

(11) 공개번호 10-2021-0070979
(43) 공개일자 2021년06월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03H 1/22 (2006.01) *G02B 1/10* (2015.01)
G02B 27/01 (2006.01) *G02B 27/28* (2020.01)
G02B 3/00 (2006.01) *G02B 5/10* (2006.01)
G02B 5/20 (2006.01) *G03H 1/26* (2006.01)
H04N 13/117 (2018.01) *H04N 13/122* (2018.01)

(52) CPC특허분류
G03H 1/2202 (2013.01)
G02B 1/10 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-7008300

(22) 출원일자(국제) 2019년09월30일
심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2021년03월19일

(86) 국제출원번호 PCT/US2019/053918

(87) 국제공개번호 WO 2020/069536
국제공개일자 2020년04월02일

(30) 우선권주장
62/739,000 2018년09월28일 미국(US)

(71) 출원인
라이트 필드 랩 인코포레이티드
미국 95112 캘리포니아 산호세 스위트 10 켄커 로드 1920

(72) 발명자
카라핀 조나단 셀
미국 95112 캘리포니아 산호세 스위트 10 켄커 로드 1920

베벤시 브렌던 엘우드
미국 95112 캘리포니아 산호세 스위트 10 켄커 로드 1920

(74) 대리인
특허법인(유한)케이비케이

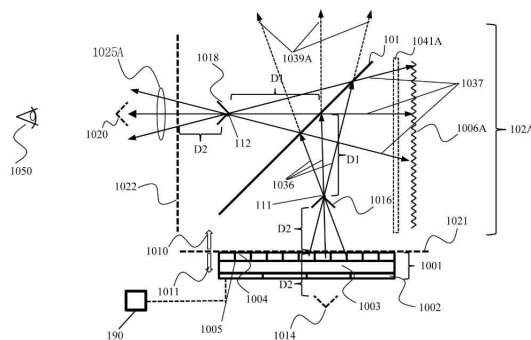
전체 청구항 수 : 총 102 항

(54) 발명의 명칭 **라이트 필드 디스플레이용 홀로그래픽 객체 릴레이**

(57) 요약

라이트 필드 또는 다른 디스플레이에 의해 생성된 이미지가 디스플레이 자체를 어드레싱할 필요 없이 뷰어에 의해 인지되도록 라이트 필드 또는 홀로그래픽 객체에 대응하는 광을 재지향시키기 위한 시스템 및 방법이 개시된다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

G02B 27/283 (2013.01)

G02B 27/286 (2013.01)

G02B 3/0037 (2013.01)

G02B 5/10 (2013.01)

G02B 5/20 (2013.01)

G02B 5/3083 (2013.01)

G03H 1/26 (2013.01)

H04N 13/117 (2018.05)

H04N 13/122 (2018.05)

명세서

청구범위

청구항 1

홀로그래픽 디스플레이 시스템으로서,

투영광 경로의 세트를 따라 광을 투영하여 디스플레이 화면 평면에 대해 제1 투영된 깊이 프로파일을 갖는 적어도 제1 홀로그래픽 표면을 형성하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이를 포함하는 제1 디스플레이; 및

상기 라이트 필드 디스플레이로부터 상기 투영광 경로의 세트를 따라 광을 수신하고 상기 수신된 광을 중계광 경로의 세트를 따라 중계하도록 위치되어, 상기 제1 홀로그래픽 표면 상의 포인트가 중계된 위치로 중계되어 가상 화면 평면에 대해 제1 중계된 깊이 프로파일을 갖는 제1 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는, 릴레이 시스템을 포함하고, 상기 제1 중계된 깊이 프로파일은 상기 제1 투영된 깊이 프로파일과 다르고;

상기 라이트 필드 디스플레이는 상기 제1 중계된 홀로그래픽 객체의 제1 중계된 깊이 프로파일이 뷰어를 위해 의도된 상기 깊이 프로파일이 되도록 투영광을 출력하기 위해 상기 라이트 필드 디스플레이를 작동시킴으로써 상기 제1 투영된 깊이 프로파일과 상기 제1 중계된 깊이 프로파일 간의 차이를 설명하기 위한 명령을 수신하도록 구성되는 제어기를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 라이트 필드 디스플레이는 상기 제1 홀로그래픽 표면을 화면 내 홀로그래픽 표면으로서 투영하도록 구성되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 라이트 필드 디스플레이는 상기 제1 홀로그래픽 표면을 화면 밖 홀로그래픽 표면으로서 투영하도록 구성되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 투영광 경로의 세트의 각각은 4차원(4D) 좌표계에서 위치 좌표 및 각도 좌표의 세트를 갖고, 상기 제어기에 의해 수신된 명령은 상기 4D 좌표계에서 상기 제1 홀로그래픽 표면의 각도 좌표의 극성의 반전을 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 투영광 경로의 세트는 상기 디스플레이 화면 평면에 대해 제2 투영된 깊이 프로파일을 갖는 제2 홀로그래픽 표면을 형성하고, 상기 제2 홀로그래픽 표면 상의 포인트는 상기 가상 화면 평면에 대해 제2 중계된 깊이 프로파일을 갖는 제2 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는 중계된 위치로 상기 릴레이 시스템에 의해 중계되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 중계광 경로의 세트에 배치된 보정 광학 요소를 더 포함하고, 상기 중계광 경로의 세트의 각각은 4차원(4D) 좌표계에서 위치 좌표 및 각도 좌표의 세트를 갖고, 상기 제1 및 제2 홀로그래픽 표면의 깊이 순서 및 상기 제1 및 제2 중계된 홀로그래픽 표면의 깊이 순서는 반전되고, 상기 보정 광학 요소는 상기 중계광 경로의 세트의 각각의 각도 좌표의 극성을 반전시키도록 구성되어 상기 보정 광학 요소를 통해 상기 제1 및 제2 중계된 홀로그래픽 표면을 인지하는 뷰어는 상기 제1 및 제2 홀로그래픽 표면의 깊이 순서와 동일한 보정된 깊이 순서를 인지할 수 있는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 보정 광학 요소는 상기 가상 디스플레이 평면에 위치되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 보정 광학 요소는 렌즈의 평행 열을 포함하고, 각 렌즈는 동일한 초점 거리(f)를 갖고, 상기 렌즈의 열은 상기 초점 거리의 2배인 거리만큼 분리되어 상기 렌즈의 열의 초점면은 가상 평면에서 중첩되고 상기 초점면 반대편의 렌즈는 동일한 광축을 공유하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 9

제4항에 있어서, 상기 투영광 경로의 세트에 배치되고 상기 릴레이 시스템보다 광학적으로 선행하는 보정 광학 요소를 더 포함하고;

상기 투영광 경로의 세트의 각각은 4차원(4D) 좌표계에서 위치 좌표 및 각도 좌표의 세트를 갖고, 상기 보정 광학 요소는 상기 투영광 경로의 세트의 각각의 각도 좌표의 극성을 반전시키도록 구성되어 상기 제1 및 제2 표면은 사전 보정된 깊이 순서를 갖고;

상기 릴레이 시스템은 상기 투영광 경로의 세트를 따라 상기 보정 광학 요소로부터 광을 수신하도록 위치되고, 상기 제1 및 제2 중계된 표면은 상기 가상 화면 평면에 대해 보정된 깊이 순서로 인지 가능하고, 상기 보정된 깊이 순서는 사전 보정된 깊이 순서로부터 반전되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 보정 광학 요소는 상기 디스플레이 화면 평면에 위치되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 보정 광학 요소는 렌즈의 평행 열을 포함하고, 각 렌즈는 동일한 초점 거리(f)를 갖고, 상기 렌즈의 열은 상기 초점 거리의 2배인 거리만큼 분리되어 상기 렌즈의 열의 초점면은 가상 평면에서 중첩되고 상기 초점면 반대편의 렌즈는 동일한 광축을 공유하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 릴레이 시스템은 빔 스플리터 및 역반사기를 포함하고, 상기 빔 스플리터는 상기 투영광 경로의 세트를 따라 광을 수신하고 반사광 경로의 세트를 따라 상기 역반사기를 향해 상기 수신된 광의 일부를 반사하도록 위치되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 빔 스플리터는 상기 디스플레이 화면 평면 및 상기 역반사기에 대해 45도 각도로 배향되고, 상기 역반사기는 상기 디스플레이 화면 평면에 대해 직교되게 배향되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 14

제12항에 있어서, 상기 빔 스플리터는 편광 빔 스플리터를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 릴레이 시스템은 상기 편광 빔 스플리터와 상기 역반사기 사이에 배치된 1/4 파장 지연기를 더 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 16

제12항에 있어서, 상기 빔 스플리터는 투명한 금속 코팅 층을 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 17

제12항에 있어서, 상기 빔 스플리터는 이색성 필터를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 18

제12항에 있어서, 상기 역반사기는 코너 반사기 마이크로미러 어레이를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

템.

청구항 19

제12항에 있어서, 상기 역반사기 및 상기 빔 스플리터는 상기 빔 스플리터로부터 상기 역반사기를 향해 반사된 광이 상기 반사광 경로의 세트 반대의 복귀 방향을 따라 연장되는 상기 중계광 경로의 세트를 따라 상기 역반사기로부터 반사되도록 정렬되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 역반사기로부터 반사된 광은 상기 빔 스플리터를 통해 상기 가상 화면 평면을 향해 지향되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 중계광 경로의 세트의 각각은 4차원(4D) 좌표계에서 위치 좌표 및 각도 좌표의 고유 세트를 갖고, 상기 홀로그래픽 디스플레이 시스템은 상기 가상 화면 평면에 위치된 보정 광학 요소를 더 포함하고, 상기 보정 광학 요소는 상기 중계광 경로의 각도 좌표의 극성을 반전시키도록 구성되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 22

제12항에 있어서, 상기 릴레이 시스템은 추가 역반사기를 포함하고, 상기 빔 스플리터는 투과광 경로의 세트를 따라 상기 추가 역반사기를 향해 상기 수신된 광의 다른 부분을 지향시키도록 구성되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 23

제22항에 있어서, 상기 추가 역반사기 및 상기 빔 스플리터는 상기 빔 스플리터를 통해 상기 추가 역반사기를 향해 투과된 투영광이 상기 추가 역반사기로부터 반사되며 중계광 경로의 추가 세트를 따라 상기 가상 디스플레이 화면을 향해 상기 빔 스플리터에 의해 더 반사되도록 정렬되고, 상기 중계광 경로의 세트와 상기 중계광 경로의 추가 세트는 실질적으로 중첩되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 24

제1항에 있어서, 상기 가상 화면 평면은 상기 라이트 필드 디스플레이의 디스플레이 화면 평면에 대해 비평행 각도로 배향되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 25

제1항에 있어서, 상기 가상 화면 평면은 상기 라이트 필드 디스플레이의 디스플레이 화면 평면에 대해 수직 각도로 배향되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 26

제1항에 있어서, 상기 릴레이 시스템은 상기 투영광 경로의 세트를 따라 광을 수신하고 상기 수신된 광을 상기 중계광 경로의 세트를 따라 지향시키도록 위치되는 투과 반사기를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 27

제26항에 있어서, 상기 투과 반사기는 상기 투과 반사기의 복수의 내부 반사 표면 중에서 상기 수신된 광의 일부를 내부적으로 반사하고 제1 방향으로 상기 가상 화면 평면을 향해 상기 중계광 경로의 세트를 따라 광을 출력하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 28

제26항에 있어서, 상기 투과 반사기는 상기 투과 반사기의 복수의 내부 반사 표면 중에서 상기 수신된 광의 제1 부분을 내부적으로 반사하고 제1 방향으로 상기 가상 화면 평면을 향해 상기 중계광 경로의 세트를 따라 상기 수신된 광의 제1 부분을 출력하고, 상기 투과 반사기의 외면은 상기 제1 방향과 반대되는 제2 방향으로 상기 반

사광 경로의 세트를 따라 상기 수신된 광의 제2 부분을 반사하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 29

제28항에 있어서, 상기 반사광 경로의 세트 및 상기 중계광 경로의 세트는 상기 제1 중계된 홀로그래픽 표면이 상기 가상 화면 평면에 대해 동일한 깊이 프로파일을 갖기 위해 상기 제1 및 제2 방향으로부터 인지되도록 실질적으로 정렬되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 30

제28항에 있어서, 상기 중계광 경로의 세트에서 각 광 경로는 4차원(4D) 좌표계에서 위치 좌표 및 각도 좌표의 고유 세트를 갖고, 상기 홀로그래픽 디스플레이 시스템은 상기 중계광 경로의 세트와 교차하는 위치에 또는 상기 반사광 경로의 세트와 교차하는 위치에 위치된 보정 광학 요소를 더 포함하고, 상기 보정 광학 요소는 그를 통과하는 광 경로의 각도 좌표의 극성을 반전시키도록 구성되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 31

제28항에 있어서, 상기 중계광 경로의 세트에서 각 광 경로는 4차원(4D) 좌표계에서 위치 좌표 및 각도 좌표의 고유 세트를 갖고, 상기 홀로그래픽 디스플레이 시스템은 상기 제1 및 제2 위치에 각각 위치된 제1 및 제2 보정 광학 요소를 더 포함하고, 상기 제1 위치는 상기 중계광 경로의 세트와 교차하며 상기 제2 위치는 상기 반사광 경로의 세트와 교차하고, 상기 제1 및 제2 보정 광학 요소 그를 통과하는 광 경로의 각도 좌표의 극성을 반전시키도록 각각 구성되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 32

제26항에 있어서, 상기 투과 반사기는 복수의 2면 코너 반사기를 포함하는 2면 코너 반사기 어레이를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 33

제32항에 있어서, 상기 2면 코너 반사기 어레이는 2개의 반사 평면 층을 포함하고, 상기 2개의 층은 평행하지만 제1 차원에서 오프셋되고, 하나의 층에서 상기 반사 평면의 방향은 제2 차원에서 다른 층에서 상기 반사 평면의 방향과 직교하게 배향되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 34

제1항에 있어서,

상기 제1 디스플레이에 대해 실질적으로 직교하게 배치된 제2 디스플레이; 및

상기 제1 디스플레이로부터 상기 투영광 경로의 세트 및 상기 제2 디스플레이로부터 투영광 경로의 추가 세트를 따라 광을 수신하고 상기 수신된 광을 상기 릴레이 시스템으로 지향시키도록 구성된 빔 스플리터를 더 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 35

제34항에 있어서, 상기 제2 디스플레이는 추가적인 홀로그래픽 표면을 투영하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이를 포함하고, 상기 추가적인 홀로그래픽 표면 상의 포인트는 상기 릴레이 시스템에 의해 중계된 포인트로 중계되어 추가적인 가상 화면 평면에 대해 깊이 프로파일을 갖는 추가적인 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 36

제35항에 있어서, 상기 제1 디스플레이에 대응하는 상기 가상 화면 평면 및 상기 제2 디스플레이에 대응하는 상기 추가적인 가상 화면 평면은 2개의 별개의 홀로그래픽 볼륨이 생성되도록 위치되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 37

제35항에 있어서, 상기 제1 디스플레이에 대응하는 상기 가상 화면 평면 및 상기 제2 디스플레이에 대응하는 상

기 추가적인 가상 화면 평면은 하나의 연속적인 홀로그래픽 볼륨이 생성되도록 위치되고, 상기 하나의 연속적인 홀로그래픽 볼륨은 상기 가상 화면 평면 중 하나와 연관된 개별 홀로그래픽 볼륨보다 큰, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 38

제1항에 있어서, 상기 제1 디스플레이 반대편의 제2 디스플레이를 더 포함하고, 상기 릴레이 시스템은 상기 제1 및 제2 디스플레이 사이에 배치되고, 상기 릴레이 시스템은 상기 제2 디스플레이로부터 투영광 경로의 추가 세트를 따라 광을 수신하고 상기 수신된 광을 중계광 경로의 추가 세트를 따라 중계하도록 구성되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 39

제38항에 있어서, 상기 제2 디스플레이는 추가적인 홀로그래픽 표면을 투영하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이를 포함하고, 상기 추가적인 홀로그래픽 표면 상의 포인트는 상기 릴레이 시스템에 의해 중계된 포인트로 중계되어 상기 가상 화면 평면에 대해 깊이 프로파일을 갖는 추가적인 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 40

제39항에 있어서, 상기 제1 또는 제2 디스플레이로부터 상기 투영광 경로의 세트에 위치된 시차 요소를 더 포함하고, 상기 시차 요소는 상기 각각의 디스플레이의 투영광 경로의 세트를 따라 형성된 상기 홀로그래픽 표면의 적어도 일부를 폐색하도록 작동 가능한, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 41

제39항에 있어서, 상기 제1 및 제2 디스플레이로부터 상기 투영광 경로의 세트의 각각에 위치된 시차 요소를 더 포함하고, 각 시차 요소는 상기 투영광 경로의 각각의 세트를 따라 형성된 상기 홀로그래픽 표면의 적어도 일부를 폐색하도록 작동 가능한, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 42

제38항에 있어서, 상기 릴레이 시스템은 적어도 부분적으로 둘러싸인 투과 반사기 표면을 포함하는 투과 반사기를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 43

제42항에 있어서, 상기 부분적으로 둘러싸인 투과 반사기 표면은 정점 및 다각형 베이스를 포함하고, 상기 정점은 상기 제1 또는 제2 디스플레이의 중심과 실질적으로 정렬되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 44

제42항에 있어서, 상기 부분적으로 둘러싸인 투과 반사기 표면은 정점을 갖는 원추면을 포함하고, 상기 정점은 상기 제1 또는 제2 디스플레이의 중심과 실질적으로 정렬되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 45

제26항에 있어서, 상기 투과 반사기는 적어도 부분적으로 둘러싸인 투과 반사기 표면을 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 46

제45항에 있어서, 상기 부분적으로 둘러싸인 투과 반사기 표면은 정점 및 다각형 베이스를 포함하고, 상기 정점은 상기 제1 디스플레이의 중심과 실질적으로 정렬되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 47

제45항에 있어서, 상기 부분적으로 둘러싸인 투과 반사기 표면은 정점을 갖는 원추면을 포함하고, 상기 정점은 상기 제1 디스플레이의 중심과 실질적으로 정렬되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 48

홀로그래픽 디스플레이 시스템으로서,

투영광 경로의 세트를 따라 광을 투영하여 적어도 제1 홀로그래픽 표면을 형성하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이를 포함하는 제1 디스플레이로서, 상기 투영광 경로의 세트는 상기 라이트 필드 디스플레이에 의해 정의된 제1 4차원(4D) 함수에 따라 결정되어, 각 투영광 경로는 디스플레이 화면 평면에 대해 정의된 제1 4D 좌표계에서 위치 좌표 및 각도 좌표의 세트를 갖는, 제1 디스플레이; 및

상기 라이트 필드 디스플레이로부터 상기 투영광 경로의 세트를 따라 광을 수신하고 상기 수신된 광을 중계광 경로의 세트를 따라 중계하도록 위치되어 상기 제1 홀로그래픽 표면 상의 포인트가 중계된 위치로 중계되어 제1 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는 릴레이 시스템을 포함하고, 상기 중계광 경로의 세트는 상기 릴레이 시스템에 의해 정의된 제2 4D 함수에 따라 결정되어 각 중계광 경로는 가상 화면 평면에 대해 정의된 제2 4D 좌표계에서 위치 좌표 및 각도 좌표의 세트를 갖고;

상기 라이트 필드 디스플레이는 상기 제1 4D 함수에 따라 투영광을 출력하도록 상기 라이트 필드 디스플레이를 작동시킴으로써 상기 제2 4D 함수를 설명하기 위한 명령을 수신하여 상기 중계광 경로의 세트의 각각에 대한 상기 제2 4D 좌표계에서 상기 위치 좌표 및 상기 각도 좌표를 통해 상기 중계된 홀로그래픽 표면이 의도한대로 뷰어에게 제시되게 구성된 제어기를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 49

제48항에 있어서, 상기 라이트 필드 디스플레이는 상기 제1 홀로그래픽 표면을 화면 내 홀로그래픽 표면으로서 투영하도록 구성되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 50

제48항에 있어서, 상기 라이트 필드 디스플레이는 상기 제1 홀로그래픽 표면을 화면 밖 홀로그래픽 표면으로서 투영하도록 구성되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 51

제48항에 있어서, 상기 투영광 경로의 세트는 상기 디스플레이 화면 평면에 대해 제2 투영된 깊이 프로파일을 갖는 제2 홀로그래픽 표면을 형성하고, 상기 제2 홀로그래픽 표면 상의 포인트는 상기 가상 화면 평면에 대해 제2 중계된 깊이 프로파일을 갖는 제2 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는 중계된 위치로 상기 릴레이 시스템에 의해 중계되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 52

제48항에 있어서, 상기 릴레이 시스템은 빔 스플리터 및 오목 거울을 포함하고, 상기 빔 스플리터는 상기 투영광 경로의 세트를 따라 광을 수신하고 반사광 경로의 세트를 따라 상기 오목 거울을 향해 상기 수신된 광의 제1 부분을 반사하도록 위치되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 53

제52항에 있어서, 상기 빔 스플리터는 편광 빔 스플리터를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 54

제53항에 있어서, 상기 릴레이 시스템은 상기 편광 빔 스플리터와 상기 오목 거울 사이에 배치된 1/4 파장 지연기를 더 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 55

제52항에 있어서, 상기 빔 스플리터는 투명한 금속 코팅 층을 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 56

제52항에 있어서, 상기 빔 스플리터는 이색성 필터를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 57

제52항에 있어서, 상기 오목 거울 및 상기 빔 스플리터는 상기 빔 스플리터로부터 상기 오목 거울을 향해 반사된 광이 상기 반사광 경로의 세트와 실질적으로 반대되는 복귀 방향을 따라 연장되는 상기 중계광 경로의 세트를 따라 상기 오목 거울로부터 반사되고 집속되도록 정렬되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 58

제57항에 있어서, 상기 오목 거울로부터 반사된 광은 상기 빔 스플리터를 통해 상기 가상 화면 평면을 향해 지향되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 59

제52항에 있어서, 상기 릴레이 시스템은 추가 오목 거울을 포함하고, 상기 빔 스플리터는 투과광 경로의 세트를 따라 상기 추가 오목 거울을 향해 상기 수신된 광의 제2 부분을 지향시키도록 구성되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 60

제59항에 있어서, 상기 추가 오목 거울 및 상기 빔 스플리터는 상기 빔 스플리터를 통해 상기 추가 오목 거울을 향해 투과된 투영광이 상기 추가 오목 거울로부터 반사되며 중계광 경로의 추가 세트를 따라 상기 가상 디스플레이 화면을 향해 상기 빔 스플리터에 의해 더 반사되도록 정렬되고, 상기 중계광 경로의 세트와 상기 중계광 경로의 추가 세트는 실질적으로 중첩되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 61

제48항에 있어서, 상기 릴레이 시스템은 상기 라이트 필드 디스플레이로부터 상기 투영광 경로의 세트를 따라 광을 수신하고 상기 수신된 광을 상기 중계광 경로의 세트를 따라 상기 가상 화면 평면을 향해 중계하도록 위치된 적어도 하나의 렌즈를 포함하고, 상기 적어도 하나의 렌즈는 상기 디스플레이 화면 평면과 상기 가상 화면 평면 사이에 있는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 62

제61항에 있어서, 상기 적어도 하나의 렌즈는 상기 라이트 필드 디스플레이의 법선과 실질적으로 정렬된 광축을 갖는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 63

제61항에 있어서, 상기 릴레이 시스템은 그를 통해 공통 광축을 갖는 제1 및 제2 렌즈를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 64

제48항에 있어서, 상기 릴레이 시스템은 상기 라이트 필드 디스플레이로부터 상기 투영광 경로의 세트를 따라 광을 수신하고 반사광 경로의 세트를 따라 반사기를 향해 상기 수신된 광의 제1 부분을 반사하도록 위치되는 빔 스플리터를 포함하고, 상기 릴레이 시스템은 상기 빔 스플리터와 상기 반사기 사이에 적어도 하나의 렌즈를 더 포함하고, 상기 적어도 하나의 렌즈는 그를 통과하는 광을 집속시키도록 구성되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 65

제64항에 있어서, 상기 적어도 하나의 렌즈는 상기 반사기와 직교하게 정렬된 광축을 갖는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 66

제64항에 있어서, 상기 적어도 하나의 렌즈는 상기 반사기의 표면에 위치된 초점면을 갖는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 67

제64항에 있어서, 상기 릴레이 시스템은 상기 빔 스플리터와 상기 반사기 사이에 제1 및 제2 렌즈를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 68

제67항에 있어서, 상기 제1 및 제2 렌즈는 공통 광축을 갖는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 69

제64항에 있어서, 상기 반사기는 만족된, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 70

제48항에 있어서, 상기 가상 화면 평면은 상기 라이트 필드 디스플레이의 디스플레이 화면 평면에 대해 비평행 각도로 배향되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 71

제48항에 있어서, 상기 가상 화면 평면은 상기 라이트 필드 디스플레이의 디스플레이 화면 평면에 대해 수직 각도로 배향되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 72

