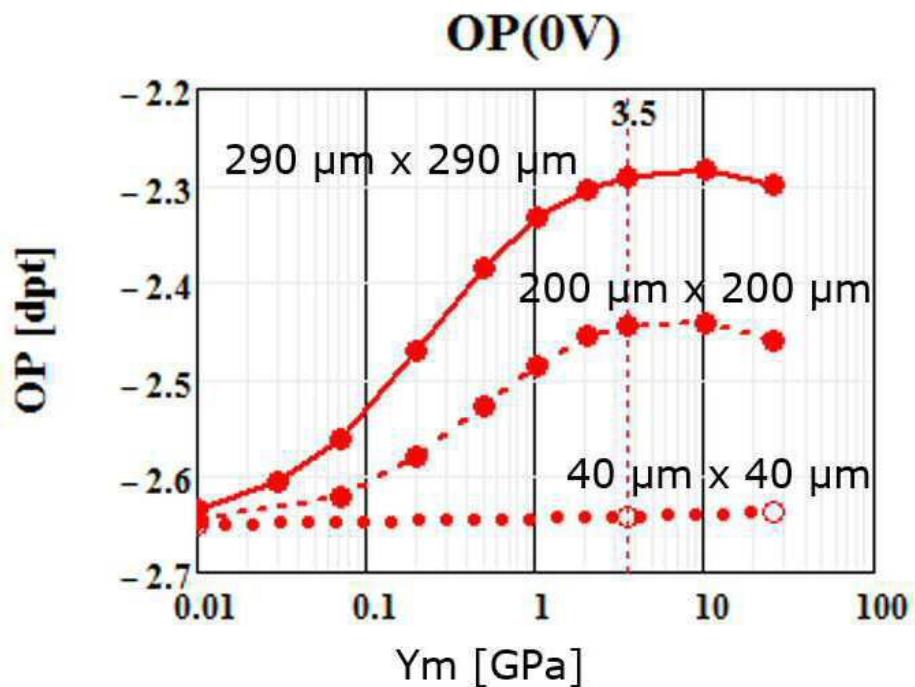
도면6



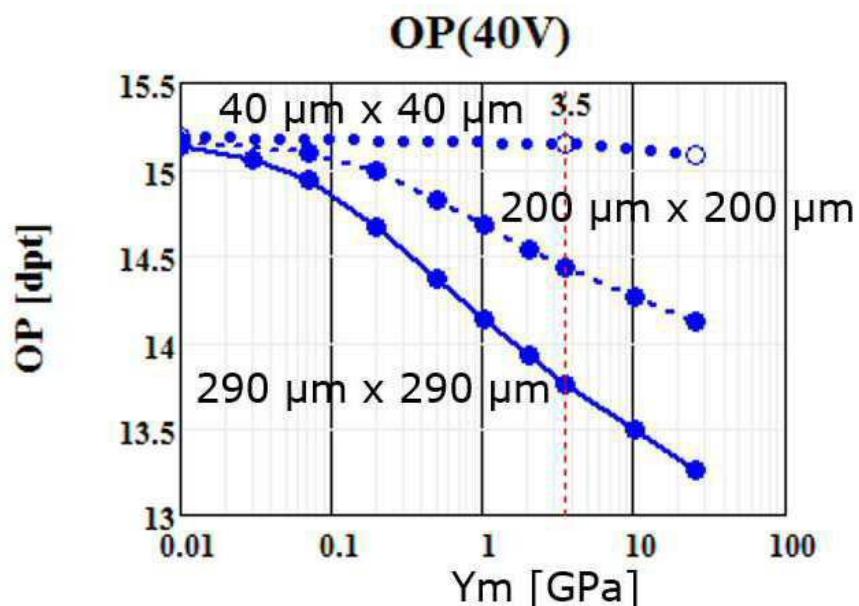
도면7



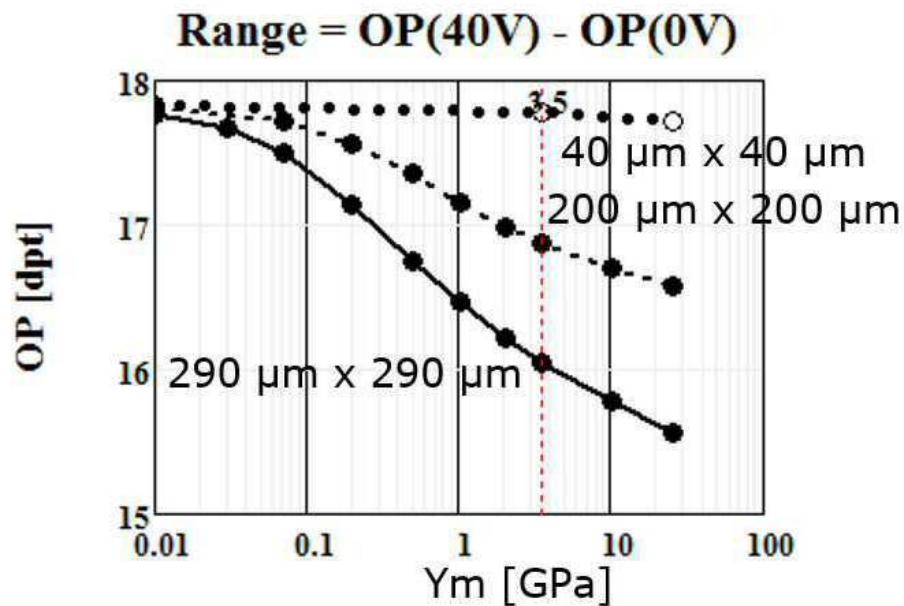
도면8



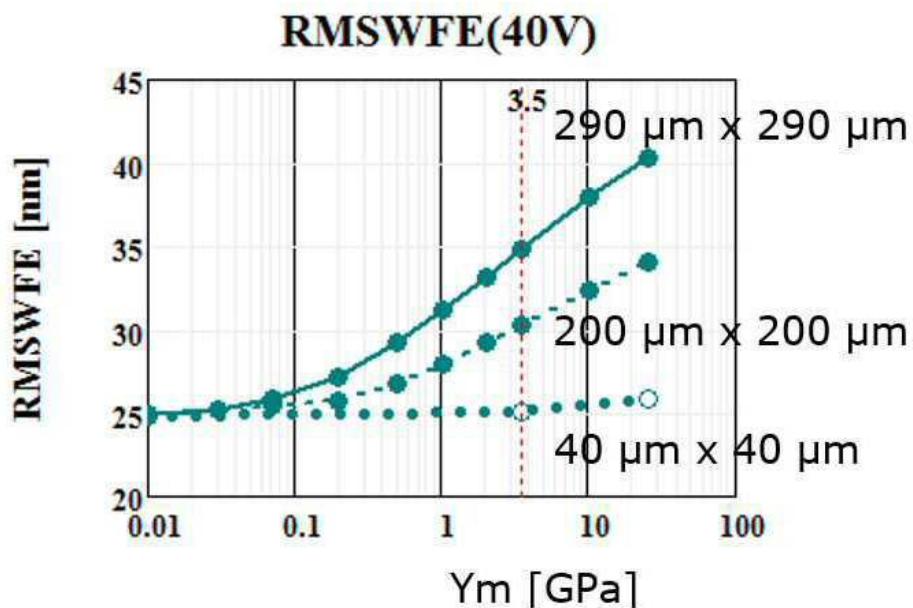
도면9



