

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2022년 1월 13일 (13.01.2022)



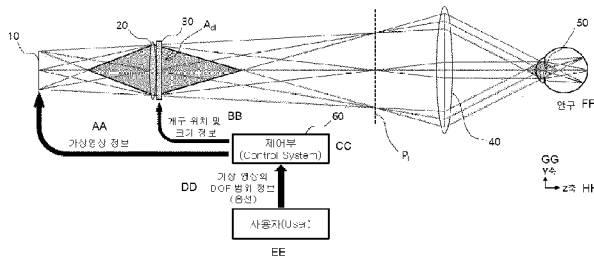
(10) 국제공개번호
WO 2022/010070 A1

- (51) 국제특허분류: *H04N 13/337* (2018.01) *H04N 13/322* (2018.01)
H04N 13/341 (2018.01) *G02B 30/24* (2020.01)
H04N 13/383 (2018.01) *G02B 30/25* (2020.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2021/003528
- (22) 국제출원일: 2021년 3월 22일 (22.03.2021)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2020-0083211 2020년 7월 7일 (07.07.2020) KR
10-2021-0006699 2021년 1월 18일 (18.01.2021) KR
- (71) 출원인: 한국과학기술연구원 (KOREA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [KR/KR]; 02792 서울특별시 성북구 화랑로14길 5, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 김성규 (KIM, Sung Kyu); 02792 서울특별시 성북구 화랑로14길 5, Seoul (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 티앤아이 (TNI IP LAW FIRM); 05854 서울특별시 송파구 법원로 114 엠스테이트 A동 1201호, Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: NEAR-EYE DISPLAY APPARATUS

(54) 발명의 명칭: 근안 디스플레이 장치

[도5]



- AA ... Information on virtual image
- BB ... Information on position and size of opening
- CC ... Control unit
- DD ... Information on DOF range of virtual image (option)
- EE ... User
- FF ... Eyeball
- GG ... Y axis
- HH ... Z axis

(57) Abstract: The present invention relates to a near-eye display apparatus comprising: a display; a first lens spaced a certain distance from the front surface of the display; a dynamic opening adjustment element which is adjacent to the first lens and dynamically controls the size of an opening of the first lens and the horizontal position and size of the opening on a plane perpendicular to the optical axis; a primary optical lens spaced a certain distance from the first lens; and a control unit for controlling the dynamic opening adjustment element. The pupil of an eyeball of an observer is positioned at an exit pupil spaced a certain distance from the primary optical lens, and the size and horizontal position of the exit pupil are adjusted according to the size and horizontal position of the opening of the dynamic opening adjustment element which are adjusted according to a control signal of the control unit.

(57) 요약서: 본 발명은 근안 디스플레이 장치에 관한 것으로, 디스플레이, 디스플레이의 전면에 일정 간격 이격하여 배치된 제1 렌즈, 제1 렌즈에 인접 배치되어 제1 렌즈의 개구 크기와 광축에 수직인 평면상의 개구의 수평위치와 크기를 동적으로 제어하는 동적 개구 조절 소자, 제1 렌즈로부터 일정 간격 이격하여 배치된 주 광학렌즈 및, 동적 개구 조절 소자를 제어하는 제어부를 포함하며, 주 광학렌즈로부터 일정 간격 이격하여 배치되는 출사동에 관찰자의 안구 동공이 위치하고, 상기 출사동의 크기와 수평위치는 제어부의 제어 신호에 따라 조절되는 동적 개구 조절 소자의 개구 크기와 수평위치에 따라 변경된다.

WO 2022/010070 A1

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 근안 디스플레이 장치

기술분야

- [1] 본 발명은 3차원 시차영상을 동적으로 제공하면서 다초점을 구현할 수 있는 근안 디스플레이 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 한국등록특허 제10-0617396호(이하, 특허문헌 1이라 함)는 3차원 영상 표시장치로서, 눈의 동공 최소 직경 내에 2개 이상의 시차영상을 제공할 수 있다. 그러나, 상기 특허문헌 1에는 동공 내에 적어도 2개 이상의 시차영상을 제공하기 위하여, 레이저 광원, 광 확산기, 광 변조기를 포함하는 시차영상 제공부와, 편홀, 렌즈 등을 포함하는 시차영상 수렴부를 구성해야 하므로, 크기와 부피의 제약이 따르는 문제점이 있다.
- [3] 한국등록특허 제10-1059763호(이하, 특허문헌 2라 함)는 3차원 영상 디스플레이 장치로서, 2개 이상의 투사광학계를 배열하여 완전시차 영상을 제공할 수 있다. 그러나, 상기 특허문헌 2는 이산적으로 분포된 선택적 광원과 평판 패널과 선택적 개폐식 개구의 2차원 배열 그리고 투과형 마이크로 디스플레이 그리고 최소 3개의 렌즈를 이용하여 부피를 상용 수준의 HMD 크기를 달성하기가 어렵다.
- [4] 한국등록특허 제10-1919486호(이하, 특허문헌 3이라 함) 또한 다초점을 구현할 때 복수의 IP용 렌즈 또는 개구, 또는 그 조합을 이용하므로, 각 시점 영상의 해상도 저하가 발생하게 된다. 상기 특허문헌 3은 동일 마이크로 디스플레이 패널에 여러 개의 IP용 렌즈 또는 편홀 배열을 이용하여 해상도를 공간적으로 분할하여 사용하므로 VR/MR/AR 장치로 사용시에 각 시차 영상의 해상도 저하가 크게 나타난다.
- [5] 즉, 상기 특허문헌 3은 디스플레이 영역을 일부 분할하고, 렌즈 배열을 사용하여 가상영상을 제공하기 때문에, 복수의 시차영상을 제공하지만 고화질의 가상영상은 제공하기 어렵다.

[6] [선행기술문헌]

[7] [특허문헌]

[8] (특허문헌 1) 한국등록특허 제10-0617396호(2006.08.31 등록)

[9] (특허문헌 2) 한국등록특허 제10-1059763호(2011.08.26 등록)

[10] (특허문헌 3) 한국등록특허 제10-1919486호(2018.11.19 등록)

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [11] 본 발명의 목적은 렌즈에 인접 배치된 동적 개구를 통해 렌즈를 통과하는 광폭의 크기와 위치를 제어하여 관찰자 안구위치에서 형성되는 가상영상의

수렴영역의 위치 및 크기를 조절함에 있다.

- [12] 본 발명의 다른 목적은 디스플레이 전체 해상도를 사용하여 렌즈와 동적 개구를 통하여 형성되는 가상영상을 관찰자 안구 위치에 제공하는 것이다.

기술적 해결방법

- [13] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일측면은, 디스플레이, 상기 디스플레이의 전면에 일정 간격 이격하여 배치된 제1 렌즈, 상기 제1 렌즈에 인접 배치되어 상기 제1 렌즈의 개구 크기와 광축에 수직한 평면상의 개구의 수평위치와 크기를 동적으로 제어하는 동적 개구 조절 소자, 상기 제1 렌즈로부터 일정 간격 이격하여 배치된 주 광학렌즈 및, 상기 동적 개구 조절 소자를 제어하는 제어부를 포함하며, 상기 주 광학렌즈로부터 일정 간격 이격하여 배치되는 출사동에 관찰자의 안구 동공이 위치하고, 상기 출사동의 크기와 수평위치는 상기 제어부의 제어 신호에 따라 조절되는 상기 동적 개구 조절 소자의 개구 크기와 수평위치에 따라 변경되는, 근안 디스플레이 장치이다.
- [14] 바람직하게, 상기 출사동의 크기가 관찰자의 동공 크기보다 작은 2mm 이내가 되도록 상기 동적 개구 조절 소자의 개구 크기를 조절할 수 있다.
- [15] 바람직하게, 상기 동적 개구 조절 소자는 상기 제어부의 제어 신호에 따라 개구 크기와 수평위치를 변경할 수 있는 액정소자(LCD) 또는 전자 셔터일 수 있다.
- [16] 바람직하게, 상기 동적 개구 조절 소자의 개구 수평 위치는 2개 이상이며, 상기 제어부의 제어신호에 따라 상기 동적 개구 조절 소자의 각 수평위치의 개구가 하나의 프레임 가상 영상 내에서 순차적으로 작동하여 상기 출사동이 2개 이상 순차적으로 배치될 수 있다.
- [17] 바람직하게, 상기 제어부는 상기 동적 개구 조절 소자의 개구 위치 변경에 동기화하여 상기 디스플레이에 2개 이상의 시차 영상을 순차적으로 제공하여, 상기 출사동의 각 위치에 서로 다른 시차 영상이 배치되도록 할 수 있다.
- [18] 바람직하게, 상기 관찰자의 안구 동공 위치를 추적하는 동공 추적 장치가 구비되며, 상기 제어부는 상기 동공 추적 장치가 획득한 동공 추적 정보를 이용하여, 상기 관찰자의 안구 동공 내에 상기 출사동이 지속적으로 배치될 수 있도록 상기 동적 개구 조절 소자의 개구의 수평위치를 실시간으로 제어할 수 있다.
- [19] 바람직하게, 상기 동적 개구 조절 소자는 상기 동공 추적 장치의 관찰자 안구 동공 이동방향에 따라 재배치된 2개 이상의 개구 배치를 생성하고, 상기 제어부의 제어신호에 따라 상기 동적 개구 조절 소자의 각 수평 위치의 출사동이 관찰자 안구 이동 방향에 따라 1개의 개구가 항상 안구의 동공 이내에 배치됨으로써 하나의 시차영상 만으로 관찰자 안구 이동 방향의 출사동의 크기를 실질적으로 확장 할 수 있다.
- [20] 바람직하게, 상기 동적 개구 조절 소자는 상기 동공 추적 장치의 관찰자 안구 동공 이동방향에 따라 재배치된 2개 이상의 개구 배치를 생성하고, 상기

제어부의 제어신호에 따라 상기 동적 개구 조절 소자의 각 수평 위치의 개구가 하나의 프레임 가상 영상 내에서 순차적으로 작동하며, 상기 출사동이 관찰자 안구 이동 방향에 따라 2개 이상 순차적으로 배치됨으로써 관찰자 안구 이동 방향의 출사동의 크기를 확대할 수 있다.

- [21] 바람직하게, 상기 동적 개구 조절 소자의 2개 이상의 개구 위치는 광축에 수직한 평면에서 수평, 수직, 대각선 방향 또는 이들의 조합으로 배치될 수 있다.
- [22] 바람직하게, 상기 제어부가, 최근접 가상 영상이 안구의 초점위치에서 망막에 맺히는 영상점의 최근접 영상 흐려짐 크기와, 최외곽 가상 영상이 안구의 초점위치에서 망막에 맺히는 영상점의 최외곽 영상 흐려짐 크기가 동일하도록, 상기 최근접 및 최외곽 영상 흐려짐 크기가, 회절에 의한 영상 흐려짐 크기와, 동일한 값에서 20% 내에 있도록, 가상 영상의 영상점의 최적 위치는, 디오퍼 단위로 상기 최근접 안구의 초점위치와 상기 최외곽 안구의 초점위치의 산술평균 위치가 되도록, 설정된 최적 가상영상 위치와 초점심도범위에 따라 상기 동적 개구 소자의 개구의 크기를 조절하여, 안구의 동공위치에서 상기 출사동의 크기를 조절할 수 있다.
- [23] 바람직하게, 상기 동적 개구 조절 소자의 개구는 원형 개구 내에 원형의 광 차단 부분으로 이루어진 환 모양 개구(Annular Aperture)일 수 있다.
- [24] 바람직하게, 상기 원형 개구의 반지름이 a 이고, 상기 원형의 광 차단 부분의 반지름이 a_0 인 경우, 상기 원형 개구의 반지름과 상기 원형의 광 차단 부분의 반지름의 비가 $\beta(\equiv a_0/a)$ 로 정의될 때, 상기 β 는 0 이상 1/3 이하일 수 있다.
- [25] 바람직하게, 상기 원형 개구의 반지름이 a 이고, 상기 원형의 광 차단 부분의 반지름이 a_0 인 경우, 상기 원형 개구의 반지름과 상기 원형의 광 차단 부분의 반지름의 비가 $\beta(\equiv a_0/a)$ 로 정의될 때, 상기 β 는 0 이상 0.45 이하일 수 있다.
- [26] 바람직하게, 상기 제어부는 가상영상의 종류에 따라 설정된 최적 가상영상 위치에서 초점심도범위를 감소시키고, 해상력이 증대된 영상을 제공하기 위해 상기 동적 개구 조절 소자의 개구의 크기를 넓게 조절할 수 있다.
- [27] 바람직하게, 상기 디스플레이와 상기 제1 렌즈 사이의 거리를 조절하는 디스플레이 위치조정 소자를 더 포함하며, 상기 제어부는 설정된 최적 가상영상 위치에 따라 상기 디스플레이 위치조정 소자를 제어하여 최적 가상영상 위치를 조정할 수 있다.
- [28] 바람직하게, 상기 제1 렌즈는 상기 제어부의 제어신호에 따라 초점거리를 조절할 수 있고, 상기 제어부는 설정된 최적 가상영상 위치에 따라 상기 제1 렌즈의 초점거리를 제어하여 최적 가상영상 위치를 조정할 수 있다.
- [29] 바람직하게, 상기 관찰자의 안구 동공 초점 조절 위치를 추적하는 동공 추적 장치가 구비되며, 상기 제어부가 상기 동공 추적 장치가 획득한 동공 추적 정보를 이용하여, 관찰자의 안구의 초점조절 위치에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 상기 디스플레이 위치조정 소자를 제어할 수 있다.
- [30] 바람직하게, 상기 관찰자의 안구 동공 초점 조절 위치를 추적하는 동공 추적

장치가 구비되며, 상기 제어부가 상기 동공 추적 장치가 획득한 동공 추적 정보를 이용하여, 관찰자의 안구의 초점조절 위치에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 상기 제1 렌즈의 초점거리를 제어할 수 있다.