제48항에 있어서, 상기 제1 디스플레이 반대편의 제2 디스플레이를 더 포함하고, 상기 릴레이 시스템은 상기 제1 및 제2 디스플레이 사이에 배치되고, 상기 릴레이 시스템은 상기 제2 디스플레이로부터 투영광 경로의 추가 세트를 따라 광을 수신하고 상기 수신된 광을 중계광 경로의 추가 세트를 따라 중계하도록 구성되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 73

제72항에 있어서, 상기 제2 디스플레이는 추가적인 홀로그래픽 표면을 투영하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이를 포함하고, 상기 추가적인 홀로그래픽 표면 상의 포인트는 상기 릴레이 시스템에 의해 중계된 포인트로 중계되어 상기 가상 화면 평면에 대해 깊이 프로파일을 갖는 추가적인 중계된 표면을 형성하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 74

제73항에 있어서, 상기 제1 또는 제2 디스플레이로부터 상기 투영광 경로의 세트에 위치한 시차 요소를 더 포함하고, 상기 시차 요소는 상기 각각의 디스플레이의 투영광 경로의 세트를 따라 형성된 상기 홀로그래픽 표면의 적어도 일부를 폐색하도록 작동 가능한, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 75

제73항에 있어서, 상기 제1 및 제2 디스플레이로부터 상기 투영광 경로의 세트의 각각에 위치한 시차 요소를 더 포함하고, 각 시차 요소는 상기 투영광 경로의 각각의 세트를 따라 형성된 상기 홀로그래픽 표면의 적어도 일부를 폐색하도록 작동 가능한, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 76

제48항에 있어서, 상기 제2 4D 함수는 상기 제1 4D 함수의 확대, 축소, 및 위치 변경 중 적어도 하나를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 77

제48항에 있어서, 상기 제1 4D 함수는 상기 제1 4D 좌표계에서 동일한 위치 좌표를 갖는 광 경로 사이에서 강도 및 색상 정보를 교환하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 78

홀로그래픽 디스플레이 시스템으로서,

투영광 경로의 세트를 따라 광을 투영하여 디스플레이 화면 평면에 대해 제1 깊이 순서로 적어도 제1 및 제2 홀로그래픽 표면을 형성하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이를 포함하는 디스플레이;

상기 라이트 필드 디스플레이로부터 상기 투영광 경로의 세트를 따라 광을 수신하고 상기 수신된 광을 중계광 경로의 세트를 따라 중계하도록 위치되어 상기 제1 및 제2 홀로그래픽 표면 상의 포인트가 중계된 위치로 중계되어 가상 화면 평면에 대해 제2 깊이 순서로 인지 가능한 제1 및 제2 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는 릴레이 시스템으로서, 상기 제1 및 제2 깊이 순서는 반전되는, 릴레이 시스템; 및

상기 중계광 경로의 세트에 배치된 보정 광학 요소를 포함하고, 상기 중계광 경로의 세트의 각각은 4차원(4D) 좌표계에서 위치 좌표 및 각도 좌표의 세트를 갖고, 상기 보정 광학 요소는 상기 중계광 경로의 제1 세트의 각각의 각도 좌표의 극성을 반전시키도록 구성되어 상기 제1 및 제2 중계된 홀로그래픽 표면은 상기 제1 깊이 순서와 실질적으로 동일한 보정된 깊이 순서로 인지 가능한, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 79

제78항에 있어서, 상기 보정 광학 요소는 상기 가상 디스플레이 평면에 위치되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 80

제78항에 있어서, 상기 보정 광학 요소는 렌즈의 평행 열을 포함하고, 각 렌즈는 동일한 초점 거리(f)를 갖고, 상기 렌즈의 열은 상기 초점 거리의 2배인 거리만큼 분리되어 상기 렌즈의 열의 초점면은 가상 평면에서 중첩되고 상기 초점면 반대편의 렌즈는 동일한 광축을 공유하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 81

홀로그래픽 디스플레이 시스템으로서,

투영광 경로의 세트를 따라 광을 투영하여 디스플레이 화면 평면에 대해 제1 깊이 순서로 적어도 제1 및 제2 홀로그래픽 표면을 형성하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이를 포함하는 디스플레이;

상기 투영광 경로의 세트에 배치된 보정 광학 요소로서, 상기 투영광 경로의 제1 세트의 각각은 4차원(4D) 좌표계에서 위치 좌표 및 각도 좌표의 세트를 갖고, 상기 보정 광학 요소는 상기 투영광 경로의 세트의 각각의 각도 좌표의 극성을 반전시키도록 구성되고, 상기 제1 및 제2 홀로그래픽 표면은 상기 제1 깊이 순서로부터 반전되는 중간 깊이 순서를 갖는, 보정 광학 요소; 및

상기 보정 광학 요소로부터 상기 투영광 경로의 세트를 따라 광을 수신하고 상기 수신된 광을 중계광 경로의 세트를 따라 중계하도록 위치되어 상기 제1 및 제2 홀로그래픽 객체 상의 포인트가 중계된 위치로 중계되어 가상 화면 평면에 대해 제2 깊이 순서로 인지 가능한 제1 및 제2 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는 릴레이 시스템을 포함하고, 상기 제1 및 제2 깊이 순서는 동일한, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 82

제81항에 있어서, 상기 보정 광학 요소는 상기 디스플레이 화면 평면에 위치되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 83

제81항에 있어서, 상기 보정 광학 요소는 렌즈의 평행 열을 포함하고, 각 렌즈는 동일한 초점 거리 f 를 갖고, 상기 렌즈의 열은 상기 초점 거리의 2배인 거리만큼 분리되어 상기 렌즈의 열의 초점면은 가상 평면에서 중첩되고 상기 초점면 반대편의 렌즈는 동일한 광축을 공유하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 84

홀로그래픽 디스플레이 시스템으로서,

투영광 경로의 제1 세트를 따라 광을 투영하여 디스플레이 화면 평면에 대해 각각 제1 및 제2 깊이 프로파일을 갖는 적어도 제1 및 제2 홀로그래픽 표면을 형성하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이를 포함하는 제1 디스플레이

레이; 및

상기 라이트 필드 디스플레이로부터 상기 투영광 경로의 제1 세트를 따라 광을 수신하고 상기 수신된 광을 중계광 경로의 제1 세트를 따라 중계하도록 위치되어 상기 제1 및 제2 홀로그래픽 표면 상의 포인트가 중계된 위치로 중계되어 가상 화면 평면에 대해 각각 제1 및 제2 중계된 깊이 프로파일을 갖는 제1 및 제2 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는 제1 릴레이 시스템을 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 85

홀로그래픽 디스플레이 시스템으로서,

투영광 경로의 제1 세트를 따라 광을 투영하여 디스플레이 화면 평면에 대해 제1 깊이 프로파일을 갖는 적어도 제1 홀로그래픽 표면을 형성하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이를 포함하는 제1 디스플레이;

상기 라이트 필드 디스플레이로부터 상기 투영광 경로의 제1 세트를 따라 광을 수신하고 상기 수신된 광을 중계광 경로의 제1 세트를 따라 중계하도록 위치되어 상기 제1 홀로그래픽 표면 상의 포인트가 중계된 위치로 중계되어 가상 화면 평면에 대해 제1 중계된 깊이 프로파일을 갖는 제1 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는 제1 릴레이 시스템; 및

상기 중계광 경로의 제1 세트를 따라 상기 제1 릴레이 시스템으로부터 광을 수신하고 상기 수신된 광을 중계광 경로의 제2 세트를 따라 중계하도록 위치되어 상기 제1 중계된 홀로그래픽 표면 상의 포인트가 새로운 중계된 위치로 더 중계되어 새로운 가상 화면 평면에 대해 각각 제2 중계된 깊이 프로파일을 갖는 제2 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는 제2 릴레이 시스템을 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 86

제85항에 있어서, 상기 새로운 가상 화면 평면과 상기 디스플레이 화면 평면은 실질적으로 평행한, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 87

제85항에 있어서, 상기 제1 디스플레이에 의해 투영된 상기 제1 홀로그래픽 표면의 제1 깊이 프로파일은 상기 제2 중계된 홀로그래픽 표면의 제2 중계된 깊이 프로파일과 실질적으로 동일한, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 88

제85항에 있어서,

이미지 표면을 형성하기 위해 광을 투영하도록 구성된 제2 디스플레이; 및

상기 제1 및 제2 디스플레이 모두로부터 투영광을 수신하고 상기 수신된 광의 일부를 투영광 경로의 세트를 따라 상기 제1 릴레이 시스템을 향해 지향시키도록 구성된 빔 스플리터를 더 포함하고;

상기 제1 릴레이 시스템은 상기 빔 스플리터로부터 상기 투영광 경로의 세트를 따라 투영광을 수신하고 상기 수신된 광의 일부를 상기 중계광 경로의 제1 세트를 따라 중계하여 중계된 이미지 표면과 함께 상기 제1 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하도록 구성되고;

상기 제2 릴레이 시스템은 상기 중계광 경로의 제1 세트를 따라 상기 제1 릴레이 시스템으로부터 광을 수신하고 상기 수신된 광의 일부를 상기 중계광 경로의 제2 세트를 따라 중계하여 추가적인 중계된 이미지 표면과 함께 상기 제2 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하도록 구성되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 89

제88항에 있어서, 상기 제2 디스플레이로부터 상기 투영광에 의해 형성된 이미지 표면은 홀로그래픽 표면인, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 90

제88항에 있어서, 상기 제2 디스플레이로부터 상기 투영광에 의해 형성된 이미지 표면은 비홀로그래픽 표면인, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 91

제85항에 있어서,

상기 제1 디스플레이로부터 상기 투영광 및 실제 객체의 표면의 광을 수신하고 상기 수신된 광의 일부를 투영광 경로의 세트를 따라 상기 제1 릴레이 시스템을 향해 지향시키도록 구성된 빔 스플리터를 더 포함하고;

상기 제1 릴레이 시스템은 상기 빔 스플리터로부터 상기 투영광 경로의 세트를 따라 투영광을 수신하고 상기 수신된 광의 일부를 상기 중계광 경로의 제1 세트를 따라 중계하여 상기 실제 객체의 표면의 중계된 이미지와 함께 상기 제1 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하도록 구성되고;

상기 제2 릴레이 시스템은 상기 중계광 경로의 제1 세트를 따라 상기 제1 릴레이 시스템으로부터 광을 수신하고 상기 수신된 광의 일부를 상기 중계광 경로의 제2 세트를 따라 중계하여 상기 실제 객체의 표면의 추가적인 중계된 이미지와 함께 상기 제2 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하도록 구성되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 92

제85항에 있어서, 상기 제2 릴레이 시스템은 상기 중계광 경로의 제2 세트의 방향과 실질적으로 반대되는 방향으로 반사광 경로의 세트를 따라 상기 제1 릴레이 시스템으로부터 수신된 상기 광의 다른 부분을 지향시키는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 93

제92항에 있어서, 상기 반사광 경로의 세트를 따라 광을 인지하는 뷰어가 상기 제2 중계된 홀로그래픽 표면의 제2 중계된 깊이 프로파일을 인지하도록 상기 반사광 경로의 세트에 배치된 보정 광학 요소를 더 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 94

제85항에 있어서, 상기 제1 릴레이 시스템은 빔 스플리터 및 역반사기를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 95

제85항에 있어서, 상기 제1 릴레이 시스템은 투과 반사기를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 96

제85항에 있어서, 상기 제1 릴레이 시스템은 빔 스플리터 및 곡면 반사기를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 97

제85항에 있어서, 상기 제2 릴레이 시스템은 빔 스플리터 및 역반사기를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 98

제85항에 있어서, 상기 제2 릴레이 시스템은 투과 반사기를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 99

제85항에 있어서, 상기 제2 릴레이 시스템은 빔 스플리터 및 곡면 반사기를 포함하는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 100

제85항에 있어서, 상기 제1 및 제2 릴레이 시스템은 모두 빔 스플리터 및 곡면 반사기를 포함하고, 상기 제1 및 제2 릴레이 시스템의 곡면 반사기는 실질적으로 동일한 만곡형 기하학적 구조 및 상기 빔 스플리터로부터 동일한 거리를 갖는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 101

제100항에 있어서, 상기 제1 릴레이 시스템에 의해 도입된 확대 변경 또는 라이트 필드 각도 좌표 변경은 상기 제2 릴레이 시스템에 의해 적어도 부분적으로 보정되는, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

청구항 102

제100항에 있어서, 상기 디스플레이 화면 평면에서 상기 제1 홀로그래픽 표면의 깊이 프로파일은 상기 새로운 가상 화면 평면에서 상기 제2 중계된 홀로그래픽 표면의 깊이 프로파일과 실질적으로 동일한, 홀로그래픽 디스플레이 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시내용은 일반적으로 2D, 3D, 또는 홀로그래픽 이미지에 대응하는 광을 생성하도록 구성되고 생성된 홀로그래픽 이미지를 원하는 위치로 중계하도록 더 구성되는 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 오늘날 렌티큘러 프린팅, 페퍼의 고스트, 무안경 입체 디스플레이, 수평 시차 디스플레이, 헤드 마운티드 VR 및 AR 디스플레이(HMD), 및 "포우로그래피(fauxlography)"로 일반화된 그 밖의 다른 일련을 포함하는 홀로그램과 불행히도 종종 혼동되는 많은 기술이 존재한다. 이러한 기술은 진정한 홀로그래픽 디스플레이의 원하는 특성 중 일부를 발휘할 수 있지만, 임의의 충분한 방식으로 인간의 시각적 감각 반응을 자극하는 능력이 부족하다.

[0003] 라이트 필드 및 홀로그래픽 디스플레이는 에너지 표면 위치가 관측 볼륨 내에서 전파되는 각도, 색상 및 강도 정보를 제공하는 복수의 투영체의 결과이다. 입체 디스플레이와 달리, 공간 내의 수렴 에너지 전파 경로의 관측된 위치는 뷰어가 관측 볼륨 주위를 이동할 때 가변되지 않아 아무리 많은 수의 뷰어라도 실제로 그곳에 있는 것처럼 실제 공간에서 전파된 객체를 동시에 볼 수 있다.

발명의 내용

[0004] 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예는 투영광 경로의 세트를 따라 광을 투영하여 디스플레이 화면 평면에 대해 제1 투영된 깊이 프로파일을 갖는 적어도 제1 홀로그래픽 표면을 형성하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이를 포함하는 제1 디스플레이; 및 라이트 필드 디스플레이로부터 투영광 경로의 세트를 따라 광을 수신하고 수신된 광을 중계광 경로의 세트를 따라 중계하도록 위치되어 제1 홀로그래픽 표면 상의 포인트가 중계된 위치로 중계되어 가상 화면 평면에 대해 제1 중계된 깊이 프로파일을 갖는 제1 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는 릴레이 시스템을 포함하고, 제1 중계된 깊이 프로파일은 제1 투영된 깊이 프로파일과 다르다. 라이트 필드 디스플레이는 제1 중계된 홀로그래픽 객체의 제1 중계된 깊이 프로파일이 뷰어를 위해 의도된 깊이 프로파일이 되도록 투영광을 출력하기 위해 라이트 필드 디스플레이를 작동시킴으로써 제1 투영된 깊이 프로파일과 제1 중계된 깊이 프로파일 간의 차이를 설명하기 위한 명령을 수신하도록 구성되는 제어기를 포함한다.

[0005] 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예는 투영광 경로의 세트를 따라 광을 투영하여 적어도 제1 홀로그래픽 표면을 형성하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이를 포함하는 제1 디스플레이로서, 투영광 경로의 세트는 라이트 필드 디스플레이에 의해 정의된 제1 4차원(4D) 함수에 따라 결정되어, 각 투영광 경로는 디스플레이 화면 평면에 대해 정의된 제1 4D 좌표계에서 위치 좌표 및 각도 좌표의 세트를 갖는, 제1 디스플레이를 포함한다. 본 시스템은 또한 라이트 필드 디스플레이로부터 투영광 경로의 세트를 따라 광을 수신하고 수신된 광을 중계광 경로의 세트를 따라 중계하도록 위치되어 제1 홀로그래픽 표면 상의 포인트가 중계된 위치로 중계되어 제1 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는 릴레이 시스템을 포함하고, 중계광 경로의 세트는 릴레이 시스템에 의해 정의된 제2 4D 함수에 따라 결정되어 각 중계광 경로는 가상 화면 평면에 대해 정의된 제2 4D 좌표계에서 위치 좌표 및 각도 좌표의 세트를 갖는다. 라이트 필드 디스플레이는 제1 4D 함수에 따라 투영광을 출력하도록 라이트 필드 디스플레이를 작동시킴으로써 제2 4D 함수를 설명하기 위한 명령을 수신하여 중계광 경로의 세트의 각각에 대한 제2 4D 좌표계에서 위치 좌표 및 각도 좌표를 통해 중계된 홀로그래픽 표면이 의도한대로 뷰어에게 제시되게 구성된 제어기를 포함한다.

[0006] 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예는 투영광 경로의 세트를 따라 광을 투영하여 디스플레이 화면 평면

에 대해 제1 깊이 순서로 적어도 제1 및 제2 홀로그래픽 표면을 형성하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이; 라이트 필드 디스플레이로부터 투영광 경로의 세트를 따라 광을 수신하고 수신된 광을 중계광 경로의 세트를 따라 중계하도록 위치되어 제1 및 제2 홀로그래픽 표면 상의 포인트가 중계된 위치로 중계되어 가상 화면 평면에 대해 제2 깊이 순서로 인지 가능한 제1 및 제2 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는 릴레이 시스템으로서, 제1 및 제2 깊이 순서는 반전되는, 릴레이 시스템; 및 중계광 경로의 세트에 배치된 보정 광학 요소를 포함하고, 중계광 경로의 세트의 각각은 4차원(4D) 좌표계에서 위치 좌표 및 각도 좌표의 세트를 갖고, 보정 광학 요소는 중계광 경로의 제1 세트의 각각의 각도 좌표의 극성을 반전시키도록 구성되어 제1 및 제2 중계된 홀로그래픽 표면은 제1 깊이 순서와 실질적으로 동일한 보정된 깊이 순서로 인지 가능하다.

[0007] 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예는 투영광 경로의 세트를 따라 광을 투영하여 디스플레이 화면 평면에 대해 제1 깊이 순서로 적어도 제1 및 제2 홀로그래픽 표면을 형성하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이; 투영광 경로의 세트에 배치된 보정 광학 요소로서, 투영광 경로의 제1 세트의 각각은 4차원(4D) 좌표계에서 위치 좌표 및 각도 좌표의 세트를 갖고, 보정 광학 요소는 투영광 경로의 세트의 각각의 각도 좌표의 극성을 반전시키도록 구성되고, 제1 및 제2 홀로그래픽 표면은 제1 깊이 순서로부터 반전되는 중간 깊이 순서를 갖는, 보정 광학 요소; 및 보정 광학 요소로부터 투영광 경로의 세트를 따라 광을 수신하고 수신된 광을 중계광 경로의 세트를 따라 중계하도록 위치되어 제1 및 제2 홀로그래픽 객체 상의 포인트가 중계된 위치로 중계되어 가상 화면 평면에 대해 제2 깊이 순서로 인지 가능한 제1 및 제2 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는 릴레이 시스템을 포함하고, 제1 및 제2 깊이 순서는 동일하다.

[0008] 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예는 투영광 경로의 제1 세트를 따라 광을 투영하여 디스플레이 화면 평면에 대해 각각 제1 및 제2 깊이 프로파일을 갖는 적어도 제1 및 제2 홀로그래픽 표면을 형성하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이를 포함하는 제1 디스플레이; 및 라이트 필드 디스플레이로부터 투영광 경로의 제1 세트를 따라 광을 수신하고 수신된 광을 중계광 경로의 제1 세트를 따라 중계하도록 위치되어 제1 및 제2 홀로그래픽 표면 상의 포인트가 중계된 위치로 중계되어 가상 화면 평면에 대해 각각 제1 및 제2 중계된 깊이 프로파일을 갖는 제1 및 제2 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는 제1 릴레이 시스템을 포함한다.

[0009] 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예는 투영광 경로의 제1 세트를 따라 광을 투영하여 디스플레이 화면 평면에 대해 제1 깊이 프로파일을 갖는 적어도 제1 홀로그래픽 표면을 형성하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이를 포함하는 제1 디스플레이; 라이트 필드 디스플레이로부터 투영광 경로의 제1 세트를 따라 광을 수신하고 수신된 광을 중계광 경로의 제1 세트를 따라 중계하도록 위치되어 제1 홀로그래픽 표면 상의 포인트가 중계된 위치로 중계되어 가상 화면 평면에 대해 제1 중계된 깊이 프로파일을 갖는 제1 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는 제1 릴레이 시스템; 및 중계광 경로의 제1 세트를 따라 제1 릴레이 시스템으로부터 광을 수신하고 수신된 광을 중계광 경로의 제2 세트를 따라 중계하도록 위치되어 제1 중계된 홀로그래픽 표면 상의 포인트가 새로운 중계된 위치로 더 중계되어 새로운 가상 화면 평면에 대해 각각 제2 중계된 깊이 프로파일을 갖는 제2 중계된 홀로그래픽 표면을 형성하는 제2 릴레이 시스템을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1a는 빔 스플리터 및 이미지 역반사기를 사용하여 라이트 필드 디스플레이에 의해 투영된 홀로그래픽 표면을 중계하도록 구성된 시스템의 일 실시예를 도시하고 있고;

도 1b는 빔 스플리터 및 복수의 이미지 역반사기를 사용하여 라이트 필드 디스플레이에 의해 투영된 홀로그래픽 표면을 중계하도록 구성된 시스템의 일 실시예를 도시하고 있고;

도 2a는 4차원(4D) 좌표계에서 U-V 각도 좌표의 극성을 반전시키도록 구성된 보정 광학 요소의 일 실시예를 도시하고 있고;

도 2b는 U-V 평면에서 다수의 조명 소스 픽셀 위에 배치된 도파관의 평면도를 나타내고 있고;

도 2c는 도파관으로서 박형 렌즈가 있는 U-Z 평면에서 도 2b에 도시된 실시예의 측면도를 나타내고 있고;

도 3a는 빔 스플리터 및 이미지 역반사기가 투과 반사기로 대체된 도 1a에 도시된 시스템과 유사한 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예를 도시하고 있고;

도 3b는 다수 릴레이 시스템을 갖는 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예를 도시하고 있고;

도 3c는 다수 릴레이 시스템을 갖는 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 다른 실시예를 도시하고 있고;

도 4a는 2면 코너 반사기 어레이(DCRA)의 일 실시예의 결합도를 나타내고 있고;

도 4b는 점광원을 이미징하는 투과 반사기의 일 실시예의 측면도를 나타내고 있고;

도 4c는 오목 거울을 포함하는 릴레이 시스템을 갖는 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예를 도시하고 있고;

도 4d는 오목 거울을 포함하는 릴레이 시스템을 갖는 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 다른 실시예를 도시하고 있고;

도 4e는 빔 스플리터, 적어도 하나의 렌즈, 및 반사기를 포함하는 릴레이 시스템을 갖는 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 다른 실시예를 도시하고 있고;

도 4f는 렌즈 시스템을 포함하는 릴레이 시스템을 갖는 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 다른 실시예를 도시하고 있고;

도 5a는 이상적인 릴레이 시스템의 일 실시예를 도시하고 있고;

도 5b는 빔 스플리터 및 이미지 역반사기를 사용하여 라이트 필드 디스플레이에 의해 투영된 제1 및 제2 홀로그래픽 표면을 중계하도록 구성된 릴레이 시스템을 갖는 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예를 도시하고 있고;

도 5c는 빔 스플리터 및 오목 거울을 사용하여 라이트 필드 디스플레이에 의해 투영된 제1 및 제2 홀로그래픽 표면을 중계하도록 구성된 릴레이 시스템을 갖는 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예를 도시하고 있고;

도 5d는 도 5c에 도시된 릴레이 시스템의 광학 효과를 보정하는 일 실시예를 도시하고 있고;

도 5e는 빔 스플리터 및 복수의 오목 거울을 사용하여 라이트 필드 디스플레이에 의해 투영된 제1 및 제2 홀로그래픽 표면을 중계하도록 구성된 릴레이 시스템을 갖는 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예를 도시하고 있고;

도 6은 투과 반사기를 사용하여 라이트 필드 디스플레이에 의해 투영된 제1 및 제2 홀로그래픽 표면을 중계하도록 구성된 릴레이 시스템을 갖는 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예를 도시하고 있고;

도 7은 라이트 필드 디스플레이에 의해 투영된 제1 및 제2 홀로그래픽 표면을 중계하고 제2 디스플레이에 의해 투영된 제3 표면을 중계하도록 구성된 제1 릴레이 시스템을 갖는 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예를 도시하고 있고;

도 8a는 복수의 디스플레이인 제2 릴레이 시스템을 갖는 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예를 도시하고 있고;

도 8b는 패색 처리를 수행하기 위해 도 8a의 시차 장벽을 사용하는 일 실시예를 도시하고 있고;

도 8c는 다른 위치에서 뷰어에 의해 인지된 도 8a에 도시된 것과 유사한 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예를 도시하고 있고;

도 8d는 도 8a 및 8b에 도시된 디스플레이 시스템의 추상화를 나타낸 일 실시예를 도시하고 있고;

도 8e는 원추면을 갖는 투과 반사기가 있는 도 8d의 시스템의 일 실시예를 도시하고 있고;

도 8f는 피라미드형 투과 반사기 표면을 갖는 도 8e에 도시된 것과 유사한 시스템의 일 실시예를 도시하고 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011]

도 1a는 투영광 경로(1036)의 세트를 따라 광을 투영하여 디스플레이 화면 평면(1021)에 대해 제1 투영된 깊이 프로파일을 갖는 적어도 제1 홀로그래픽 표면(1016)을 형성하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이를 포함하는 제1 디스플레이(1001)를 포함하는 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예를 도시하고 있다. 일 실시예에서, 제1 홀로그래픽 표면(1016)은 객체의 일부, 얼굴, 배경 장면 등과 같은 홀로그래픽 장면에서 임의의 표면일 수 있다. 일 실시예에서, 홀로그래픽 표면(1016)의 투영된 깊이 프로파일은 디스플레이(1001)의 법선 축(미도시)을 따라 제1 디스플레이(1001)를 관찰하는 뷰어(미도시)에 의해 인지 가능한 깊이를 포함할 수 있다. 도 1a의 홀로그래픽 디스플레이 시스템은 또한 라이트 필드 디스플레이(1001)로부터 투영광 경로(1036)의 제1 세트를 따라

광을 수신하고 수신된 광을 중계광 경로(1025A)의 세트를 따라 중계하도록 위치된 릴레이 시스템(102A)을 포함하고 이에 따라 제1 홀로그래픽 표면(1016) 상의 포인트는 중계된 위치로 중계되어 가상 화면 평면(1022)에 대해 제1 중계된 깊이 프로파일을 갖는 제1 중계된 홀로그래픽 표면(1018)을 형성한다. 일 실시예에서, 가상 화면 평면(1022)은 라이트 필드 디스플레이(1001)의 디스플레이 화면 평면(1021)에 대해 비평행 각도로 배향된다. 일 실시예에서, 가상 화면 평면(1022)은 라이트 필드 디스플레이(1001)의 디스플레이 화면 평면(1021)에 대해 직교 각도로 배향된다.

