



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년10월14일

(11) 등록번호 10-2455317

(24) 등록일자 2022년10월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 $G02B\ 27/01$  (2006.01)  $G02B\ 27/00$  (2020.01)
- (52) CPC특허분류  
 $G02B\ 27/0172$  (2013.01)  
 $G02B\ 27/0081$  (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7043163(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2015년04월21일  
 심사청구일자 2021년12월29일
- (85) 번역문제출일자 2021년12월29일
- (65) 공개번호 10-2022-0002755
- (43) 공개일자 2022년01월06일
- (62) 원출원 특허 10-2019-7004150  
 원출원일자(국제) 2015년04월21일  
 심사청구일자 2020년04월20일
- (86) 국제출원번호 PCT/IL2015/050422
- (87) 국제공개번호 WO 2015/162611  
 국제공개일자 2015년10월29일
- (30) 우선권주장  
 232197 2014년04월23일 이스라엘(IL)
- (56) 선행기술조사문헌  
 US20080151379 A1  
 WO2008129539 A2
- (73) 특허권자  
 루머스 리미티드  
 이스라엘 76705 레호보트 베르그만 스트리트 2
- (72) 발명자  
 아미타이 야콥  
 이스라엘 76299 레호보트 시레니 스트리트 36/4
- (74) 대리인  
 유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 이정호

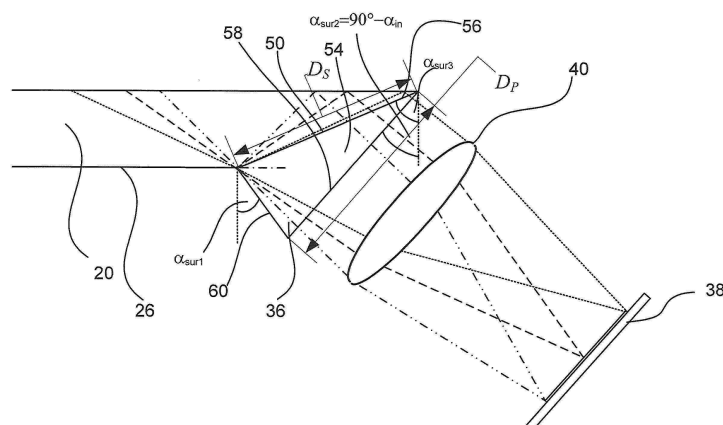
(54) 발명의 명칭 콤팩트한 헤드 마운트 디스플레이 시스템

## (57) 요약

광학계로서, 적어도 두 개의 주면 및 에지를 가지는 광-투과성 기관, 주어진 관측 시야를 가진 광파를 전반사에 의하여 상기 기관 내로 커플링하기 위한 제 1, 제 2 및 제 3 면을 가지는 광 프리즘, 상기 기관 내에 위치되는 적어도 하나의 부분 반사면으로서, 상기 기관 밖으로 광파를 커플링하기 위하여, 상기 부분 반사면은 상기 기관

(뒷면에 계속)

대표도 - 도7



의 주면에 대하여 비-평행하게 지향되는, 적어도 하나의 부분 반사면을 포함하고, 상기 기관의 에지 중 적어도 하나는 상기 주면에 대하여 비스듬한 각도로 경사져 있고, 상기 프리즘의 제 2 면은 상기 기관의 경사진 에지에 인접하게 위치되며, 상기 경사진 에지 바로 옆에 위치된 상기 기관의 부분은 실질적으로 투명하고, 상기 광파는 상기 프리즘의 제 1 면을 통해 상기 프리즘에 입사하고, 아무런 반사가 없이 상기 프리즘을 횡단하며, 상기 경사진 에지를 통해 상기 기관에 입사하는, 광학계가 제공된다.

(52) CPC특허분류

G02B 2027/0132 (2013.01)

G02B 2027/0178 (2013.01)

G02B 2027/0194 (2013.01)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

디스플레이를 제조하는 방법으로서,

(a) 한 쌍의 평행한 주요 외부면으로부터 내부 반사에 의해 이미지 조명을 안내하기 위해 상기 주요 외부면을 가지는 도광 광학 소자(light-guide optical elements; LOE)를 제공하는 단계 - 상기 LOE는 LOE 내에 전파하는 이미지 조명을 관찰자의 눈을 향하여 외부로 재지향되도록 하기 위해 커플링-아웃 구성을 가지고, 상기 LOE는 상기 한 쌍의 평행한 주요 외부면 사이에 연장되는 경사진 에지면을 가지며, 상기 경사진 에지면은 상기 주요 외부면에 대해 제1 비스듬한 각도로 경사져 있음 -;

(b) 좁은 부분을 갖는 웨지형인 중간 프리즘을 제공하고 상기 좁은 부분을 상기 경사진 에지면의 좁은 부분과 정렬시키는 단계 -;

(c) 상기 경사진 에지면을 상기 중간 프리즘의 면에 부착하는 단계 - 상기 중간 프리즘은 상기 주요 외부면에 대해 제2 비스듬한 각도로 커플링-인 표면을 제공하여 상기 커플링-인 표면을 통해 입사하는 광이 상기 경사진 에지면에 부착된 상기 중간 프리즘의 면을 향하도록 함 -; 및

(d) 시준된 이미지에 대응하는 이미지 조명을 투영하기 위해 시준 광학기를 포함하는 이미지 투영기를 상기 커플링-인 표면에 정렬하는 단계 - 상기 이미지 투영기는 상기 커플링-인 표면을 통해 이미지 조명을 주입하여 상기 경사진 에지면을 통해 상기 LOE에 들어가서 상기 커플링-아웃 구성에 의해 상기 관찰자의 눈을 향하여 재지향될 때까지 상기 주요 외부면으로 내부 반사에 의해 상기 LOE 내에 전파되도록 정렬됨 -

를 포함하는, 디스플레이를 제조하는 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제2 비스듬한 각도는 상기 제1 비스듬한 각도보다 큰, 디스플레이를 제조하는 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 커플링-아웃 구성은 서로 평행하고 부분적으로 반사되는 복수의 내부면을 포함하고, 상기 복수의 내부면은 주요 외부면들 사이에, 그리고 주요 외부면들에 대해 비스듬하게 경사지게 위치되는, 디스플레이를 제조하는 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 이미지 투영기는 적어도 하나의 편광 빔 스플리터 프리즘을 포함하고, 상기 시준 광학기는 상기 편광 빔 스플리터 프리즘의 외부면과 연관된 적어도 하나의 반사성 렌즈를 포함하고,

상기 정렬하는 단계는 상기 편광 빔 스플리터를 상기 커플링-인 표면에 부착하는 단계를 포함하는, 디스플레이를 제조하는 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 중간 프리즘은 상기 LOE의 굴절률과 일치하는 굴절률을 가지는, 디스플레이를 제조하는 방법.

## 발명의 설명

## 기술 분야

- [0001] 본 발명은 기관-유도형 광 디바이스에 관한 것이고, 특히 도광 소자(light-guide element)라고도 불리는 공통 투과성 기관(substrate)에 의하여 수반되는 복수 개의 반사면을 포함하는 디바이스에 관한 것이다.
- [0002] 본 발명은 많은 수의 이미징 애플리케이션, 예컨대 휴대용 DVD, 셀룰러 폰, 모바일 TV 수신기, 비디오 게임, 휴대용 미디어 플레이어 또는 임의의 다른 모바일 디스플레이 디바이스에 대해 장점을 가지도록 구현될 수 있다.