- [31] 바람직하게, 상기 동공 추적 장치는 2개이며, 관찰자 양안의 지향점 정보를 추적하여 상기 제어부가 관찰자의 양안의 수렴위치에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 상기 디스플레이 위치조정 소자를 제어할 수 있다.
- [32] 바람직하게, 상기 동공 추적 장치는 2개이며, 관찰자 양안의 지향점 정보를 추적하여 상기 제어부가 관찰자의 양안의 수렴위치에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 상기 제1 렌즈의 초점거리를 제어할 수 있다.
- [33] 바람직하게, 근시 또는 원시의 비 정상시 관찰자를 위해, 상기 제어부에 시력보정 수치를 입력하여 상기 설정된 최적 가상영상 위치와 대응되는 상기 디스플레이 위치를 보정함에 따라, 비 정상시 관찰자에게도 시력보정 안경의 착용없이 최적 가상영상 위치를 제공할 수 있다.
- [34] 바람직하게, 상기 디스플레이 위치조정 소자는 정밀 위치 제어가 가능한 압전소자, VCM, 또는 전기신호에 따라 굴절률이 변경되어 디스플레이와 제1 렌즈 사이의 유효거리를 조정하는 액정소자이다.
- [35] 바람직하게, 근시 또는 원시의 비 정상시 관찰자를 위해, 상기 제어부에 시력보정 수치를 입력하여 상기 설정된 최적 가상영상 위치와 대응되는 상기 제1 렌즈의 초점거리를 보정함에 따라, 비 정상시 관찰자에게도 시력보정 안경의 착용없이 최적 가상영상 위치를 제공할 수 있다.
- [36] 바람직하게, 상기 초점거리 조정이 가능한 제1 렌즈는 정밀 초점거리 제어가 수동 또는 전기적으로 가능한 포커스 튜너블 렌즈(Focus-Tunable Lens), 폴리머 렌즈, 액체렌즈(Liquid Lens), 액정 렌즈, 또는 전기신호에 따라 굴절률이 변경되는 렌즈이다.
- [37] 바람직하게, 상기 디스플레이는 복수의 화소들로 구성되며, 각 화소의 인접화소는 서로 직교하는 제1 편광의 제1 가상영상과 제2 편광의 제2 가상영상을 제공하며, 상기 동적 개구 조절 소자는 제1 편광의 제1 개구와 제2 편광의 제2 개구를 포함하는 편광 개구 세트르 구성되며, 상기 디스플레이의 2개의 가상영상이 상기 동적 개구 조절 소자의 편광 개구 세트를 통하여 관찰자 안구위치에 전달되어 출사동이 확장될 수 있다.
- [38] 바람직하게, 상기 제1 가상영상과 상기 제2 가상영상은 시차영상일 수 있다.
- [39] 바람직하게, 상기 동적 개구 조절 소자의 편광 개구 세트르의 수평 위치는 2개 이상이며, 상기 제어부의 제어신호에 따라 상기 동적 개구 조절 소자의 각 수평 위치의 개구가 하나의 프레임 가상 영상 내에서 순차적으로 작동하여 상기 출사동이 2개 이상 순차적으로 배치되도록 하여 출사동의 크기를 확대할 수 있다.
- [40] 바람직하게, 상기 제어부는 상기 동적 개구 조절 소자의 편광 개구 세트르 위치 변경에 동기화하여 상기 디스플레이에 2개 이상의 시차 영상을 순차적으로

- 제공하여, 상기 출사동의 각 위치에 서로 다른 시차 영상이 배치될 수 있다.
- [41] 바람직하게, 2대의 외부 전경용 카메라가 더 구비되며, 상기 2대의 외부 전경용 카메라로 촬영된 외부영상은 상기 제어부를 통하여 상기 디스플레이에 외부영상과 가상영상이 합성되어 관찰자의 양안에 각각 제공될 수 있다.
- [42] 바람직하게, 각 동공 위치추적 장치에서 취득한 정보는 상기 제어부에 송신되며, 상기 제어부는 관찰자 양안 각각에 상기 2개의 외부 전경용 카메라의 영상을 안구별로의 시차영상으로 동적 개구를 통하여 제공할 수 있다.
- [43] 바람직하게, 상기 근안 디스플레이 장치가 좌안 및 우안에 각각 배치되며, 각 동적 개구 조절 소자와 주 광학렌즈 사이에 광 경로를 변경시키는 미러를 더 포함할 수 있다.
- [44] 바람직하게, 상기 근안 디스플레이 장치가 좌안 및 우안에 각각 배치되며, 각 동적 개구 조절 소자와 주 광학렌즈 사이에 편광 빔 분할기를 더 포함하고, 각 편광 빔 분할기 사이에 $1/2\lambda$ 웨이브 지연기를 더 포함하되, 좌(또는 우)측 동적 개구를 지나는 광이 좌(또는 우)측 편광 빔 분할기 및 $1/2\lambda$ 웨이브 지연기를 지나 편광이 변환되어 우(또는 좌)측 편광 빔 분할기에서 반사한 후 우(또는 좌)측 주 광학렌즈로 진행될 수 있다.
- [45] 바람직하게, 각 동적 개구 조절 소자와 편광 빔 분할기 사이에 광 경로를 변경시키는 미러를 더 포함할 수 있다.
- [46] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 측면은, 디스플레이, 상기 디스플레이의 전면에 일정 간격 이격하여 배치된 제1 렌즈, 상기 제1 렌즈에 인접 배치되어 상기 제1 렌즈의 개구 크기와 광축에 수직한 평면상의 개구의 수평위치를 동적으로 제어하는 동적 개구 조절 소자, 상기 제1 렌즈로부터 일정 간격 이격하여 배치되며, 가상영상을 빔 스플리터로 반사시키는 반사 거울, 가상영상 제공 방향과 외부 시야창 방향이 서로 간섭이 없도록 배치되어, 가상영상과 외부영상이 동시에 관찰자에게 제공되도록 하는 빔 스플리터, 가상영상을 관찰자에게 반사시키고 외부영상을 통과시키는 반투과형 오목거울 및, 상기 동적 개구 조절 소자를 제어하는 제어부를 포함하며, 상기 주 광학렌즈로부터 일정 간격 이격하여 배치되는 출사동에 관찰자의 안구 동공이 위치하고, 상기 출사동의 크기와 수평위치는 상기 제어부의 제어 신호에 따라 조절되는 상기 동적 개구 조절 소자의 개구 크기와 수평위치에 따라 변경될 수 있다.
- [47] 바람직하게, 상기 반투과형 오목거울의 외부 시야창 바깥면에 근시 또는 원시의 비 정상시 관찰자의 시력보정 렌즈가 더 구비될 수 있다.
- [48] 바람직하게, 상기 디스플레이 위치와 상기 제1 렌즈 사이의 거리를 조절하는 디스플레이 위치조정 소자가 더 구비되며, 상기 제어부는 설정된 최적 가상영상 위치에 따라 디스플레이 위치조정 소자를 제어하여 최적 가상영상 위치를 조정할 수 있다.
- [49] 바람직하게, 상기 관찰자의 안구 동공 위치를 추적하는 동공 추적 장치가 더

구비되며, 상기 제어부가 상기 동공 추적 장치가 획득한 동공 추적 정보를 이용하여, 관찰자의 안구의 초점조절 위치에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 상기 디스플레이 위치조정 소자를 제어할 수 있다.

[50] 바람직하게, 상기 관찰자의 안구 동공 위치를 추적하는 동공 추적 장치가 더 구비되며, 상기 제어부가 상기 동공 추적 장치가 획득한 동공 추적 정보를 이용하여, 관찰자의 안구의 초점조절 위치에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 상기 제1 렌즈의 초점거리를 제어할 수 있다.

[51] 바람직하게, 상기 동공 추적 장치는 2개이며, 관찰자 양안의 지향점 정보를 추적하여 상기 제어부가 관찰자의 양안의 수렴위치에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 상기 디스플레이 위치조정 소자를 제어할 수 있다.

[52] 바람직하게, 상기 동공 추적 장치는 2개이며, 관찰자 양안의 지향점 정보를 추적하여 상기 제어부가 관찰자의 양안의 수렴위치에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 상기 제1 렌즈의 초점거리를 제어할 수 있다.

[53] 바람직하게, 근시 또는 원시의 비 정상시 관찰자를 위해, 상기 제어부에 시력보정 수치를 입력하여 상기 설정된 최적 가상영상 위치와 대응되는 상기 디스플레이 위치를 보정함에 따라, 비 정상시 관찰자에게도 시력보정 안경의 착용없이 최적관찰위치를 제공할 수 있다.

[54] 바람직하게, 근시 또는 원시의 비 정상시 관찰자를 위해, 상기 제어부에 시력보정 수치를 입력하여 상기 설정된 최적 가상영상 위치와 대응되는 상기 제1 렌즈의 초점거리를 조절함에 따라, 비 정상시 관찰자에게도 시력보정 안경의 착용없이 최적관찰위치를 제공할 수 있다.

[55] 바람직하게, 상기 반투과형 오목거울의 외부 시야창 바깥면에 외부전경 차폐부품 및 2대의 외부 전경용 카메라가 더 구비되며, 상기 2대의 외부 전경용 카메라로 촬영된 외부영상은 상기 제어부를 통하여 상기 디스플레이에 외부영상과 가상영상이 합성되어 관찰자의 양안에 각각 제공될 수 있다.

[56] 바람직하게, 상기 외부전경 차폐부품은 선택적으로 탈착이 가능한 클립형태 또는 전기적 제어신호에 따라 투과율 조절이 가능한 소자일 수 있다.

[57] 바람직하게, 상기 2대의 외부 전경용 카메라의 외부영상은 대응되는 관찰자의 안구위치를 고려하여 보정되어 관찰자의 양안에 각각 제공될 수 있다.

발명의 효과

[58] 본 발명에 따르면, 초점심도가 확장된 근안 디스플레이 장치를 구현할 수 있으며, 안구위치에서 가상영상의 수렴영역의 크기가 사용 환경에 따라 달라지는 동공 크기보다 작게 형성되어 동공크기에 따른 화질 저하 없는 가상영상을 제공할 수 있다.

[59] 또한, 일부 크기의 동적 개구에 동기화된 시차영상의 시간분할을 적용하여 전체 개구의 일부 크기의 동적 개구를 적용하더라도, 전체 출사동의 크기를 줄이지 않으면서도 초점심도가 넓은 시차영상을 추가로 제공할 수 있다.