[0012] 일 실시예에서, 홀로그래픽 표면(1016)의 깊이 프로파일은 가상 화면 평면(1022)의 방향으로 관찰하는 뷰어(1050)에 의해 인지 가능한 깊이를 포함할 수 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 중계된 홀로그래픽 표면(1018)의 제1 중계된 깊이 프로파일은 제1 홀로그래픽 표면(1016)의 제1 투영된 깊이 프로파일과 다르다: 제1 홀로그래픽 표면(1016)은 화면 밖 홀로그래픽 표면으로서 투영되는 반면, 제1 중계된 홀로그래픽 표면(1018)은 가상 화면 평면(1022)에 대해 화면 내 홀로그래픽 표면으로서 뷰어(105)에 의해 인지 가능하다.

[0013] 일 실시예에서, 릴레이 시스템(102A)은 빔 스플리터(101) 및 이미지 역반사기(1006A)를 사용하여 라이트 필드 디스플레이(1001)에 의해 투영된 홀로그래픽 객체를 중계할 수 있다. 일 실시예에서, 라이트 필드 디스플레이(1001)는 복수의 광원 위치(미도시)를 갖는 하나 이상의 디스플레이 장치(1002), 디스플레이 장치로부터 에너지 표면(1005)으로 이미지를 중계하는 역할을 하도록 존재하거나 존재하지 않을 수 있는 이미징 릴레이(1003), 및 에너지 표면(1005) 상의 각 광원 위치를 3차원 공간에서 고유한 방향(u,v)으로 투영하는 도파관(1004)의 어레이를 포함한다. 에너지 표면(1005)은 임의의 개별 디스플레이 장치(1002)의 표면보다 큰 결합 해상도를 갖는 심리스 에너지 표면일 수 있다. 라이트 필드 디스플레이(1001)의 예는 일반적 소유의 미국 공개 특허 공보 제 US2019/0064435호, 제US2018/0356591호, 제2018/0372926호, 및 미국 특허 출원 제16/063675호에 개시되어 있고, 이들 모두는 모든 목적을 위해 본원에 참조로서 인용된다. 투영된 광선(1036)은 홀로그래픽 객체(1016)의 표면 상의 위치(111)에서 수렴된 후, 빔 스플리터(101)에 접근함에 따라 발산될 수 있다. 빔 스플리터(101)는 편광 빔 스플리터, 투명 알루미늄 코팅 층, 또는 적어도 하나의 이색성 필터를 포함하도록 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 빔 스플리터(101)는 디스플레이 화면 평면(1021) 및 역반사기(1006A)에 대해 45도 각도로 배향될 수 있고, 역반사기(1006)는 디스플레이 화면 평면(1021)에 대해 직교되게 배향될 수 있다. 투영광 경로(1036)를 따른 입사광의 일부는 반사광 경로(1037)의 세트를 따라 빔 스플리터(101)로부터 이미지 역반사기(1006A)를 향해 반사되는 반면, 잔여 광의 대부분은 투과광 경로(1039A)의 세트를 따라 광선으로 빔 스플리터(101)를 통과하며, 이는 도 1a에서 중계된 홀로그래픽 객체(1018)의 형성에 기여하지 않을 수 있다. 일 실시예에서, 역반사기(1006A)는 코너 반사기와 같은 개별 반사기의 미세한 어레이를 포함할 수 있다. 역반사기(1006A)는 상당한 공간 오프셋 없이 접근 방향과 반대 방향으로 입사광의 각 광선을 반전시키는 역할을 한다. 광 경로(1037)를 따른 광선은 역반사기(1006A)로부터 반사될 때 방향을 반전하여 역반사기(1006A)에 대한 접근 각도를 실질적으로 되돌리고, 광선 강도의 일부는 중계광 경로(1025A)의 세트를 따라 빔 스플리터(101)를 통과하여 홀로그래픽 객체(1018)의 위치(112)에서 수렴된다. 이러한 방식으로, 라이트 필드 디스플레이(1001)에 의해 직접 투영된 홀로그래픽 객체(1016)가 중계되어 중계된 홀로그래픽 객체(1018)를 형성한다.

[0014] 도 1a는 빔 스플리터(101)와 역반사기(1006A) 사이에 위치된 선택적 광학 요소(1041A)를 가질 수 있다. 이러한 선택적 광학 요소(1041A)의 상대적인 배치는 도 1b에 나타난 선택적 광학 요소(1041A)와 유사하다. 이러한 광학 요소는 편광 빔 스플리터(101)와 함께 사용되는 편광 제어 요소일 수 있다. 디스플레이(1001)가 단지 하나의 편광 상태만을 생성하는 경우, 편광 빔 스플리터(101)는 디스플레이의 거의 모든 광을 역반사기(1006A)를 향해 지향시키도록 배열될 수 있어, 빔 스플리터를 수직으로 통과하고 홀로그래픽 객체(1018)의 이미징에 기여할 수 없는 광선(1039A)의 대부분을 제거할 수 있다. 편광 빔 스플리터(101)를 사용하면, 광선(1037)은 광학 요소(1041A)에 접근함에 따라 선형으로 편광되고, 1/4 파장 지연기를 포함할 수 있는 광학 요소(1041A)를 통과한 후에 원형으로 편광된다. 역반사기(1006A)로부터 반사될 때, 광선(1025A)에서 광의 대부분은 반대 방향으로 원형 편광될 수 있고, 이러한 반대 원형 편광의 경우, 1/4 파장 지연기를 통한 복귀 통과는 반사광 경로(1037)를 따른 광선에서 빔 스플리터(101)에서 방사되는 광에 대해 90도 회전된 선형 편광으로 변환되는 이러한 광선을 초래할 것이다. 이러한 광은 빔 스플리터(101)에 의해 반사된 광과 반대 편광을 가지므로, 편향되지 않고 빔 스플리터(101)를 직선으로 통과하고 홀로그래픽 객체(1018)의 이미징에 기여할 것이다. 요컨대, 빔 스플리터(101)와 역반사기(1006A) 사이에 배치된 1/4 파장판 광학 요소(1041A)는 빔 스플리터(101)로부터 반사된 광의 대부분을 하나의 선형 편광에서 반대 선형 편광으로 변환하는 데 노력하여, 이러한 광은 홀로그래픽 이미지를 생성하는 데 최적의 효율로 빔 스플리터(101)에 의해 전달되고 낭비되는 광이 제한된다.

[0015] 디스플레이(1001)가 비편광된 광을 생성하는 경우, 빔 스플리터 상의 입사광(1036)의 약 절반은 반사광 경로

(1037)의 세트를 따라 역반사기(1006A)를 향하는 광선으로 지향되고, 입사광의 약 절반은 투과광 경로(1039A)의 세트를 따라 수직 방향으로 지향될 것이다. 이는 광선(1039A)의 손실을 초래한다. 일 실시예에서, 도 1b에 도시된 바와 같이, 도 1a의 홀로그래픽 디스플레이 시스템은 추가 역반사기(1006B)를 포함하는 릴레이 시스템(102B)을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 추가 역반사기(1006B)는 빔 스플리터(101)로부터 디스플레이(1001)의 반대편에 배치될 수 있고, 거리는 대칭이지만 역반사기(1006A)에 대한 방향은 직교한다. 도 1b는 빔 스플리터(101) 및 2개의 이미지 역반사기(1006A 및 1006B)로 구성된 홀로그래픽 릴레이 시스템(102B)을 사용하여 라이트 필드 디스플레이(1001)에 의해 투영된 홀로그래픽 표면을 중계하는 시스템을 도시한 것으로, 각 역반사기는 입사광의 광선을 입사 방향의 반전 방향으로 반사한다. 투과 경로(1039A)를 따른 광선이 손실되는 도 1a와 대조적으로, 투과 경로(1039B)를 따른 광선은 반사 경로(1037)를 따른 광선이 역반사기(1006A)로부터 역반사되는 것과 동일한 방식으로 역반사기(1006B)로부터 역반사된다. 투과 경로(1039B) 및 반사 경로(1037)를 따른 광선은 역반사되고, 빔 스플리터(101)에서 수렴되고, 결합하여 포인트(112)에서 집속되는 중계 경로(1025B)의 세트를 따라 광선을 형성해서, 제1 중계된 홀로그래픽 표면(1018)에 기여한다. 일 실시예에서, 추가 역반사기(1006B) 및 빔 스플리터(101)는 빔 스플리터(101)를 통해 추가 역반사기로 투과된 투영광이 추가 역반사기(1006B)로부터 반사되며 중계광 경로(1025B)의 추가 세트를 따라 가상 디스플레이 화면(1022)을 향해 빔 스플리터(101)에 의해 더 반사되도록 정렬되고, 제1 역반사기(1006A)로부터 중계 광선(1025A)의 세트와 추가 역반사기(1006B)로부터 중계 광선(1025B)의 추가 세트는 실질적으로 중첩된다. 도 1a에 도시된 선택적 광학 요소(1041A)와 관련하여 논의된 바와 같이, 광학 요소(1041B)는 투과 경로(1039B)를 따른 대부분의 광선을 반대 선행 편광을 이용하여 빔 스플리터(101)로 복귀시킬 수 있는 1/4 파장 지연기를 포함할 수 있어, 이러한 광선의 대부분은 빔 스플리터(101)를 통해 직선으로 디스플레이(1001)를 향하는 것이 아니라 홀로그래픽 표면(1018)의 형성을 향해 빔 스플리터(101)에 의해 지향될 것이다. 선택적 광학 요소(1041B)는 편광 제어 요소, 회절 요소, 굴절 요소, 포커싱 또는 디포커싱 요소, 또는 임의의 다른 광학 요소를 포함할 수 있다.

[0016] 이제 도 1a 및 1b를 참조하면, 일 실시예에서, 직접 투영된 표면(1016) 상의 위치(111)와 같은 포인트 간의 수직 거리 D1은 중계된 홀로그래픽 표면(1018) 상의 위치(111)에 대응하는 위치(112)와 같은 포인트 간의 수평 거리 D1과 동일할 수 있다. 릴레이 시스템(102A 또는 102B)은, 화면 평면(1021)의 측면(1010) 상의 화면 외 표면(1016) 및 화면 평면(1021)의 측면(1011) 상의 화면 내에 투영되는 표면을 비롯한, 디스플레이 화면 평면(1021) 주위에 분포된 복수의 홀로그래픽 표면을 중계하도록 구성될 수 있다. 도 1a 및 1b에 도시된 예에서, 표면(1016)은 화면 밖 홀로그래픽 표면으로 투영된다. 이러한 홀로그래픽 표면은 화면 평면(1021)으로부터 가상 평면(1022)으로 중계될 수 있어, 화면 평면(1021)에 대해 화면 외에 있는 표면(1016)은 뷰어(1050)에 대해 가상 평면(1022) 후방에 나타나고, 이와 유사하게 화면 평면(1021)의 측면(1011)에 투영된 라이트 필드 디스플레이(1001)에 대해 화면 내에 있는 표면은 뷰어(1050)에 대해 가상 화면 평면(1022) 전방에 나타난다. 이러한 이유로, 홀로그래픽 표면(1016)의 깊이는 극성을 역전시키고 - 디스플레이 화면 평면(1021)으로부터 가장 먼 화면 외 홀로그래픽 표면(1016)의 위치(111)는 뷰어(1050)로부터 가장 먼 중계된 홀로그래픽 표면(1018)의 위치(112)로 중계된다. 이러한 깊이 반전을 설명하고, 직접 투영된 화면 외 홀로그래픽 객체(1016)의 관찰자가 릴레이 시스템(102B)을 사용하지 않고 볼 수 있는 중계된 홀로그래픽 표면(1016)의 동일한 뷰 및 동일한 깊이 프로파일을 관찰자(1050)에게 제시하기 위해, 한 가지 접근법은 4D 라이트 필드 함수의 두 각도 좌표인 U-V 라이트 필드 좌표의 극성을 좌표(X, Y, U, V)로 반전시켜 투영 광선(1036)을 각각 반대 경사를 가진 투영 광선(1013)으로 변환시키는 것이다. 이는 화면 외 홀로그래픽 투영면(1016)을 반전된 깊이를 갖는 화면 내 홀로그래픽 투영면(1014)으로 변환시켜, 이는 중계된 홀로그래픽 표면(1020)으로 중계될 것이다. 중계된 홀로그래픽 표면(1020)은 가상 디스플레이 평면(1022)에 대해 화면 외부에 있고, 투영된 객체(1016)가 디스플레이 화면 평면(1021)에 대해 갖는 것과 같은 가상 화면 평면(1022)에 대해 동일한 깊이 프로파일을 갖는 것으로 관찰자(1050)에게 나타날 것이다. 투영된 홀로그래픽 표면(1014)은 디스플레이 화면 평면(1021)에 대해 깊이 반전된 것으로 나타날 것이다. 요약하면, 가상 화면 평면(1022)의 관찰자(1050)에 대한 홀로그래픽 표면(1020)을 투영하기 위해, 의도된 깊이 프로파일을 갖는 의도된 투영된 홀로그래픽 표면(1016)은 디스플레이 화면(1021)에 대해 렌더링될 수 있고, 그 후 U-V 각도 라이트 필드 좌표의 각각은 역전되어, 홀로그래픽 객체(1016)로부터 디스플레이 화면 평면(1021)의 반대 측면에 나타나지만 의도된 중계된 홀로그래픽 표면 및 가상 화면 평면(1022)에 대해 의도된 깊이 프로파일을 갖는 중계된 홀로그래픽 객체(1020)로 릴레이 시스템(102A 또는 102B)에 의해 중계되는 깊이 반전 표면(1014)을 형성할 수 있다. (X,Y,U,V)에 대한 4D 라이트 필드 좌표계는 일반적 소유의 미국 공개 특허 공보 제US2019/0064435호, 제US2018/0356591호, 제US2018/0372926호, 및 미국 특허 출원 제16/063,675호에 설명되어 있고, 이들 모두는 본원에 참조로서 인용되고 본원에서 반복되지 않을 것이다.

[0017] 일 실시예에서, 투영광 경로(1036)의 세트의 각각은 디스플레이 화면 평면에 대해 정의된 4차원(4D) 좌표계의

위치 좌표 및 각도 좌표의 세트를 갖고, 중계광 경로(1025A, 1025B)의 세트의 각각은 가상 디스플레이 평면에 대해 정의된 4차원(4D) 좌표계의 위치 좌표 및 각도 좌표의 세트를 갖는다. 전술한 바와 같이, 홀로그래픽 표면(1014)은 렌더링될 수 있어 객체(1014)의 표면을 형성하는 광은 관찰자(1050)에 의해 직접 관측될 수 있는 중계된 표면(1020)에 대한 의도된 분포로서 중계될 것이다. 홀로그래픽 표면(1014)을 렌더링하는 한 가지 방식은 먼저 릴레이 시스템(102A 또는 102B)이 없을 때 보여질 의도된 객체인 홀로그래픽 객체(1016)를 렌더링한 후에 그의 U-V 각도 좌표의 극성을 반전시키는 것이다. 이러한 U-V 좌표의 반전은 홀로그래픽 객체(1020)의 의도된 위치로 중계될 수 있는 객체(1016) 대신에 홀로그래픽 객체(1014)를 투영시킬 수 있다. U-V 극성 반전은 도 2a를 참조하여 아래에서 요약된 바와 같이 보정 광학 요소로, 또는 도 2b 및 2c를 참조하여 아래에서 요약된 바와 같이 4D 라이트 필드 좌표에서 조정을 사용하여 수행될 수 있다.

[0018] 도 2a는 U-V 각도 라이트 필드 좌표의 극성을 반전시키는 역할을 하는 보정 광학 요소의 일 실시예를 도시하고 있다. 렌즈(201, 202)의 실질적으로 동일한 두 열이 나란히 배치된다. 렌즈(201, 202)의 열은 초점 거리(f)를 가지며 초점 거리(f)의 2배의 간격으로 서로 평행하게 배향되어, 그의 초점면은 가상 평면(203)에서 중첩되고 213 및 214와 같은 가상 평면(203)의 반대 측면 상의 렌즈는 공통 광축(204)을 공유한다. 입사되는 평행 광선(211)은 U-Z 평면에서 θ 및 V-Z 평면에서 ϕ 의 광축(204)에 대한 입사각으로 렌즈(213)에 입사된다. 광선(211)은 렌즈(213)에 의해 초점면(203)에 집속된 후 렌즈(214)를 행해 발산되어, 광선을 평행 광선(212)으로 굴절시킨다. 평행 광선(212)은 U-Z 평면에서 광축(204)에 대해 $-\theta$ 및 V-Z 평면에서 광축(204)에 대해 $-\phi$ 의 반전 극성 각도로 20에서 방사되어, 결과적으로 평행 광선(211)의 입사 방향에 대해 반전되는 방향이 된다. 이러한 릴레이 시스템은 투영된 홀로그래픽 표면 또는 중계된 홀로그래픽 표면에 대한 U-V 좌표의 극성을 각각 반전시키기 위해 도 1a 및 1b의 투영광 경로(1036) 또는 중계광 경로(1025A, 1025B)에서 화면 평면(1021) 위에 배치될 수 있다.

[0019] 일 실시예에서, 라이트 필드 디스플레이(1001)는 도 1a 및 1b에 도시된 바와 같이 제어기(190)를 포함할 수 있으며, 이러한 제어기(190)는 제1 중계된 홀로그래픽 객체의 제1 중계된 깊이 프로파일이 뷰어(1050)를 위해 의도된 깊이 프로파일이 되도록 투영광을 출력하기 위해 라이트 필드 디스플레이(1001)를 작동시킴으로써 제1 투영된 깊이 프로파일과 제1 중계된 깊이 프로파일 간의 차이를 설명하기 위한 명령을 수신하도록 구성된다. 도 2b는 $V=0$ 에서 픽셀의 행, $U=0$ 에서 픽셀의 열, 및 개별 픽셀(223 및 224)을 포함한, U-V 평면에서 다수의 조명 소스 픽셀(222) 위에 배치된 라이트 필드 디스플레이(1001)의 도파관(221)의 평면도를 나타내고 있다. 일 실시예에서, 도파관(221)을 통해 픽셀(222)로부터의 광은 투영광 경로(1036)의 세트를 따라 투영되며 각 투영광 경로(1036)는 4차원(4D) 좌표계에서 위치 좌표(X, Y) 및 각도 좌표(U, V)의 세트를 갖는다. 도 1a 및 1b에서 U-V 좌표의 극성을 반전시키고 홀로그래픽 객체(1016)에 대해 렌더링된 라이트 필드로부터 홀로그래픽 객체(1014)를 생성하기 위해, 도면에 도시된 바와 같이 U 및 V 좌표의 극성을 교환하여 -U 및 +V 좌표를 가진 픽셀(224)은 +U 및 -V 좌표를 가진 픽셀(223)과 자리를 교체할 수 있다. 다른 모든 픽셀은, 제자리에 유지되는 $U, V = 0, 0$ 를 제외하고는, 표시된 바와 같이 위치를 교체할 수 있다.

[0020] 도 2c는 도파관(221)으로서 박형 렌즈가 있는 U-Z 평면에서 도 2b에 도시된 실시예의 측면도를 나타내고 있다. $V=0$ 에서 픽셀(222)의 행에 대한 최소 및 최대 U 좌표에 위치된 두 픽셀은 교체된다. 그 결과, 최소 U, 231 및 최대 U, 232에서 픽셀로부터 투영된 광선의 강도와 색상은 자리를 교체한다.

[0021] 도 3a는, 빔 스플리터(101) 및 이미지 역반사기(1006A)로 구성된 도 1a에 도시된 릴레이 시스템(102A)이 투영광 경로(1036)의 세트를 따라 광을 수신하고 중계광 경로(1026)의 세트를 따라 수신된 광을 지향시키도록 위치한 단일 투과 반사기(301)로 구성된 릴레이 시스템으로 대체된 점을 제외하고는, 도 1a에 도시된 구성과 유사한 홀로그래픽 시스템의 일 실시예를 도시하고 있다. 일 실시예에서, 투과 반사기(301)는 투과 반사기(301)의 복수의 내부 반사 표면(후술되는 도 4a에서 401, 402로 도시됨) 중에서 수신된 광의 일부를 내부적으로 반사하고 제1 방향으로 가상 화면 평면(1022)을 향해 중계광 경로(1026)의 세트를 따라 광을 출력한다. 투과 반사기(301)의 예는 2면 코너 반사기 어레이(DCRA)일 수 있으며, 이는 복수의 2면 코너 반사기로 구성된 광학 이미징 요소로서, 도 4a에 도시된 바와 같이 서로 직교하게 배향되는 밀접하게 이격된 평행 거울면의 두 박형 층으로 구현될 수 있다. 또 다른 예는 코너 반사기 마이크로미러 어레이이다. 투영된 광선(1036)은 홀로그래픽 표면(1016)의 표면 상의 위치(111)에서 수렴된 후, 투과 반사기(301)에 접근함에 따라 발산될 수 있다. 투과 반사기(301)는 발산 광선(1036)을 내부적으로 반사시키고, 이에 따라 발산 광선은 중계된 경로(1026)를 따라 광선으로서 301의 다른 측면에서 방사되고 중계된 홀로그래픽 표면(1018)의 위치(112)에서 수렴된다. 이는 도 4a에 도시된 바와 같이 두 반사의 시퀀스를 통해 투과 반사기(301) 내에서 달성될 수 있다. 이러한 방식으로, 라이트 필드 디스플레이(101)에 의해 직접 투영된 홀로그래픽 표면(1016)이 중계되어 중계된 홀로그래픽 표면(1018)을 형

성한다.

[0022] 도 4a는 DCRA(401)의 상세 구조 및 DCRA(41)를 통과하는 광선의 경로의 일 실시예의 조립도를 나타내고 있다. 일 실시예에서, DCRA는 제1 차원에서 평행하지만 오프셋되는 밀접하게 이격된 반사 평면의 두 층(406 및 407)으로 구성되고, 층(406)의 반사 평면(401)의 방향은 제2 차원에서 층(407)의 반사 평면(402)의 방향과 직교하게 배향된다. 반사 표면(401 및 402)은 거울 표면일 수 있다. 입사 광선(404)은 투과 반사기의 외면(도 4b에서 430으로 도시됨)을 통과할 때 반사된 광선(414)으로 에너지의 일부를 반사한다. 광선(404)은 위치(410)에서 제1 반사 표면(401)에 대해 반전된 운동량의 하나의 성분을 가지며, 이어서 제2 반사 표면(402)으로부터의 포인트(411)에서 제2 반사에 대해 반전된 운동량의 실질적 직교 성분을 갖는다.

[0023] 도 4b는 투과 반사기(421)로부터 거리 D에 위치되는 점광원(422)을 이미징하는 DCRA일 수 있는 투과 반사기(421)의 일 실시예의 측면도를 나타내고 있다. 투과 반사기(421)는 X-Y 평면에 평행하게 정렬된다. 점광원(422)으로부터 광선(423)의 각각은 투과 반사기(421)에 의해 반전된 X 및 Y 운동량 성분을 가지며, 이에 따라 421에서 방사되는 광선(424)은 투과 반사기(421)로부터 거리 D인 이미지 포인트(425)에서 수렴된다. 광선(423)의 일부는 투과 반사기(421)의 외면(430)에 반사되어 반사된 광선(433)을 생성한다.