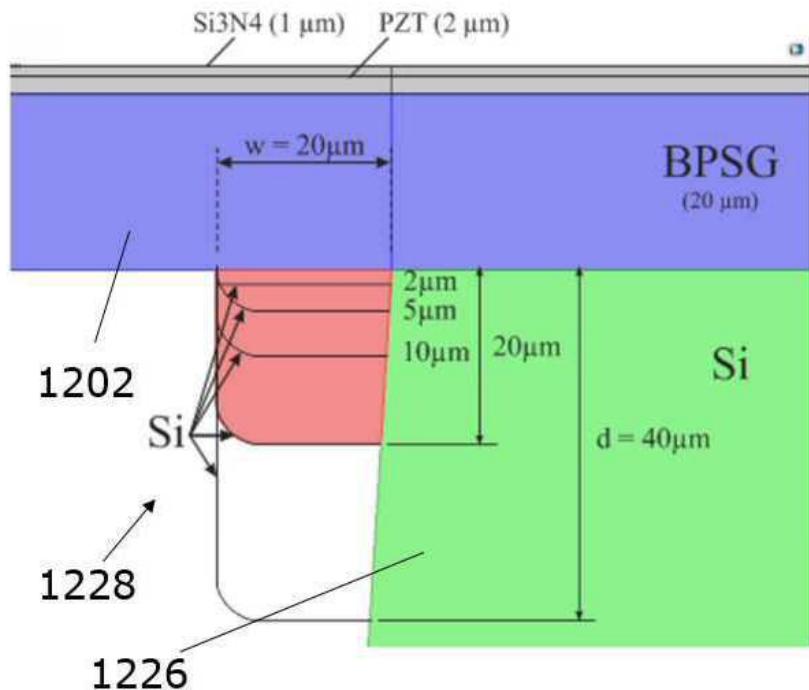
도면10



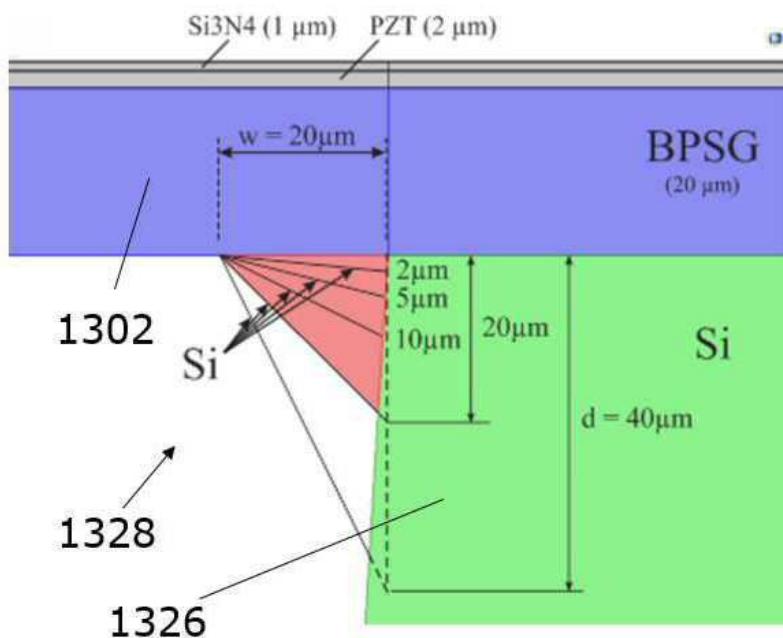
도면11



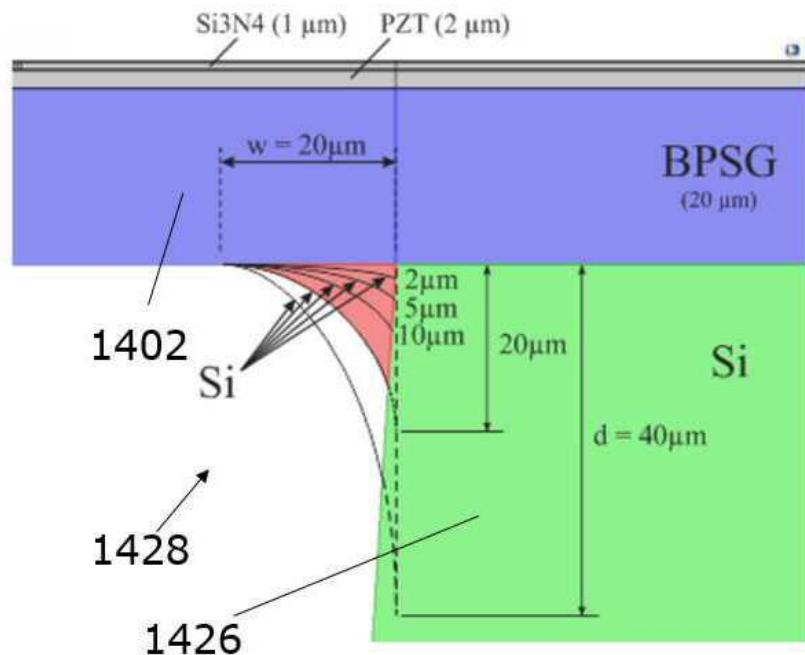
도면12



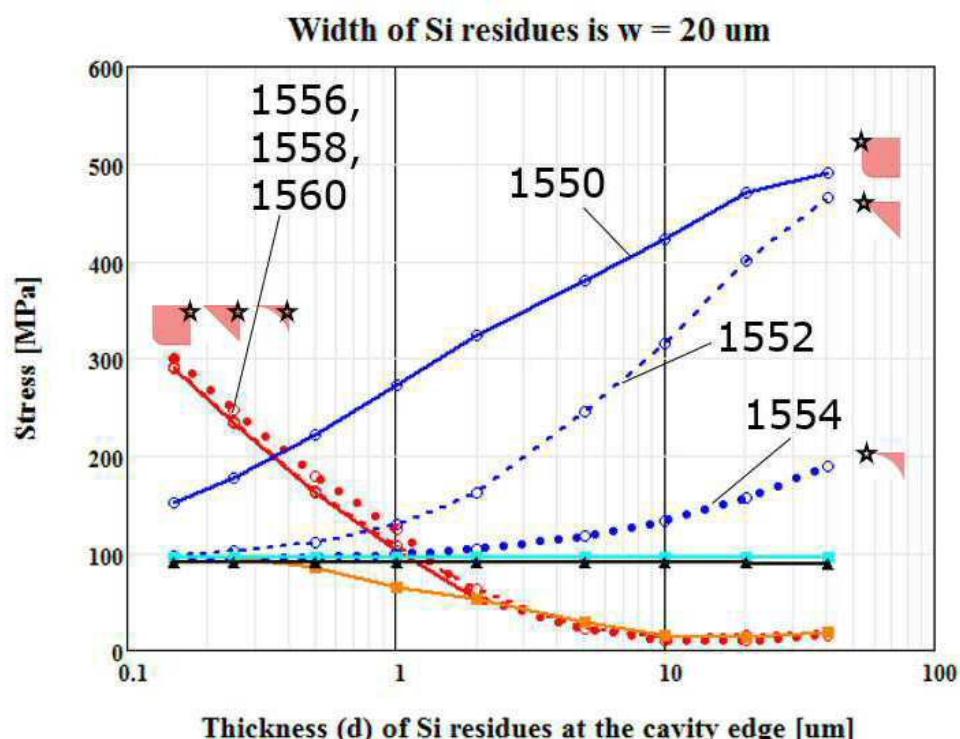