- [60] 또한, 안구위치에서의 초점심도가 넓은 축소된 수렴영역(또는 이에 따라 결정되는 축소된 출사동)의 위치를 안구의 동공위치 정보를 참조하여 변경함으로써 전체 출사동의 최외곽 내에 있는 안구의 동공에 계속적으로 어느 순간에 하나의 최적의 가상영상을 제공할 수 있다.
- [61] 또한, 동공 내에 시간 분할 방식으로 완전 시차의 초다시점 영상을 제공할 수 있게 되어 홀로그램과 유사한 가상영상을 제공할 수 있다.
- [62] 또한, 회절 효과를 보다 효율적으로 제어하는 환형 개구를 적용하여 동일 개구 크기에서 회절에 의해 결정되는 회절효과에 의한 흐려짐의 크기(Airy Radius)를 줄여줄 수 있다. 이에 따라, 동일 광학계에서 초점심도 범위를 넓혀줄 수 있고, 고주파의 공간주파수에서의 MTF 값을 증가시켜 준다.
- [63] 또한, 비 정상시(근시 또는 원시) 안구를 가지는 관찰자에게 시력보정 안경 없이 본 발명의 장치를 사용하여 가상영상을 효율적으로 볼 수 있도록 한다.
- [64] 또한 VR, AR 또는 MR 이나 XR 로 적용하는 예에서, 그 광학구조를 양안에 적용하는 경우에 동적 개구를 지나는 광이 편광되도록하여 편광 빔 분할기와 $1/2\lambda$ 웨이브 지연기(wave retarder)를 적용함으로써 광손실을 줄임과 동시에 전체 광학계의 부피를 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [65] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 근안 디스플레이 장치의 기본 구성을 도시한 측단면도다.
- [66] 도 2의 (a) 내지 (c)는 본 발명의 제1 실시예에 따른 동적 개구의 크기와 위치 변경에 따른 관찰자 위치의 출사동 크기와 위치 변경에 대한 구성을 도시한 측단면도이다.
- [67] 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 관찰자 위치의 출사동 크기 조절에 따른 초점심도 범위를 상수를 포함하여 구체적으로 계산한 결과를 나타낸 표이다.
- [68] 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 사용되는 디스플레이의 해상도별로 구현되는 가상영상의 해상력(CPD; Cycle per degree)과 설계 수평화각(H_FOV) 값에 대한 구체적 적용사례를 나타낸 그래프이다.
- [69] 도 5는 본 발명의 제2 실시예에 따른 동적 개구가 최대로 오픈되었을 때의 전체 출사동과 제어부의 신호 전달 체계를 개략적으로 도시한 측단면도이다.
- [70] 도 6의 (a) 내지 (c)는 3개의 시차영상이 동적 개구 위치와 동기화되어 하나의 프레임에 순차적으로 제공되는 실시예를 도시한 측단면도이다.
- [71] 도 7은 도 6의 동적 개구의 시간 분할 작동에 의해 형성되는 안구위치에서의 3개의 출사동(51,52,53)이 전체 출사동(50) 내에 형성된 구성을 개념적으로 도시한 측단면도이다.
- [72] 도 8은 본 발명의 제3 실시예에 따른 동적 개구 제어와 동공 추적 장치의 결합 구조를 설명하기 위한 측단면도이다.
- [73] 도 9의 (a)는 관찰자 안구의 동공위치가 광 축의 왼쪽 방향(-y축)으로 움직인

경우에 축소된 출사동 영역(52)을 형성하는 구성을 도시한 측면면도이며, 도 9의 (b)는 관찰자 안구의 동공위치가 광축의 오른쪽 방향(+y축)으로 움직인 경우에 축소된 출사동 영역(53)을 형성하는 구성을 도시한 측면면도이다.

- [74] 도 10의 (a) 내지 (d)는 관찰자 안구의 동공크기 내에서 시스템이 제공 가능한 전체 출사동(50)의 최외곽 축소된 출사동 영역(52 또는 53)이 위치하도록 개구 위치를 설정하는 과정을 도시한 단면도이다.
- [75] 도 11의 (a) 및 (b)는 본 발명의 제4 실시예에 따른 안구위치에서의 동적 시차영상 제공 상황을 개념적으로 나타낸 단면도이다
- [76] 도 12는 본 발명의 제4 실시예에 따른 동적 개구의 배치 예를 설명하는 평면도이다.
- [77] 도 13은 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PDeye)(즉, 전체 또는 부분 출사동의 크기)에 의해 안구 망막상에 맺혀지는 영상의 회절에 따른 흐려짐의 크기와 기하학적 흐려짐의 크기를 나타낸 그래프이다.
- [78] 도 14는 본 발명의 제5 실시예에 있어서, 안구가 최적 가상영상 위치(D_{best})에 초점이 맞추어진 경우에 초점심도 범위의 최근접 위치(D_n)의 영상점, 최외곽 위치(D_f)의 영상점, 그리고 최적 영상위치에서의 영상점에 대한 망막에서의 주파수 별로 MTF 값을 보여주는 그래프이다.
- [79] 도 15는 MTF 값이 0.1, 0.2, 0.3이 되는 공간주파수를 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PDeye)에 따라 전산모사한 결과를 나타낸 그래프이다.
- [80] 도 16은 본 발명의 제5 실시예에 따른 다른 동적 개구 적용 근안 디스플레이 장치를 도시한 측면면도이다.
- [81] 도 17은 본 발명의 제6 실시예에 따른 동적 개구의 모양 변경에 의한 광학 성능 개선을 위한 동적 개구 적용 근안 디스플레이 장치의 측면면도이다.
- [82] 도 18은 도 17의 환 모양의 동적 개구에 대해 광축에 수직인 평면(x-y평면) 상에서 보는 동적 개구를 나타낸 단면도이다.
- [83] 도 19의 (a), (b)는 β 에 따른 안구위치에서의 주요 광 특성 변화를 나타낸 그래프이다.
- [84] 도 20은 본 발명의 제6 실시예에 따른 대표적인 3개의 β 값에 따른 PSF의 규격화된 상대 광 분포 함수값을 계산한 결과를 나타낸 그래프이다.
- [85] 도 21은 본 발명의 제6 실시예에 따른 동적 개구에 있어서, $\beta=1/3$, $\beta=0.45$ 인 환형 개구와 원형 개구($\beta=0$)의 MTF 곡선과 DOF를 비교한 그래프이다.
- [86] 도 22는 본 발명의 제7 실시예에 따른 초점심도를 조절하기 위한 구성을 나타낸 도면이다.
- [87] 도 23의 (a) 내지 (c)는 본 발명의 제7 실시예에 따른 초점 심도 범위의 결정에 대한 주요 변수들의 관계를 수식적으로 계산한 결과를 나타낸 표와 그래프이다.
- [88] 도 24a는 본 발명의 제8 실시예에 따른 디스플레이 위치 조정에 따라 가상영상의 최적위치를 변경하기 위한 구성을 도시한 측면면도이다.

- [89] 도 24b은 본 발명의 제8 실시예의 다른 실시형태에 따른 제1 렌즈의 초점 조절에 따라 가상영상의 최적위치를 변경하기 위한 구성을 도시한 측단면도이다.
- [90] 도 25a는 본 발명의 제8 실시예에 따라 가상영상의 형성위치를 조정하기 위한 디스플레이의 위치 관계를 나타낸 그래프이다.
- [91] 도 25b는 본 발명의 제8 실시예의 다른 실시형태에 따라 가상영상의 형성위치를 조정하기 위한 제1 렌즈의 초점거리의 관계를 나타낸 그래프이다.
- [92] 도 26a은 본 발명의 제8 실시예에 따른 제1 렌즈로부터의 디스플레이 거리를 조정함에 따라 가상영상의 최적위치를 안구로부터 조정하는 구성을 도시한 측단면도이다.
- [93] 도 26b은 본 발명의 제8 실시예의 다른 실시형태에 따른 제1 렌즈로의 초점거리를 조정함에 따라 가상영상의 최적위치를 안구로부터 조정하는 구성을 도시한 측단면도이다.
- [94] 도 27은 도 26에 있어서, 관찰자 양안에 안구 동공 중심 정보를 추적하는 동공 추적 장치와 이를 받아 양안의 주시깊이를 계산하여 가상영상을 형성하는 위치를 조정하는 구성을 도시한 측단면도이다.
- [95] 도 28은 본 발명의 제9 실시예에 의한 비 정상시(근시 또는 원시) 관찰자의 시력보정 원리를 설명하기 위한 정상시와 근시 또는 원시에 따른 안구의 굴절력 에러를 나타낸 측단면도이다.
- [96] 도 29는 비 정상시(근시 또는 원시) 안구의 보정 렌즈 원리를 보여주는 구조를 도시한 측단면도이다.
- [97] 도 30a은 본 발명의 제9 실시예에 따른 제1 렌즈로부터의 디스플레이 거리를 조정함에 따라 비 정상시 관찰자의 시력을 보정하기 위한 구성을 도시한 측단면도이다.
- [98] 도 30b은 본 발명의 제9 실시예의 다른 실시형태에 따른 제1 렌즈의 초점 조절에 따라 비 정상시 관찰자의 시력을 보정하기 위한 구성을 도시한 측단면도이다.
- [99] 도 31a은 본 발명의 제9 실시예에 따른 구체적 최적 가상영상 형성위치(디스플레이 단위기준)와 디스플레이 위치 조정을 나타낸 그래프이다.
- [100] 도 31b은 본 발명의 제9 실시예의 다른 실시형태에 따른 구체적 최적 가상영상 형성위치(디스플레이 단위기준)와 제1 렌즈의 초점거리 조정을 나타낸 그래프이다.
- [101] 도 32는 본 발명의 제10 실시예에 따른 편광 개구 세트가 적용된 동적 개구 조절 소자를 설명하기 위한 측단면도이다.
- [102] 도 33은 본 발명의 제11 실시예에 따른 AR(Augmented Reality) 장치로 사용하는 경우의 근안 디스플레이 장치를 설명하는 측단면도이다.
- [103] 도 34는 본 발명의 제12 실시예에 따른 시력 보정 렌즈가 추가로 구비된 AR 장치로 사용되는 구조를 도시한 측단면도이다.
- [104] 도 35는 본 발명의 제13 실시예에 따른 외부 시야창 앞에 차폐부품 및 외부

전경용 카메라를 구비한 구성을 도시한 측면면도이다. 이 경우에는 AR의 기능에 외부광 차폐부품을 필요에 따라 적용하여 AR과 MR(Mixed Reality)또는 XR(Extended Reality) 기능을 혼용하는 경우를 나타낸다.

[105] 도 36은 본 발명의 제14 실시예에 따른 MR 또는 XR 기기로 사용되는 경우를 나타낸다. 이 경우는 도 8에서 외부 카메라를 각 안구별로 구비하는 경우이다.

[106] 도 37은 본 발명의 다른 실시예에서 VR, AR 또는 MR 로 적용할 때 그 광학구조를 양안에 적용하는 경우이다.

[107] 도 38과 39은 도 37과 비교하여, 동적 개구를 지나는 광이 편광되도록하여 편광 빔 분할기와 $1/2\lambda$ 웨이브 지연기(wave retarder)를 적용함으로써 전체 광학계의 부피를 줄이는 것을 설명하는 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[108] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 설명한다. 그리고 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.

[109] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 근안 디스플레이 장치의 기본 구성을 도시한 측면면도다.

[110] 도 1을 참조하면, 본 발명의 제1 실시예에 따른 근안 디스플레이 장치는 디스플레이(10), 제1 렌즈(20), 동적 개구 조절 소자(30), 주 광학렌즈(Main Optics Lens)(40), 및 제어부(60, 미도시)를 포함한다.

[111] 제1 렌즈(20)는 디스플레이(10)의 전면에 제1 간격(D_{md})만큼 이격 배치된다. 동적 개구 조절 소자(30)는 제1 렌즈(20)에 인접 배치되어 제1 렌즈(20)의 개구 크기(A_{d})와 광축에 수직한 평면상의 개구의 수평위치를 동적으로 제어한다. 동적 개구 조절 소자(30)는 디스플레이(10)와 제1 렌즈(20) 사이에 위치할 수도 있고, 제1 렌즈(20)와 주 광학렌즈(40) 사이에 둘 수 있다. 또한 제1 렌즈(20)가 복합렌즈인 경우 복합렌즈 내부에 동적 개구 조절 소자(30)를 둘 수도 있다. 주 광학렌즈(40)는 제1 렌즈(20)로부터 제2 간격(D_o)만큼 이격 배치된다. 주 광학렌즈로부터 제3 간격(D_e)만큼 떨어진 위치에 출사동(50)이 배치된다. 제어부(60, 미도시)는 동적 개구 조절 소자(30)를 제어한다.