## 배경 기술

- [0003] 콤팩트한 광학 소자에 대한 하나의 애플리케이션은 광학 모듈이 이미징 렌즈 및 결합기 모두로서 역할을 하는 헤드 마운트 디스플레이(head-mounted displays; HMDs)에 관련되는데, 여기에서 2-차원의 이미지 소스는 무한대로 이미징되고 관찰자의 눈 속으로 반사된다. 디스플레이 광원은 음극선관(CRT), 액정 디스플레이(LCD), 유기 발광 다이오드 어레이(OLED), 스캐닝 소스, 또는 유사한 디바이스와 같은 공간 광 변조기(spatial light modulator; SLM)로부터 직접적으로, 또는 릴레이 렌즈, 또는 광섬유 번들 또는 유사한 디바이스에 의하여 간접적으로 얻어질 수 있다. 디스플레이 광원은, 시준 렌즈에 의하여 무한대로 이미징되고, 각각 비투과성 및 투과성 애플리케이션들을 위한 결합기로서의 역할을 하는 반사 또는 부분 반사면에 의하여 시청자의 눈으로 투과되는 화소(픽셀)들의 어레이를 포함한다. 통상적으로, 이러한 목적을 위하여 종래의 자유 공간 광학 모듈이 사용된다. 그러나, 시스템의 원하는 관측 시야(FOV)가 증가함에 따라, 이러한 종래의 광학 모듈은 더 커지고 더 무거워지며 더 공간을 많이 차지하게 되고, 따라서 적당한 성능의 디바이스에 대해서도 실용적이지 않게 된다. 이것은 모든 종류의 디스플레이에 대하여 단점이고, 특히, 시스템이 가능한 한 가볍고 콤팩트해야만 하는 헤드 마운트 애플리케이션에서는 큰 단점이다.
- [0004] 콤팩트하게 만들기 위한 노력의 결과로서 여러 개의 다른 복잡한 광학 솔루션들이 소개되었는데, 이들 모두는 일면으로는 거의 모든 실용적 애플리케이션들에 대해서 여전히 충분히 콤팩트하지 않고, 다른 면으로는 제조가능성에 있어서 커다란 단점이 있다. 더욱이, 이러한 디자인으로부터 초래되는 광 시야각의 안구-운동-박스(eye-motion-box; EMB)는 보통 매우 작고 통상적으로는 8 mm보다 더 작다. 그러므로, 이러한 광학계의 성능은 시청자의 눈에 상대적인 광학계의 매우 작은 운동에 대해서도 매우 민감하게 영향받게 되고, 이러한 디스플레이로부터 텍스트를 쾌적하게 읽게 하기 위한 충분한 pupils motion(pupil motion)을 허용하지 않는다.
- [0005] 모두 본 출원의 출원인 명의인 공개 번호 제 WO 01/95027 호, 제 WO 03/081320 호, 제 WO2005/024485 호, 제 WO2005/024491 호, 제 WO2005/024969 호, 제 WO2005/124427 호, 제 WO2006/013565 호, 제 WO2006/085309 호, 제 WO2006/085310 호, 제 WO2006/087709 호, 제 WO2007/054928 호, 제 WO2007/093983 호, 제 WO2008/023367 호, 제 WO2008/129539 호, 제 WO2008/149339 호 및 제 WO2013/175465 호에 포함된 교시 내용들은 원용에 의하여 본 명세서에 통합된다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은, 다른 애플리케이션들 중에서 특히 HMD 용인 매우 콤팩트한 도광 광학 소자(light-guide optical elements; LOE)가 활용될 수 있게 한다. 본 발명은 상대적으로 큰 EMB 값과 함께 상대적으로 넓은 FOV를 허용한다. 결과적으로 얻어지는 광학계는 고품질 대형 이미지를 제공하는데, 이것은 또한 눈의 큰 운동을 수용한다. 이것이 최신식 구현형태들보다 실질적으로 더욱 콤팩트하고, 더 나아가 전문화된 구성을 가지는 광학계에도 쉽게 포함될 수 있기 때문에, 본 발명에 의하여 제공되는 광학계는 특히 유리하다.
- [0007] 그러므로, 본 발명의 큰 목적은 선행 기술의 콤팩트한 광학 디스플레이 디바이스의 단점을 완화시키는 것과 특정한 요구 사항에 따라 개선된 성능을 가지는 다른 광학 컴포넌트 및 시스템을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명에 따르면, 광학계로서, 적어도 두 개의 주면 및 에지를 가지는 광-투과성 기관, 주어진 관측 시야를 가진 광파를 전반사에 의하여 상기 기관 내로 커플링하기 위한 제 1, 제 2 및 제 3 면을 가지는 광 프리즘, 상기 기관 내에 위치되는 적어도 하나의 부분 반사면으로서, 상기 기관 밖으로 광파를 커플링하기 위하여, 상기 부분 반사면은 상기 기관의 주면에 대하여 비-평행하게 지향되는, 적어도 하나의 부분 반사면을 포함하고, 상기 기관의 에지 중 적어도 하나는 상기 주면에 대하여 비스듬한 각도로 경사져 있고, 상기 프리즘의 제 2 면은 상기 기

판의 경사진 예지에 인접하게 위치되며, 상기 경사진 예지 바로 옆에 위치된 상기 기관의 부분은 실질적으로 투명하고, 상기 광파는 상기 프리즘의 제 1 면을 통해 상기 프리즘에 입사하고, 아무런 반사가 없이 상기 프리즘을 횡단하며, 상기 경사진 예지를 통해 상기 기관에 입사하는, 광학계가 제공된다.

### 도면의 간단한 설명

[0009]

본 발명이 더욱 완전하게 이해될 수 있도록, 본 발명은 후속하는 예시도를 참조하면서 특정한 바람직한 실시예와 관련하여 설명된다.

세부 도면들을 특정하여 참조할 때, 도시된 특이사항들은 오직 예시로써 그리고 본 발명의 바람직한 실시예를 예시적으로 논의하기 위하여 도시되는 것일 뿐이며, 본 발명의 이론적이고 개념적인 양태들의 가장 유용하면서도 쉽게 이해되는 설명일 것으로 여겨지는 내용을 제공하기 위해서 제시된다는 것을 강조해 둔다. 이러한 관점에서, 본 발명을 기본적으로 이해하기 위해 필요한 것보다 더 자세하게 본 발명의 구조적 세부사항을 나타내기 위한 노력은 불필요하다. 도면과 함께 이해되는 상세한 설명은, 본 발명의 여러 형태들이 어떻게 실제로 구현될 수 있는지에 대하여 당업자들에게 제공되는 지침으로서의 역할을 한다.

도면에서:

도 1 은 본 발명에 따라 LOE 내로 커플링되는 광선들의 일정 범위(span)를 도시한다;

도 2 는 LOE의 입사 개구부를 조명하는 광선들의 일정 범위를 도시한다;

도 3 은 LOE의 주면 중 하나에 광학적으로 부착된 프리즘을 포함하는 종래 기술의 예시적 커플링-인(coupling-in) 메커니즘의 측면도를 나타낸다;

도 4 는 LOE의 주면 중 하나에 광학적으로 부착된 프리즘을 포함하는 선행 기술의 예시적 커플링-인 메커니즘의 측면도를 나타내는 다른 개략도이다;

도 5 는 LOE의 입사 개구부를 조명하는 광선들의 일정 범위를 예시하는데, LOE의 예지 중 하나는 주면 중 하나에 대해 비스듬한 각도로 경사져 있다;

도 6 은 LOE의 입사 개구부를 조명하는 광선들의 일정 범위를 가지는 다른 시스템을 예시하는 개략도인데, LOE의 예지 중 하나는 주면 중 하나에 대해 비스듬한 각도로 경사져 있다;

도 7 은 LOE의 경사진 예지에 부착된 중간 프리즘을 가지며, 디스플레이 광원으로부터의 입사 광파를 기관 내로 커플링-인하는 본 발명에 따른 광학계의 일 실시예를 도시하는 개략도이다;

도 8 은 LOE의 경사진 예지에 부착된 중간 프리즘을 가지며, 디스플레이 광원으로부터의 입사 광파를 기관 내로 커플링-인하는 본 발명에 따른 광학계의 다른 실시예를 예시한다;