[0024] 이제 도 3b 및 3c로 돌아가면, 홀로그래픽 표면을 중계하기 위해 둘 이상의 릴레이가 있는 구성을 사용할 수 있다. 홀로그래픽 표면이 두 번 중계되는 경우, 제1 릴레이로 발생할 수 있는 홀로그래픽 객체의 깊이 반전은 제2 릴레이로 취소될 수 있다. 이는 일반적으로 짝수 개의 홀로그래픽 릴레이에 의해 중계되는 홀로그래픽 표면에 대해 적용된다. 도 3b는 적어도 제1 라이트 필드 디스플레이(1001A), 및 적어도 제1 투영된 홀로그래픽 표면을 최종 중계 위치로 함께 중계하는 2개의 릴레이 시스템(130 및 140)으로 구성된 라이트 필드 디스플레이 시스템을 도시하고 있다. 도 3b에 도시된 실시예에서, 홀로그래픽 표면(121A 및 122A)은 라이트 필드 디스플레이 화면 평면(1021A) 주위에 투영되고 깊이 반전 없이 가상 디스플레이 평면(1022B) 주위의 최종 중계된 위치(121C 및 122C)로 중계된다. 또한, 이미지 표면(123A)을 투영할 수 있는 선택적인 제2 라이트 필드 디스플레이(1001B)가 도 3b에 도시되어 있다. 제2 라이트 필드 디스플레이(1001B) 대신에, 표면(123A)은 실제 객체의 표면일 수 있으며, 그 이미지는 빔 스플리터(101)에 의해 홀로그래픽 표면(121A 및 122A)과 결합되고 한 쌍의 릴레이 시스템(130 및 140)에 의해 깊이 반전 없이 이미지 위치(123C)로 중계될 것이다. 홀로그래픽 표면과 실제 객체의 이미지가 함께 결합되고 새로운 중계된 위치로 중계되어, 홀로그래픽 표면과 실제 객체 이미지는 물리적 디스플레이 평면 없이 함께 표시될 수 있다.

[0025] 도 3b에서, 두 릴레이 시스템(130 및 140)은 각각 투과 반사기(301A 및 301B)를 포함하지만, 이러한 릴레이 중 하나는 빔 스플리터 및 도 1a에 도시된 릴레이(102A)와 유사한 역반사기로 구성될 수 있다. 홀로그래픽 표면(121A 및 122A)은 라이트 필드 디스플레이(1001A)로부터 투영광 경로(131A 및 132A)의 세트를 따른 광으로 형성되고, 투영광 경로의 세트를 따른 광의 일부는 빔 스플리터(101)를 통해 직선으로 투과된다. 빔 스플리터는 본 개시내용에 개시된 임의의 빔 스플리터일 수 있다. 투영광 경로(131A 및 132A)의 세트를 따른 투영광은 중계광 경로(131B 및 132B)의 제1 세트를 따라 제1 릴레이 시스템(130)에 의해 중계되어, 제1 가상 화면 평면(1022A) 주위에 깊이 반전된 제1 및 제2 중계된 홀로그래픽 표면(121B 및 122B)을 각각 형성한다. 중계광 경로(131B 및 132B)의 제1 세트를 따른 광은 중계광 경로(131C 및 132C)의 제2 세트를 따라 제2 릴레이 시스템(140)에 의해 중계되어, 새로운 가상 화면 평면(1022B) 주위에 깊이 반전되지 않은 제3 및 제4 관련 홀로그래픽 표면(121C 및 122C)을 형성한다. 중계된 홀로그래픽 객체(121C 및 122C)는 각각 소스 투영면(121A 및 122A)의 깊이 프로파일과 화면 평면(1022B)에 대해 동일한 깊이 프로파일을 가져야 한다.

[0026] 이미지 표면(123A)은 실제 객체의 표면이거나, 또는 라이트 필드 디스플레이(1001B)의 화면 평면(1021B)에 대해 깊이 프로파일을 갖는 선택적인 제2 라이트 필드 디스플레이(1001B)에 의해 투영된 홀로그래픽 표면이다. 표면(123A)으로부터 입력 경로(133Y)를 따른 광의 일부는 투영광 경로(133A)로 빔 스플리터(101)에 의해 반사되는 반면, 다른 부분은 투과 경로(133Z)의 세트를 따라 빔 스플리터(101)를 통과한다. 릴레이 시스템(130)의 투과 반사기(301A)는 반사 표면(430)을 갖고, 투영된 경로(133A)를 따른 입사광의 일부는 광 경로(143A)로 반사된다(이는 투영된 경로(131A 및 132A)를 따른 광에 대해 적용되지만, 도 3b에는 도시되어 있지 않다). 객체(123A)로부터 투영된 경로(133A)를 따른 광의 일부는 제1 릴레이 시스템(130)에 의해 중계광 경로(131B, 132B, 및 133B)의 제1 세트의 중계광 경로(133B)로 중계된다. 광 경로(133B)는 깊이 반전 이미지(123B)를 형성한다. 중계광 경로(133B)를 따른 광의 일부는 반사된 경로(143B)를 따라 릴레이 시스템(140)의 투과 반사기(301B)의 표면으로부터 반사된다(이는 중계광 경로(131B 및 132B)를 따른 입사광에 대해 적용되지만, 투과 반사기(301B)의 표면으로부터의 이러한 반사는 도 3b에 도시되어 있지 않다). 중계광 경로(133B)를 따른 광의 다른 부분은 제2 릴레이 시스템(140)에 의해 중계광 경로(121C, 132C, 및 133C)의 제2 세트의 중계광 경로(133C)로 두 번째로 중계된다.

중계광 경로(133C)는 실제 객체(123A)의 이미지 또는 중계된 홀로그래픽 표면(123A)인 깊이 반전되지 않은 중계된 표면(123C)을 형성하고, 중계된 표면(123C)은 소스 투영된 홀로그래픽 표면(123A)이 디스플레이 화면 평면(1021B)에 대해 갖는 것과 동일한 관찰자(1050)에 대한 깊이 프로파일을 갖는다. 디스플레이 화면 평면(1021B)으로부터 중계된 가상 화면 평면은 가상 화면 평면(1022C)이다. 제1 관찰자(1050)는 2개의 중계된 홀로그래픽 표면(121C 및 122C) 중 하나, 및 실제 표면(123A)의 홀로그래픽 이미지(123C), 또는 3개의 중계된 홀로그래픽 객체(121C, 122C, 및 123C)를 볼 것이다. 도 3b에 도시된 구성에서, 제2 라이트 필드 디스플레이(1001B)가 제자리에 있는 빔 스플리터(101)를 사용함으로써, 2개의 라이트 필드 디스플레이로부터의 홀로그래픽 콘텐츠는 깊이 반전 없이 제2 가상 화면(1022B) 주위의 동일한 공간에 중첩될 수 있어, 개별 라이트 필드 디스플레이 중 하나(1001A 또는 1001B)의 깊이 범위를 초과하는 홀로그래픽 객체를 표시하기 위해 깊이 범위를 증가시킬 수 있다. 각 디스플레이(1001A 및 1001B)는 각각 대응하는 디스플레이 화면 평면(1021A 및 1021B) 근처의 홀로그래픽 객체 볼륨에서 홀로그래픽 객체를 생성할 수 있음에 유념해야 한다. 이러한 홀로그래픽 객체 볼륨은 디스플레이 화면(1021A)에 대응하는 가상 화면 평면(1022B) 및 디스플레이 화면(1021B)에 대응하는 가상 화면 평면(1022C)으로 중계된다. 가상 화면 평면(1022B 및 1022C) 사이의 분리량은 투과 반사기(301A)로부터 디스플레이(1001A) 사이의 제1 거리 및 디스플레이(1001B)와 투과 반사기(301A) 사이의 제2 거리의 차이에 좌우된다. 이러한 거리가 동일하면, 가상 화면 평면(1022B 및 1022C)은 중첩될 것이다. 또한, 빔 스플리터(101)로부터 어느 하나의 라이트 필드 디스플레이(1001A 또는 1001B)의 근접성은 조정될 수 있으므로, 가상 화면 평면(1022B 및 1022C) 근처의 중계된 홀로그래픽 객체 볼륨은 주어진 애플리케이션에 대해 조정 가능한 홀로그래픽 객체를 표시하기 위해 하나의 크기나 두 개의 작지만 분리된 영역을 포함할 수 있음에 유념해야 한다. 중계된 홀로그래픽 객체 볼륨이 중첩되는 경우, 개별 디스플레이 중 하나의 홀로그래픽 객체 볼륨보다 큰 결합한 중계된 홀로그래픽 객체 볼륨이 달성될 수 있다. 유사하게, 실제 표면(123A)이 홀로그래픽 표면(123A) 대신에 사용되는 경우, 실제 객체(123A)로부터의 홀로그래픽 이미지(123C)와 중계된 홀로그래픽 객체(121C 및 122C)의 상대적 포지셔닝은 조정되어 임의의 애플리케이션에 맞춰질 수 있다. 화면 평면(1022B 및 1022C) 간의 가변 분리에 대한 이러한 논의는 130과 같이 하나의 릴레이만 사용되는 경우에도 적용될 수 있음을 유념해야 한다.

[0027] 도 3c는 도 3b에 도시된 동일한 구성을 도시하고 있지만, 반사된 경로(141B, 142B, 및 143B)의 세트를 따라 제2 릴레이 시스템(140)의 제2 투과 반사기(301B)로부터 반사되는 광은 제2 관찰자(1051)에 의해 수신되는 것으로 도시되어 있다. 도 3b에서의 넘버링은 도 3c에 적용된다. 깊이 반전 중계된 홀로그래픽 객체(121B 및 122B)로부터 중계광 경로(131B 및 132B)의 제1 세트를 따른 광은 각각 반사광 경로(141B 및 142B)로 반사되고, 일 실시예에서 평면(137)에 배치된 보정 광학 요소를 통과할 수 있다. 보정 광학 요소는 각도 라이트 필드 좌표(u 및 v)의 극성을 반전시키도록 역할을 하는 도 2a에 도시된 것과 유사하여, 제2 관찰자(1051)는 각각 라이트 필드 디스플레이(1001A)의 디스플레이 평면(1021)에 대한 소스 투영면(121A 및 122A)의 깊이 프로파일과 평면(137)에 대한 동일한 깊이 프로파일을 갖는 중계된 홀로그래픽 표면(121C 및 122C)을 인지할 수 있다. 유사한 방식으로, 디스플레이(1001B)에 의해 투영된 홀로그래픽 표면 또는 실제 객체의 표면일 수 있는 객체(123A)는 릴레이 시스템(130)에 의해 중계광 경로(133B)를 따라 중계되는 광선을 생성하여 깊이 반전 이미지(123B)를 형성하고, 반사된 경로(143B)를 따른 광으로 투과 반사기(301B)의 표면(430)에 의해 반사된다. 바로 설명한 137에 배치된 선택적인 보정 광학 요소는 깊이를 반전시켜 제2 관찰자(1051)는 표면(123A)의 깊이 프로파일과 동일한 깊이 프로파일을 갖는 중계된 이미지(123C)를 볼 수도 있다. 이러한 방식으로, 관찰자(1050 및 1051)는 동일한 위치에서 동일한 홀로그래픽 이미지를 볼 것이다.

[0028] 전술한 바와 같이, 제1 관찰자(1050)가 깊이 보정 중계된 홀로그래픽 이미지(121C, 122C, 및 123C)를 보는 경우, 제2 관찰자(1051)로 가는 도중에 평면(137)에 접근하는 경로(141B, 142B, 및 143B)를 따른 대응하는 광은 깊이 반전 이미지(121B, 122B, 및 123B)를 가질 것이다. 평면(137)에 보정 광학 장치를 배치하는 대신, 이러한 깊이 반전 이미지(121B, 122B, 및 123B)의 깊이를 반전시키기 위해 제3 릴레이 시스템(미도시)을 대신 사용할 수 있다. 이러한 방법에 대한 한 가지 단점은 요즘 추가 릴레이(미도시)를 사용하면 중계된 이미지의 제2 관찰자(1051)(미도시된 추가 릴레이로부터 광을 수신하기 위해 다른 위치에 위치됨)는 제1 관찰자(1050)에 의해 인지되는 홀로그래픽 이미지(121C, 122C, 및 123C)와 동일한 위치에서 이러한 중계된 이미지를 보지 못할 것이라는 점이다.

[0029] 다른 포커싱 광학 요소, 디포커싱 광학 요소, 거울 표면, 또는 이들의 임의의 조합을 사용하여 라이트 필드 디스플레이 평면 주위에 홀로그래픽 객체 볼륨을 중계할 수 있다. 도 4c는 깊이 반전 없이 홀로그래픽 객체 볼륨을 중계하기 위해 역반사기 대신 포커싱 요소로서 곡면 거울을 사용하는 일 실시예를 도시하고 있다. 도 4c는 빔 스플리터(462) 및 오목 거울(452) 양자로 구성된 홀로그래픽 릴레이 시스템(460)을 사용하여 이미징되는 삼각형 표면의 직교도를 나타내고 있고, 여기서 표면은 광축(453) 상에 있다. 일 실시예에서, 오목 거울(452)은

구체형, 포물선, 또는 일부 다른 형상일 수 있다. 빔 스플리터(462)는 본원에서 설명된 임의의 빔 스플리터일 수 있다. 삼각형 표면(461)은 수평 광축(453)에 직교하는 수직 축(454) 상에 배치된다. 451에서 거울의 곡률 중심(C)은 빔 스플리터로부터 떨어진 거리 D1이다. 포인트 C'(441)은 또한 수직 광축(454)에서 빔 스플리터로부터 떨어진 동일한 거리 D1이다. 투영광 경로(465)의 세트를 따라 포인트 C'(441)에서 방사되는 광의 일부는 거울(452)에 입사하는 반사광 경로(466)의 세트를 따른 광선으로 빔 스플리터(462)로부터 반사될 것이다. 오목 거울(452) 및 빔 스플리터(462)는 빔 스플리터(462)로부터 오목 거울(452)을 향해 반사된 광(466)의 일부가 반사되고 반사광 경로(466)의 세트와 실질적으로 반대인 복귀 방향을 따라 연장되는 중계광 경로(467)의 세트를 따라 오목 거울(452)로부터 빔 스플리터(462)를 다시 통과해 집속되도록 정렬된다. 중계된 경로(467)를 따른 광은 포인트 C(451)를 통해 가상 화면 평면(469)을 향해 중계될 수 있다. 표면(461)은 실제 표면, 또는 LF 디스플레이(463)에 의해 투영된 홀로그래픽 표면일 수 있다. 유사하게, 표면(461)으로부터 투영된 경로(471)를 따른 광선은 오목 거울(452)로부터 반사되는 반사광 경로(472)로 빔 스플리터(462)로부터 반사될 것이고, 복귀광(473)의 일부는 빔 스플리터(462)를 통과하고 중계광 경로(474)를 따라 관찰자(450)에 의해 관측되는 표면(461)의 중계된 이미지(457)를 형성하는 데 기여하도록 수렴될 것이다. 선택적 광학 층(464)은 편광 제어 광학 장치, 렌즈 요소, 회절 광학 장치, 굴절 광학 장치 등을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 도 3a에 대해 기술한 바와 같이, 광학 층(464)은 선형 편광된 광을 원형 편광된 광으로 변환하고 그 반대도 마찬가지일 수 있는 1/4 파장 지연기이다. 편광 빔 스플리터(462)가 사용되는 경우, 반사광 경로(472) 상의 빔 스플리터(462)에서 방사되는 광은 제 1 상태에서 선형 편광된다. 반사광 경로(472)를 따른 광선은 거울(452)에 의해 반사될 때 반대 원형 편광으로 변환되는 원형 편광으로 선형 편광의 제 1 상태에서부터 변환될 수 있으며, 1/4 파장 지연기(464)에 의해 제 1 상태와 직교하는 선형 편광의 제 2 상태로 더 변환될 수 있다. 그 결과, 편광 빔 스플리터(462)에 접근하는 광선(473)은 편광 빔 스플리터(462)에서 방사되는 반사광 경로(472)를 따른 광선에 비해 반대 선형 편광을 가질 것이며, 이러한 광선은 빔 스플리터(462)를 통과하여 편향되기보다는 뷰어(450)에 의해 관측되는 중계된 이미지(457)의 이미징에 기여할 것이다. 도 4c에 도시된 구성에서, LF 디스플레이(463)의 디스플레이 표면과 동일할 수 있는 디스플레이 화면 평면(468) 주위에서 LF 디스플레이(463)에 의해 투영된 홀로그래픽 표면은 관찰자(450)에 의해 관측 가능한 가상 화면 평면(469) 주위에 있도록 중계된다.

[0030] 일 실시예에서, 포인트 C'(441) 부근의 표면은 포인트 C(451)의 부근으로 중계된다. 이러한 광학 시스템의 또 다른 특징은 포인트 C'(441)보다 빔 스플리터(462)에 더 가까운 객체가 확대되게 빔 스플리터로부터 포인트 C(451)보다 더 먼 위치로 이미징되고, 포인트 C'(441)보다 빔 스플리터(462)로부터 더 먼 객체가 축소되게 빔 스플리터로부터 포인트 C(451)보다 더 가까운 위치로 이미징되는 점이다. 이는 포인트 C'(441) 부근에 생성된 홀로그래픽 객체의 깊이 오더링이 포인트 C(451)로 중계될 때 준수됨을 의미한다. 포인트 C'(441)의 부근에서 객체의 확대 또는 축소는 거울(452)의 곡률 반경을 증가시키고 및/또는 거울(452)의 곡률 반경에 대해 포인트 C'(441)에서 투영된 홀로그래픽 객체의 깊이 범위를 작게 함으로써 감소될 수 있다. 도 4b에 도시된 예는 구면 거울을 나타내고 있지만, 포물선형 오목 거울, 및 심지어 뷰어(450)로부터 거울의 타측에서 거울 뒤에(도 4c에서 거울(452)의 우측에) 수렴 포인트가 있는 이미지의 투영을 위해 구체형 또는 포물선일 수 있는 볼록 거울을 비롯한, 이미징을 수행하기 위한 상이한 거울 구성을 사용할 수 있다.

[0031] 일부 실시예에서, 도 4c에 도시된 거울(452)의 포커싱 기능은 렌즈, 거울, 또는 이들 요소의 일부 조합과 같은 하나 이상의 광학 요소로 대체될 수 있다. 도 4e에 도시된 일 실시예에서, 릴레이 시스템(460)은 빔 스플리터, 렌즈(444) 및 옵션 렌즈(445)를 포함하는 하나 이상의 렌즈, 및 빔 스플리터(462)로부터 하나 이상의 렌즈의 반대 측면 상의 반사기(442)로 구성된 릴레이 시스템(470)으로 대체될 수 있다. 반사기는 광축(453)과 직교할 수 있다. 하나 이상의 렌즈의 광축은 광축(453)과 실질적으로 정렬될 수 있다. 이 경우, 빔 스플리터(462)로부터 반사기(442)를 향해 반사되는 홀로그래픽 객체(461)로부터의 광선은 각각 하나 이상의 렌즈를 통과할 수 있고, 하나 이상의 렌즈는 포커싱 기능을 제공할 수 있다. 일 실시예에서, 평면 반사기가 사용되고, 적어도 하나의 렌즈(444) 또는 렌즈(445)의 초점면은 평면 반사기(442)의 초점에 위치된다. 다른 실시예에서, 반사기(442)는 만곡된다. 다른 실시예에서, 하나 이상의 렌즈(444, 445)는 훨씬 더 작은 렌즈의 어레이로 대체된다.

[0032] 다른 실시예에서, 전체 릴레이 시스템(460)은 하나 이상의 렌즈로 형성된 릴레이로 대체될 수 있다. 도 4f는 라이트 필드 디스플레이(463)의 화면 평면(468) 주위의 홀로그래픽 표면(437)을 중계된 홀로그래픽 표면(438)으로 중계하는 하나 이상의 렌즈로 구성된 렌즈 릴레이 시스템(480)이 릴레이 시스템(460)을 대체하는 일 실시예를 도시하고 있다. 렌즈(446) 및 옵션 렌즈(447)를 포함하는 하나 이상의 렌즈는 광축(454)을 따라 디스플레이 표면(468)에 대한 법선과 실질적으로 정렬될 수 있는 공통 광축을 가질 수 있다. 하나 이상의 렌즈는 디스플레이 화면 평면(468) 주위의 영역을 광축 근처이지만 라이트 필드 디스플레이(463)로부터 하나 이상의 렌즈의 먼 측면 상의 가상 화면 평면(435)으로 광학적으로 중계하는 포커싱 기능을 수행할 수 있다. 렌즈를 갖는 광학 시스

템은, 도 4d에 도시된 구성에 대해 전술한 바와 거의 동일하게, 디스플레이 화면 평면(468) 부근에서 라이트 필드 디스플레이(463)에 의해 투영된 홀로그래픽 객체의 초점, 및 확대 또는 축소를 포함할 수도 있다.

[0033]

도 4d는 곡면 오목 거울(482) 및 빔 스플리터(485)로 구성된 홀로그래픽 텔레이 시스템을 사용하여 홀로그래픽 표면(489)으로 중계되는 홀로그래픽 표면(488)의 직교도로써, 홀로그래픽 표면은 광축(483)으로부터 오프셋된다. 포인트(481)는 구체형, 포물선, 또는 일부 다른 형상일 수 있는 거울의 초점이다. 도시된 바와 같이, 표면(488)은 라이트 필드 디스플레이(497)로부터 투영된 홀로그래픽 표면이지만, 본원에서 설명된 이미징은 표면(488)이 실제 표면인 경우에도 작동한다. 광 경로(490C 및 492C)는 라이트 필드 디스플레이(497)로부터 상이한 각도로 투영되고 수렴되어 표면(488)의 다른 정점을 형성한다. 투영된 경로(490C 및 492C)를 따른 이러한 광은 빔 스플리터(485)로부터 반사되어(빔 스플리터를 직접 통과하기 때문에 일부 손실이 있음, 미도시됨) 반사광 경로(490D 및 492D)를 따른 광선이 되고, 그 후 거울(482)의 표면에 반사되어 중계된 경로(490E 및 492E) 상의 광선이 되어서, 빔 스플리터를 통과하고(일부 손실이 있음, 미도시됨) 이미지(489)의 한 정점에서 다시 수렴되어 이미지(489)의 형성에 도움이 된다. 경로(491C 및 493C)를 따른 광선은 라이트 필드 디스플레이(497)로부터 상이한 각도로 투영되고 수렴되어 표면(488)의 한 정점을 형성한다. 491C 및 493C를 따른 이러한 광선은 빔 스플리터(485)로부터 반사되어(빔 스플리터를 직접 통과하기 때문에 일부 손실이 있음, 미도시됨) 반사된 경로(491D 및 493D)를 따른 광선이 되고, 그 후 거울(482)의 표면으로부터 반사되어 중계된 경로(491E 및 493E) 상의 광선이 되어서, 빔 스플리터를 통과하고(일부 손실이 있음, 미도시됨) 이미지(489)의 한 정점에서 다시 수렴되어 이미지(489)의 형성에 도움이 된다. 투영된 경로(492C 및 493C)를 따른 광선은 빔 스플리터로부터 반사된 경로(492D 및 493D)를 따른 광선으로서 반사되고, 곡면 거울(482)의 초점(481)을 통과하여 광축과 평행한 중계된 경로(492E 및 493E)를 따른 광선으로 전환된다. 투영된 경로(490C 및 491C)를 따른 광선은 각각 반사된 경로(490D 및 491D)를 따른 광선으로 빔 스플리터로부터 반사되고, 곡면 거울(482)로부터 반사되기 전에 광축과 평행하여, 중계된 경로(490E 및 491E)를 따른 그 반사된 광선은 각각 곡면 거울(482)의 초점(481)을 통과한다. 도 4d에 도시된 구성에서, LF 디스플레이(497)의 디스플레이 표면과 동일할 수 있는 화면 평면(498) 주위에서 LF 디스플레이(497)에 의해 투영된 홀로그래픽 표면은 관찰자(450)에 의해 관측 가능한 가상 화면 평면(469) 주위에 투영되도록 중계된다.