[112] 디스플레이(10)의 전체 영역에서 제공하는 가상영상 정보가 제1 렌즈(20)를 사용하여 중간영상 평면(P_i)에 중간영상을 생성하고, 생성된 중간영상이 주 광학렌즈를 통하여 일정거리(D_e , Eye Relief) 떨어진 관찰자 안구에 수렴한다. 이렇게 결정된 일정거리(D_{best})의 가상영상을 관찰자가 볼 수 있도록 하는 기본 구성을 갖는다.

[113] 여기서 디스플레이(10)와 제1 렌즈(20)와의 거리관계를 고려하여 중간영상 평면(P_i)에 중간영상을 생성할 때 1:1 비율로 하거나 축소 또는 확대된 영상을 생성할 수 있다. 1:1에 비하여 확대하는 경우에는 동일 디스플레이(10)로

일정거리(D_e , Eye Relief)를 유지한 상태에서 시야각(FOV)을 1:1에 비하여 확대할 수 있다.

- [114] 제1 렌즈(20)와 주 광학렌즈(40)는 설명의 편의상 하나의 얇은 렌즈(Thin Lens)(하나의 주평면(principal plane)으로 표현되는 렌즈)로 표현되어 있지만, 실제로는 광학 성능 개선을 위해 초점거리가 동일한 복합 렌즈(렌즈군)의 형태로 적용될 수 있다.
- [115] 도 1에 도시된 것처럼, 출사동(Exit Pupil)(50)에 관찰자의 안구 동공이 위치한다. 디스플레이의 전체영역에서 발생하는 광이 동적 개구 조절 소자(30)와 제1 렌즈(20) 인근에 공통 광 분포영역을 형성하고, 주 광학렌즈(40)을 지나 일정간격(D_e) 이격된 안구위치에서 수렴영역을 형성하게 되는데, 광축에 수직한 평면(x-y평면)에서 수렴영역의 최대단면을 출사동(50)으로 정의할 수 있다. 그러므로, 출사동은 광축(z축)에 수직한 평면(x-y평면)에 일정 영역의 크기를 갖는다. 이를 도 1과 같은 측면도에 표시하는 것이 용이하지 않아서, 본 명세서의 도면에서는 표시의 편의를 위해 안구위치의 수렴영역을 표시하고, 이를 출사동(50)이라 표기 한다. 이때, 출사동의 x-y평면상의 영역은 지름의 크기가 PD_{eye} 인 원형의 형태를 갖는다. 이후 설명에서는 이를 출사동의 크기 또는 안구위치의 수렴영역의 크기(PD_{eye})로 기재한다. 출사동(50)의 크기(PD_{eye})와 광축(z축)에 수직한 평면(x-y평면)상의 출사동 중심위치(이후, 출사동의 수평위치로 명기함.)는 제어부(60, 미도시)의 제어 신호에 따라 조절되는 동적 개구 조절 소자(30)의 개구 크기와 수평위치에 따라 변경된다. 이때, 동적 개구 조절 소자(30)의 개구는 광축(z축)에 수직한 평면(x-y평면)상의 원형의 형태를 갖고, 이것의 지름의 크기를 개구 크기로 명기하고, 평면(x-y평면)상에서 동적 개구의 중심위치를 동적 개구의 수평위치로 명기한다.
- [116] 동적 개구 조절 소자(30)는 예를 들어, 제1 렌즈(20)의 전방 또는 후방에서 제1 렌즈(20)에 인접하게 배치되어, 동적 개구 크기($A_{\text{동}}$)와 광축의 수직평면(x-y 평면) 상의 개구 수평위치를 조절하여 공통 광 분포영역의 크기와 위치를 제어할 수 있다. 상기 공통 광 분포영역의 크기는 디스플레이(10)의 전체 영역으로부터 오는 광이 공통적으로 존재하는 공간적 영역으로 정의된다. 조정된 공통 광 분포영역에 따라 관찰자의 안구위치에 형성되는 출사동(50)의 크기(PD_{eye})와 수평위치가 결정된다. 도 1에서는 동적 개구가 최대로 열려 있을 시에 형성되는 출사동(50)이 나타나 있다. 이때의 출사동의 크기는 일반적 환경에서의 안구의 동공크기(3~4mm) 보다 크게 설계되는 것이 바람직하다.
- [117] 동적 개구 조절 소자(30)는 제어부(60, 미도시)의 제어 신호에 따라 개구 크기와 수평위치를 변경할 수 있는 액정소자(LCD) 또는 전자 셔터일 수 있다. 상세하게는, 동적 개구의 크기($A_{\text{동}}$)와 수평위치 조정은 전기적 신호 인가에 따라 국부적으로 투과율을 조정할 수 있는 액정소자(LCD) 또는 그 외의 다양한 방법의 전자 셔터로 사용되는 소자들이 사용될 수 있다.

- [118] 도 2의 (a) 내지 (c)는 본 발명의 제1 실시예에 따른 동적 개구의 크기(A_{d})와 위치 변경에 따른 관찰자 위치의 출사동 크기와 위치 변경에 대한 구성을 도시한 측면면도이다. 도 2에서는 동적 개구의 크기(A_{d})를 전체 개구의 1/3으로 줄이는 경우를 예로 들어 설명하였으나, 목적에 따라 그 비율을 선택하여 적용할 수 있다.
- [119] 도 2의 (a)는 동적 개구의 크기(A_{d})를 전체 개구의 1/3으로 줄이고, 개구의 위치가 중앙에 위치하는 경우의 실시예이다. 동적 개구에 의해 형성되는 공통 광분포 영역(C1)이 줄어들어 관찰자 위치의 제1 출사동(51)의 크기가 전체 개구를 오픈하는 경우에 비해 1/3으로 감소되어 형성된다. 이때, 동적 개구의 위치가 광 축상에 위치하므로 제1 출사동(51)의 중심위치도 광 축상에 있다. 도 2의 (a)에서 형성된 공통 광분포 영역(C1)과 출사동(51)은, 동적 개구를 전체 오픈했을 때 형성되는 공통 광분포 영역 및 전체 출사동(50) 내의 일정 부분이 된다.
- [120] 도 2의 (b)는 동적 개구의 크기(A_{d})가 전체 개구의 1/3이고, +y축 방향으로 개구형성 위치가 변경되어 동적 개구를 형성했을 때의 실시예이다. 이 경우는 앞의 경우와 같이 축소된 공통 광분포영역(C2)과 관찰자 위치의 제2 출사동(52)의 크기가 전체 개구를 오픈하는 경우에 비해 1/3으로 감소된다. 또한, 공통 광분포영역(C2)이 +y축으로 이동되어, 관찰자 위치의 제2 출사동(52)은 광축으로부터 -y축으로 이동되어 형성된다.
- [121] 도 2의 (c)는 도 2의 (b)와 반대방향(-y축)으로 동적 개구의 위치를 변경한 경우로서, 도 2의 (b)와 동일 크기의 관찰자 위치의 제3 출사동(53)이 광축으로부터 반대방향(+y축)으로 이동되어 형성되는 것을 보여준다. 이때, 안구위치에서의 전체 출사동(50)의 크기내에 제1 출사동 내지 제3 출사동이 전체 출사동의 1/3 크기를 가지고 배치된다.
- [122] 그리고 동적 개구 조절 소자(30)의 형태는 원형인 경우와 필요에 따라 타원형 또는 다각형 등의 형태를 사용할 수 있다. 출사동(50)의 형태는 동적 개구 조절 소자의 형태와 동일하고 비율에 따라 동일 또는 축소된다. 상기 예시의 경우 폭이 1/3로 축소된다.
- [123] 본 발명에 따르면, 제1 렌즈(20)에 인접 배치된 동적 개구는 디스플레이(10)로부터 생성되어 제1 렌즈(20)를 통과하는 광폭의 크기와 위치를 제어하여 관찰자 안구위치에서 형성되는 출사동(50,51,52,53)의 위치와 크기를 조절할 수 있다. 출사동(50,51,52,53)은 가상영상의 수렴영역 크기(PD_{eye})에 대응된다. 안구 위치의 출사동(50,51,52,53)의 크기는 안구의 초점심도 범위(DOF Range)와 직접적으로 연관된다. 구체적인 관계를 설명하면 다음과 같다.
- [124] [출사동 크기 조정에 따른 초점심도 범위]
- [125] 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 출사동 크기 조정에 따른 초점심도 범위를 상수를 포함하여 구체적으로 계산한 결과를 나타낸 표이다.
- [126] 도 3을 참조하면, 디옵터(Diopter) 단위에서의 초점심도 범위(DOF Range)는

안구 렌즈 위치에서의 출사동 크기(PD_{eye})의 제곱에 반비례 관계에 있다.

[127] $DOF\ Range \propto 1/(PD_{eye})^2$ (식 1)

[128] 무한대의 가상영상($D_{far}=0$ 디오퍼)로부터 가상영상과 상호작용하기 용이한 거리인 근접거리(D_{near})를 약 333mm 내지 1000mm까지 선명한 가상영상을 표현하기 위해서는 초점심도 범위가 3 디오퍼 내지 1 디오퍼를 갖는 시스템이 필요하다.

[129] 이를 위해서는 가상영상의 수렴영역의 크기(PD_{eye})를 2mm 이내로 구현하는 것이 필요하다. 즉 초점심도의 범위를 넓히려면 제어부(60, 미도시)는 출사동(50)의 크기가 관찰자의 동공 크기보다 작은 2mm 이내가 되도록 상기 동적 개구 조절 소자의 개구 크기를 조절할 수 있다.

[130] [출사동(50) 형성 수평위치의 조정]

[131] 동적 개구를 전체 오픈하였을 때 형성되는 출사동(50)이 작아질수록 초점심도 범위를 넓힐 수 있으나, 관찰자 안구위치의 가상영상을 볼 수 있는 수평위치범위가 축소되는 문제점이 있다.

[132] 이를 보완하여, 동적 개구를 전체 오픈하였을 때의 출사동(50) 크기를 유지하기 위해, 시간분할 동적 개구 연동 작동이나 동공위치 추적 장치와 결합하여 동적 개구의 위치를 실시간으로 변경하여 출사동(50) 크기 축소의 문제점을 해소할 수 있다.

[133] 이 실시예에 따르면, 초점심도가 확장된 근안 디스플레이 장치를 구현할 수 있으며, 가상영상의 수렴영역의 크기가 사용환경에 따라 달라지는 동공 크기(2mm 내지 8mm)보다 작게 형성되어 동공 크기에 따른 화질 저하가 없는 가상영상을 제공할 수 있다.

[134] 본 발명에 따르면, 디스플레이 전체 해상도를 사용하여 제1 렌즈(20)와 동적 개구를 통하여 전달되어 형성되는 가상영상을 관찰자 안구 위치에 제공할 수 있다.

[135] 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따라 사용되는 디스플레이의 해상도별로 구현되는 가상영상의 해상력(CPD; Cycle per degree)과 설계 수평화각(H_{FOV}) 값에 대한 구체적 적용사례를 나타낸 그래프이다. 도 4를 참조하여 본 발명의 제1 실시예를 상세하게 설명하면 다음과 같다.

[136] [디스플레이 해상도와 화각(FOV)에 따른 가상 영상의 해상도]

[137] 디스플레이(10)의 해상도가 결정되고, 설계된 광학계의 가상영상의 화각(FOV)이 결정되면 관찰자가 보는 가상영상의 해상도를 가상영상이 생성할 수 있는 각도 단위의 최대 라인-스페이스 쌍(Line-Space Pair) 영상의 밀도로 표현할 수 있다. 이를 CPD(Cycle per degree) 단위로 표현할 수 있다.

[138] 수평 해상도($H_{Resolution}$)와 수평 화각(H_{FOV})과 가상영상의 CPD 값은 다음 식 2의 관계를 갖는다.