도 9 는 디스플레이 광원으로부터의 입사 광파를 편광 빔 스플리터를 이용하여 시준하기 위한 본 발명에 따른 디바이스를 예시하는 개략도이다;

도 10 은 액정 온 실리콘(liquid crystals on silicon; LCOS) 광원으로부터의 입사 광파를 시준하기 위한 본 발명에 따른 디바이스를 예시하는 개략도이다; 그리고

도 11a 및 도 11b 는 본 발명에 따른 안경의 상면도를 나타내는 두 개의 실시예들이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010]

본 발명은 기관 유도형 광 디바이스, 특히 콤팩트한 HMD 광학계에 관한 것이다. 보통, 유한 FOV를 가지는 시준된 이미지가 기관 내에 커플링된다. 도 1 에 도시된 바와 같이, LOE(또는, 이하 기관(20)) 내의 이미지는 중앙파(14)와 경계파(16 및 18)를 가지는 평면파의 일정 범위를 포함한다. 이미지의 중앙파(14)와 주면(26, 32)의 평면에 대한 법선 사이의 각도는  $\alpha_{in}$ 이다. 기관(20) 내의 FOV는  $2 \cdot \Delta\alpha$  라고 정의된다. 결과적으로, 이미지의

경계파(16 및 18)와 주면의 평면에 대한 법선 사이의 각도는 각각  $\alpha_m + \Delta\alpha$  와  $\alpha_m - \Delta\alpha$ 이다. 기관(20)의 주면(26, 32)으로부터 수 차례 반사된 이후에, 포획된 파들은 선택적 반사면(22)의 어레이에 도달하는데, 이것은 광을 기관을 벗어나 시청자의 눈(24) 안으로 커플링한다. 간결성을 위하여, 중앙파(14)의 광선만이 기관으로부터 커플링-아웃되는 것으로 도시된다.

[0011] 본 발명의 목적은, 종래 기술의 커플링-인 메커니즘과 상이하면서 더 콤팩트한 치수를 가지는 광과 커플링-인 메커니즘을 얻어내는 것이다. 도 2 에는, 최소의 필수 입사 개구부(21)가 주어질 때에 기관(20) 내로 커플링되어야 하는 광선들의 범위가 예시된다. 갭이나 줄무늬가 있는 이미지가 생기는 것을 피하려면, 입사 개구부(21)의 에지와 기관(20)의 하부면(26) 사이의 경계선(25) 위의 점들이, 두 개의 다른 위치 중 하나로부터 기관에 입사하는 두 개의 다른 광선에 의하여 각각의 입사 광파에 대해 조명되어야 하는데, 하나의 광선(30)은 경계선(25)을 직접적으로 조명하는 것이고, 다른 광선(31)은 경계선(25)을 조명하기 이전에 기관의 상부면(32)에 의해 한 번 반사되는 것이다. 보통, 입사 개구부(21)의 크기는 두 개의 경계 광선, 즉, FOV의 최대 각도인 최우측 광선(34)과 FOV의 최소 각도인 최좌측 광선(36)에 의하여 결정된다.

[0012] 경계 광선을 기관(20) 내로 커플링할 수 있는 실시예가 도 3 에 도시된다. 여기에서, 입사 광과 소스(38)와 시준 모듈(40), 예를 들어 시준 렌즈는 기관(20)의 주면(26, 32)에 대해 요구된 오프-축 각도로 지향된다. 릴레이 프리즘(44)이 시준 모듈(40)과 기관(20) 사이에 위치되고, 디스플레이 광원(38)으로부터의 광선이 기관 내에 전반사가 일어나게 하기 위한 임계 각도보다 더 큰 각도에서 주면(26)에 충돌하도록, 이것은 기관(20)의 하부면(26)에 광학적으로 부착된다. 결과적으로, 이미지의 모든 광파들이 주면(26 및 32)으로부터 전반사에 의하여 기관 내에 포획된다. 도면에 예시된 광학계는 비록 간단하지만, 이것은 아직도 가장 콤팩트한 커플링-인 메커니즘은 아니다. 이것은 핸드-헬드 또는 다른 디스플레이는 물론 안경의 외부 형상에 맞춰야 하는 광학계에 대해서 매우 중요한 사실이다.

[0013] 시준 모듈(40)의 치수를 최소화하기 위하여, 커플링-인 프리즘(44)의 입사면(46)의 개구부( $D_i$ )는 가능한 작아야 한다. 결과적으로, 전체 FOV의 커플링된 광선이 커플링-인 프리즘(44)을 통과하면서, 커플링-인 프리즘의 치수 도 역시 이에 따라 최소화될 것이다.

[0014] 도 4 에 도시된 바와 같이, FOV의 최대 각도인 최우측 광선(34)이 프리즘(44)을 통과하려면, 프리즘(44)의 출사면(21)의 개구부( $D_o$ )는 다음 수학적식을 만족해야 한다

### 수학식 1

$$D_o \geq 2d \cdot \tan(\alpha_{in} + \Delta\alpha)$$

[0016] 여기에서  $d$ 는 기관(20)의 두께이다.

[0017] 추가하여, FOV의 최소 각도인 최좌측 광선(36)이 프리즘(44)을 통과하려면, 프리즘(44)의 좌측면(48)과 기관(20)의 주면(26)에 대한 법선 사이의 각도  $\alpha_{sur1}$ 는 다음 수학적식을 만족해야 한다

### 수학식 2

$$\alpha_{sur1} \leq \alpha_{in} - \Delta\alpha$$

[0019] 프리즘(44)을 통과하는 광파의 색수차를 최소화하려면, 커플링-인 프리즘(44)의 입사면(46)이 이미지의 중앙과(14)에 실질적으로 수직이 되도록 지향하는 것이 바람직하다. 결과적으로, 프리즘(44)의 입사면(46)과 기관(20)의 주면(26)에 대한 법선 사이의 각도  $\alpha_{sur2}$ 는 다음 수학적식이 된다

### 수학식 3

$$\alpha_{sur2} = 90^\circ - \alpha_{in}$$

[0021] 프리즘(44)의 치수를 최소화하기 위해 수학식 2 의 부등식의 한계값을 취하면, 다음과 같은 프리즘의 내부 각도



가 얻어진다: 표면들(46 및 21) 사이의 각도는  $\alpha_{in}$  이고; 표면들(48 및 21) 사이의 각도는  $90^\circ - \alpha_{in} + \Delta\alpha$  이다. 결과적으로, 표면들(46 및 48) 사이의 각도는  $90^\circ - \Delta\alpha$  이 된다. 이러한 값들을 이용하면 수학적 4 가 얻어진다

#### 수학적 4

$$D_T = \frac{D_L}{\sin(90^\circ - \Delta\alpha)} \cdot \sin(90^\circ - \alpha_{in} + \Delta\alpha)$$

[0022]

[0023] 수학적 1 의 부등식의 한계값을 취하고 이것을 수학적 4 에 대입하면 수학적 5 가 된다

#### 수학적 5

$$\begin{aligned} D_T &= \frac{2d \cdot \tan(\alpha_{in} + \Delta\alpha)}{\cos(\Delta\alpha)} \cdot \cos(\alpha_{in} - \Delta\alpha) \\ &= \frac{2d \cdot \sin(\alpha_{in} + \Delta\alpha) \cdot \cos(\alpha_{in} - \Delta\alpha)}{\cos(\Delta\alpha) \cdot \cos(\alpha_{in} + \Delta\alpha)} \end{aligned}$$

[0024]

[0025] 도 3 과 도 4 에 도시되는 광학계가 간단해 보이기 는 하지만, 이러한 광학계가 안경 또는 핸드-헬드 디스플레이 와 같은 디스플레이의 외부 형상을 따르는 것이 중요하기 때문에, 이것 역시 아직 가장 콤팩트한 커플링-인 메커니즘이 아니다.