[0034]

일 실시예에서, 도 4d에서 투영된 경로(490C 및 491C)를 따른 광선은 라이트 필드 디스플레이(497)의 표면에 대해 수직으로, 단일 각도로, 또는 동등하게, $u=0$ 으로 할당하는 라이트 필드 각도 좌표의 단일 값으로 투영된다(u 는 도면의 평면에 있으며 - 직교 각도 라이트 필드 좌표 v 는 도 4d를 참조하여 논의되지 않지만 유사한 설명은 마찬가지로 v 에도 적용된다). 이러한 광선은 반사된 경로(490D 및 491D)를 따른 광선으로 빔 스플리터(485)에 의해 반사되고, 이어서 중계된 경로(490E 및 491E)를 따른 광선으로 거울로부터 반사된다. 관찰자(450)에게 보여질 수 있는 이러한 두 광선은 가상 화면 평면(496)과 평행한 라인(495)에 대한 법선(496)과 상이한 각도 θ_1 및 θ_2 를 이루어서, 라이트 필드 각도 좌표 u 의 두 상이한 값을 중계된 홀로그래픽 표면(489)의 이미징에 기여한다. 다시 말해서, 둘 모두의 광선이 라이트 필드 디스플레이(497)에 의해 투영된 바와 같이 라이트 필드 각도 좌표 $u=0$ 의 단일 값을 가짐에도 불구하고, 이들은 중계된 홀로그래픽 표면(489)에서 서로 다른 u 값을 갖고, 이러한 u 값(또는 동등한 각도)은 거울의 초점(481)에 대한 객체의 위치에 부분적으로 좌우된다. 또한, 라이트 필드 디스플레이(497)로부터 라이트 필드 각도 좌표(u_1 및 u_2)에서 투영된 투영된 경로(492C 및 493C)를 따른 두 광선은 빔 스플리터 및 거울 시스템으로부터 반사되어 서로 평행하고 가상 화면 평면(469)에 대한 법선(496)에 평행한 중계된 경로(492E 및 493E)를 따른 광선이 되어, 이들은 관찰자에 의해 관측된 바와 같이 가상 화면 평면(469)에서 동일한 라이트 필드 좌표 $u=0$ 를 갖는다. 다시 말해서, 홀로그래픽 표면(488)의 각도 라이트 필드 좌표는 중계된 홀로그래픽 표면(489)의 형성에 있어서 빔 스플리터(485) 및 곡면 거울(482)로 구성된 홀로그래픽 텔레이 시스템(460)에 의해 재배열된다. 이를 보정하기 위해, 라이트 필드 디스플레이(497)의 화면 평면(498)에서 방사되는 각도 라이트 필드 좌표는 중계된 가상 화면 평면(469)에서 방사되는 원하는 각도 라이트 필드 좌표를 달성하기 위해 보상된 방식으로 배열될 수 있다. 또 다른 아마도 원치 않는 효과는 일반적으로 라이트 필드 각도 좌표 $u=0$ 인 라이트 필드 디스플레이 표면(498)에 대한 법선이 종종 라이트 필드 디스플레이 표면(498)으로부터 투영된 광선에 대한 대칭 축을 정의한다는 점이다. 라이트 필드 디스플레이 표면(498)으로부터 대칭 축을 정의하는 라이트 필드 디스플레이(497)로부터 $u=0$ 에서 생성된 광선은, 특히 중계된 홀로그래픽 이미지가 광축(483)으로부터 상당히 오프셋된 경우에, 유의미한 u 값(즉, 가상 화면 평면(469)에 대한 법선(496)과의 각도 θ 는 가변될 수 있음)으로 가상 화면 평면(469)에 중계될 수 있다. 이로 인해 시야가 변경될 수 있다. 일반적으로, 도 4d에 도시된 광학 텔레이 시스템에 의해 중계되는 홀로그래픽 표면에 대한 시야 변경을 최소화하기 위해, 라이트 필드 디스플레이(497)는 488과 같은 홀로그래픽 표면이 광축(483)에 가능한 가까운 위치

(489)로 중계될 수 있도록 중앙에 배치될 수 있다. 일부 실시예에서, 도 4d에 도시된 거울(482)의 포커싱 기능은 렌즈, 거울, 또는 이들 요소의 일부 조합과 같은 하나 이상의 광학 요소로 대체될 수 있다. 일 실시예에서, 거울(482)은 도 4c와 관련하여 전술한 바와 같이 도 4e에 도시된 렌즈(444) 및 반사기(442)로 대체될 수 있다. 다른 실시예에서, 전계 릴레이 시스템(460)은 도 4c와 관련하여 전술한 바와 같이 도 4f에 도시된 렌즈 릴레이 시스템(480)과 같은 하나 이상의 렌즈로 형성된 릴레이로 대체될 수 있다.

[0035] 도 5a는 제1 위치에서 라이트 필드 디스플레이 화면 평면(1021)의 양측에 투영되고 제1 관찰자(1048)에게 관측되는 두 홀로그래픽 객체를 제2 위치에서 제2 관찰자(1050)에 의해 관측되는 가상 디스플레이 화면(1022)의 양측 상의 두 중계된 홀로그래픽 표면으로 중계하는 이상적인 홀로그래픽 객체 릴레이 시스템(103) 및 라이트 필드 디스플레이의 직교도를 나타내고 있다. 라이트 필드 디스플레이(1001)는 라이트 필드 디스플레이 화면 평면(1021)의 전방(1010)에서 표면(1015Z)의 형성을 돕는 투영광 경로(1030Z)를 따른 광선 및 화면 평면(1021) 후방(1011)에서 객체(1016A)의 형성을 돕는 투영광 경로(1036Z)를 따른 광선을 포함하는 투영광 경로의 세트를 따라 광을 출력할 수 있다. 광 경로(1035)는 라이트 필드 디스플레이 표면(1021)에서 비롯되는 광선(1036Z)에 대한 추적 경로로서, 본 예시에서 디스플레이 화면 평면과 결부된다. 이상적인 상황 하에서, 가상 화면 평면(1022)의 양측 상의 중계된 홀로그래픽 객체(1017A 및 1017B)는 직접 투영된 홀로그래픽 객체(1015Z 및 1016Z)가 임의의 릴레이 시스템(103)이 없을 때 관찰자(1048)에게 나타나는 것처럼 정확하게 관찰자(1050)에게 나타난다. 다시 말해서, LF 디스플레이(1001) 및 릴레이 시스템(103)은 중계된 홀로그래픽 표면(1017A 및 1018A)을 각각 형성하는 중계된 경로(1032A 및 1028A)를 따른 광선이 직접 투영된 홀로그래픽 표면(1015Z 및 1016Z)을 각각 형성하는 투영된 경로(1030Z 및 1036Z)를 따른 대응하는 광선이 임의의 릴레이 시스템(103)이 없을 때에 관찰자(1048)에게 도달하는 것과 동일한 방식으로 관찰자(1050)에게 도달하도록 구성되어야 한다. 도 1a, 1b 및 3a, 및 후술할 바와 같이, 릴레이 시스템(103)의 실제 구현을 사용하여 중계된 홀로그래픽 객체(1032A 및 1028A)를 생성하기 위해, 투영된 객체(1015Z 및 1016Z)의 위치, 깊이 프로파일, 및 확대가 도 5a에 도시된 위치로부터 조정될 수 있어야 하고, 라이트 필드 각도 좌표가 이러한 투영된 홀로그래픽 소스 객체(1015Z 및 1016Z)의 각각에 대해 재배열될 수 있어야 함은 명백할 것이다.

[0036] 도 5b는 도 1a의 홀로그래픽 디스플레이 시스템과 유사한 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 일 실시예를 도시하고 있다. 도 5b의 홀로그래픽 디스플레이 시스템은 투영광 경로(1030A 및 1036A)의 세트를 따라 광을 투영하여 디스플레이 화면 평면(1021)에 대해 제1 및 제2 깊이 프로파일을 갖는 적어도 제1 및 제2 홀로그래픽 표면(1015A 및 1016A)을 각각 형성하도록 구성된 라이트 필드 디스플레이일 수 있는 제1 디스플레이(1001)를 포함한다. 홀로그래픽 디스플레이 시스템은 또한 라이트 필드 디스플레이(1001)로부터 투영광 경로(1030A 및 1036A)의 세트를 따라 광을 수신하고 수신된 광을 중계광 경로(1032A 및 1028A)의 세트를 따라 중계하도록 위치된 릴레이 시스템(104)을 포함하고 이에 따라 제1 및 제2 투영된 홀로그래픽 표면(1015A 및 1016A) 상의 포인트는 가상 화면 평면(1022)에 대해 제1 및 제2 중계된 깊이 프로파일을 갖는 제1 및 제2 중계된 홀로그래픽 표면(1017A 및 1018A)을 각각 형성하는 중계된 위치로 중계된다.

[0037] 도 5b는 빔 스플리터(1005) 및 이미지 역반사기(1006A)로 구성된 홀로그래픽 릴레이 시스템(104)을 도시하고 있다. 라이트 필드 디스플레이(1001)는 도 1a, 1b, 3a, 및 5a와 관련하여 전술한 라이트 필드 디스플레이(1001)와 유사할 수 있다. 라이트 필드 디스플레이(1001)는 화면 평면(1021)의 뷰어 측면(1010)에 화면 외 홀로그래픽 표면(1016A) 및 화면 평면(1021)의 디스플레이 측면(1011)에 화면 내 홀로그래픽 표면(1015A)을 투영한다. 일 실시예에서, 라이트 필드 디스플레이(1001)는 표면(1016A)의 형성을 돕는 투영광 경로(1036A)를 따른 광선 및 화면 내 표면(1015A)의 형성을 돕는 투영광 경로(1030A)를 따른 광선을 포함하는 투영광 경로의 세트를 따라 광을 출력할 수 있다(경로(1033)는 물리적 광선을 나타내지 않는 광선 추적 라인이다). 투영광 경로(1030A 및 1036A)의 세트의 각각은 라이트 필드 디스플레이에 의해 정의된 4차원(4D) 좌표계에서 위치 좌표(X,Y) 및 각도 좌표(U,V)의 세트를 갖는다. 이러한 광선은 빔 스플리터(1005)에 접근함에 따라 발산될 수 있다. 이러한 입사광의 일부는 입사광(1036A)으로부터의 경로(1037A) 및 입사광(1030A)로부터의 경로(1031A)를 포함하는 반사광 경로의 세트를 따라 이미지 역반사기(1006A)를 향해 빔 스플리터(1005)에 의해 반사되는 반면, 잔여 광(1034)은 빔 스플리터에 의해 반사되지 않고 투과광 경로(1034)의 세트를 따라 빔 스플리터를 통과하여 중계된 홀로그래픽 표면(1017A 및 1017B)의 이미징에 기여하지 않고 손실될 수 있다. 역반사기(1006A)는 코너 반사기와 같은 개별 반사기의 미세한 어레이를 포함할 수 있다. 역반사기(1006A)는 상당한 공간 오프셋 없이 실질적으로 접근 방향과 반대 방향으로 입사광 경로(1037A, 1031A)의 각 광선을 반전시키는 역할을 한다. 반사광 경로(1037A)를 따른 광선은 빔 스플리터(1005)로부터 반사될 때 방향을 반전하여 역반사기(1006A)에 대한 접근 각도를 실질적으로 되돌리고, 광선 강도의 일부는 중계광 경로(1028A)를 따라 빔 스플리터(1005)를 통과하여 홀로그래픽 표면의 위치(1018A)에서 수렴된다. 이러한 방식으로, 라이트 필드 디스플레이(1001)에 의해 직접 투영된 홀로그래픽 표면

(1016A)이 중계되어 중계된 홀로그래픽 표면(1018A)을 형성한다. 유사하게, 광 경로(1031A)를 따른 광선은 빔 스플리터(1005)와 부딪힐 때 방향을 반전하여 역반사기(1006A)에 대한 접근 각도를 되돌리고, 광선 강도의 일부는 중계광 경로(1032A)를 따라 빔 스플리터를 통과하고 수렴하여 홀로그래픽 표면(1017A)을 형성한다. 이러한 방식으로, 라이트 필드 디스플레이(1001)에 의해 직접 투영된 홀로그래픽 표면(1015A)이 중계되어 홀로그래픽 표면(1017A)을 형성한다. 중계광 경로(1028A 및 1032A)는 디스플레이(1001)로부터 빔 스플리터(1005)로 투영광 경로의 세트에서 비롯된 후 빔 스플리터(1005)로부터 역반사기(1006A)로 반사광 경로의 세트를 통해 발생하는 중계광 경로의 세트를 구성한다. 일 실시예에서, 중계광 경로의 세트의 각각은 릴레이 시스템(104)에 의해 정의된 바와 같이 4차원(4D) 좌표계에서 위치 좌표(X,Y) 및 각도 좌표(U,V)의 세트를 갖는다. 라이트 필드 디스플레이(1001)에 의해 화면 외 표면(1016A)보다 더 큰 깊이로 투영되는 화면 내 표면(1015A)은 이제 1016A로부터 중계된 표면(1018A)보다 뷰어(1050)에 더 가까운 표면(1017A)으로서 중계된다. 다시 말해서, 라이트 필드 디스플레이에 의해 투영된 홀로그래픽 표면(1015A 및 1016A)의 깊이 프로파일은 홀로그래픽 릴레이 시스템(104)에 의해 반전된다. 홀로그래픽 표면(1016A)과 빔 스플리터(1005 D1) 사이의 수직 거리는 대응하는 중계된 홀로그래픽 표면(1018A)과 빔 스플리터(1005) 사이의 수평 거리와 실질적으로 동일하다. 유사하게, 홀로그래픽 표면(1015A)과 빔 스플리터(1005) 사이의 수직 거리 D2는 중계된 표면(1017A)과 빔 스플리터(1005) 사이의 수평 거리 D2와 실질적으로 동일하다. 도 1b에 도시된 선택적 광학 요소(1041A)와 관련하여 논의된 바와 같이, 광학 요소(1041A)는 또한 선택적 광학 요소이다. 이러한 1041A는 경로(1031A 또는 1037A)를 따른 광선의 대부분을 빔 스플리터(1005)에서 방사되는 광선의 선형 편광과 반대되는 선형 편광을 이용하여 빔 스플리터(1005)로 복귀되게 할 수 있는 1/4 파장 지연기일 수 있고, 그 결과 이러한 광선의 대부분은 디스플레이(1001)를 향해 빔 스플리터(1005)에 의해 편향되지 않고 뷰어(1050)를 향할 것이다. 또한, 홀로그래픽 표면(1016A)으로부터 투영광 경로(1036A)의 경로(1042A)를 따른 광선은 디스플레이 화면 평면(1021)에 수직인 라이트 필드 디스플레이로부터 투영되고, 일반적으로 각도 라이트 필드 좌표 값($u =, v = (0, 0)$)에 할당된다. 이러한 광선은 중계된 경로(1042B)를 따른 광선을 생성하며, 이는 중계된 홀로그래픽 표면(1018A)의 형성을 돕는다. 관찰자(1050)에 대해, 광선(1042B)은 가상 화면 평면(1022)에 수직으로 투영되고, 관찰자(1050)에 대해 라이트 필드 각도 좌표 ($u, v = (0, 0)$)를 갖는 광선으로서 인지될 것이다. 더욱 일반화하기 위해, 광학 릴레이 시스템(103)은 라이트 필드 좌표 ($u, v = (0, 0)$)에서 광선을 보존하여, 도 5b에 도시된 역반사기 구성으로 깊이를 반전시키기 위해 도 2b에 도시된 라이트 필드 각도 좌표의 재배열이 요구됨에도 불구하고, 중계된 후에도 해당 값에서 유지된다. 대안적으로, 보정 광학 요소는 깊이를 반전시키기 위해 도 5b의 홀로그래픽 디스플레이 시스템에 포함될 수 있다. 일 실시예에서, 도 2a에 도시된 보정 광학 요소(20)는 중계광 경로(1028A 및 1032A)의 세트에 배치될 수 있고, 보정 광학 요소(20)는 중계광 경로의 세트의 각각의 각도 좌표(U,V)의 극성을 반전시키도록 구성되어 보정 광학 요소(20)를 통해 제1 및 제2 중계된 홀로그래픽 표면(1017A, 1018A)을 인지하는 뷰어는 제1 및 제2 홀로그래픽 표면(1015A, 1016A)의 깊이 순서와 동일한 보정된 깊이 순서를 인지할 수 있다. 일 실시예에서, 보정 광학 요소(20)는 가상 디스플레이 평면에 배치될 수 있다. 다른 실시예에서, 보정 광학 요소(20)는 투영광 경로(1030A, 1036A)의 세트 내에 배치되어 릴레이 시스템(104)보다 광학적으로 선행될 수 있고, 보정 광학 요소(20)는 투영광 경로(1030A, 1036A)의 세트의 각각의 각도 좌표(U,V)의 극성을 반전시키도록 구성되어 제1 및 제2 홀로그래픽 표면(1015A 및 1016A)은 사전 보정된 깊이 순서를 가질 수 있다. 일 실시예에서, 보정 광학 요소(20)는 디스플레이 화면 평면에 배치될 수 있다.

[0038]

도 5c는 도 4c 및 4d와 관련하여 전술한 릴레이 시스템(460)과 유사한 릴레이 시스템(105) 및 라이트 필드 디스플레이(1001)를 도시하고 있다. 일 실시예에서, 홀로그래픽 객체 볼륨 릴레이(105)는 발산 광을 홀로그래픽 표면으로부터, 이러한 발산 광을 중계된 홀로그래픽 표면으로 재집속하는, 오목한 반사 거울(1007A)로 재지향하는데 사용되는 빔 스플리터로 구성된다. 도 5b의 역반사기(1006A)는 도 5c의 오목 반사 거울(1007A)로 대체되었다. 도 5c에 도시된 설정에서, 일 실시예에서, 거울은, 도 4d에서 거울 곡률 중심 C'(441)이 도 4c에서 화면 평면(468)에 또는 그 근처에 위치되는 것과 유사한, 디스플레이 화면 평면(1021)과 거울의 표면 사이의 광학 경로 길이와 거의 동일한 곡률 반경을 갖는 구면 거울일 수 있다. 동일한 홀로그래픽 표면(1015A 및 1016A)은 투영광 경로(1030A, 1036A)의 세트를 따라 도 5b에 도시된 바와 같이 라이트 필드 디스플레이(1001)에 의해 투영된다. 투영광 경로(1030A 및 1036A)의 세트는 라이트 필드 디스플레이(1001)에 의해 정의된 제1 4차원(4D) 함수에 따라 결정된 것으로 간주될 수 있어, 각 투영광 경로는 디스플레이 화면 평면(1021)에 대해 정의된 제1 4D 좌표계에서 위치 좌표(X,Y) 및 각도 좌표(U,V)의 세트를 갖는다. 홀로그래픽 표면(1015A)으로부터의 광은, 도 5b의 역반사기(1006A)를 이용할 때와 동일한 경로를 따라 후방으로 지향되지 않고, 빔 스플리터(1005)로부터 반사광 경로(1031A)를 따라 광선으로 반사되고, 이러한 광선은 중계된 경로(1032B)를 따라 반사되어 홀로그래픽 표면(1017B)을 수렴하고 형성한다. 중계된 홀로그래픽 표면(1017B)은 홀로그래픽 표면(1015A)과 거울 사이의 광

학 경로 길이에 대응하는 오목 거울에 의해 수행되는 축소로 인해 소스 홀로그래픽 표면(1015A)보다 약간 더 작다. 일 실시예에서, 거울(1007A)은 구면 거울이고, 홀로그래픽 표면(1015A)과 거울(1007A) 사이의 경로 길이는 거울(1007A) 표면의 곡률 반경보다 약간 더 크다. 유사하게, 홀로그래픽 표면(1016A)으로부터의 광은, 도 5b의 역반사기(1006A)를 이용할 때와 동일한 경로를 따라 후방으로 지향되지 않고, 빔 스플리터(1005)로부터 반사된 경로(1037A)를 따라 광선으로 반사되고, 이러한 광선은 중계된 경로(1028B)를 따라 반사되어 홀로그래픽 표면(1018B)을 수렴하고 형성한다. 중계된 홀로그래픽 표면(1018B)은 홀로그래픽 표면(1015A)과 거울 사이의 광학 경로 길이에 대응하는 오목 거울에 의해 수행되는 확대로 인해 소스 홀로그래픽 표면(1016A)보다 약간 더 크다. 일 실시예에서, 거울은 구면 거울이고, 홀로그래픽 표면(1016A)과 거울(1007A) 사이의 경로 길이는 거울(1007A) 표면의 곡률 반경보다 약간 더 작다. 또한, 홀로그래픽 표면의 깊이 오더링은 릴레이에 의해 보존되고: 소스 표면(1016A)은 화면 평면(1021)의 전방에 투영되고, 그의 중계된 표면(1018B)은 또한 가상 화면 평면(1022)의 전방에 투영된다. 소스 표면(1015A)은 화면 평면(1021)의 후방에 투영되고, 그의 중계된 표면(1017B)은 또한 각 경우에 뷰어로부터 더 멀리 가상 화면 평면(1022)의 후방에 투영된다. 따라서, 도 5b의 역반사기로 발생하는 깊이 반전은 거울(1007A)을 사용함으로써 회피되었다. 마지막으로, 오목 거울(1007A)에 의해 생성된 이미지가 역전되기 때문에, 중계된 홀로그래픽 구체(1018B)는 도 5b에 나타난 이러한 표면의 위치와 반대 순서로 중계된 홀로그래픽 박스(1017B) 아래의 위치로 투영된다. 중계광 경로(1028B, 1032B)의 세트는 릴레이 시스템(105)에 의해 정의된 제2 4D 함수에 따라 결정된 것으로 간주될 수 있어, 각 중계광 경로는 가상 화면 평면(1022)에 대해 정의된 제2 4D 좌표계에서 위치 좌표(X,Y) 및 각도 좌표(U,V)의 세트를 갖는다. 중계된 표면(1018B 및 1017B)의 확대, 축소, 및 위치 변경은 모두 제2 4D 좌표계에서 제2 4D 함수를 적용한 효과이다.

[0039] 도 5b에 도시된 중계된 홀로그래픽 표면을 뷰어(1050)에게 생성하기 위해, 도 5c에 도시된 디스플레이에 의해 투영된 홀로그래픽 표면에 대해 일부 보정이 이루어질 수 있다. 일 실시예에서, 라이트 필드 디스플레이(1001)는 제1 4D 함수에 따라 투영광을 출력하도록 라이트 필드 디스플레이(1001)를 작동시킴으로써 제2 4D 함수를 설명하기 위한 명령을 수신하도록 구성된 제어기(190)를 포함할 수 있어, 중계광 경로(1028C 및 1017C)의 세트의 각각에 대한 제2 4D 좌표계에서 위치 좌표 및 각도 좌표를 통해 중계된 홀로그래픽 표면(1018C 및 1017C)은 의도한대로 뷰어에게 제시될 수 있다. 도 5d는 도 5d에 도시된 곡면 거울 구성을 갖는 릴레이 시스템(105)이 사용되는 경우에 라이트 필드 디스플레이(1001)에 의해 생성되어야 하는 홀로그래픽 표면의 위치 및 확대를 도시하고 있다. 도 5c의 홀로그래픽 표면(1015A)은 도 5d의 홀로그래픽 표면(1015C)의 위치에 투영되어야 하고, 표면이 거울에 더 가까운 거리에 있게 하는 확대를 보상하기 위해 약간 더 작게 이루어져야 한다. 도 5c의 홀로그래픽 표면(1016A)은 도 5d의 홀로그래픽 표면(1016C)의 위치에 투영되어야 하고, 거울로부터 더 먼 거리에서 발생하는 이미지의 축소를 보상하기 위해 확대되어야 한다. 홀로그래픽 표면(1015C 및 1016C)의 위치는 도 5c의 1015A 및 1016A에 대해 좌우 교체되어 거울로 인한 반사로 발생하는 이미지의 반전을 설명한다. 그 결과, 홀로그래픽 표면(1015C)은 도 5b의 1017A와 정확히 동일한 위치에서 1017C로 중계되고, 홀로그래픽 표면(1016C)은 도 5b의 1018A와 정확히 동일한 위치에서 1018C로 중계된다.