[139]

$$CPD = \frac{1 H_{Resolution} (식 2)}{2 H_{FOV}}$$

- [140] 디스플레이(10)의 해상도에 대해 설계 H_FOV 값에 따른 구체적 적용사례는 도 4에 도시된 바와 같다.
- [141] 예를 들어, FHD 급(1920x1080) 디스플레이를 사용하여 32도의 수평화각(H_FOV)의 가상 영상을 구현하면, 30CPD의 영상 해상도를 제공할 수 있지만, VGA 급(640x480) 디스플레이를 적용하면 이의 대략 1/3만큼 줄어든 10.7CPD의 영상 해상도를 제공하게 된다.
- [142] 이 실시예에 따르면, 동일 화각의 가상영상을 제공할 경우 종래기술 대비 고해상도의 가상영상을 관찰자에게 제공할 수 있다.
- [143] 도 5는 본 발명의 제2 실시예에 따른 동적 개구가 최대로 오픈되었을 때의 전체 출사동과 제어부의 신호 전달 체계를 개략적으로 도시한 측면면도이다.
- [144] 도 5를 참조하면, 동적 개구 조절 소자(30)의 개구 수평 위치는 2개 이상이며, 제어부(60, 미도시)의 제어신호에 따라 동적 개구 조절 소자(30)의 국소 각 수평위치의 개구가 하나의 프레임 가상 영상 내에서 순차적으로 작동하여 출사동(50)내에 부분 출사동을 2개 이상 순차적으로 배치되게 함으로써 출사동(50)의 크기를 최대한 활용할 수 있다.
- [145] 또한, 제어부(60, 미도시)는 동적 개구 조절 소자(30)의 국소 개구 위치 변경에 동기화하여 디스플레이에 2개 이상의 시차 영상을 순차적으로 제공하여, 출사동(50)내의 2개 이상의 부분 출사동의 각 위치에 서로 다른 시차 영상이 배치되도록 할 수 있다.
- [146] 동적 개구를 최대한 오픈한 경우에 형성되는 관찰자 안구위치의 전체 출사동(50)은 4mm 이상이 되도록 설계되어, 전체 출사동(50)이 안구의 움직임 범위와 사용자 양안 간격에 따른 유격이 충분하도록 설계할 수 있다.
- [147] 제어부(60, 미도시)는 사용자에게 의해 수동으로 가상영상의 심도범위를 입력받거나, 예를 들어, 2차원 텍스트 영상 또는 3차원 가상영상과 같은 가상영상의 종류 또는 필요에 따라 자동으로 결정된 심도범위에 따라 필요한 동적 개구의 크기(A_d)를 결정하여 동적 개구 조절 소자(30)에 전달한다.
- [148] 또한, 제어부(60, 미도시)는 준비된 시차영상을 디스플레이(10)에 제공함에 있어서, 동적 개구의 위치에 따라 형성되는 안구 위치의 출사동(50)에 대응되는 시차영상을 동기화하여 한 프레임 내에 시간분할하여 순차적으로 제공하여, 관찰자에게 전체 출사동(50) 내에 서로 다른 시차영상이 제공된 부분 출사동(51,52,53)이 순차적으로 광축에 수직한 평면(x-y 평면) 상에 형성되게 한다.
- [149] 도 6의 (a) 내지 (c)는 3개의 시차영상이 동적 개구 위치와 동기화되어 하나의 프레임에 순차적으로 제공되는 실시예를 도시한 측면면도이다. 도 6의 (a)는 1/3 프레임, 도 6의 (b)는 2/3 프레임, 및 도 6의 (c)는 3/3 프레임에 해당하는 동적 개구

제어 및 시차영상 제공 구조를 나타낸다.

- [150] 도 6의 (a) 내지 (c)를 참조하면, 지면에 수직한 방향(y축 방향)으로 배치된 3개의 동적 개구가 하나의 프레임 동안에 순차적으로 작동되고, 동기화된 시차 영상이 디스플레이에 제공될 수 있다. 3개의 시차영상이 동적 개구의 위치와 동기화되어, 하나의 프레임에 순차적으로 제공되어 서로 다른 3개의 시차영상이 안구위치의 각각의 부분 출사동(51,52,53)에 제공될 수 있다. 그 결과, 하나의 프레임이 30Hz 이상인 경우(3개의 시차영상 제공 프레임 기준 90Hz 이상)에 사용자는 안구의 잔상 효과에 의해 전체 출사동(50) 내에 3개의 시차영상을 제공하는 부분 출사동(51,52,53)들의 조합으로 인식하게 된다.
- [151] 도 7은 도 6의 동적 개구의 시간 분할 작동에 의해 형성되는 안구위치에서의 3개의 부분 출사동(51,52,53)이 전체 출사동(50) 내에 형성된 구성을 개념적으로 도시한 측면면도이다. 도 7에 표시된 광 경로는 전체 출사동(50) 형성에 대한 광 경로만 표시되어 있다.
- [152] 본 발명의 상기 실시예는 광축에 수직한 일 방향(y축 방향)에 일렬로 배치된 동적 개구를 기준으로 설명되었지만, 동적 개구는 광축에 수직한 평면(x-y 평면) 상에 2차원으로 배치될 수 있다. 실제로, 시차 영상이 효율적으로 사용되는 것은 관찰자 양안의 배치와 같은 방향(이 실시예에서는 y축 방향)의 개구 배치가 유효하나, 시차 영상의 수를 효과적으로 늘리기 위하여, 동적 개구를 x-y 평면상에 2차원으로 배열하여 시차 영상을 제공하는 부분 출사동(51,52,53)의 개수를 늘릴 수 있다.
- [153] 또한, 본 발명의 상기 실시예에서는 인접 동적 개구에 의해 형성되는 부분 출사동(51,52,53) 간에 빈 공간 없이 인접하여 배치된 경우를 예를 들어 설명되었지만, 인접 출사동(50) 간에 빈 공간이 있는 경우도 가능하고, 시차영상의 개수가 늘어나거나 초점심도 범위 조정에 따라 동적 개구의 크기(A_{d1})가 증가될 경우에는 인접 부분 출사동(51,52,53) 간에 일정 부분 중첩되어 형성될 수 있다.
- [154] 이 실시예에 따르면, 본 발명은 동적 개구를 적용하여 초점심도 범위를 넓히기 위해 안구위치에 형성되는 부분 출사동(51,52,53) 크기를 2mm 이내로 형성함에 따라 전체 출사동(50)의 크기가 감소하는 문제를 해결하기 위하여, 전체 출사동(50) 내에 초점심도 범위가 확장된 시차영상을 제공하는 2개 이상의 부분 출사동(51,52,53)의 조합을 만들 수 있다. 이로부터, 상기 실시예는 전체 개구의 일부 크기의 동적 개구를 적용하더라도, 전체 출사동(50)의 크기를 감소시키지 않으면서도 초점심도가 넓은 시차영상을 추가로 제공할 수 있다.
- [155] 도 8은 본 발명의 제3 실시예에 따른 동적 개구 제어와 동공 추적 장치의 결합 구조를 설명하기 위한 측면면도이다.
- [156] 도 8을 참조하면, 근안 디스플레이 장치는 관찰자의 안구 동공 위치를 추적하는 동공 추적 장치(70)를 구비할 수 있다. 제어부(60, 미도시)는 동공 추적 장치(70)가 획득한 동공 추적 정보를 이용하여, 관찰자의 안구 동공 내에 부분

출사동(51)이 지속적으로 배치될 수 있도록 동적 개구 조절 소자(30)의 개구의 수평위치를 실시간으로 제어할 수 있다.

- [157] 관찰자 안구의 동공중심이 광축의 중심 근처에 있을 시의 동적 개구 중심위치가 광축에 설정된 경우에, 동적 개구에 의해 형성된 공통 광분포 형성 영역(C1)에 의해 안구 동공의 중심 근처 위치에 부분 출사동(51)이 형성된다.
- [158] 동적 개구를 최대로 오픈한 경우에 형성되는 관찰자 안구위치의 출사동(50)은 4mm 이상이 되도록 설계되어, 전체 출사동(50)이 안구의 움직임 범위와 사용자 양안 간격에 따른 유격이 충분하도록 할 수 있다.
- [159] 제어부(60, 미도시)는 사용자에게 의해 수동으로 가상영상의 심도범위를 입력받거나, 가상영상의 종류(2차원 텍스트 영상 또는 3차원 가상영상 등)에 따라 자동으로 결정된 심도범위에 따라 필요한 동적 개구의 크기(A_{dl})를 결정하여 동적 개구 조절 소자(30)에 전달할 수 있다.
- [160] 도 9의 (a)는 관찰자 안구의 동공위치가 광 축의 왼쪽 방향(-y축)으로 움직인 경우에 부분 출사동(52)을 형성하는 구성을 도시한 측단면도이다. 도 9의 (b)는 관찰자 안구의 동공위치가 광 축의 오른쪽 방향(+y축)으로 움직인 경우에 부분 출사동(53)을 형성하는 구성을 도시한 측단면도이다.
- [161] 도 9의 (a) 및 (b)를 참조하면, 동적 개구 조절 소자(30)의 개구 수평위치는 2개 이상이며, 동공 추적 장치(70)의 관찰자 안구 동공 이동방향에 따라 재배치된 개구 배치를 생성하여, 제어부(60, 미도시)의 제어신호에 따라 동적 개구 조절 소자(30)의 각 수평 위치의 개구가 하나의 프레임 가상 영상 내에서 순차적으로 작동하여 부분 출사동(52,53)이 관찰자 안구 이동 방향에 따라 2개 이상 순차적으로 배치되도록 할 수 있다. 이에 따라, 관찰자 안구의 동공위치 이동 방향에 따라 동기되어 형성되는 부분 출사동(52,53)을 사용하더라도 전체 출사동(50) 내에서 안구의 동공 움직임에 최적의 가상영상을 제공할 수 있다. 결과적으로 전체 출사동(50)의 크기를 효과적으로 사용할 수 있다. 또한 하나의 프레임 가상 영상 내에 움직이는 동공의 중심에 가까운 하나의 동적 부분 출사동(51,52,53)이 선택되도록 할 수 있다.
- [162] 관찰자의 안구의 동공위치를 실시간으로 추적하는 동공 추적 장치(70)에서 실시간 안구의 동공위치 정보를 제어부(60, 미도시)에 전달하면, 제어부(60, 미도시)는 초점심도 범위(DOF Range)에 따라 결정된 동적 개구의 크기(A_{dl})와 관찰자 안구 동공의 중심위치가 대응되는 동적 개구의 중심위치를 변경하여, 관찰자 안구에 동적 부분 출사동(51,52,53)의 위치를 실시간으로 변경하여 대응한다. 본 실시예에서는 동적 개구의 중심 위치가 광축에 수직인 평면(x-y 평면) 상에서 움직이며, 이 평면상에서의 동적 개구 중심위치는 관찰자 안구 움직임과 반대 방향이 된다.
- [163] 즉, 관찰자가 +y 방향으로 움직이면 동적 개구는 -y 방향으로 움직이며, 움직이는 크기는 광학계의 제2 간격(D_2)과 제3 간격(D_3) 비의 설계에 따라 결정된다. 예를 들어, 제2 간격(D_2): 제3 간격(D_3)= 2:1인 경우에는, 안구위치의

동적 부분 출사동(52,53) 이동을 1mm 시키기 위해서 동적 개구의 중심 위치를 2mm 이동하면 된다.

[164] 도 9의 (a)를 참조하면, 관찰자 안구의 동공위치가 광 축의 왼쪽 방향(-y축)으로 움직인 경우에 동공 추적 장치의 촬영 영상으로부터 움직인 방향과 크기를 피드백 받은 제어부(60, 미도시)에서 동적 개구 조절 소자(30)에 전달하여 제2 동적 개구 위치 변경에 따라 제2 공통 광분포 영역(C2)을 형성하여 안구 동공 중심 근처에 축소된 부분 출사동(52)이 형성되도록 동작된다.

[165] 도 9의 (b)를 참조하면, 관찰자 안구의 동공위치가 광 축의 오른쪽 방향(+y축)으로 움직인 경우에 동공 추적 장치의 촬영 영상으로부터 움직인 방향과 크기를 피드백 받은 제어부(60, 미도시)에서 동적 개구 조절 소자(30)에 전달하여 제3 동적 개구 위치 변경에 따라 제3 공통 광분포 영역(C3)을 형성하여 안구 동공 중심 근처에서 축소된 부분 출사동(53)이 형성되도록 동작된다.

[166] 본 발명의 동적 개구 제어와 동공 추적 장치 결합 구조 및 작동 방법의 실시예들을 설명하면 다음과 같다.