도면13



## 도면14



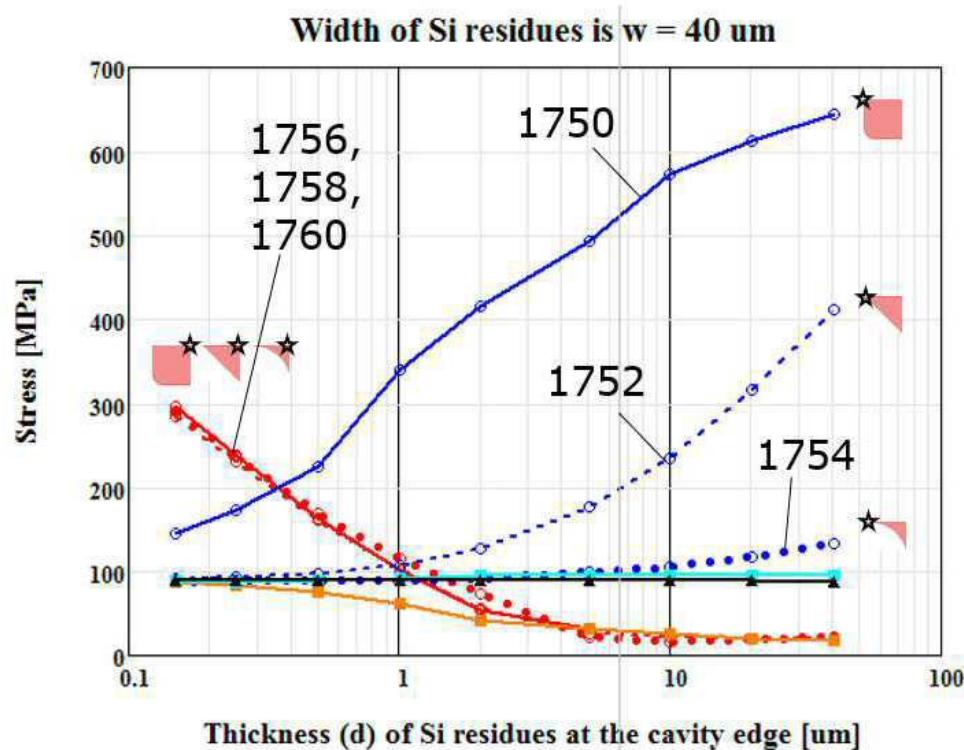
### 도면15



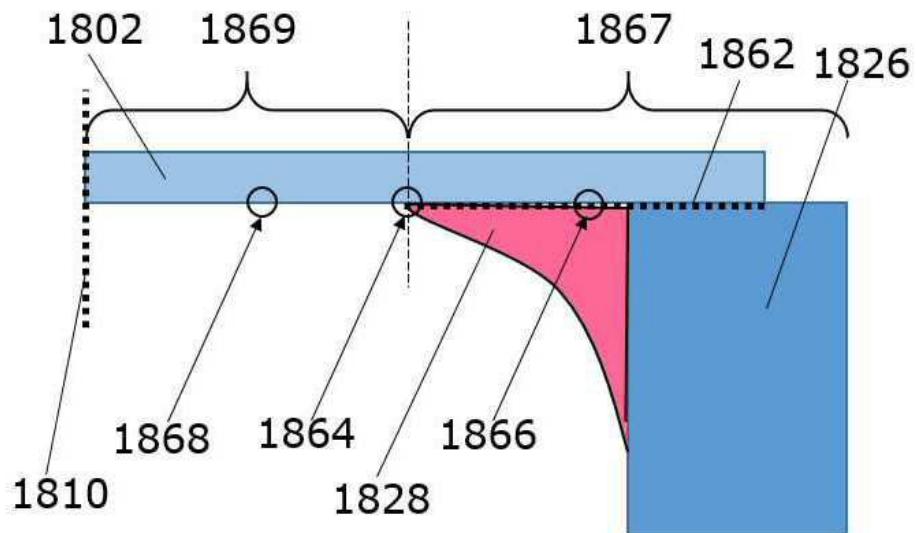
## 도면16

- Peak stress at the cavity edge; rectangular Si residues
- Peak stress at the cavity edge; triangular Si residues
- Peak stress at the cavity edge; rounded Si residues
- Peak stress at the edge of rectangular Si residues
- Peak stress at the edge of triangular Si residues
- Peak stress at the edge of rounded Si residues
- Reference stress at the cavity edge
- Reference stress at 20 um from the cavity edge
- ▲—▲ Stress in the aperture center