[0040] 도 5d에서, 투영된 홀로그래픽 구체 표면(1016C)을 형성하는 투영광 경로(1036C)를 따른 광선의 그룹은 중계된 홀로그래픽 표면(1018C)을 형성하는 중계광 경로(1028C)를 따른 광선의 그룹에 매핑된다. 유사한 방식으로, 도 5b에서, 홀로그래픽 구체 표면(1016A)으로부터 투영광 경로(1036A)를 따른 광선의 그룹은 중계된 홀로그래픽 표면(1018A)을 형성하는 중계광 경로(1028A)를 따른 광선의 그룹에 매핑된다. 도 5b의 정밀 검사 시, 종종 라이트 필드 각도 좌표 $(u, v) = (0, 0)$ 와 연관된, 도 5b에서 화면 평면(1021)(또는 디스플레이 표면(1021))에 수직으로 투영된 중간 광선(1042A)은 뷰어(1050)에 의해 관측되는 가상 화면 평면(1022)에 수직한 중간 광선(1042B)에 매핑된다. 다시 말해서, 도 5b에 도시된 역반사기 구성의 경우, $(u, v) = (0, 0)$ 에서 생성된 광선은, 도 2b에 도시된 바와 같이 각도 좌표(u 및 v)가 교체되어야 함에도 불구하고, 보존되어 깊이의 반전을 보정한다. 그러나, 깊이 반전이 발생하지 않는 도 5d에 도시된 곡면 거울 릴레이 구성에서, 종종 라이트 필드 각도 좌표 $(u, v) = (0, 0)$ 와 연관된, 라이트 필드 디스플레이(1001)의 화면 평면(1021)에 수직으로 투영된 투영된 광선(1036C)의 그룹에서 중심 광선(1042C)은 뷰어(1050)에 의해 관측되는 가상 화면 평면(1022)에 대해 수직이 아닐 수 있는 중간 광선(1042D)에 매핑된다. 이는 디스플레이 표면(497)에 수직으로 투영된 광선(490C 및 491C)이 각각 광선(490E 및 491E)을 생성하여, 부분적으로 광선이 홀로그래픽 표면(488)과 교차하는 위치에 따라 가상 화면 평면(469)에 대한 법선에 대해 가변되는 각도 θ_1 및 θ_2 를 생성하는 도 4d에 도시된 동일한 거동이다. 그 결과, 뷰어는 광선(1043D)으로부터 정확한 라이트 필드 정보를 보지 못할 것이다. 반사성 하이라이트가 투영광 경로(1042C)를 따른 광선을 따라 도 5d의 라이트 필드 디스플레이(1001)에 의해 투영되는 예에서, 이러한 반사성 하이라이트는 가상 화면 평면(1022)의 법선에 대한 각도로 중계광 경로(1042D)를 따른 매핑된 광선에 나타날 것이다. 이를 보정하기 위해, 릴레이 시스템(106)이 없을 때에 투영된 경로(1042C)를 따른 $(u, v) = (0, 0)$ 광선

에 투영되는 색상 및 강도 정보는 대신 릴레이 시스템(106)이 제자리에 있는 경우에 투영된 경로(1043C)를 따른 광선에 투영되어야 하고, 이에 따라 이러한 정보는 가상 화면 평면(1022) 및 관찰자(1050)에 대해 $(u, v) = (0, 0)$ 광선인 중계된 경로(1043D)를 따른 매핑된 광선에 나타날 것이다. 다시 말해서, 곡면 거울(1007A)을 갖는 릴레이 광학 구성을 사용하여 홀로그래픽 표면을 적절하게 중계하기 위해 (이전에 설명된 확대 조정에 추가하여) 라이트 필드 디스플레이(1001)에 대해 라이트 필드 좌표의 일부 리매핑이 이루어질 수 있다.

[0041] LF 디스플레이(1001)가 비편광된 광을 생성하고 비편광된 50% 빔 스플리터(1005)가 사용되는 상황 하에서, 홀로그래픽 표면(1015C 및 1016C)으로부터의 광의 약 절반은 빔 스플리터(1005)의 첫 번째 통과 시에 손실되고 광의 나머지 절반은 빔 스플리터(1005)의 두 번째 통과 시에 손실되어, 홀로그래픽 표면으로부터의 광의 25% 이하가 중계된다. 편광형 빔 스플리터(1005)가 사용되는 경우, 홀로그래픽 표면(1015C 및 1016C)으로부터의 비편광된 광의 절반이 빔 스플리터(1005)로부터의 첫 번째 반사 시에 손실될 수 있지만, 거울(1007A)을 향하는 잔여 광은 선형 편광의 알려진 제1 상태에 있을 것이다. 선택적 광학 요소(1041A)에 사용되는 1/4 파장 지연기를 사용하면, 거울로부터 복귀되는 광은 대부분 제1 상태에 직교한 선형 편광의 알려진 제2 상태에 있을 수 있고, 대부분 편광형 빔 스플리터(1005)를 통해 투과되어 중계된 홀로그래픽 표면(1017C 및 1018C)에 기여할 수 있다. 이러한 상황 하에서, 홀로그래픽 표면(1015C 및 1016C)으로부터의 광의 25% 내지 50%는 홀로그래픽 표면(1017C 및 1018C)으로 중계될 수 있다. 라이트 필드 디스플레이(1001)가 편광된 광을 생성하면, 이러한 효율은 편광형 빔 스플리터(1005) 및 1/4 파장 지연기(1041A)를 사용하여 실질적으로 증가될 수 있다.

[0042] 도 5d에서, 각각 홀로그래픽 표면(1016C 또는 1015C)으로부터 광 경로(1036C 또는 1030C)로부터의 광의 절반은 도 5c에 도시된 바와 같이 투과된 경로(1034)를 따라 광선으로 빔 스플리터(1005)를 통과하기 때문에 낭비될 수 있다. 거울(1007A)과 동일하고 빔 스플리터(1005)의 타측에서 디스플레이(1001A)와 반대로 배치되고 거울(1007A)에 직교하는 또 다른 거울(1007B)을 추가할 수 있다. 도 5e는 투영된 홀로그래픽 표면으로부터 중계된 홀로그래픽 표면으로 광 투과를 위한 높은 효율을 달성하기 위해 서로 직교하게 배치된 두 오목 거울(1007A, 1007B) 및 빔 스플리터(1005)로 구성된 홀로그래픽 릴레이 시스템(107) 및 라이트 필드 디스플레이의 직교도이다. 이러한 구성은 도 1b에 나타난 제2 역반사기(1006B)와 개념적으로 유사하다. 홀로그래픽 표면(1016C)으로부터 투영된 경로(1036C)를 따른 광선 중 어느 하나는 거울(1007A)을 향하는 반사광 경로(1037A)로 빔 스플리터에 의해 반사되거나, 거울(1007B)을 향하는 투과광 경로(1042A)로 빔 스플리터를 통과한다. 거울(1007A)을 향하는 광 경로(1037C)는 빔 스플리터(1005)에 다시 입사되는 광 경로로 반사되고, 이러한 광의 일부는 중계된 경로(1028C)를 통해 투과된다(반면에, 빔 스플리터(1005)에 입사된 이러한 광의 나머지 부분(미도시됨)은 라이트 필드 디스플레이(1001)를 향해 하향 후방으로 지향된다). 거울(1007B)을 향하는 광 경로(1042A)는 빔 스플리터(1005)에 입사되는 광 경로(1042B)로 반사되고, 이러한 광의 일부는 거울(1007A)에 의해 반사되는 광의 경로와 결합한 경로(1028C)로 반사된다(반면에, 이러한 광의 나머지 부분(미도시됨)은 빔 스플리터(1005)를 통해 투과되고 라이트 필드 디스플레이(1001)를 향해 후방으로 지향된다). 홀로그래픽 표면(1015C)으로부터의 광이 홀로그래픽 표면(1017C)으로 중계되는 경우에도 동일하게 적용되지만, 이러한 광 경로는 도 5d에 도시되어 있지 않다. 일 실시예에서, 오목 거울(1007A 및 1007B) 및 빔 스플리터(1005)는 거울(1007A 및 1007B)로부터 반사된 경로(1028C)를 따른 광이 실질적으로 중첩되도록 정렬된다.

[0043] LF 디스플레이(1001)가 비편광된 광을 생성하고 비편광된 50% 빔 스플리터(1005)가 사용되는 상황 하에서, 홀로그래픽 표면(1015C 및 1016C)으로부터의 거의 모든 광은 거울 중 하나(1007A 또는 1007B)로 향한다. 복귀 시, 각 거울로부터 반사된 광의 최대 절반은 빔 스플리터(1005)를 통해 디스플레이를 향해 투과될 수 있고, 중계된 홀로그래픽 표면(1016C 또는 1017C)의 이미징에 기여하지 않을 수 있다. 이는 홀로그래픽 표면(1015C 및 1016C)으로부터의 광이 홀로그래픽 표면(1017C 및 1018C)으로 중계되는 효율의 50% 상한을 제공한다. 그러나, 도 5d 뿐만 아니라 도 1a의 논의에서 설명된 바와 같이, 선택적 광학 요소(1041A 및 1041B)로서 1/4 파장 지연기뿐만 아니라 편광형 빔 스플리터를 사용하여, 각 거울을 향하는 광의 대부분은 빔 스플리터를 향해 다시 복귀 시에 90도 회전될 수 있는 특정 선형 편광을 갖기 때문에 실질적으로 더 높은 효율을 얻을 수 있어, 2개의 서로 다른 반사된 편광의 광의 대부분은 중계된 홀로그래픽 표면(1017C 및 1018C)으로 향할 때 재결합된다.

[0044] 일부 실시예에서, 도 5c-5e에 도시된 거울(1007A 및 1007B)의 포커싱 기능은 렌즈, 거울, 또는 이들 요소의 일부 조합과 같은 하나 이상의 광학 요소로 대체될 수 있다. 일 실시예에서, 거울(1007A 및 1007B) 각각은 도 4c와 관련하여 기술한 바와 같이 도 4e에 도시된 렌즈(444) 및 반사기(442)로 대체될 수 있다. 다른 실시예에서, 도 5c-5d의 전체 릴레이 시스템(105 및 106)은 도 4c와 관련하여 기술한 바와 같이 도 4f에 도시된 렌즈 릴레이 시스템(480)과 같은 하나 이상의 렌즈로 형성된 릴레이로 대체될 수 있다.

[0045] 도 5d에 도시된 구성의 릴레이(106)는 도 3b에 도시된 바와 같이 두 릴레이로 구성된 홀로그래픽 릴레이 시스템

의 릴레이 중 하나 이상으로서 사용될 수 있다. 도 3b에서, 릴레이(130 및 140) 모두는 릴레이 시스템(106)으로 대체될 수 있지만, 도 3c에서 릴레이(140)가 두 상이한 방향으로 투과될 광을 필요로 하기 때문에 릴레이(130)만이 릴레이(106)로 대체될 수 있다. 다른 실시예에서, 실질적으로 동일한 두 릴레이(106)가 도 3b에 도시된 홀로그래픽 릴레이 시스템 구성에서 사용되고, 도 5d를 참조하여 전술한 제1 릴레이(130)에 대한 라이트 필드 각도 좌표(u , v)의 축소, 확대, 및 재배열의 효과는 제2 릴레이(140)에 의해 적어도 부분적으로 반전된다.

[0046]

도 6은 투과 반사기(1105)를 사용하여 라이트 필드 디스플레이(1001)에 의해 투영된 홀로그래픽 표면을 중계하는 시스템의 일 실시예를 도시하고 있다. 요소(1105)의 예는 2면 코너 반사기 어레이(DCRA)이며, 이는 복수의 2면 코너 반사기로 구성된 광학 이미징 요소로서, 도 4a에 도시된 바와 같이 서로 직교하게 배향되는 밀접하게 이격된 평행 거울면의 두 박형 층으로 구현될 수 있다. 또 다른 예는 코너 반사기 마이크로미러 어레이이다. 라이트 필드 디스플레이(1001)는 도 1과 관련하여 전술한 라이트 필드 디스플레이(1001)와 유사할 수 있다. 라이트 필드 디스플레이(1001)는 화면 평면(1021)의 뷰어 측면(1010)에 화면 외 홀로그래픽 표면(1016A) 및 화면 평면(1021)의 디스플레이 측면(1011)에 화면 내 홀로그래픽 표면(1015A)을 투영한다. 투과 반사기(1105)는 투영광 경로(1030A, 1036A)의 세트를 따라 광을 수신하고 수신된 광을 중계광 경로(1032A, 1028A)의 세트를 따라 지향시키도록 위치된다. 일 실시예에서, 투영광 경로(1030A, 1036A)의 세트의 각각은 디스플레이 화면 평면(1021)에 대해 정의된 4차원(4D) 좌표계에서 위치 좌표(X, Y) 및 각도 좌표(U, V)의 세트를 갖는다. 일 실시예에서, 투과 반사기(1105)는 투과 반사기(1105)의 복수의 내부 반사 표면(401, 402) 중에서 수신된 광의 일부를 내부적으로 반사하고 제1 방향으로 가상 화면 평면(1022)을 향해 중계광 경로(1032A, 1028A)의 세트를 따라 광을 출력한다. 일 실시예에서, 중계광 경로(1032A, 1028A)의 세트의 각각은 가상 화면 평면(1022)에 대해 정의된 4차원(4D) 좌표계에서 위치 좌표(X, Y) 및 각도 좌표(U, V)의 고유 세트를 갖는다. 또한, 일 실시예에서, 투과 반사기(1105)의 외면(430)은 반사광 경로(1130, 1136)의 세트를 따라 수신된 광의 제2 부분을 제1 방향과 반대되는 제2 방향으로 반사한다. 일 실시예에서, 반사광 경로(1130, 1136)의 세트 및 중계광 경로(1032A, 1028A)의 세트는 제1 및 제2 중계된 홀로그래픽 표면(1015A, 1016A)이 가상 화면 평면(1022)에 대해 동일한 깊이 프로파일을 갖기 위해 제1 및 제2 방향으로부터 인지되도록 실질적으로 정렬된다.

[0047]

일 실시예에서, 홀로그래픽 표면(1016)의 표면에서 수렴되는 투영광 경로(1036A)를 따른 투영된 광선, 및 화면 내 홀로그래픽 표면(1015A)에서 수렴되는 투영광 경로(1030A)를 따른 투영된 광선(광선 추적 라인(1033) 참조) 모두는 투과 반사기(1105)에 접근함에 따라 발산한다. 투영광 경로(1036A)를 따른 입사 광선의 일부는 1105의 외면(430)으로부터 반사광 경로(1136)를 따라 광선으로 반사된다. 투영광 경로(1036A)를 따른 입사 광선의 다른 부분은 투과 반사기(1105)를 통과하여 반사를 겪고, 중계된 홀로그래픽 표면(1018A)을 형성하기 위해 수렴되는 중계광 경로(1028)를 따라 광선으로서 방사된다. 유사하게, 투영광 경로(1030A)를 따른 입사 광선의 일부는 투과 반사기(1105)의 외면(430)으로부터 반사광 경로(1130)를 따라 광선으로 반사되는 반면, 투영광 경로(1030A)를 따른 입사 광선의 다른 부분은 1105 내부에서 반사되고 중계광 경로(1032A)를 따라 수렴 광선으로 나타나 중계된 홀로그래픽 표면(1017A)을 형성한다. 중계된 표면(1017A)으로 중계된 후 투영된 표면(1016A)보다 뷰어로부터 더 떨어진 투영된 표면(1015A)은 이제 홀로그래픽 장면이 중계된 후 뷰어에게 더 가까워진다. 홀로그래픽 표면(1016A)과 빔 스플리터 사이의 수직 거리 $D1$ 은 중계된 홀로그래픽 표면(1018A)과 빔 스플리터(1105) 사이의 수평 거리와 실질적으로 동일하다. 유사하게, 홀로그래픽 표면(1015A)과 빔 스플리터(1105) 사이의 수직 거리 $D2$ 는 중계된 표면(1017A)과 빔 스플리터(1105) 사이의 수평 거리와 실질적으로 동일하다. 관찰자(1050)는 홀로그래픽 표면(1018A) 약간 전방의 공간에서 부유하는 홀로그래픽 표면(1017A)을 볼 것이다. 관찰자(1350)는 반사광 경로(1136)의 세트의 수렴 포인트에 있는 것으로 인지되는 반사된 홀로그래픽 표면(1018A)을 볼 것이고, 반사광 경로(1130)의 세트의 수렴 포인트에 있는 것으로 인지되는 반사된 홀로그래픽 표면(1015A)을 볼 것이다. 그러나, 홀로그래픽 소스 표면(1015A 및 1016A)이, 도 2b 및 2c에 도시되고 도 1a 및 5b를 참조하여 논의된 바와 같이 표면의 깊이가 화면 평면(1021)에 대해 반전되고 라이트 필드 각도 좌표($U-V$)가 반전됨을 의미하는, 뷰어(1050)에 의해 관찰된 바와 같이 중계된 홀로그래픽 표면(1017A 및 1018A)의 정확한 깊이 오더링을 달성하기 위해 표시되기 전에 렌더링되면, $U-V$ 좌표는 투과 반사기(1105)의 표면으로부터 반사되고 1350에서 관찰되는 표면에 대해 반전될 것이다. 다시 말해서, 광선(1130 또는 1136)을 각각 관측하는 관찰자(1350)에 대한 홀로그래픽 표면(1017A 또는 1018A)에 대해 깊이가 올바르게 나타나지 않을 수 있다. 이를 보정하기 위해, 반사광 경로(1130, 1136)의 세트에 대해 $U-V$ 좌표 반전을 수행하기 위해 평면(1137)에 도 2a에 도시된 것과 유사한 보정 광학 요소를 배치할 수 있다. 다른 실시예에서, 평면(1137)에 보정 광학 요소가 없는 홀로그래픽 표면(1015A 또는 1016A)의 다른 라이트 필드 렌더링을 이용하여, 관찰자(1350)는 올바른 깊이 오더링으로 홀로그래픽 표면(1017A 및 1018A)을 인지할 수 있고, 도 2a에 도시된 것과 유사한 보정 광학 요소는 관찰자(1050)가 정확한 깊이 오더링으로 홀로그래픽 표면(1017A 및 1018A)을 관측할 수도 있도록 도 5b와 관련하여 전술한 바와 같이 가상 디스

플레이 평면(1022)에 배치될 수 있다. 다시 말해서, 도 2a에 도시된 것과 유사한 보정 광학 요소가 사용되어 관찰자(1050 및 1350) 모두가 정확한 깊이로 홀로그래픽 표면(1017A 및 1018A)을 볼 수 있다면, 이들은 라이트 필드 디스플레이(1001)로부터 홀로그래픽 표면의 라이트 필드 렌더링이 도 2b에 도시된 바와 같이 화면 평면(1021) 주위의 깊이를 반전시키고 U-V 좌표의 극성을 반전시키는 단계를 포함하는지 여부에 따라 평면(1022 또는 1137)에 배치될 수 있다.

[0048]

도 7은 도 5b의 홀로그래픽 시스템과 동일한 홀로그래픽 시스템을 도시한 것으로, 제1 디스플레이(1001) 반대편의 다른 디스플레이(1201)의 추가 및 릴레이 시스템(108)의 개재 및 도 5b로부터의 수치 레이블링은 도 7에 적용된다. 릴레이 시스템(108)은 빔 스플리터(1205) 및 역반사기(1006A)로 구성된다. 1201이 라이트 필드 디스플레이인 경우, 라이트 필드 디스플레이(1201)는 도 1a와 관련하여 전술한 라이트 필드 디스플레이(1001)로서 구성될 수 있으며, 하나 이상의 디스플레이 표면(1202)은 복수의 광원 위치, 발광 디스플레이로부터 에너지 표면(1205)으로 이미지를 중계하는 역할을 하도록 존재하거나 존재하지 않을 수 있는 이미징 릴레이(1203), 및 에너지 표면 상의 각 광원 위치를 3차원 공간에서 특정 방향으로 투영하는 도파관(1204)의 어레이를 포함한다. 에너지 표면(1205)은 임의의 개별 발광 디스플레이 장치(1202)보다 큰 결합 해상도를 갖는 심리스 에너지 표면일 수 있고, 평면(1221)은 1201의 화면 평면이다. 1201이 전통적인 2D 디스플레이인 경우, 릴레이(1203) 및/또는 도파관(1204)이 없을 수 있다. 디스플레이(1201)는 2D 이미지(미도시) 또는 홀로그래픽 표면(1213)을 표시할 수 있다. 디스플레이(1201)에서 방사되는 투영광 경로(1231)의 추가 세트를 따른 광선은 빔 스플리터(1205)의 표면에 반사되어, 인지된 홀로그래픽 표면(1214)에서 수렴 포인트를 드러내기 위해 가상 경로(1234)를 통해 역추적되는 광선일 수 있는 중계광 경로(1233)의 추가 세트를 따른 발산 광선 그룹을 형성한다. 표시된 표면(1213)과 빔 스플리터(1205) 사이의 수직 거리 D3는 빔 스플리터와 인지된 표면(1214) 사이의 수평 거리와 실질적으로 동일하다. 관찰자(1050)는 홀로그래픽 표면(1017A, 1018A), 및 디스플레이(1201)가 라이트 필드 디스플레이인지 여부에 따라 홀로그래픽일 수 있거나 아닐 수 있는 표시된 표면(1214)을 볼 것이다. 2D 디스플레이를 1201로서 사용하면, 디스플레이(1201)와 빔 스플리터(1205) 사이의 거리에 따라 관찰자(1050)로부터 임의의 합리적인 거리에 배치될 수 있는 균일한 배경 이미징 평면을 생성할 수 있다. 시차 요소(1207)는 디스플레이(1201)로부터 광의 일부 또는 전부를 차단하기 위해 1201의 화면 평면으로부터 거리(1210)를 두고 디스플레이(1201)의 경로에 배치될 수 있고, 백라이트, 투명 디스플레이, 실제 물리적 표면 등이 없는 액정 디스플레이의 일부 형태를 취할 수 있다. 시차 장벽(1207)은 홀로그래픽 표면(1017A) 또는 홀로그래픽 표면(1018A)이 1214를 폐색하고 양자의 이미지가 동시에 표시되기를 원하지 않는 경우에 표면(1214)의 일부를 차단하는 데 사용될 수 있다. 시차 장벽(1207)이 하나 이상의 편광자 및 액정(LC) 층을 포함하는 LCD 패널의 일부인 경우, 빔 스플리터는 1207을 통과하는 편광된 광의 100%를 반사하도록 선택되는 편광 빔 스플리터일 수 있다. 유사하게, 시차 장벽(1208)은 디스플레이(1001)로부터 광의 전부 또는 일부를 차단하기 위해 거리(1211)를 두고 디스플레이(1001) 위에 배치될 수 있고, 백라이트, 투명 디스플레이, 실제 물리적 표면 등이 없는 액정 디스플레이의 일부 형태를 취할 수 있다. 도 7과 관련한 전술한 바에서 다양한 실시예는 도 4c-4d 및 도 5c-5e의 것을 포함하는 본 개시내용의 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 다른 실시예에서 부분적으로 또는 전체적으로 구현될 수 있음을 이해해야 한다. 예를 들어, 전술한 제2 디스플레이(1201) 및 시차 요소(1207 및 1208)는 도 4c-4d 및 도 5c-5e에 설명된 바와 같이 적어도 하나의 오목 거울을 포함하는 릴레이 시스템과 함께 작동하도록 구현될 수 있다.

[0049]

도 8a에는 도 6의 홀로그래픽 시스템(110)과 동일한 홀로그래픽 시스템이 도시되어 있고, 제1 디스플레이(1001) 반대편의 다른 디스플레이(1201)의 추가 및 릴레이 시스템(109)의 개재 및 도 6로부터의 넘버링 레이블링은 도 8a에 적용된다. 디스플레이(1201)가 라이트 필드 디스플레이인 경우, 라이트 필드 디스플레이(1201)는 도 7과 관련하여 전술한 라이트 필드 디스플레이(1001)로서 구성될 수 있다. 디스플레이(1201)는 2D 이미지(미도시) 또는 홀로그래픽 표면(1213)을 표시할 수 있다. 디스플레이에서 방사되는 투영광 경로(1231)의 추가 세트를 따른 광선은 투과 반사기(1305)의 표면에서 부분적으로 반사되어, 중계광 경로(1332)의 추가 세트를 따른 발산 광선 그룹을 형성할 수 있다. 광선(1231)은 또한 투과 반사기(1305)를 통과하고, 반사를 겪고, 수렴하여 중계된 홀로그래픽 표면(1314)을 형성하는 투과광 경로(1333)의 세트를 따라 광선으로서 방사될 수 있다. 표시된 표면(1213 및 1305) 사이의 수직 거리 D3는 표면(1305)과 중계된 홀로그래픽 표면(1314) 사이의 수평 거리와 실질적으로 동일할 수 있다. 관찰자(1050)는 홀로그래픽 표면(1017A, 1018A), 및 1201이 라이트 필드 디스플레이인지 여부에 따라 홀로그래픽일 수 있거나 아닐 수 있는 표시된 표면(1314)을 볼 것이다. 2D 디스플레이를 1201로서 사용하면, 디스플레이(1201)와 투과 반사기(1305) 사이의 거리에 따라 관찰자(1050)로부터 임의의 합리적인 거리에 배치될 수 있는 균일한 배경 이미징 평면을 생성할 수 있다. 시차 요소(1207)는 디스플레이(1201)로부터 광의 일부 또는 전부를 차단하기 위해 1201의 화면 평면으로부터 거리(1210)를 두고 디스플레이(1201)의 경로에 배치될 수 있고, 백라이트, 투명 디스플레이, 실제 물리적 표면 등이 없는 액정 디스플레이의 일부 형태를 취할 수

있다. 시차 요소(1207)는 홀로그래픽 표면(1017A) 또는 홀로그래픽 표면(1018A)이 1214를 폐색하고 양자의 이미지가 동시에 표시되기를 원하지 않는 경우에 표면(1314)의 일부를 차단하는 데 사용될 수 있다. 유사하게, 시차 요소(1208)는 디스플레이(1001)로부터 광의 전부 또는 일부를 차단하기 위해 거리(1211)를 두고 디스플레이(1001) 위에 배치될 수 있고, 백라이트, 투명 디스플레이, 실제 물리적 표면 등이 없는 액정 디스플레이의 일부 형태를 취할 수 있다. 1201이 라이트 필드 디스플레이인 경우에 시차 요소(1207 및 1208)는 폐색 문제를 피하는 데 필요하지 않을 수 있는데, 그 이유는 양자의 라이트 필드 디스플레이의 조정된 렌더링이 폐색을 피하기 위해 사용될 수 있기 때문이다. 일반적으로, 중간 평면(1137) 또는 가상 화면 평면(1337)에는 아무것도 배치되지 않을 것이다. 그러나, 도 2a로부터의 보정 광학 요소(20) 또는 각도 4D 라이트 필드 좌표(U, V)의 극성을 반전시키는 유사한 구성은 평면(1337)이 아닌 평면(1137)에, 또는 평면(1137)이 아닌 평면(1337)에, 또는 두 위치 모두에 배치될 수 있거나, 또는 어느 것에도 배치되지 않을 수 있다. 또한, 평면(1337 및 1137)에서 보정 광학 장치(20)는 모두 투과 반사기(1305)로부터 더 가깝게 또는 더 멀리 이동될 수 있다. 또 다른 옵션은 라이트 필드 디스플레이(1001)의 화면 평면(1021) 바로 위에 배치된 U, V 좌표의 극성을 반전시키는 도 2a의 보정 광학 장치(20) 또는 유사한 구성을 갖는 것이다. 마지막으로, 시스템(130)은 투과 반사기(1305) 대신 거울을 사용하여 구축될 수 있으며, 이는 1305의 좌측의 관찰자(1050) 및 1305의 우측에 위치한 관찰자(미도시)에서 2개의 독립적인 뷰를 생성할 수 있고, 각 관찰자는 단지 단일 디스플레이로부터 홀로그래픽 표면을 볼 수 있다. 도 8a와 관련한 전술한 바에서 다양한 실시예는 도 4c-4d 및 도 5c-5e의 것을 포함하는 본 개시내용의 홀로그래픽 디스플레이 시스템의 다른 실시예에서 부분적으로 또는 전체적으로 구현될 수 있음을 이해해야 한다. 예를 들어, 전술한 추가 디스플레이(1201) 및 시차 요소(1207 및 1208)는 도 4c-4d 및 도 5c-5e에 설명된 바와 같이 적어도 하나의 오목 거울을 포함하는 릴레이 시스템과 함께 작동하도록 구현될 수 있다.