[0026] 도 5 는 자신의 에지 중 하나를 통해 광파를 기관 내로 커플링하는 다른 실시예를 도시한다. 여기에서, 광파-투과성 기관(20)은 두 개의 평행한 주면(26 및 32)과 에지를 가지며, 적어도 하나의 에지(50)가 주면에 대해 비스듬한 각도로 지향되는데,  $\alpha_{sur3}$ 는 에지(50)와 기관의 주면에 대한 법선 사이의 각도이다. 보통, 인입하는 시준된 광파들은 공중으로부터 직접적으로 커플링되거나, 대안적으로는 시준 모듈(40)(도 3)이 기관(20)에 부착될 수 있다. 결과적으로, 색수차를 최소화하려면 경사진 표면(50)에 수직인 중앙파(14)를 커플링하는 것이 유리하다. 불행하게도, 이러한 요구 사항은 표면(50)으로부터 광을 직접적으로 커플링해서는 달성될 수 없다. 보통, 적당한 FOV를 가지는 커플링된 이미지에 대해서도, 이미지의 중앙파(14)와 주면의 평면에 대한 법선 사이의 각

도  $\alpha_{in}$  (도 3)이 요구 사항  $\alpha_{in} \geq 50^\circ$  를 만족해야 한다. 결과적으로, 중앙파(14)가 경사진 표면(50)에 대해 실제로 수직이라면, 관계식  $\alpha_{sur3} \leq 40^\circ$  가 만족되어야 한다. 결과적으로, 비교적 넓은 FOV에 대하여, 시스템 내에 관계식  $\alpha_{sur3} < \alpha_{in}$  과 심지어  $\alpha_{sur3} \ll \alpha_{in} + \Delta\alpha$  가 만족될 것이다.

[0027] 도 6 은 포획된 광선과 주면(26, 32) 사이의 최대 각도가 입사면(50)과 주면 사이의 각도보다 더 큰, 복잡한 상황을 예시한다. 도시된 바와 같이, 입사 개구부(50)의 에지와 기관(20)의 하부면(26) 사이의 경계선(25)상의 점들은 경계선(25)을 직접적으로 조명하는 광파의 최좌측 광선(35)에 의해서만 조명된다. 입사면(50)의 에지(51)에 충돌하는 다른 경계 광선(34)은, 경계선(25)으로부터 거리  $\Delta x$ 에 위치된 다른 선(52)의 하부면을 조명하기 이전에, 상부면(32)에 의해 우선 반사된다. 도시된 바와 같이, 갭  $\Delta x$ 는 경계파(34)의 포획된 광선에 의해서 조명되지 않는다. 결과적으로, 어두운 줄무늬가 나타나게 되고, 커플링-아웃된 광파들과 이미지 품질이 아주 열화될 것이다.

[0028] 이러한 상황은 도 7 에 도시되는 실시예에 의해서 해결된다. 중간 프리즘(54)이 시준 모듈(40)(도 3)과 기관의 경사진 에지(50) 사이에 삽입된다. 프리즘의 면들 중 하나(56)는 기관(20)의 경사진 에지(50)에 인접하게 위치

된다. 대부분의 경우에, 중간 프리즘의 굴절률은 기관(20)의 굴절률과 유사해야 한다. 그럼에도 불구하고, 광학계 내의 광수차를 보상하기 위해서 프리즘에 대해 다른 굴절률이 선택되는 경우도 있을 수 있다. 인입하는 광파들은 공중으로부터 직접적으로 커플링되거나, 대안적으로는 시준 모듈(40)이 중간 프리즘(54)에 부착될 수 있다. 많은 경우에, 시준 모듈(40)의 굴절률은 기관(20)과 실질적으로 상이하며, 따라서 프리즘(54)의 굴절률과도 상이하다. 그러므로, 색수차를 최소화하기 위하여, 프리즘(54)의 입사면(58)은 인입하는 광선의 중앙 광파에 실질적으로 수직으로 지향되어야 한다. 추가적으로, FOV의 최소 각도인 최좌측 선은 프리즘(54)을 통과해야 한다. 결과적으로, 수학적 2 와 수학적 3 의 조건이 도 7 의 구성에 대해서도 역시 만족되어야 한다. 도 6 을 참조하여 설명된 바와 같이 어두운 줄무늬가 발생하는 원치않는 현상을 제거하려면, 수학적 6

### 수학적 6

$$\alpha_{sur3} \geq \alpha_{in} + \Delta\alpha$$

이 만족되어야 하고, 즉, 기관의 경사진 에지와 기관의 주면의 법선 사이의 각도는 FOV의 최대 각도보다 더 크다. 이에 상응하여, 프리즘(54)의 출사면(56)의 개구부( $D_s$ )는 수학적 7 을 만족해야 한다

### 수학적 7

$$D_s \geq \frac{d}{\cos(\alpha_{in} + \Delta\alpha)}$$

광파가 프리즘의 입사면(58)을 통해 프리즘(54)에 진입하고, 아무런 반사가 없이 직접적으로 프리즘을 통과하여 경사진 에지(50)를 통해 기관에 입사하기 때문에, 출사면(56)의 개구부( $D_s$ )에 비해 입사면(58)의 활성 영역( $D_p$ )이 확장되는 것이 최소화될 것이 명백하다. 추가하여, 전술된 바와 같이, FOV의 최소 각도인 최좌측 광선(36) (도 4)이 프리즘(54)을 통과하려면, 프리즘(54)의 좌측면(60)과 기관의 주면(26)에 대한 법선 사이의 각도  $\alpha_{sur1}$ 도 역시 수학적 2 를 만족해야 하고, 즉, 프리즘(54)의 면(60)과 기관의 주면에 대한 법선 사이의 각도는 FOV의 최소 각도보다도 작다. 그러므로, 수학적 2, 6 및 7 이 만족되면, 전체 FOV로부터의 커플링-인된 광파는 줄무늬 또는 갭이 발생하는 일 없이 기관의 주면을 전부 커버할 것이다.

도 8 에 도시된 바와 같이, 수학적 2, 6 및 7 의 부등식의 한계값을 취함으로써, 프리즘(54)의 내부 각도들은 다음과 같이 된다: 면들(56 및 58) 사이의 각도는  $2\alpha_{in} - 90^\circ + \Delta\alpha$  이고, 면들(56 및 60) 사이의 각도는  $180^\circ - 2\alpha_{in}$  이다. 결과적으로, 면들(58 및 60) 사이의 각도는  $90^\circ - \Delta\alpha$  이 된다. 이러한 값들을 이용하면 수학적 8 이 얻어진다

### 수학적 8

$$\begin{aligned} D_p &= \frac{d}{\cos(\alpha_{in} + \Delta\alpha)} \cdot \sin[2 \cdot (90^\circ - \alpha_{in})] \\ &= \frac{2d \cdot \sin(\alpha_{in}) \cdot \cos(\alpha_{in})}{\cos(\Delta\alpha) \cdot \cos(\alpha_{in} + \Delta\alpha)} \end{aligned}$$



[0035] 여기에서  $D_p$ 는 중간 프리즘(54)의 입사면(58)의 활성 영역이다.

[0036] 그러므로, 수학식 5 와 수학식 8 을 비교하면, 도 4 의 종래 기술에 의한 광학계의 프리즘(54 및 44)의 입사면들의 활성 영역들( $D_p$  및  $D_r$ )은 각각 수학식 9 의 관련성을 가진다

### 수학식 9

$$\frac{D_p}{D_r} = \frac{\sin(\alpha_{in}) \cdot \cos(\alpha_{in})}{\sin(\alpha_{in} + \Delta\alpha) \cdot \cos(\alpha_{in} - \Delta\alpha)}$$

[0037]

[0038] FOV가 좁으면, 즉,  $\Delta\alpha \ll \alpha_{in}$  이면, 개선 효과가 별로 나타나지 않을 것이 명백하다. 그러나, 상대적으로 FOV가 넓어지면, 프리즘(54)의 활성 영역( $D_p$ )은 프리즘(44)의 활성 영역( $D_r$ )에 비하여 크게 감소되게 될 것이다.