[167] [관찰자 안구의 중심이 제공가능한 전체 출사동(50)의 범위를 넘는 경우]

[168] 도 10의 (a), (b), (c) 및 (d)는 관찰자 안구의 동공크기 내에서 시스템이 제공가능한 최외곽 축소된 부분 출사동(52,53)이 위치하도록 개구 위치를 설정하는 과정을 도시한 단면도이다. 도 10의 (a)와 도 10의 (b)는 안구의 동공이 수평방향(y축 방향)으로 이동된 경우에 대한 도면이다. 이 경우는 관찰자의 양안 유격이 맞지 않는 경우에 해당된다. 그러나, 이상적으로 관찰자 양안의 동공이 각각의 광축에 초기 세팅된 경우에 관찰자의 안구가 주시 방향을 바꿈에 따라 안구의 회전이 발생될 수 있다. 이에 따라 안구 동공의 수평방향(y축 방향)이 바뀔 수 있다. 이 경우는 도 10의 (c)와 도 10의 (d)에 보여준다. 본 발명의 실시예는 위의 두가지 경우에 모두 적용 가능하다. 본 발명의 상술한 실시예들을 적용함에 있어서, 관찰자 안구의 동공 중심위치가 본 발명의 광학계의 설계상 제공가능한 전체 출사동(50) 영역을 벗어나서 움직이는 경우에는 안구의 동공크기를 고려하여 적용하기가 어렵다. 다만, 동공의 가장자리 안에 전체 출사동(50) 일정영역이 겹치는 경우에는 가상영상을 볼 수 있게 된다. 그러므로, 본 발명의 실제 적용에 있어서는 관찰자 안구의 대응 동공 이동경로를 고려하여 안구 위치의 전체 출사동(50) 크기를 설정해야 한다.

[169] 상세하게는, 도 9의 (a)와 도 9의 (b)의 상황에서, 관찰자의 이동 크기가 동적 개구의 최외각 개구영역을 사용하더라도 동공 중심에 맞출 수 없는 경우에는 도 10의 (a)와 도 10의 (b)(또는 도 10의 (c)와 도 10의 (d))와 같이 관찰자 안구의 동공 크기(P_{eye}) 내에서 시스템이 제공가능한 최외곽 축소된 크기의 부분 출사동(52,53)이 위치하도록 제어부(60, 미도시)는 동적 개구 조절 소자(30)에 개구 위치를 설정하도록 한다.

[170] 이 실시예에 따르면, 선행하는 실시예는 안구 추적 없이 전체 출사동(50)에 시간분할을 적용하여 시차영상을 갖는 부분 출사동(51,52,53)을 생성하여 전체

출사동(50)을 대부분 활용하면서 시차영상 제공과 초점심도가 넓은 가상영상을 제공하는 반면에, 이 실시예는 안구 위치에서의 초점심도가 넓은 축소된 부분 출사동(51,52,53)의 위치를 안구의 동공 위치 정보를 참조하여 변경하여, 전체 출사동(50)의 최외곽 내에 있는 안구의 동공에 계속적으로 최적의 가상영상을 제공할 수 있다.

- [171] 이하, 본 발명의 제4 실시예에 따른 시차영상 제공과 안구추적 정보를 동시에 사용하여 동적 개구를 제어하는 것을 설명한다.
- [172] 도 11의 (a) 및 (b)는 본 발명의 제4 실시예에 따른 안구위치에서의 동적 시차영상 제공 상황을 개념적으로 나타낸 단면도이다. 도 11은 관찰자 안구가 수평방향(y축 방향)으로 이동되어 동공의 수평방향(y축 방향)으로 이동되는 경우를 보여주고 있지만, 도 10의 (c)와 도 10의 (d)와 같이 안구의 회전에 의한 동공의 수평방향(y축 방향)이동에도 반영될 수 있다. 편의상 도 11은 안구의 수평 방향 이동에 대해서만 설명한다.
- [173] 도 11의 (a) 및 (b)를 참조하여 3개의 시차 영상을 동적으로 생성하는 실시예를 예를 들어 설명하면, 동공 추적 장치(70)는 관찰자 안구의 동공 위치의 좌표 정보를 제어부(60, 미도시)에 전달한다. 제어부(60, 미도시)는 동공 중심 좌표에 3개의 시차영상을 제공하는 부분 출사동(51,52,53) 중에서 중간 부분 출사동(52)이 위치하도록 3개의 동적 개구를 하나의 프레임 내에 순차적으로 작동한다. 이때, 제어부(60, 미도시)는 동적 개구의 작동개구와 동기되어 시차영상을 디스플레이(10)에서 제공하도록 한다. 여기에서는, 간단히 동공의 1차원 방향(Y축 방향)만 고려하여 설명하였지만, 실제로는 동공의 2차원(x-y 평면) 정보에 대해 동적 개구의 위치를 조정할 수 있음은 물론이다. 도 11의 (a)는 동공 위치가 광학계의 광축에 위치하는 경우, 즉, 동적 개구를 전체 오픈했을 때의 전체 출사동(50)의 중심에 있는 경우의 상황을 보여주고 있다. 관찰자의 동공 크기가 3개의 시차영상을 제공하는 부분 출사동(51,52,53)의 전체 폭 정도가 되는 경우, 관찰자 동공에 초다시점 영상을 제공함에 따라 홀로그램과 유사한 현실감 있는 3차원 영상을 관찰자에게 제공할 수 있다. 이때는 관찰자 동공 중심에 중심 부분 출사동(52)이 위치하게 된다.
- [174] 도 11의 (b)는 관찰자의 동공중심이 왼쪽으로(-y방향) 움직이는 경우에 전체 출사동(50) 내에서 동적 개구의 조정에 따라 안구 동공 중심위치에 중간 시차의 부분 출사동(52)이 배치되도록 하여, 시차영상을 하나의 프레임 내에 순차적으로 제공한 결과를 보여준다.
- [175] 다만, 안구의 동공 중심위치가 동적 개구로 제어 가능한 전체 출사동(50)의 외곽으로 가면, 제3 실시예에서 나타낸 바와 같이 이 중심시차 영상을 제공하는 부분 출사동(52)을 동공 중심에 맞출 수 없고, 제3 실시예에서 나타낸 방법과 같이 동적 개구의 최외곽 부분 출사동(도 10의 52 또는 53)들에 시차영상을 제공한다. 한편, 필요에 따라 동공 위치가 전체 출사동(50) 외곽으로 이동시에는 시분할 시차영상 제공을 일부 제한할 수 있다.

- [176] 도 12는 본 발명의 제4 실시예에 따른 동적 개구의 배치 예를 설명하는 평면도이다.
- [177] 도 12를 참조하면, 동적 개구 조절 소자(30)의 2개 이상의 개구 수평 위치는 x-y평면의 수평, 수직, 대각선 방향 또는 이들의 조합으로 배치될 수 있다.
- [178] 상술한 실시예에서는 안구의 동공 위치가 1차원 방향으로만 움직이는 경우를 예를 들어 설명하였지만, 실제로는 동공이 광축에 수직인 평면(x-y평면) 상에 2차원으로 움직일 수 있다. 이 경우에 동공의 움직이는 속도와 동적 개구의 반응 속도를 효과적으로 대응시키기 위하여 복수의 동적 개구의 위치를 다양하게 세팅할 수 있다.
- [179] 도 12의 (a) 내지 (c)는 이 중에 가능한 몇 가지 동적 개구의 배치를 보여주고 있다. 도 12는 예시적인 것이며, 실제로는 다양한 동적 개구의 배치가 가능하고, 인접하는 동적 개구가 초점심도 범위 설정에 따라 중첩될 수 있으며, 사용자가 보는 가상 영상 종류와 측정된 동공크기에 따라 생성된 동적 개구의 개수와 배치가 바뀌도록 제어부(60, 미도시)가 알고리즘적으로 처리하는 것이 바람직하다.
- [180] 본 발명의 실시예에 따라 2차원의 동적 개구와 시분할을 사용한 시차영상을 2차원적으로 제공하게 되면, 동공 내에 완전시차의 초다시점 영상을 제공할 수 있게 되어 인위적인 광의 초점화와 비초점화를 모사할 수 있어 홀로그램과 유사한 가상영상을 제공하는 효과를 제공할 수 있다.
- [181] 이하 본 발명의 제5 실시예에 따른 초점심도 범위 조정 방법 및 작동 구조에 대해 도 13 내지 도 16을 참조하여 설명한다. 도 13은 안구의 동공위치에서 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})(즉, 전체 또는 부분 출사동의 크기)에 의해 안구 망막상에 맺혀지는 영상의 회절에 따른 흐려짐의 크기와 기하학적 흐려짐의 크기를 나타낸 그래프이다.
- [182] 도 13을 참조하면, 회절효과에 의한 흐려짐의 크기(Airy Radius)와 안구의 초점이 최적거리(D_{best})의 초점에서 벗어났을 때 기하학적 흐려짐 크기(Geometric Blur Radius)가 같아지는 영역을 최외각 근접거리(D_n)와 외곽거리(D_f)로 설정하고, 그 내부 범위를 사용자가 영상의 화질 차이를 느끼지 못하는 영역으로 초점심도 범위를 정의한다.
- [183] 초점심도 범위는 도 3과 함께 이미 설명한 바와 같이, 안구의 동공위치에서 형성되는 동적 부분 출사동(51,52,53)의 크기(이와 결부된 가상영상의 수렴영역의 크기)의 제곱에 반비례하는 관계를 갖는다(식 1 참조).
- [184] 제1 실시예에서 설명하였듯이, 동적 개구의 크기(A_{dl})를 조절하여 안구위치에서 전체 출사동(50)의 크기 중에서 부분 출사동의 크기(51,52,53)로 조정할 수 있고, 이에 따라 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})를 조절할 수 있다.
- [185] 도 13의 실시예는 초점심도 범위(DOF Range)가 3디오퍼(일 예로, $D_n = 3$ 디오퍼(= 333mm), $D_f = 0$ 디오퍼(= 무한 거리(Infinite distance)인 경우)인

광학계를 구성할 경우에 따른 최외곽 거리(D_n 또는 D_f)에서 안구 망막상의 회절에 따른 흐려짐의 크기(Airy Radius)와 기하학적 흐려짐의 크기(Geometric Blur Radius)가 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})에 따라 증가와 감소가 서로 반대 방향의 경향을 갖는다. 이때, 회절과 기하학적 흐려짐의 크기가 동일하게 되는 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})는 이 실시예에서는 B 위치가 된다. A 위치와 C 위치의 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye}) 조건은 상대적으로 회절효과 또는 기하학적 흐려짐이 더 커지게 되어 B 위치보다 영상 흐려짐이 커져 초점심도범위가 줄어들게 된다.

- [186] 이 실시예는 초점심도 범위가 3디오프터인 경우로서, 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})가 0.978mm에서 회절에 따른 흐려짐의 크기와 기하학적 흐려짐의 크기의 반지름이 12.12 μ m로 같은 값을 갖게 된다. 이때, 본 발명의 실시예로 계산에 사용된 파장(λ)과 안구의 유효망막거리(d_{eye})는 $\lambda=0.587\mu$ m와 $d_{eye}=16.535$ mm이다.
- [187] 도 14는 본 발명의 제5 실시예에 있어서, 안구가 최적 가상영상 위치(D_{best})에 초점이 맞추어진 경우에 초점심도 범위의 최근접 위치(D_n)의 영상점, 최외곽 위치(D_f)의 영상점, 그리고 최적 영상위치에서의 영상점에 대한 망막에서의 주파수 별로 MTF 값을 보여주는 그래프이다. 도 15는 MTF 값이 0.1, 0.2, 0.3이 되는 공간주파수를 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})에 따라 전산모사한 결과를 나타낸 그래프이다.
- [188] 초점 심도 범위에 따른 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})의 범위를 결정하기 위한 구성의 상세 설명은 다음과 같다.
- [189] 상술한 바와 같이 초점 심도 범위가 결정되면, 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})의 최적위치는 회절에 따른 흐려짐의 크기(Diffraction Airy Radius)와 기하학적 흐려짐의 크기(Geometric Blur Radius)가 일치하는 값이 된다. 이때의 안구가 최적 가상영상 위치(D_{best})에 초점을 맞출 때와, 최외곽 위치(D_n 또는 D_f)에 초점 조절을 한 경우의 MTF 특성이 동일하지 않고, 도 14와 같이 공간 주파수 별로 MTF 값이 작아지는 것을 알 수 있다.
- [190] 그 결과, 디스플레이 해상도와 화각을 고려하여 구현되는 가상영상의 최대 공간주파수 영역에 따라, 최적의 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye}) 크기가 회절과 기하학적 흐려짐이 동일해지는 조건으로 정의된 값과 MTF 대조(MTF contrast) 값이 동일하지 않게 된다.
- [191] 광학 설계에 따라 결정되는 MTF의 컷오프(Cut-off) 공간주파수는 달라질 수 있으나, 공간주파수에 따른 MTF 값의 변화는 동일하다. 이에 따라 정해진 광학계에서 실질적으로 관찰자의 시인성을 고려한 사용 가능한 최대 공간주파수는 MTF 값이 0.1 내지 0.3이다. 도 15는 이 중 대표적으로 MTF 값이 0.1, 0.2, 0.3이 되는 공간주파수를 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})에 따라 전산모사한 결과이다.