[0050] 도 8b는 폐색 처리를 수행하기 위해 도 8a의 시차 장벽을 사용하는 일 실시예를 도시하고 있다. 도 8a의 레이블은 이러한 도면에 적용된다. 시차 장벽(1207)의 일부(1367)는 투영된 표면(1213)의 일측으로부터 광(1361)을 차단하도록 활성화될 수 있다. 표면(1213)으로부터의 직교 광선(1362)만이 도시되어 있고, 이들은 투과 반사기(1305)로부터 관찰자(1050)에게 도달하는 광선(1364)으로 부분적으로 반사된다. 광선(1362)은 1305에 의해 부분적으로 투과되고 투영된 홀로그래픽 표면(1366)을 형성하는 광선(1363)으로 방사된다. 중계된 홀로그래픽 이미지(1366)의 차단된 부분(1365)에 대응하는 표면(1213)의 부분으로부터의 차단된 광선(1361)은 관찰자(1050)에게 실질적으로 보이지 않는다.

[0051] 도 8c는, 실질적으로 모든 광선이 투과 반사기(1305)의 우측의 관찰자(1350)에게 도달하지만 1305의 좌측의 관찰자(미도시)에게 도달할 광선의 일부는 생략된, 도 8a에 도시된 것과 유사한 시스템의 일 실시예를 도시하고 있다. 도 8a의 레이블은 이러한 도면에 적용된다. 관찰자(1350)는 1305로부터 반사된 발산 광선(1337)을 통해 홀로그래픽 표면(1018A)을 인지할 것이고, 1305로부터 반사된 발산 광선(1331)을 통해 홀로그래픽 표면(1017A)을 인지할 것이다. 디스플레이(1201)가 홀로그래픽 디스플레이인 경우, 홀로그래픽 표면(1213)은 홀로그래픽 표면(1314)으로 중계될 것이고, 관찰자(1350)는 전경에서 1314를 볼 것이고 배경에서 홀로그래픽 표면(1017A 및 1018A)을 볼 것이다. 디스플레이(1201)가 2D 디스플레이인 경우, 관찰자(1350)는 편평한 전경 이미지를 볼 것이고 배경에서 홀로그래픽 표면(1017A 및 1018A)을 볼 것이다. 도 8a에 대해 논의된 바와 같이, 1201이 라이트 필드 디스플레이인 경우, 폐색 처리는 2개의 라이트 필드(1001 및 1201)를 조정함으로써 또는 시차 장벽(1207 및/또는 1208)을 사용함으로써 수행될 수 있다. 1201이 2D 디스플레이인 경우, 폐색 처리는 시차 장벽(1207 및/또는 1208)을 사용하여 수행될 수 있다.

[0052] 도 8d는 도 8a 및 8b에 도시된 디스플레이 시스템의 추상화를 나타낸 일 실시예를 도시하고 있다. 디스플레이(1001)는 관찰자(1050)가 1305의 전방에서 보는 표면(1018A)으로 투과 반사기에 의해 중계되는 홀로그래픽 표면(1016A)을 투영한다. 디스플레이(1201)는 관찰자(1050)가 투과 반사기(1305)의 후방에서 보는 표면(1314)으로 1305에 의해 중계되는 홀로그래픽 표면(1213)을 투영한다. 부분적으로 또는 완전히 둘러싸인 투과 반사기 표면(1305)을 포함하는 일 실시예를 통해 모든 각도에서 관찰자는 확장된 관측 볼륨에서 홀로그래픽 표면을 볼 수 있다.

[0053] 도 8e는 적어도 부분적으로 둘러싸인 투과 반사기 표면을 갖는 투과 반사기(1605)가 있는 도 8d의 시스템의 일 실시예이다. 일 실시예에서, 반사기 표면은 모든 각도에서 관찰자가 확장된 관측 볼륨에서 홀로그래픽 표면을 볼 수 있게 구성된 원추형 기하학적 구조를 가질 수 있다. 투과 반사기(1605)는 2면 코너 반사기 어레이(DCRA)일 수 있으며, 이는 복수의 2면 코너 반사기로 구성된 광학 이미징 요소로서, 도 4a에 도시된 바와 같이 서로 직교하게 배향되는 밀접하게 이격된 평행 거울면의 두 박형 층으로 구현될 수 있다. 또 다른 예는 코너 반사기 마이크로미러 어레이이다. 홀로그래픽 표면(1213)은 라이트 필드 디스플레이(1201)에 의해 투영되고, 투과성 원

뿔형 반사기에 의해 관측 가능한 위치(1314)로 중계된다. 유사하게, 1016A는 디스플레이(1001)에 의해 투영되고 관측 가능한 표면(1018A)으로 중계된다. 이러한 구성을 통해 홀로그래픽 표면의 배열은 투영되고, 디스플레이 주위의 360도 전체인 홀로그래픽 뿔의 외부 및 내부 상의 위치로 중계될 수 있다. 1050에 표시된 것과 유사한 여러 관찰자는 디스플레이 주위의 여러 위치에서 가능하다. 일 실시예에서, 투과 반사기(1605)의 원추면은 디스플레이(1001 또는 1201)의 중심과 정렬된 정점(1610)을 가질 수 있다. 폐색 처리는 도 8a 및 8c에 대해 논의된 바와 같이 양자의 디스플레이(1201 및 1001)로부터 표면의 투영을 조정함으로써 수행될 수 있다. 투과 반사기(1605)는 도시된 바와 같이 뿔형 형상, 4개 이상의 평면 측면을 갖는 규칙적인 피라미드, 맞춤형 형상일 수 있고, 완전히 또는 부분적으로 둘러싸일 수 있다.

[0054] 일 실시예에서, 투과 반사기는 정점(1810) 및 다각형 베이스(1815)를 갖도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 8f는 피라미드형 투과 반사기 표면(1805)을 갖는 도 8e에 도시된 것과 유사한 시스템의 일 실시예를 도시하고 있다. 일 실시예에서, 투과 반사기(1805)의 정점(1810)은 디스플레이(1001 또는 1201)의 중심과 정렬될 수 있다.

[0055] 본원에 개시된 원리에 따른 다양한 실시예를 위에서 설명하였지만, 이는 제한적이지 않은 단지 예로서 제시된 것임을 이해해야 한다. 따라서, 본 발명(들)의 폭 및 범위는 전술한 예시적인 실시예 중 임의의 실시예에 의해 제한되어서는 안 되며, 오직 본 개시내용으로부터 공표되는 청구범위 및 그의 등가물에 따라 규정되어야 한다. 더 나아가, 전술한 장점 및 특징은 설명된 실시예에서 제공되지만, 이러한 공표된 청구범위의 적용을 전술한 장점의 일부 또는 전부를 달성하는 프로세스 및 구조로 제한해서는 안된다.

[0056] 본 개시내용의 주요 특징은 본 개시내용의 범위를 벗어나지 않고 다양한 실시예에서 이용될 수 있음이 이해될 것이다. 당업자는 일상적인 실험만을 사용하여도 본원에 기재된 특정 절차에 대한 다수의 등가물을 인식하거나 또는 확인할 수 있을 것이다. 이러한 등가물은 본 개시내용의 범위 내에 있는 것으로 간주되며 청구범위에 포함된다.

[0057] 또한, 본원에서의 섹션 표제는 37 CFR 1.77에 따른 제안사항과의 일관성을 위해 제공되거나, 또는 그렇지 않으면 구조적 단서를 제공하기 위해 제공된 것이다. 이러한 표제는 본 개시내용으로부터 공표될 수 있는 임의의 청구범위에 기재된 발명(들)을 제한하거나 특정화하지 않는다. 구체적으로, 그리고 예로서, 이러한 청구범위는, 표제가 "발명의 분야"를 지칭하고는 있지만 소위 기술 분야를 설명하려는 그 표제 하에서의 언어에 의해 제한되어서는 안된다. 또한, "발명의 배경" 부분에서의 기술에 대한 설명은 그 기술이 본 개시내용에서의 임의의 발명(들)에 대한 선행 기술이라는 것을 인정하는 것으로 해석되어서는 안된다. "발명의 내용" 부분은 공표된 청구범위에 제시된 발명(들)의 특징으로 간주되어서는 안된다. 더욱이, 본 개시내용에서 "발명"이라고 하는 언급은 그 어떠한 것도 본 개시내용에 오직 신규성이라는 한 가지 점만 있다는 주장에 사용되어서는 안된다. 다수의 발명은 본 개시내용으로부터 공표되는 다수의 청구범위의 제한에 따라 제시될 수 있으며, 따라서 이러한 청구범위는 그에 의해 보호되는 발명(들) 및 이의 등가물을 정의한다. 모든 경우에, 이러한 청구항의 범위는 본 개시내용에 비추어 그 자체의 장점에 대해 고려되어야 하지만 본원에 기재된 표제에 의해 제약되어서는 안된다.

[0058] "하나의"라는 용어의 사용은, 청구범위 및/또는 명세서에서 "포함하는"이라는 용어와 함께 사용되는 경우, "하나"를 의미할 수도 있지만, "하나 이상", "적어도 하나", 그리고 "하나 또는 하나 초과"의 의미와 일치하는 것이기도 하다. 본 개시내용은 단지 대안과 "및/또는"만을 지칭하는 정의를 지지하기는 하지만, 청구범위에서 "또는"이라는 용어의 사용은, 명시적으로 대안만을 지칭하는 것으로 나타내거나 대안이 상호 배타적인 경우를 제외하고는, "및/또는"을 의미하는 것으로 사용된다. 본 출원의 전반에 걸쳐, 용어 "약"은 값이 장치에 대한 오차의 고유한 변화를 포함하는 것을 나타내는 데 사용되며, 그 값, 또는 연구 주제 사이에 존재하는 변동을 결정하기 위한 방법이 이용된다. 전술한 논의에 종속되지만 일반적으로, "약" 또는 "실질적으로"와 같은 근사의 단어에 의해 수식된 본원에서의 값은 언급된 값으로부터 적어도 $\pm 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 12$, 또는 15%만큼 변경될 수 있다.

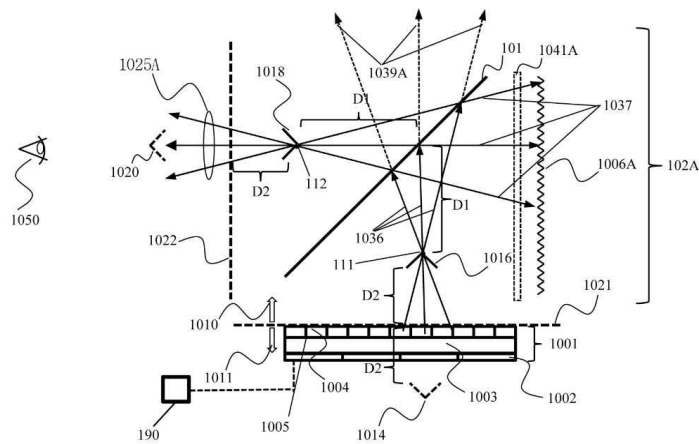
[0059] 본 명세서 및 청구항(들)에서 사용된 바와 같이, "포함하는"(및 임의의 형태의 포함하는, 이를테면 "포함하고" 및 "포함한다"), "갖는"(및 임의의 형태의 갖는, 이를테면 "갖다" "가진다"), "포함되는"(및 임의의 형태의 포함되는, 이를테면 "포함되고" 및 "포함된다"), 또는 "함유하는"(및 임의의 형태의 함유하는, 이를테면 "함유하고" 및 "함유한다")은 포괄적이거나 확장 가능하며, 부가적인 언급되지 않은 요소나 방법 단계를 배제하지 않는다.

[0060] "~하는 때에", "등가의", "~하는 동안", "완료" 등과 같은 비교, 측정, 및 타이밍의 단어는 "실질적으로 ~하는 때에", "실질적으로 등가의", "실질적으로 ~하는 동안", "실질적으로 완료" 등을 의미하며, 여기서, "실질적으로"는 이러한 비교, 측정, 및 타이밍이 묵시적으로 또는 명시적으로 언급된 원하는 결과를 달성하기 위해 실행

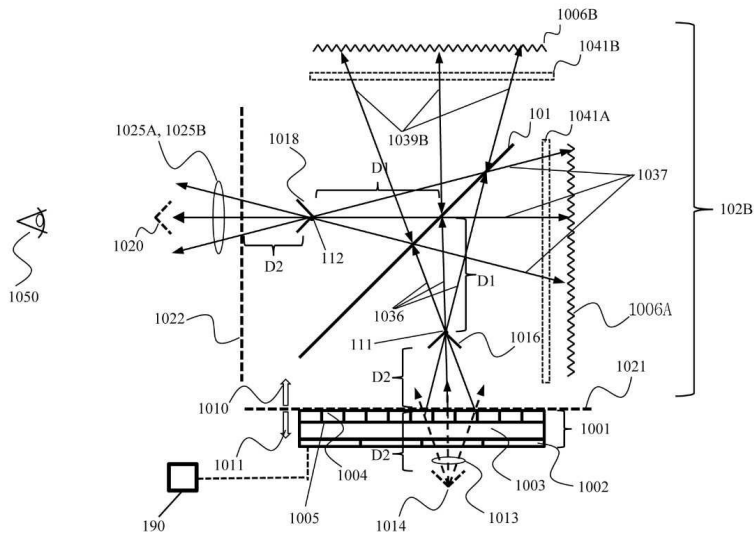
가능하다는 것을 의미한다. "근처", "근접" 및 "인접"과 같은 요소의 상대적 위치와 관련된 단어는 각각의 시스템 요소 상호 작용에 물리적인 영향을 미치기에 충분히 가깝다는 것을 의미하는 것이다. 이와 유사하게, 그 밖에도 근사라는 단어는, 그렇게 수식될 때 반드시 절대적이거나 완전하지 않은 것으로 이해되는 조건이기는 하지만 당업자가 그러한 조건이 존재한다고 나타내는 것을 보증할 수 있도록 하기에 충분히 가깝다고 생각되는 조건을 지칭한다. 설명이 변경될 수 있는 정도는 변경이 얼마나 크게 도입될 수 있는지에 달려 있으며, 여전히 당업자로 하여금 수정된 특징을 수정되지 않은 특징의 원하는 특성 및 능력을 여전히 가지는 것으로 인식하게 하는 것이다.