예를 들어,  $\Delta\alpha = 12^\circ$  및  $\alpha_{in} \approx 52^\circ$  에 대하여, 수학식 9 의 감소비는  $D_p/D_r \approx 0.7$  이라는 큰 값을 가지게 된다.

[0039] 도 3 에 예시된 실시예에서, 시준 모듈(40)은 간단한 투과 렌즈인 것으로 도시되었지만, 반사성 렌즈, 편광 빔 스플리터 및 지연판을 이용하는 더 복잡한 콤팩트 구조가 채용될 수도 있다. 이러한 구조에서, LCD 또는 LCOS 광원과 같은 거의 모든 마이크로디스플레이 광원에서 선편광된 광이 광 컴포넌트(61)에 의하여 활용된다는 사실이 도 9 에 예시된다. 도시된 바와 같이, 디스플레이 광원(64)으로부터의 s-편광된 입사 광파(62)는, 보통 광 투과성 재료로 구성되는 도광기(66)의 하부면(68)으로부터 도광기 내로 커플링된다. 편광 빔 스플리터(70)의 반사-오프(reflection-off) 이후에, 광파들은 도광기(66)의 면(72)을 통과하여 기관에서 커플링-아웃된다. 그러면, 광파는 사분파장 지연판(74)을 통과하고, 반사 광 소자(76), 예를 들어 평판 미러에 의해 반사되며, 복귀하여 다시 지연판(74)을 통과하고, 면(72)을 통해서 도광기(66)에 재진입한다. 이제 p-편광된 광파는 편광 빔 스플리터(70)를 통하여 지나가고 도광기(66)의 면(78)을 통해 도광기에서 커플링 아웃된다. 그러면 광파는 제 2 사분파장 지연판(80)을 통과하여 지나고, 이것의 반사면(84)에서 컴포넌트(82), 예를 들어 렌즈에 의하여 시준되며, 복귀하여 지연판(80)을 통하여 다시 지나가고, 그리고 면(78)을 통해서 도광기(66)에 재진입한다. 이제 s-편광된 광파는 편광 빔 스플리터(70) 외부로 반사되고, 중간 프리즘(54)에 부착된 방출면(86)을 통해서 도광기를 벗어난다. 반사면(76 및 84)은 금속성 또는 유전체 코팅으로 처리될 수 있다.

[0040] 도 9 에 도시된 실시예에서, 디스플레이 광원은 LCD 패널이지만, 특히 높은 휘도 이미징 특성이 요구되는 광학계들이 존재하는데, 이 경우에는 디스플레이 광원으로서 LCOS 광원 디바이스를 이용하는 것이 바람직하다. LCD 패널과 유사하게, LCOS 광원 패널은 제어 전압에 응답해서 뒤틀리거나 정렬되는 액정으로 충전된 2-차원의 어레이 셀을 포함한다. 그러나, LCOS 광원의 경우, 셀들은 반사성 실리콘 칩 상에 직접적으로 이식된다. 액정이 뒤틀리면서, 광의 편광이 아래의 미러링된 면의 반사에 따라 변경되거나 변경되지 않게 된다. 편광 빔 스플리터와 함께, 이러한 현상이 광파가 변조되게 하고, 이미지를 생성하게 된다. 반사 기술이란, 조명과 이미징 광이 동일한 공간을 공유한다는 것을 의미한다. 이미징 기능은 물론 조명 기능이 동시 동작하게 하려면, 이러한 인자들 모두의 경우에 특수 빔 분할 광학 소자가 모듈에 추가되어야 한다. 이러한 소자를 추가하면 보통은 모듈이 복잡해질 것이고, 디스플레이 광원으로서 LCOS 광원을 사용하는 경우, 정면식(frontal) 커플링-인 소자 또는 접이식(folding) 프리즘을 사용하는 일부 모듈들은 더욱 커질 것이다. 예를 들어, 도 9 의 실시예는, 디스플레이 광원(64)과 빔 스플리터(66) 사이에 다른 빔 스플리터를 삽입함으로써 LCOS 광원을 수용하도록 변형될 수 있다. 그러나, 이러한 변형된 버전은, 시준 모듈의 초점 길이가 이중 빔 스플리터 구성을 통과하는 광선의 광로보다 더 짧은, 비교적 넓은 FOV를 가지는 광학계에 대해서는 적절하지 않을 수 있다.

[0041] 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 도 10 에 도시되는 바와 같이, 변형된 광 컴포넌트(90)가 제공되는데, 여기에서는 도광기(66)의 면(78)에 가깝게 하나의 반사면(84)만이 위치된다. 그러므로, 이러한 도광기(66)를 통과하는 광로는 훨씬 더 짧아진다. 도시된 바와 같이, 광원(94)으로부터 방사되는 s-편광된 광파(92)는 프리즘(96)에 입사하고, 편광 빔 스플리터(98) 밖으로 반사되며, LCOS 광원(100)의 전면을 조명한다. "명(light)" 픽셀로부터의 반사된 광파의 편광은 p-편광으로 회전되고, 그러면 광파는 빔 스플리터(98)를 통과하게 되며, 및

결과적으로 프리즘들(96 및 66) 사이에 위치한 편광판(102)을 통과하여 LCOS 광원(100)의 "암(dark)" 픽셀로부터 반사된 s-편광된 광을 차단한다. 그러면, 광파는 프리즘(66)에 입사하고 제 2 빔 스플리터(70)를 통과하며, 프리즘(66)의 면(78)을 통해서 프리즘 밖으로 커플링되고, 사분-파장 지연판(80)을 지나고, 그 반사면(84)에서 시준 렌즈(82)에 의해 시준되며, 복귀하여 지연판(80)을 다시 통과하고, 면(78)을 통해 프리즘(66)에 재입사한다. 이제 s-편광된 광파는 편광 빔 스플리터(70) 외부로 반사되고 중간 프리즘(54)에 부착된 방출면(86)을 통해 프리즘(66)을 벗어난다.

[0042] 이제 시청자의 눈(24)이 경사진 에지(50)의 동일한 면에 위치되는 도 9 로 다시 돌아가면, 광 프리즘(66)의 치수는 기관(20)의 하부 주면(26)보다 훨씬 더 연장되고 상부면(32) 보다는 적게 연장된다. 이와 같이 작게 연장되는 것은, 예를 들면 경사진 에지(50)의 각도  $\alpha_{sur}$  를 약간 증가시킴으로써 적합한 디자인을 통해 완전히 제거될 수 있다.

[0043] 그러나, 도 10 에 도시되는 실시예에서, 광 컴포넌트(90)는 상부면(32)은 물론 기관(20)의 하부면(26)보다도 훨씬 더 연장된다.