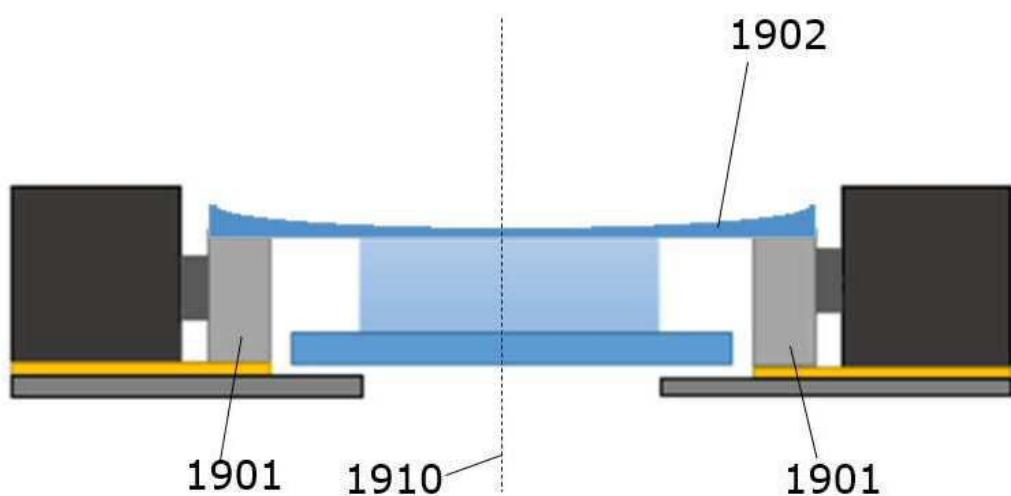
## 도면17



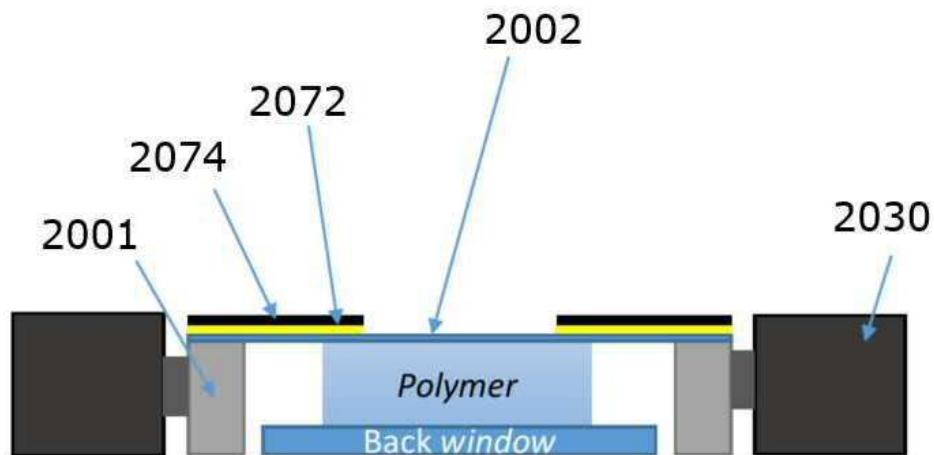
도면18



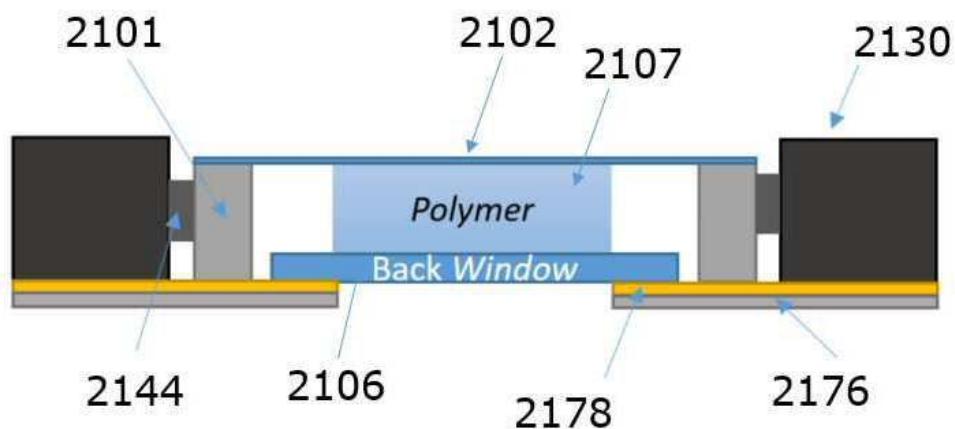