- [192] 이 결과에 나타난 바와 같이, 기준 MTF 값에 따라 최대 공간주파수를 제공하는 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})는 최적조건으로부터 달라지게 된다. 이 범위는 최적의 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})의 대략 $\pm 20\%$ 정도의 범위가 된다. 이 범위 내에서 광학 설계 사항의 우선순위에 따라 적합한 초점심도범위에 따라 결정되는 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})를 조정하여 사용하는 것이 바람직하다.
- [193] 따라서, 제어부(60, 미도시)는 설정된 최적 가상영상 위치와 초점심도범위에 따라 동적 개구 소자의 개구의 크기를 조절하여, 최근접 안구의 초점위치에서 망막에 맺히는 영상점의 최근접 영상 흐려짐 크기와, 최외곽 안구의 초점위치에서 망막에 맺히는 영상점의 최외곽 영상 흐려짐 크기가 동일하도록, 최근접 및 최외곽 영상 흐려짐 크기가, 회절에 의한 영상 흐려짐 크기와, 동일한 값에서 $\pm 20\%$ 범위 내에 있도록, 가상 영상의 영상점의 최적 위치는, 디옵터 단위로 최근접 안구의 초점위치와 최외곽 안구의 초점위치의 산술평균 위치가 되도록, 안구의 동공위치에서 출사동의 크기를 조절하는 것이 바람직하다.
- [194] 도 16은 본 발명의 제5 실시예에 따른 다른 동적 개구 적용 근안 디스플레이 장치를 도시한 측단면도이다.
- [195] 도 16을 참조하여 본 발명에 따른 초점심도 범위와 최적 가상영상 형성 위치를 조정하는 것을 설명하면 다음과 같다.
- [196] 상술한 바와 같은 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})에 따라 초점 심도 범위를 결정하면, 최적의 가상영상의 형성위치(D_{best})는 초점심도범위의 최근접거리(D_n)와 최외곽거리(D_f)의 산술평균 위치($D_{best} = (D_n + D_f)/2$)로 결정된다. 이때, 각 거리의 단위는 디옵터(Diopter) 단위이다. 거리 단위로 표현되면, 상기의 최적 가상영상의 형성위치(D_{best})가 초점심도범위의 최외곽 거리의 산술평균 관계가 아님에 유의한다.
- [197] 본 발명의 실시예로서 도 16은 동적 개구 적용 근안 디스플레이 장치와 이에 따라 결정되는 초점심도 범위와 최적 가상영상 위치 형성에 관한 주요 변수들 간의 관계를 개념적으로 보여주고 있다.
- [198] 도 17은 본 발명의 제6 실시예에 따른 동적 개구의 모양 변경에 의한 광학 성능 개선을 위한 근안 디스플레이 장치의 측단면도이다. 도 18은 도 17의 환 모양의 동적 개구에 대해 광축이 수직인 평면(x-y평면) 상에서 보는 동적 개구를 나타낸 단면도이다.
- [199] 도 17을 참조하여, 동적 개구의 모양 변경(환 모양 개구: Annular Aperture)에 따른 광 특성 개선 원리를 설명하면 다음과 같다.
- [200] 도 18에 도시된 것처럼, 동적 개구 조절 소자(30)의 개구는 원형 개구 내에 원형의 광 차단 부분으로 이루어진 환 모양 개구(Annular Aperture)이고, 상기 원형 개구의 반지름이 a 이고, 상기 원형의 광 차단 부분의 반지름이 a_0 인 경우, 상기 원형 개구의 반지름과 상기 원형의 광 차단 부분의 반지름의 비가 $\beta(\equiv a_0/a)$ 로 정의된다.

- [201] 선행하는 실시예들에 따른 동적 개구는 기본적으로 원형의 개구($\beta=0$)를 기준으로 설명하였으나, 회절 효과를 보다 효율적으로 제어하는 환 모양 개구를 적용하면 동일 개구 크기에서 회절에 의해 결정되는 회절에 따른 흐려짐의 크기(Airy Radius)를 줄일 수 있다. 이에 따라, 동일 광학계에서 초점심도 범위를 넓혀 줄 수 있고, 고주파의 공간주파수 영역에서의 MTF 값을 증가시켜 준다.
- [202] 도 18을 참조하면, 이 실시예에 선행하는 실시예들의 광학계의 기본 구조가 적용되나, 동적 개구의 개구 모양이 개구의 중간영역의 일부분의 광을 차단하는 환 모양을 갖게 되어 공통 광분포 영역(C1) 중 광축 중심의 일정 부분의 광이 통과하지 않는 영역이 발생하여, 도 17에 도시된 바와 같이 동적 개구를 통과하는 광 다발의 중간영역이 비어있는 특성을 갖게 된다.
- [203] 그렇지만, 이 경우에도 동일 동적 개구 크기(A_{dl})를 갖는 경우(즉, $A_{dl}=2a$ 이고, $\beta=0$ 인 경우)에는 기하학적으로 결정되는 관찰자 위치에서의 부분 출사동(51)의 크기 또는 이에 의해 결정되는 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})는 동일하게 된다. 그러나, 동적 개구가 환 모양이 될 경우 회절에 따른 흐려짐의 크기(Airy Radius)를 고주파 공간주파수 영역에서 줄일 수 있게 되어 광학 특성을 개선시킬 수 있다. 환 모양의 동적 개구에서는 기하학적 흐려짐의 크기와 같아지는 회절 조건이 변경되어 선행하는 실시예들의 일반적인 개구와 동일 개구크기 조건과 최적조건 또는 최적조건 범위가 달라짐에 유의한다.
- [204] 이 실시예에 따른 환 모양의 동적 개구에 대해 광축에 수직한 평면(x-y평면) 상에서 보는 동적 개구의 형상은 도 18에 나타나 있다. 동적 개구의 크기(A_{dl})는 선행하는 실시예들과 동일한 동적 개구 크기(A_{dl})로 주어진 경우에 개구부의 중심 영역에 일정영역 광이 통과하지 못하는 영역이 존재한다. 정의된 동적 크기 대비 가려진 부분의 비(a_0/a)가 중요하며, 이를 β 로 정의하여 본 발명을 설명한다.
- [205] 도 19의 (a), (b)는 β 에 따른 안구위치에서의 주요 광 특성 변화를 나타낸 그래프이다.
- [206] β 가 0인 경우가 선행하는 실시예들의 일반적인 동적 개구 조건이며, β 가 증가될수록 회절에 의한 흐려짐의 크기(Airy Radius)가 줄어들게 된다. 그 결과, 가상영상의 동일 수렴영역의 크기(PD_{eye})에서 초점심도 범위가 증가되는 장점이 있다. 그러나, 안구의 망막에 맺혀지는 영상점의 PSF(Point Spread Function)의 중심의 피크값(Strehl ratio)이 줄어들어 영상 품질이 저하되는 문제와 동일 개구 크기(A_{dl})에서 β 가 증가됨에 따라 광량이 줄어드는 문제가 있게 된다.
- [207] β 의 최적 사용범위에 대한 조건의 고려 사항에 대하여, 줄어드는 광량의 크기가 20% 이내가 되는 것이 실제 응용에서 광 손실이 크게 문제되지 않을 것이고, 사용자의 시인성을 고려하여 PSF의 스트렐 비율(Strehl ratio)이 0.8(근사적으로 레일리 쿼터 웨이브 기준(Rayleigh's quarterwave criterion)) 이상인 경우에는 문제가 없을 것으로 판단된다.
- [208] 상기 두 가지 조건을 만족하는 β 는 1/3이다. 이 경우, β 가 0인 경우에 비해 89% 정도의 광을 사용하면서, 사용자의 시인성 상 화질 저하를 못 느끼면서 동일한

- 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})에서 초점 심도 범위를 12.5% 정도 넓게 할 수 있다. 그러므로, 본 발명에 의한 환 모양 개구의 β 값을 본 발명에 적용하는 데 있어서 최적으로서는 β 에 1/3 근처의 값을 적용할 수 있고, 초점 심도와 광량 조절의 비중에 따라 β 값을 1/3 이내로 적용하는 것이 바람직하다.
- [209] 도 20은 본 발명의 제6 실시예에 따른 대표적인 3개의 β 값에 따른 PSF의 규격화된 상대 광 분포 함수값을 계산한 결과를 나타낸 그래프이다. 도 21은 본 발명의 제6 실시예에 따른 동적 개구에 있어서, $\beta=1/3$, $\beta=0.45$ 인 환형 개구와 원형개구($\beta=0$)의 MTF 곡선과 DOF를 비교한 그래프이다.
- [210] 도 20 및 도 21을 참조하여, 가상영상의 광학 특성을 종합적으로 판단하는 공간주파수에 따른 MTF(Modulation Transfer Function) 특성에 따른 β 의 사용 범위를 설명하면 다음과 같다.
- [211] 도 20은 대표적인 3개의 β 값에 따른 PSF의 규격화된 상대 광 분포 함수값을 계산한 결과를 보여준다. β 값이 증가될수록 상술한 바와 같이 회절에 의한 흐려짐의 크기(Airy Radius)가 줄어들게 되나, PSF의 중심 피크(Peak) 대비 인접 피크(Peak)의 광량이 상대적으로 증가되어 중간영역의 공간주파수에서 MTF 값을 저하시키는 문제가 발생한다.
- [212] 공간 주파수에 따른 MTF를 고려한 적절한 β 값은 공간주파수 증가에 따른 MTF 값이 단조 감소하는 특성을 보이는 최대 β 값으로 정하는 것이 적절하다. 이것을 만족하는 β 값은 0.45이다. 이때의 광량은 β 값이 0인 경우에 비해 80% 정도이고, PSF의 스트렐 비(Strehl ratio)가 0.64로 감소되어 원형동적 개구($\beta=0$)에 비해 일부 화질 저하가 느껴지지만, 초점심도범위와 고주파의 공간주파수(해상력 증가된 가상영상 제공)을 고려할 경우에 적용 가능한 조건이다.
- [213] 그러므로, 본 발명에 따른 환 모양의 동적 개구는 바람직하게는 β 가 1/3 이내인 것이 적절하나, 시인할 수 있는 해상력 또는 심도범위가 더 중요해질 경우에는 β 를 0.45까지 확장할 수 있다.
- [214] 도 21은 상술한 바와 같은 대표적인 β 값(0, 1/3, 0.45)에서 표준화한 공간주파수(Cut-off Spatial frequency를 1로 표현)에서의 MTF 값과 β 값이 0인 경우 대비 DOF 범위가 12% 내지 25% 확장됨을 보이고, 확장된 DOF에 해당하는 β 값이 0에 해당하는 보다 작은 원형 개구와 비교한다. 결과적으로 β 값이 0인 경우보다 β 가 커질수록 중간 이하 공간주파수의 MTF 값은 떨어지지만, 고주파 영역의 MTF 값은 증가됨을 확인할 수 있다.
- [215] 도 22는 본 발명의 제7 실시예에 따른 초점심도를 조절하기 위한 구성을 나타낸 도면이다. 도 22를 참조하여, 가상 영상의 필요 해상력을 고려한 초점심도 범위 조정 관련 응용 실시예를 설명하면 다음과 같다.
- [216] 제어부(60, 미도시)는 가상영상의 종류에 따라 설정된 최적 가상영상 위치에서 초점심도범위를 감소시키고, 해상력이 증대된 영상을 제공하기 위해 동적 개구 조절 소자(30)의 개구의 크기를 넓게 조절할 수 있다.
- [217] 초점심도 범위를 넓히기 위해서는 안구위치의 수렴영역의 크기(PD_{eye})가

줄어들어야 하는데 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})가 줄어들수록 회절효과가 커지게 되어 광학계가 제공할 수 있는 해상력이 줄어들게 되는 단점이 있다. 광학계에 사용되는 디스플레이의 해상도와 화각(FOV)에 따라 볼 수 있는 최대 해상력은 결정되지만(도 4 참조), 회절효과에 의해 최대 해상력이 더 제한될 수 있다. 결과적으로 세부 패턴(텍스트 또는 미세패턴이 있는 영상)을 제대로 시인하기 어렵게 된다.