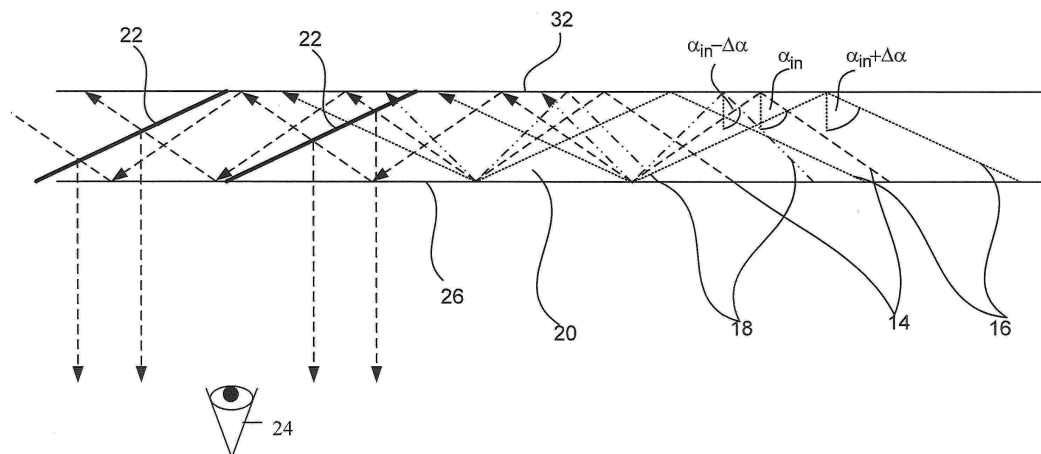
[0044] 도 11a 에 도시된 바와 같이, 이러한 고유한 구성은, 시준 모듈이 프리즘(66 및 96)을 가지는 도 10 의 광 컴포넌트(90)로 구성되는 광학계의 경우에 바람직할 수 있다. 광 컴포넌트(90)는 안경 프레임(104)과 기관(20) 사이에 설치된다. 이러한 경우에, 시청자의 눈(24)은 기관(20)의 경사진 에지(50)의 반대면에 위치된다. 광파는 경사진 에지(50)를 통해 주면(32)을 향해 기관(20) 내로 커플링되고, 그 주면(32)으로부터 부분 반사면(22)을 향해 튀어오르며, 거기서부터 주면(32)을 통해 기관을 벗어나 시청자의 눈(24)으로 향한다. 안경의 전면 부분에 광 컴포넌트(90)의 전면 연장부(106)가 존재하지만, 프리즘(96)의 후면 연장부(108)는 최소의 크기이며, 전체 광 컴포넌트(90)는 안경의 프레임(104) 내에 쉽게 통합될 수 있다.

[0045] 도 11b 에는 도 9 에 예시된 광학적 모듈에 기초한 변형예가 도시되는데, 여기에서 시청자의 눈(24)은 기관(20)의 경사진 에지(50)의 동일면에 위치된다. 광 컴포넌트(90)로부터 나온 광파는 경사진 에지(50)를 통해 기관(20) 내로 커플링되고, 기관(20)에 입사하여 주면(26)을 향해 가며, 주면에서 주면(32)을 향해 튀어오르고, 거기서부터 계속하여 부분 반사면(22)을 향해 진행하고, 주면(32)을 통해 기관을 벗어나 시청자의 눈(24)을 향해 간다.

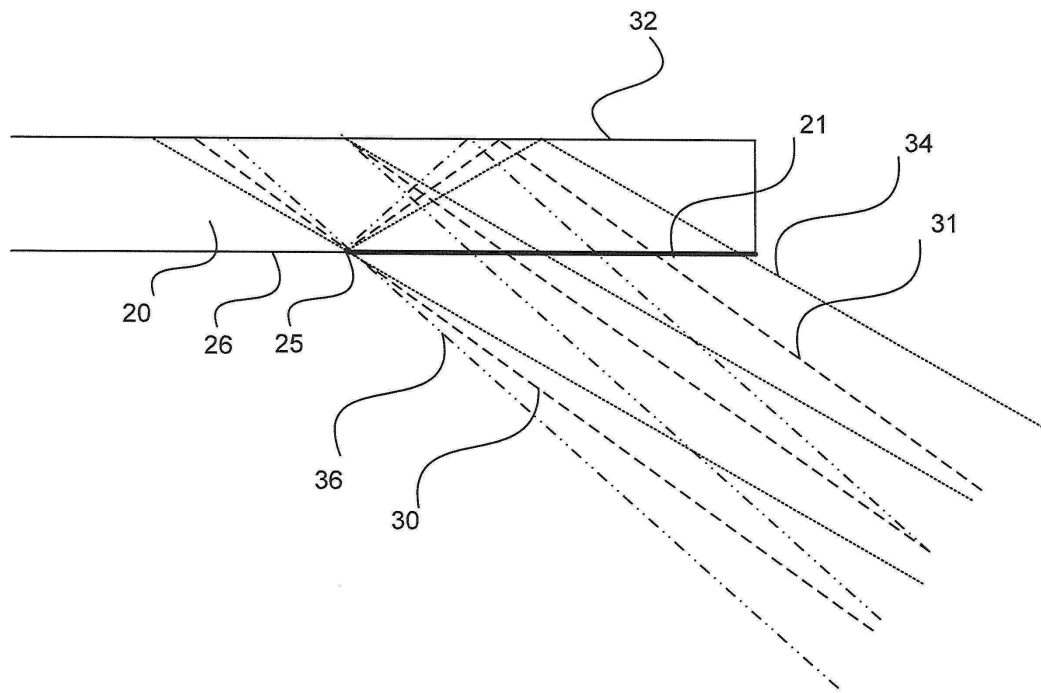
[0046] 본 발명이 전술된 실시예의 세부사항에 한정되는 것이 아니며, 본 발명은 본 발명의 기술적 사상 또는 본질적인 속성에서 벗어나지 않으면서 다른 특정 형태로 구현될 수 있다는 것이 당업자들에게는 명백할 것이다. 그러므로, 이러한 실시예들은 어떤 경우에도, 전술된 설명이 아니라 첨부된 청구항에 의해서 표현되는 본 발명의 범위를 예시적인 것으로 간주되어야지 한정적인 것으로 간주되어서는 안 되며, 따라서 청구항의 균등물의 의미와 균등물 범위에 속하는 모든 변형예는 청구항에 포함되도록 하는 것이 본 명세서의 의도이다.