도면19



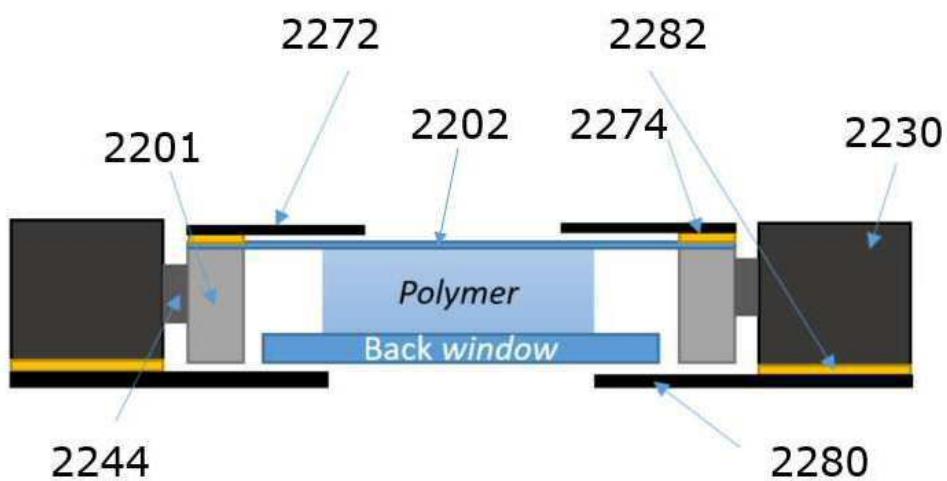
도면20



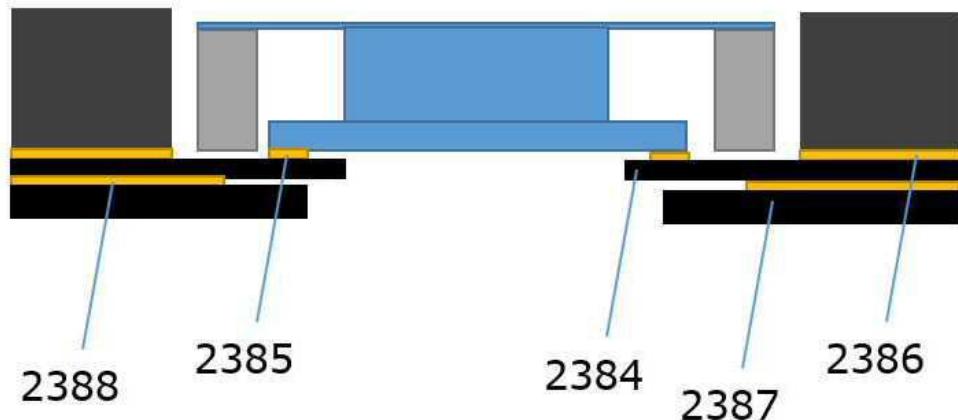
도면21