도면

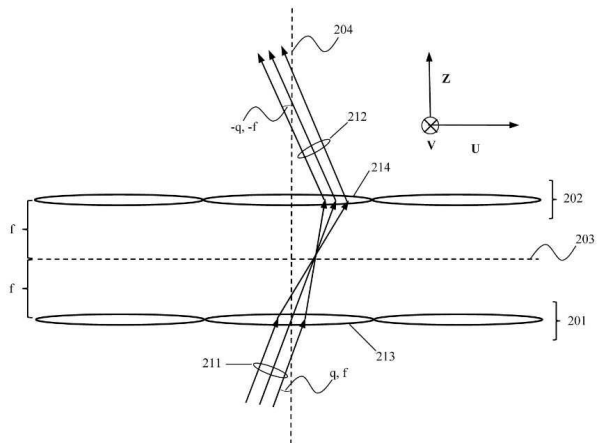
도면1a



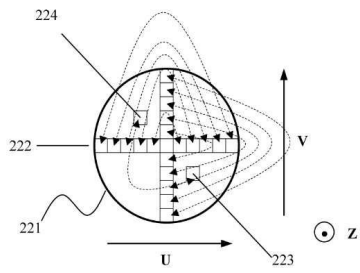
도면1b



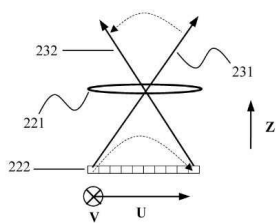
도면2a



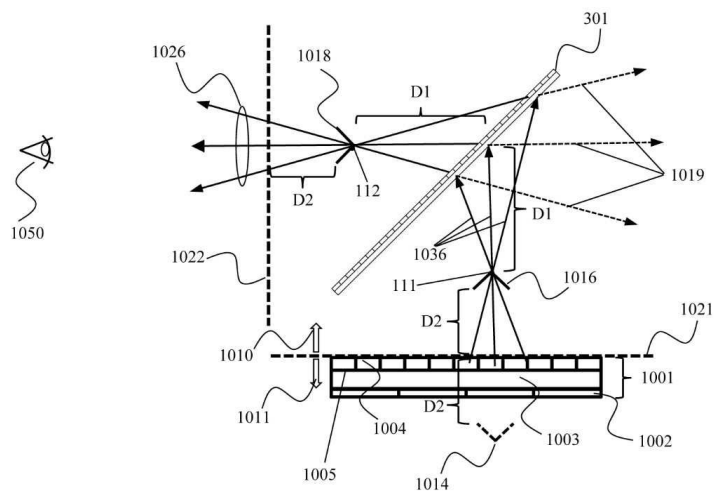
도면2b



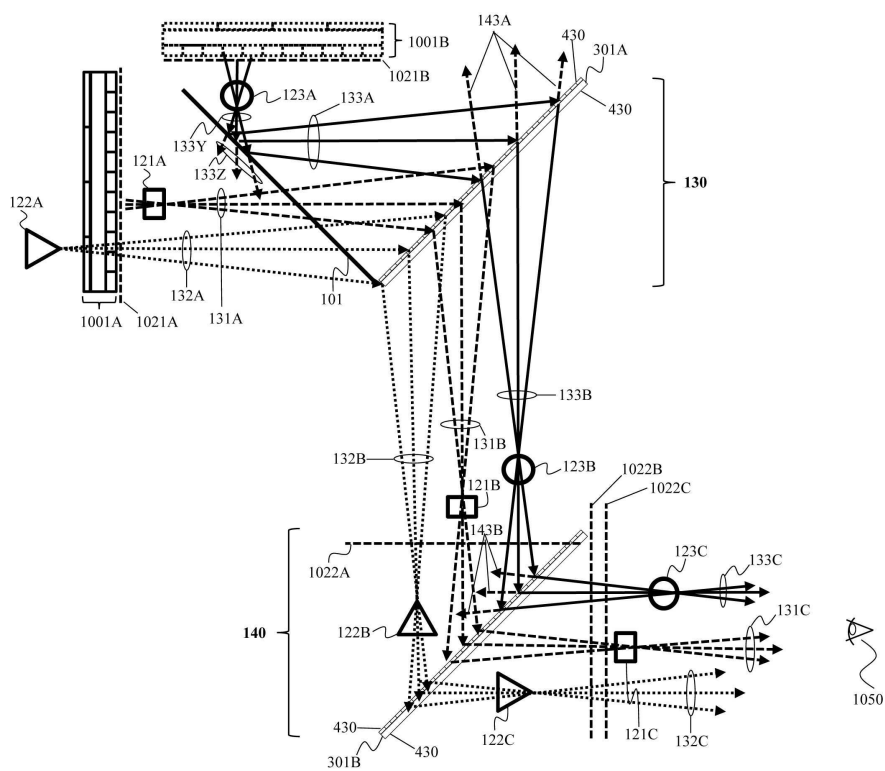
도면2c



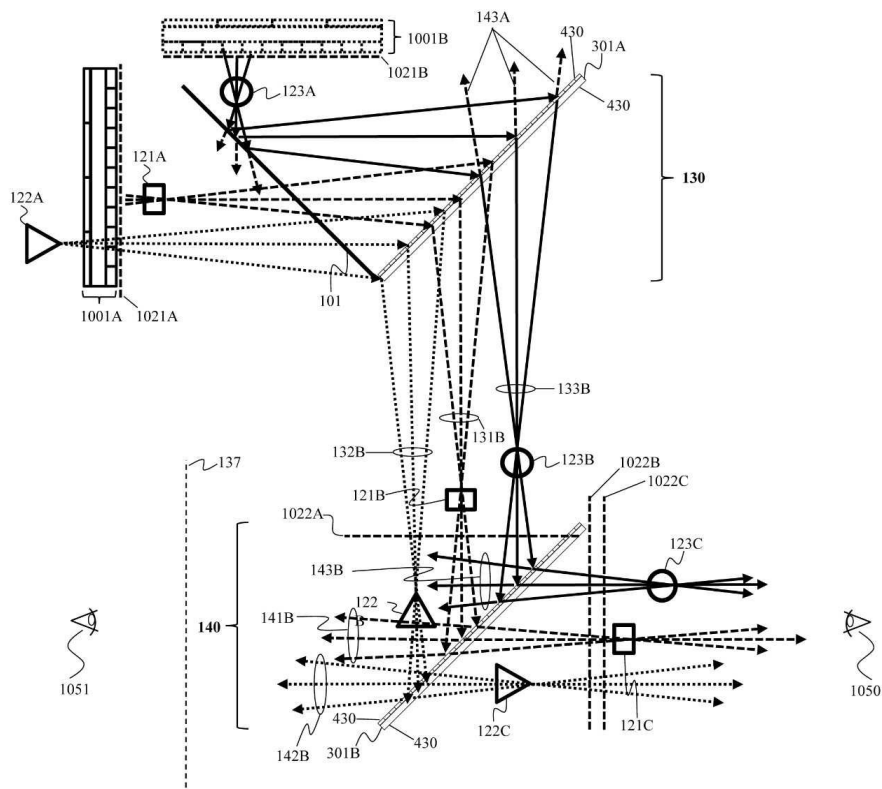
도면 3a



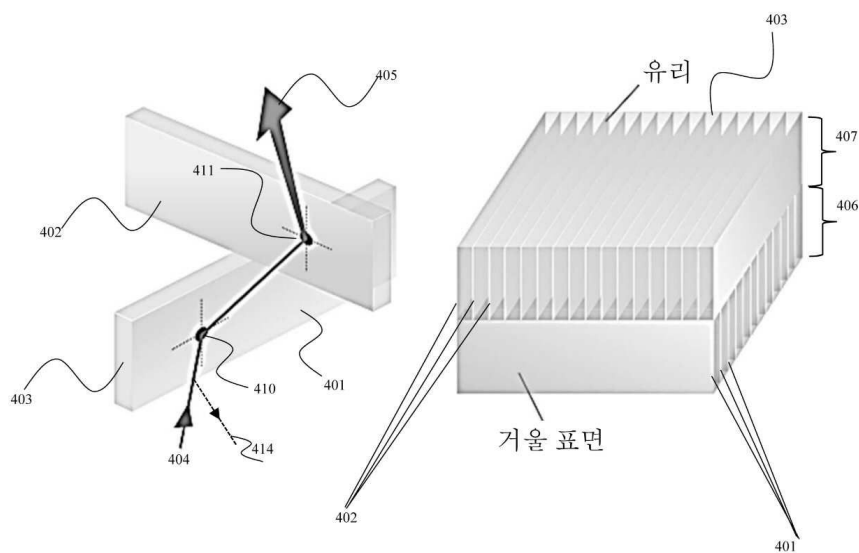
도면3b



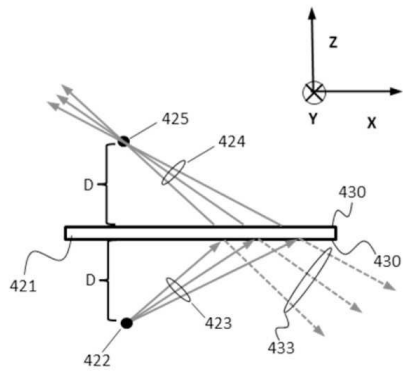
도면3c



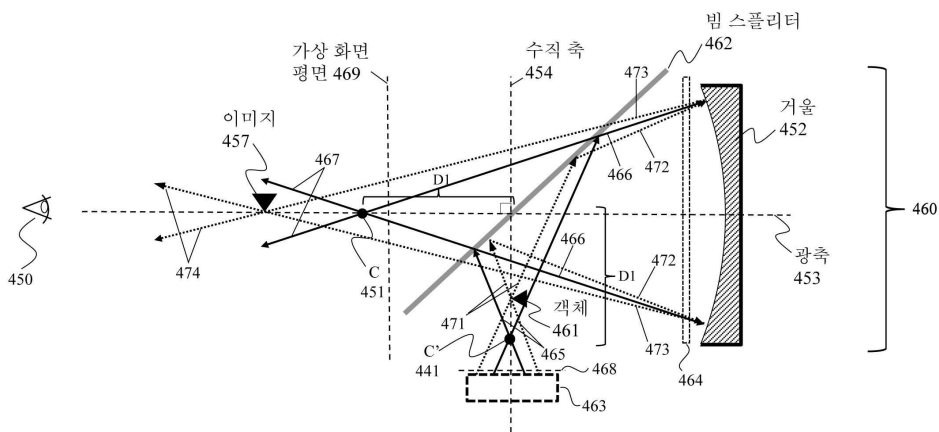
도면4a



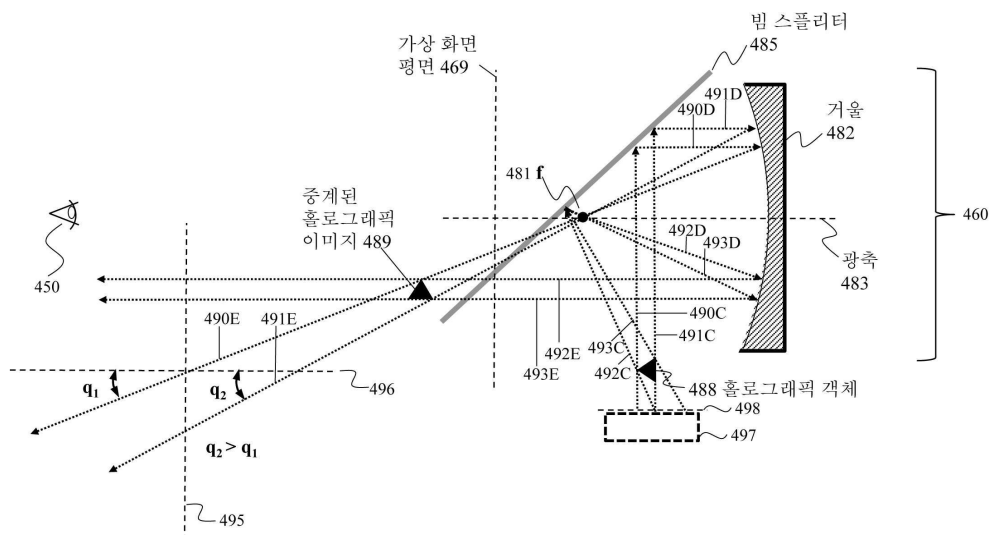
도면4b



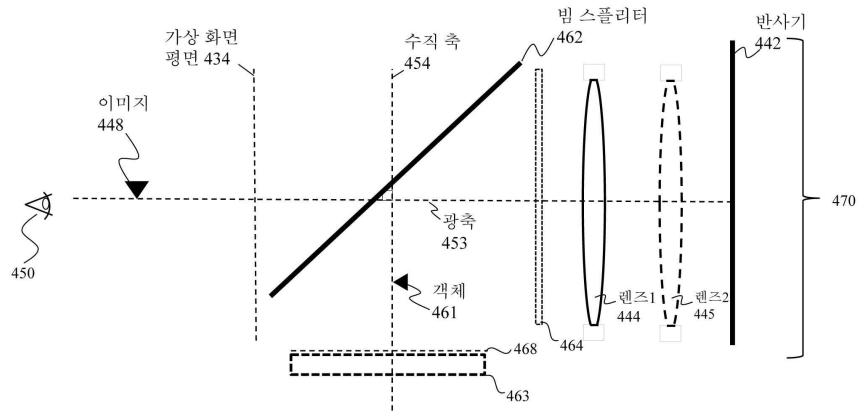
도면4c



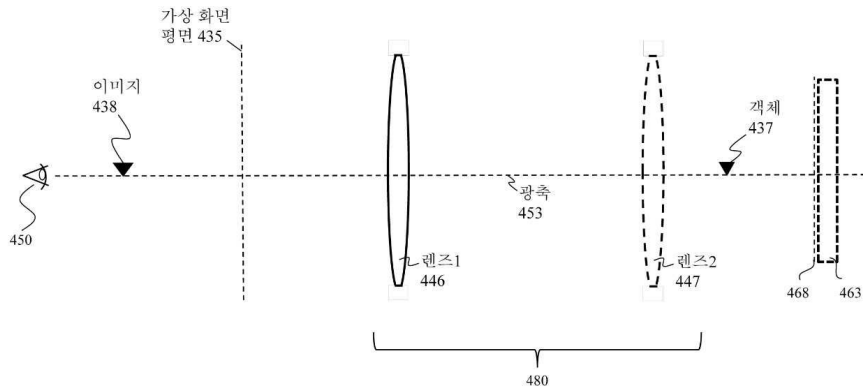
도면4d



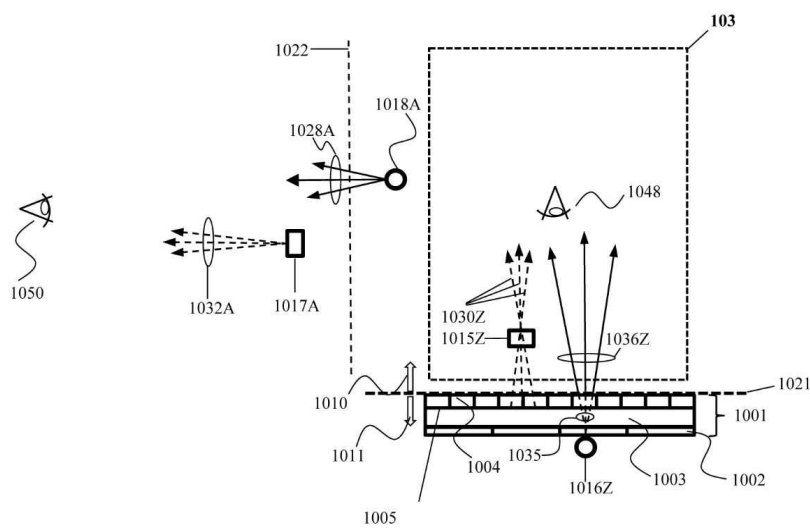
도면4e



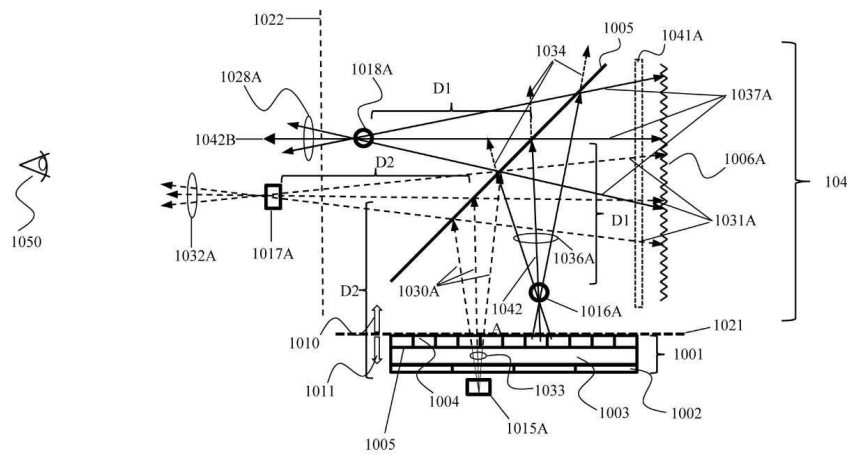
도면4f



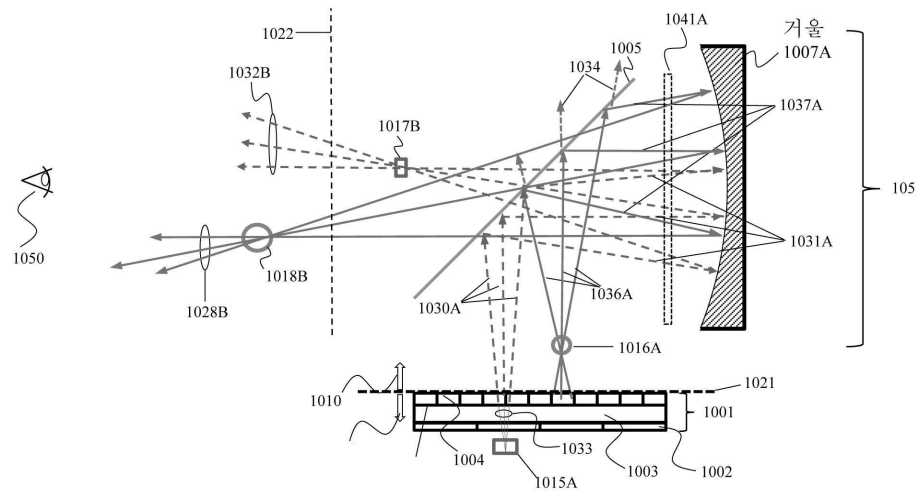
도면5a



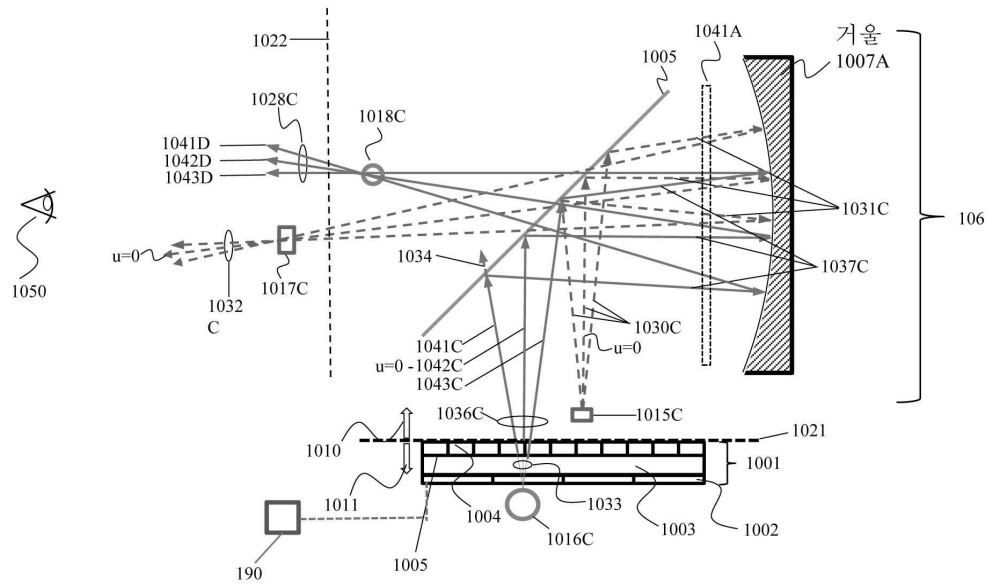
도면5b



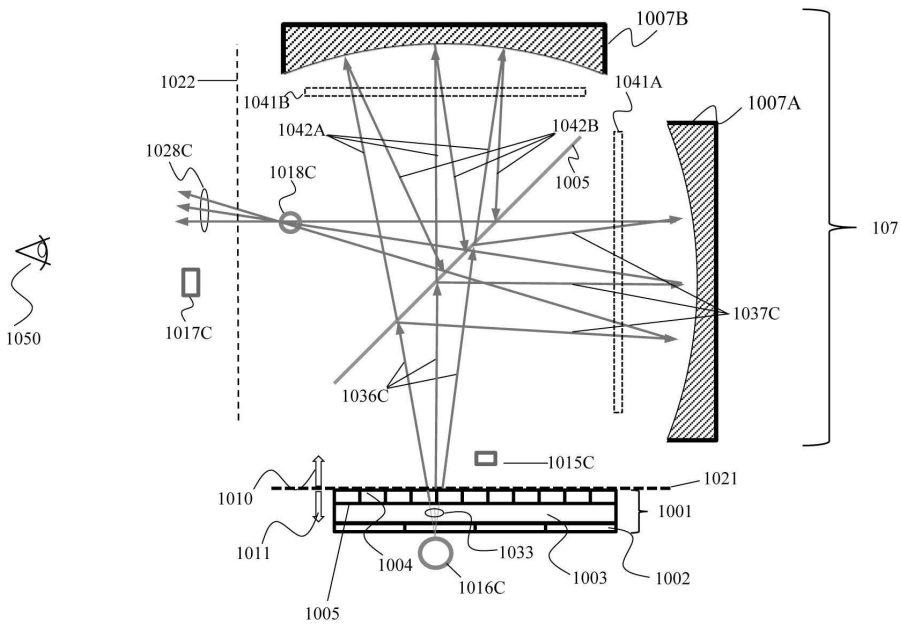
도면5c



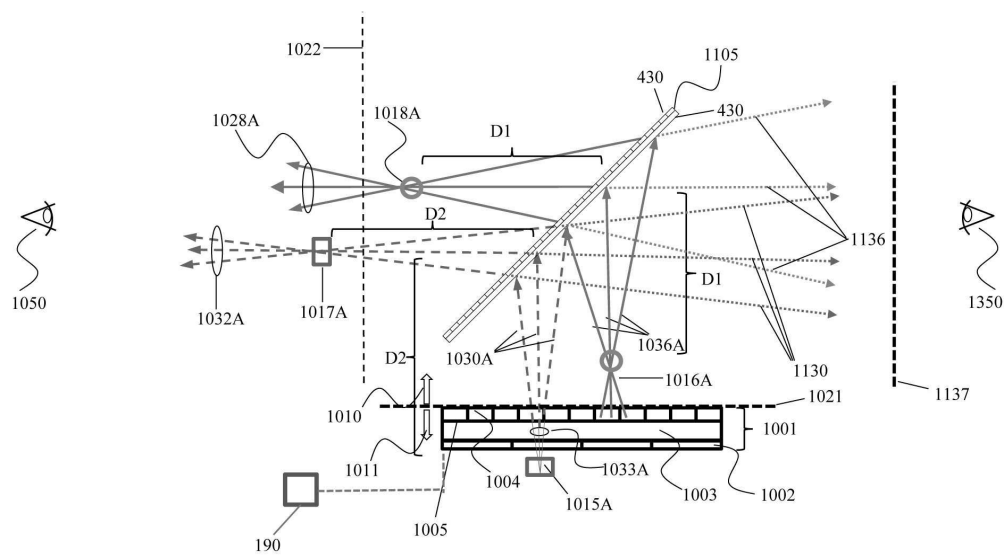
도면5d



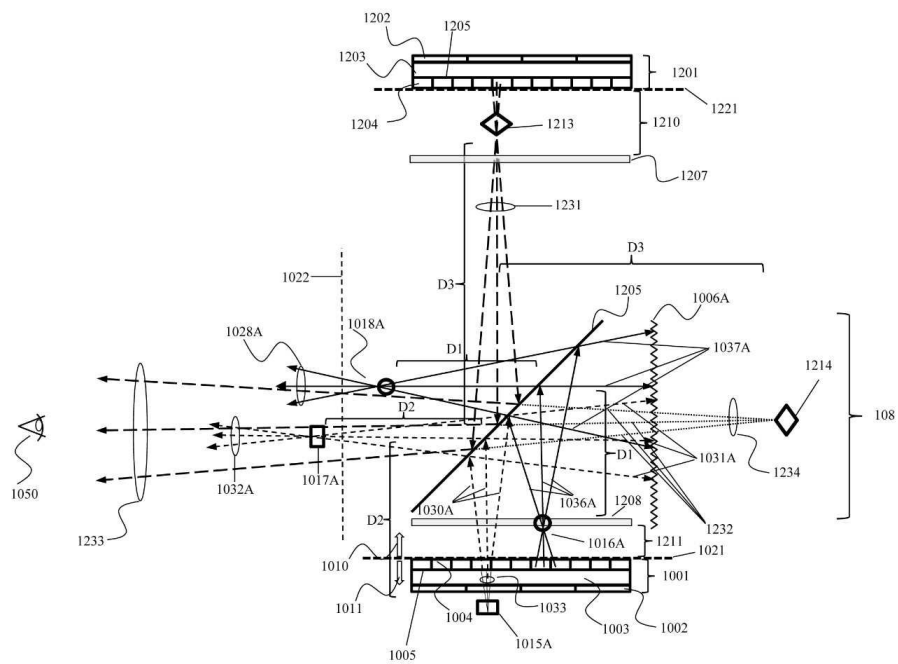
도면5e



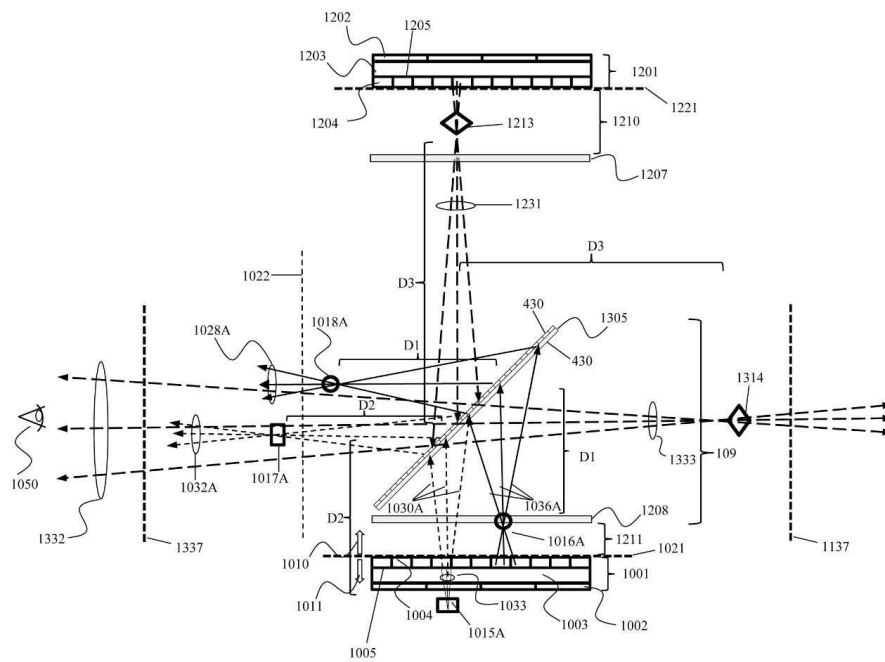
도면6



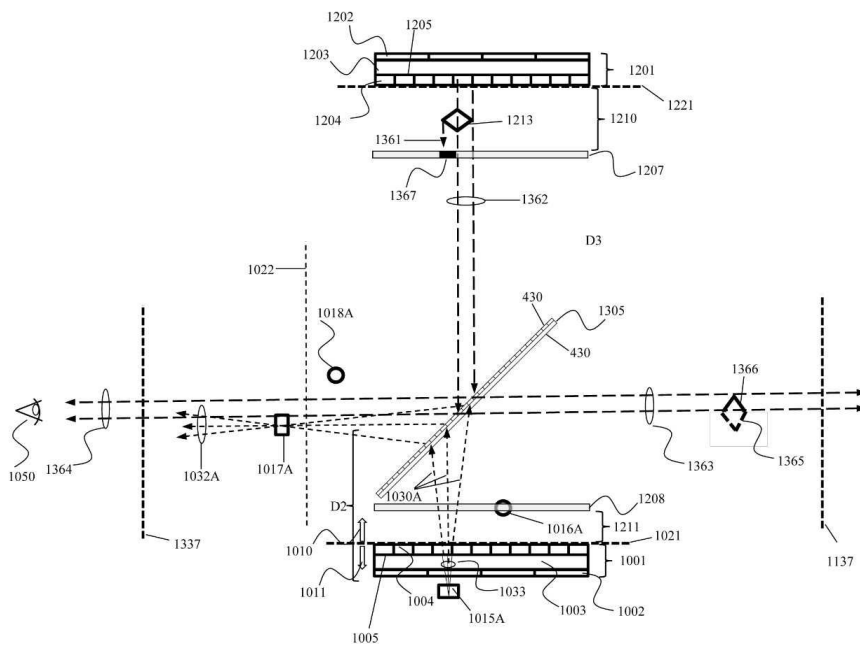
도면7



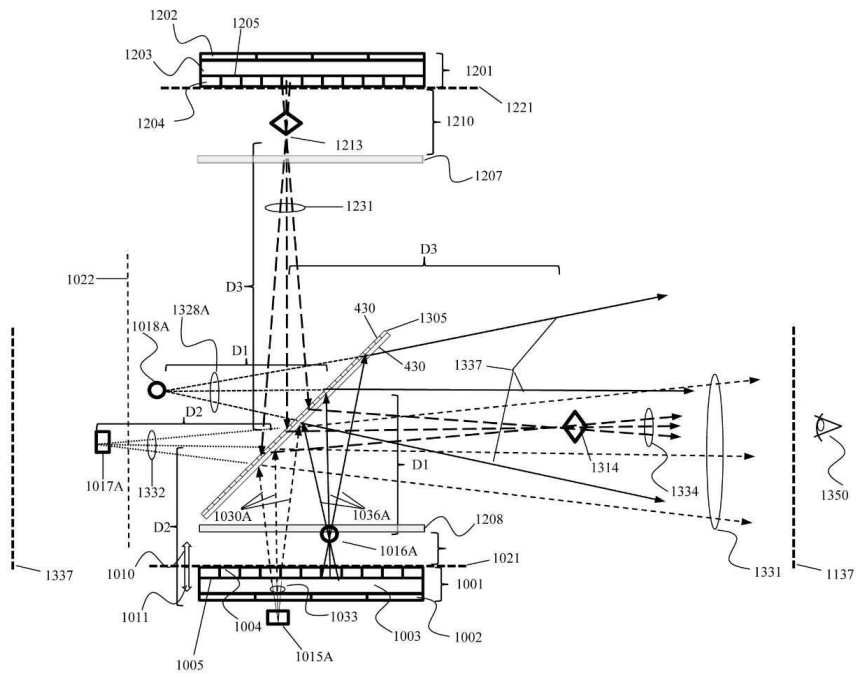
도면8a



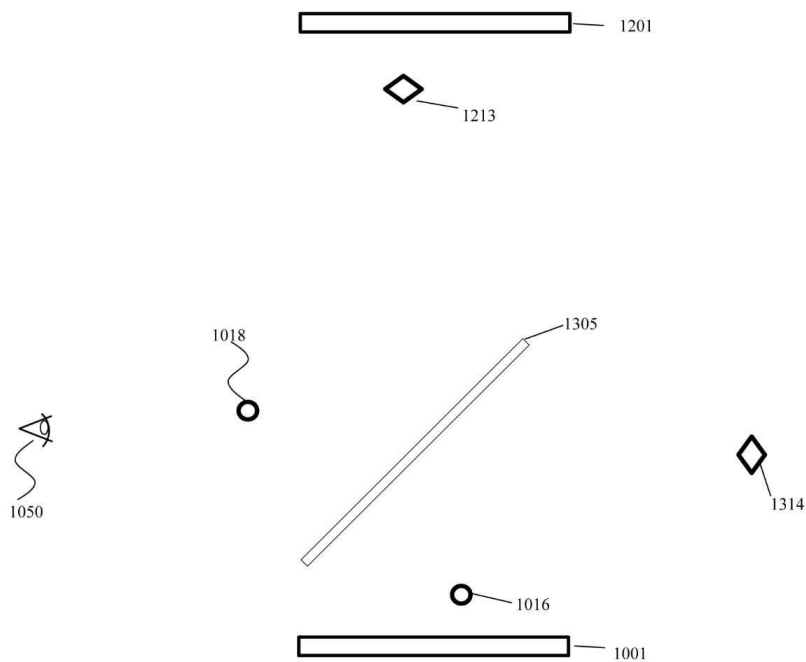
도면8b



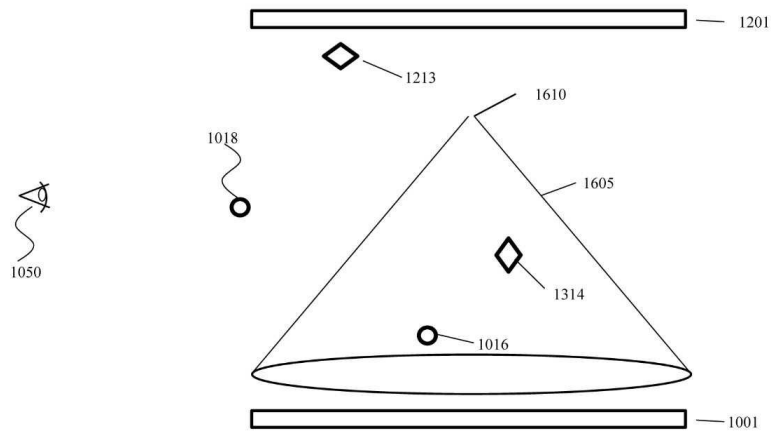
도면8c



도면8d



도면8e



도면8f