## 도면

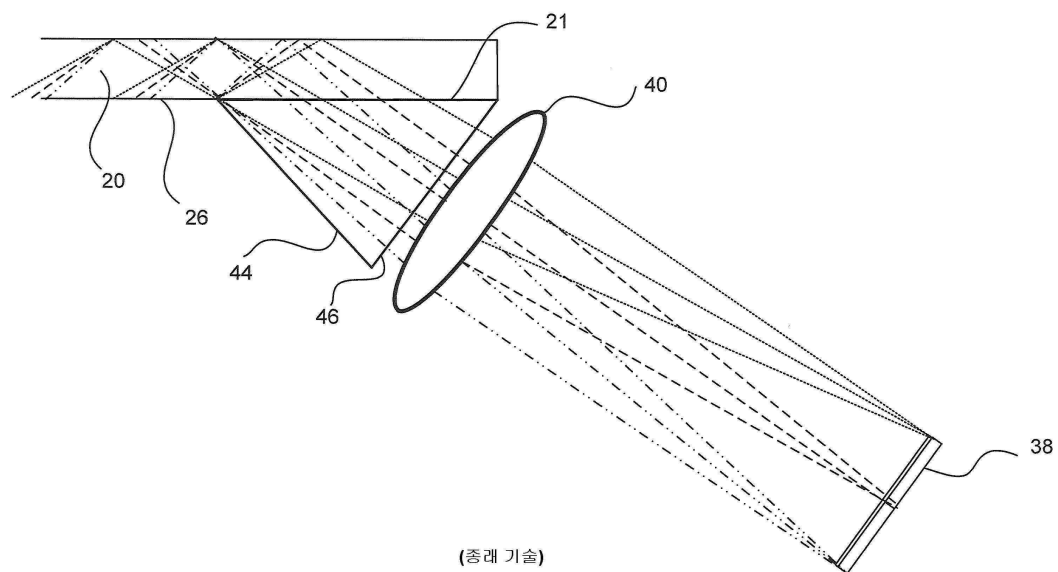
### 도면1



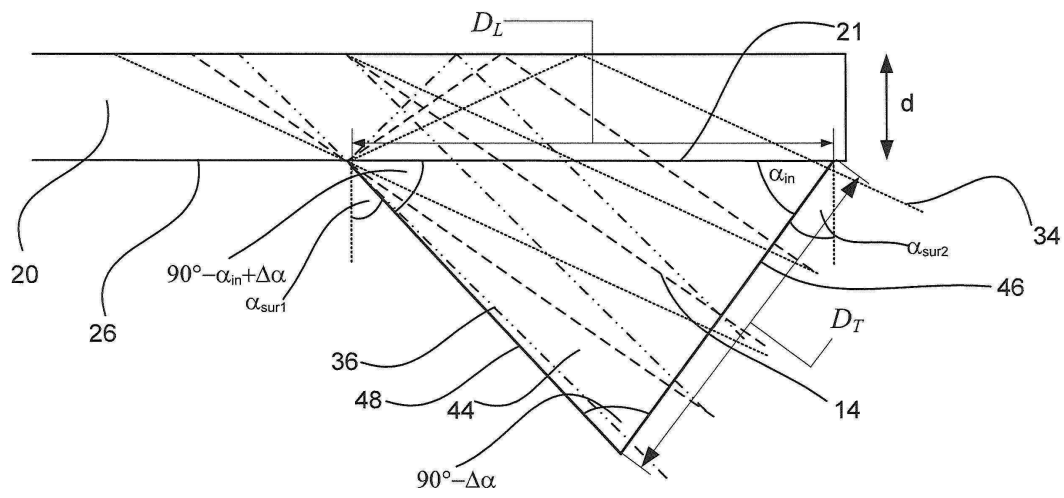
도면2



도면3

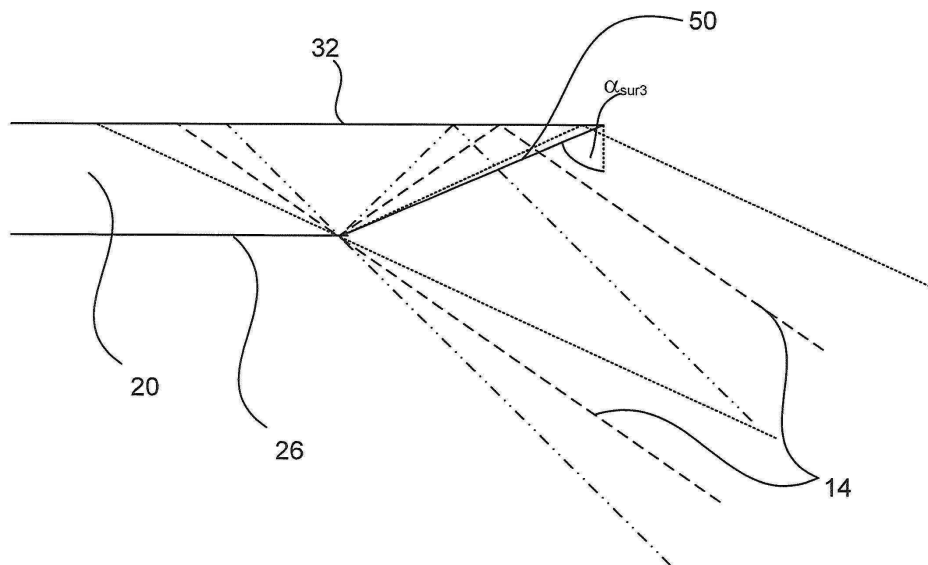


도면4

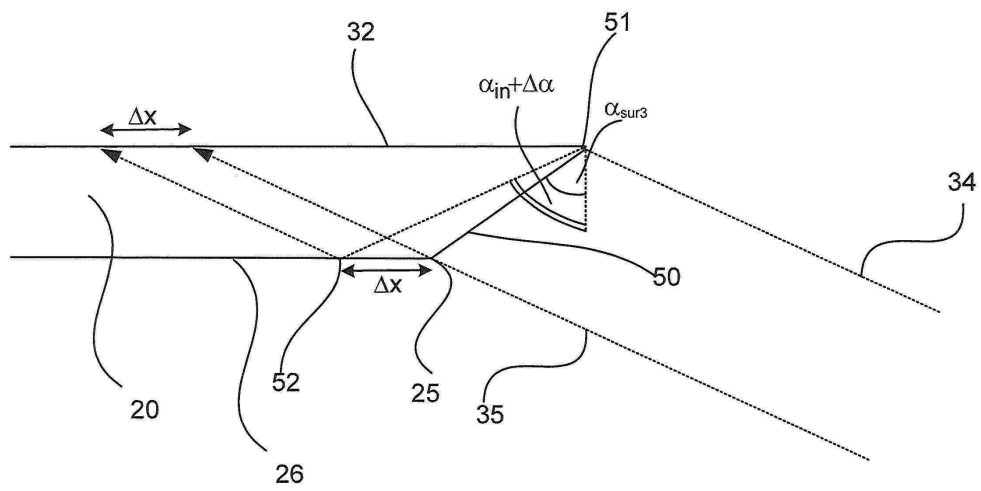


(종래 기술)