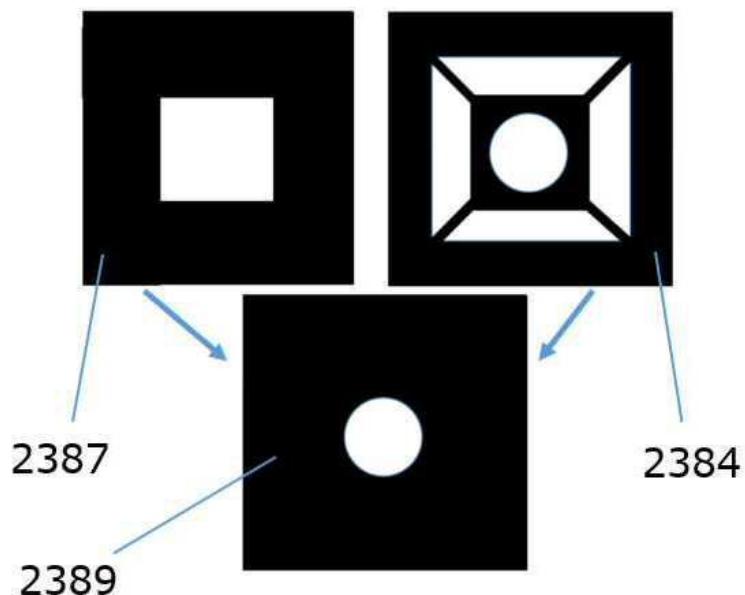
도면22



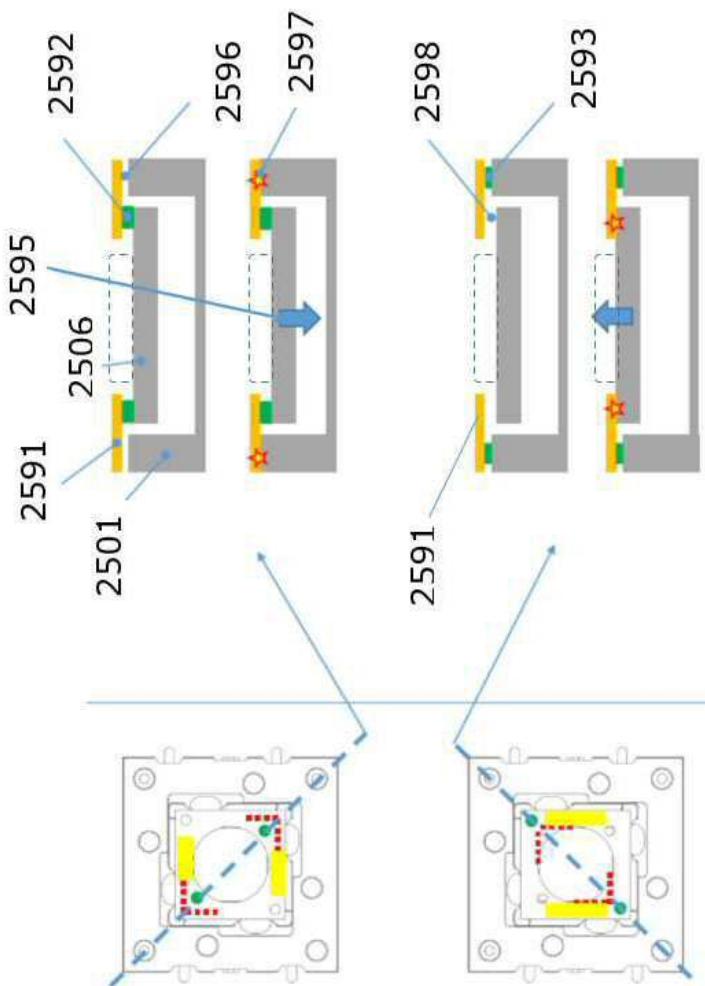
도면23



도면24



도면25



도면26