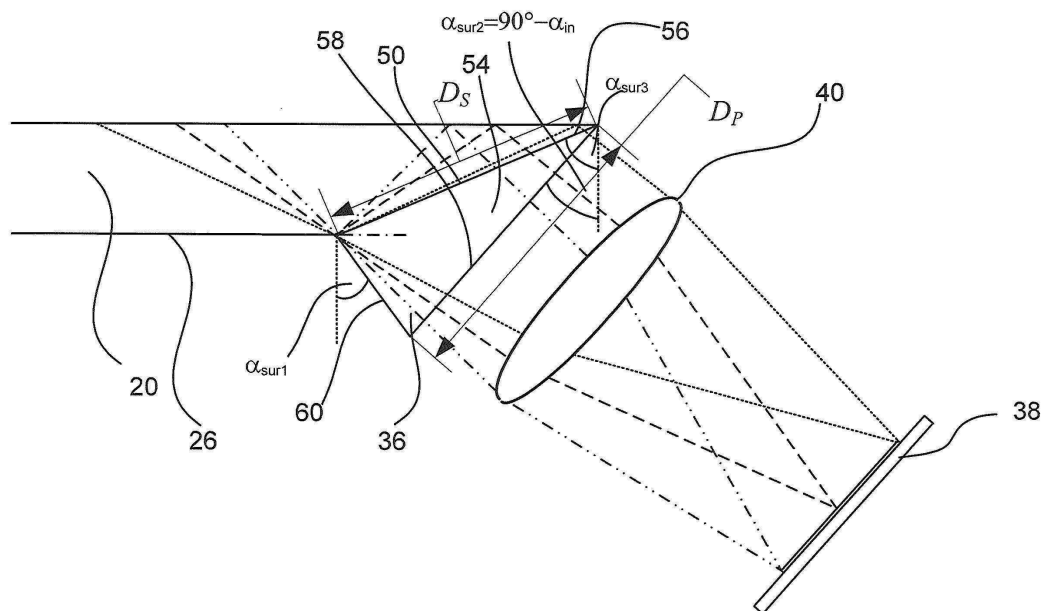
도면5



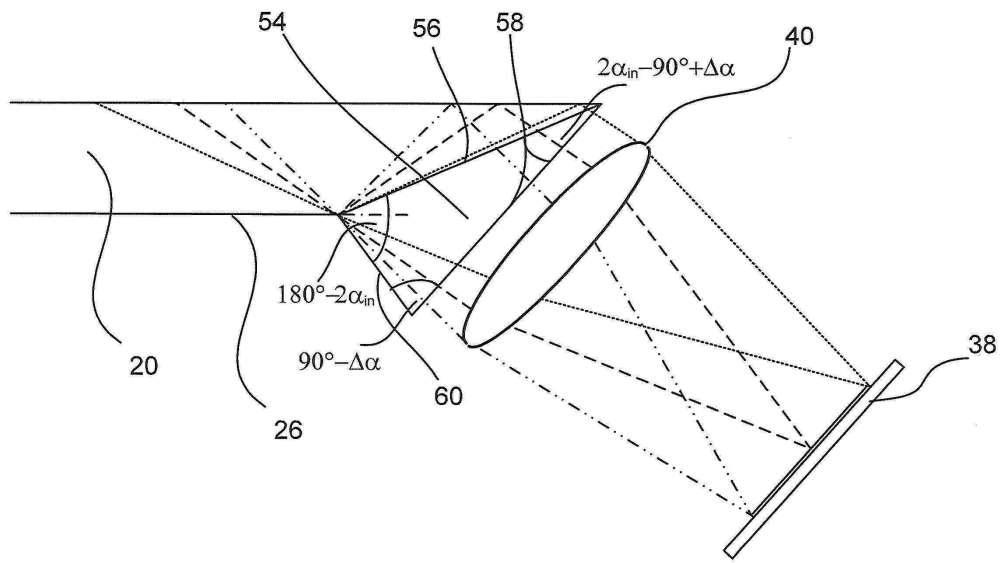
도면6



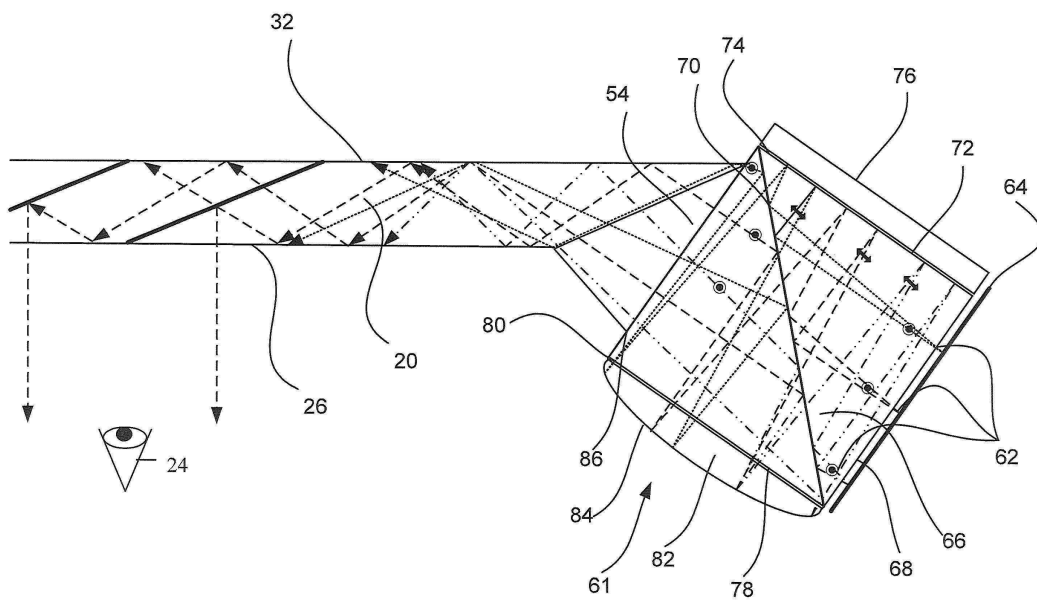
도면7



도면8

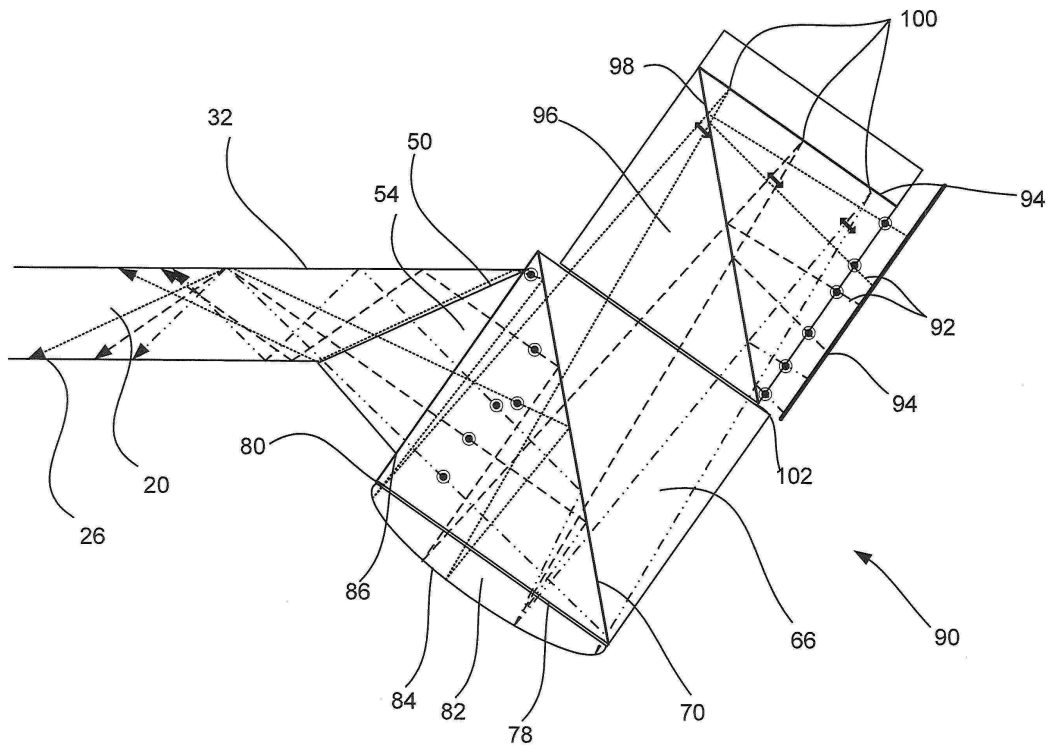


도면9

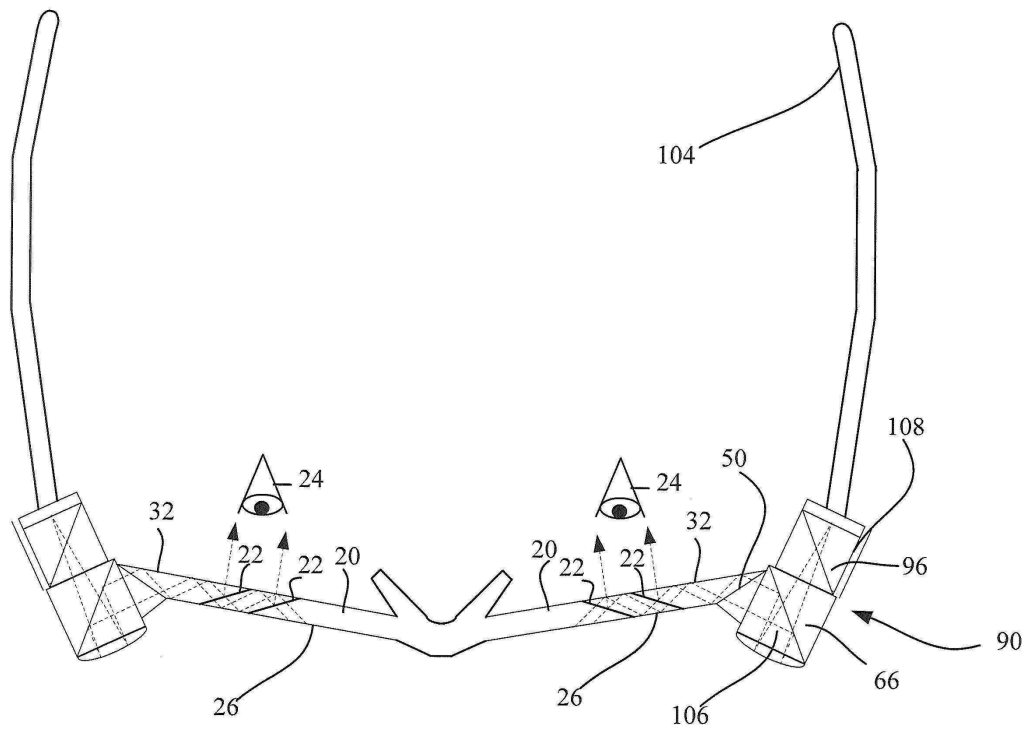




도면10



도면11a



도면11b