[218] 안구위치에서 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})와 회절에 따른 흐려짐의 크기(Airy Radius)는 다음 수식을 만족한다.

$$[219] \quad \text{Airy Radius} = 1.22 \lambda \frac{d_{eye}}{PD_{eye}} \quad (\text{식 3})$$

[220] 이때, λ 는 파장이고, d_{eye} 는 안구렌즈와 망막 사이의 거리이다. 이때, 본 발명의 실시예로 계산에 사용한 파장(λ)과 안구의 유효망막거리(d_{eye})는 $\lambda=0.587\mu\text{m}$ 와 $d_{eye}=16.535\text{mm}$ 이다(변수 관계는 도 22 참조).

[221] 이 실시예에 따르면, 가상영상의 종류에 따라 고화질의 미세패턴이 많은 가상영상을 제공하는 경우나, 텍스트와 같은 2차원 영상 표현이 주가 되는 가상영상을 제공하는 경우에는 선행하는 실시예들에서 제어부(60, 미도시)가 자동으로 또는 사용자가 초점심도 범위를 줄여서(즉, 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye}))를 크게 조정하여) 높은 해상력이 필요한 가상 영상을 사용자가 편하게 볼 수 있게 한다.

[222] 도 23의 (a) 내지 (c)는 본 발명의 제7 실시예에 따른 초점 심도 범위의 결정에 대한 주요 변수들의 관계를 수식적으로 계산한 결과를 나타낸 표와 그래프이다.

[223] 도 23의 (a) 내지 (c)를 참조하여 초점심도 범위 조정과 해상력 조정의 구체적 실시예를 설명하면 다음과 같다.

[224] 예를 들어 DOF 범위(DOF Range)가 1디오퍼인 경우의 최적 제1 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye1})는 1.693mm이고, 3디오퍼인 경우의 최적 제2 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye2})는 0.9776mm이다.

[225] 안구 위치의 제1 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye1})는 제1 렌즈 인접 배치된 동적 개구 조절소자의 동적 개구의 크기(A_{d1})에 비례하는데, 이는 광학계의 $D_o:D_e$ 비율에 따라 결정된다. 도 2의 예로 $D_o:D_e$ 가 3:1인 경우에는 동적 개구의 크기(A_{d1})는 $A_{d1}=3*PD_{eye}$ 가 된다.

[226] 그러므로, 1디오퍼인 경우 동적 개구 크기(A_{d1})는 $A_{d11}=5.08\text{mm}$ 가 되고, 3디오퍼인 경우 동적 개구 크기(A_{d1})는 $A_{d12}=2.933\text{mm}$ 이 된다. 이때, 이상적인 회절 한계(Airy Radius)는 식3의 수식을 적용하여 계산하면, 1디오퍼인 경우 7 μm 에서 3디오퍼인 경우 12.12 μm 로 증가된다.

[227] 상기 결과로부터, 초점심도범위를 3디오퍼에서 1디오퍼로 줄이게 되면, 더 밝으면서 최대 공간해상도(회절을 고려하여 두 인접화소를 구별할 수 있는 최대해상도로 레일리 기준(Rayleigh Criterion)에 해당됨)가 증가되는 시스템을

구현할 수 있다.

- [228] 상기 경우는 상대 밝기가 1디오퍼가 3디오퍼에 비해 3배 밝고 (식 1에서 보여지듯이 DOF 범위는 수렴영역의 크기의 제곱 반비례함), 회절 효과가 줄어들음에 따라 최대 공간 해상도는 1.72배 정도 증가된다.
- [229] 또한, 최대 공간 해상도의 증가는 디스플레이 해상도와 화각을 고려하여 실제 사용되는 공간주파수가 더 적은 영역을 사용한다고 하더라도, 해당 공간 주파수에서의 MTF의 값을 증가시키는 효과를 주어 가상 영상의 더 높은 대조비(Contrast ratio)를 제공할 수 있어서, 보다 선명한 영상을 구현할 수 있다.
- [230] 본 발명의 제7 실시예에 따른 동적 개구 폭 조절에 대해 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [231] 동적 개구 폭은 DOF 범위가 결정되면, 안구위치에서 가상영상의 필요한 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})를 부여하는 조건으로 결정된다. 동적 개구의 크기(A_{dl})과 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})는 비례관계에 있으며, 광학시스템의 $D_o:D_e$ 비에 따라 결정된다. 구체적으로는 다음 식 4의 관계를 만족한다.
- [232]
$$A_{dl} = \frac{D_o}{D_e} PD_{eye} \quad (\text{식 4})$$
- [233] 그러므로, 가상영상 제공 광학계가 결정되면, 적용하고자 하는 DOF 범위별 필요한 가상영상의 영상점의 수렴영역 크기(PD_{eye})에 따른 동적 개구 크기(A_{dl})를 내부 록업 테이블로 만들어 놓거나, 간단히 수식계산을 적용하면 된다.
- [234] 이러한 동적 개구 크기(A_{dl})의 변경은 수동으로 사용자가 DOF 범위를 설정하면, 제어부(60, 미도시)에서 동적 개구 조절 소자(30)를 통해 동적 개구 크기(A_{dl})를 변경할 수 있다.
- [235] 또 다른 실시예로서, 사용자가 사용하는 콘텐츠 종류(DOF 범위가 큰 것이 필요한 경우 또는 텍스트와 같이 특정 거리에서 높은 해상도의 영상이 필요한 경우 등)에 따라 제어부(60, 미도시)에서 콘텐츠 종류에 맞도록 필요한 DOF 범위를 선택하여 자동으로 동적 개구의 크기(A_{dl})를 조정하게 할 수 있다.
- [236] 동적 개구 조절 소자(30)는 제어부에서 전달받은 동적 개구 크기(A_{dl})에 따라 제1 렌즈에 인접(앞 또는 뒤에 배치)하여 배치되어 제1 렌즈를 통과하는 가상영상의 광의 영역을 조절해 주는 장치이다.
- [237] 동적 개구 조절 소자(30)는 광이 투과되는 영역의 위치와 크기를 전기 신호에 따라 조절해주어야 하는데, 구체적으로는 액정 소자(LCD)를 사용할 수 있으며, 광 셔터로 적용하기에 적합한 것은 이 중에서 고속 구동이 가능한 FLC 소자가 용이하다. 이 외에 전기적 신호에 따라 투과영역의 크기와 위치를 조절할 수 있는 다른 소자 등이 본 발명의 동적 개구로 사용될 수 있다.
- [238] 도 24a는 본 발명의 제8 실시예에 따른 디스플레이 위치 조절에 따라 가상영상의 최적위치를 변경하기 위한 구성을 도시한 측면면도이다.

- [239] 도 24a는 도 1에 의한 본 발명의 기본 광학계와 동일한 구조이므로 기본 구조에 대한 설명은 생략하고, 도 16을 함께 참조하여 가상영상의 최적위치(D_{best})를 변경하는 기본 원리에 대해 설명한다. 도 24a에서 동적 개구 조절 소자(30)에 대한 설명도 생략한다.
- [240] 도 24a를 참조하면, 디스플레이(10) 위치와 제1 렌즈(20) 사이의 거리를 조절하는 디스플레이 위치조정 소자(80, 미도시)가 구비되며, 제어부(60, 미도시)는 설정된 최적 가상영상 위치에 따라 디스플레이 위치조정 소자(80)를 제어하여 최적 가상영상 위치를 조정할 수 있다.
- [241] 디스플레이(10)에서 생성된 가상영상 정보는 제1 렌즈(20)와 주 광학렌즈(40) 사이에서 중간 영상을 형성하게 되는데, 주 광학렌즈로부터 중간영상의 형성위치가 주 광학렌즈의 초점거리와 같을 경우에 주 광학렌즈로부터 아이 릴리프(Eye Relief) 떨어진 안구의 초점 조절 거리는 무한거리(0 디옵터)가 된다.
- [242] 이 무한거리의 가상영상을 관찰자에게 제공하는 기준 중간영상 형성위치(I_0)의 주 광학렌즈로부터 거리를 D_{obj0} 라 할 경우에, 이 무한거리 중간영상 형성위치는 제1 렌즈(20)의 초점거리와 디스플레이(10)와 제1 렌즈(20) 사이의 거리에 따라 상 방정식에 따라 결정이 된다. 이에 따라, 기준 디스플레이 위치(P_0)와 제1 렌즈 사이의 거리(D_{md0})가 결정된다.
- [243] 상기 결정된 기준 디스플레이 위치(P_0)를 제1 렌즈(20)에 가까운 위치(P_1)로 변경하게 되면(즉, $D_{md1} < D_{md0}$ 조건이 만족되면), 기준 중간영상 형성위치가 I_0 에서 I_1 으로 변경되어 주 광학렌즈(40)와의 거리가 가까워진다. 도면에 나타난 바와 같이, $D_{obj1} < D_{obj0}$ 인 조건이 만족된다.
- [244] 이때의 I_1 은 주광학렌즈의 초점거리보다 가까운 거리이므로 허상이 발생하는 조건이 되며, 그 위치는 기준 위치로부터 떨어진 거리가 커질수록 허상의 위치가 주 광학렌즈(40)에 가까워진다. 이러한 중간영상 형성위치에 따른 허상의 위치가 안구에서 바라본 가상영상 최적위치(D_{best})이다.
- [245] 그러므로, 디스플레이 위치(P_0)를 기준 위치로부터 일정거리 떨어진 제1 렌즈(20)에 가깝게 조정(P_1)하여 가상영상의 최적위치를 변경할 수 있다.
- [246] 도 24b은 본 발명의 제8 실시예의 다른 실시형태에 따른 제1 렌즈의 초점 조절에 따라 가상영상의 최적위치를 변경하기 위한 구성을 도시한 측단면도이다.
- [247] 도 24a에서는 디스플레이 위치를 조정하였으나 도 24b에서는 제1 렌즈가 초점조절이 가능한 렌즈인 경우에 가상영상의 최적위치(D_{best})를 변경하는 기본 원리에 대해 설명한다.
- [248] 도 24b을 참조하면, 디스플레이(10) 및 초점거리를 조절할 수 있는 제1 렌즈(20)가 구비되며, 이를 제어하는 제어부(60, 미도시)는 설정된 최적 가상영상 위치에 따라 제1 렌즈(20)의 초점거리를 변경하여 최적 가상영상 위치를 조정할 수 있다.
- [249] 디스플레이(10)에서 생성된 가상영상 정보는 제1 렌즈(20)와 주 광학렌즈(40)

- 사이에서 중간 영상을 형성하게 되는데, 주 광학렌즈로부터 중간영상의 형성위치가 주 광학렌즈의 초점거리와 같을 경우에 주 광학렌즈로부터 아이 릴리프(Eye Relief) 떨어진 안구의 초점 조절 거리는 무한거리(0 디옵터)가 된다.
- [250] 이 무한거리의 가상영상을 관찰자에게 제공하는 기준 중간영상 형성위치(I_0)의 주 광학렌즈로부터 거리를 D_{obj0} 라 할 경우에, 이 무한거리 중간영상 형성위치는 제1 렌즈(20)의 초점거리와 디스플레이(10)와 제1 렌즈(20) 사이의 거리에 따라 상 방정식에 따라 결정이 된다. 이에 따라, 디스플레이 위치와 제1 렌즈 사이의 거리(D_{md0})가 정해진 경우에 제1 렌즈의 초점거리에 따라 중간영상 형성위치가 결정된다.
- [251] 상기 결정된 디스플레이 위치와 제1 렌즈(20) 사이 거리에서 제1 렌즈의 초점거리를 f_{L0} 로 조정하여 중간영상 형성위치가 I_0 가 되도록 조정할 수 있고, 중간영상 형성 위치를 주 광학렌즈(40)에 가까운 I_1 으로 변경시키기 위해서는 초점거리를 이전 경우에 비하여 길게 변경시켜야 한다. 이러한 관계는 렌즈방정식으로 계산이 가능하다. 이때의 I_1 은 주광학렌즈의 초점거리보다 가까운 거리이므로 허상이 발생하는 조건이 되며, 그 위치는 기준 위치로부터 떨어진 거리가 커질수록 허상의 위치가 주 광학렌즈(40)에 가까워진다. 이러한 중간영상 형성위치에 따른 허상의 위치가 안구에서 바라본 가상영상 최적위치(D_{best})이다.
- [252] 그러므로, 디스플레이 위치와 제1 렌즈 사이의 거리를 고정하고 제1 렌즈(20)의 초점거리를 조절하여 가상영상의 최적위치를 변경할 수 있다.
- [253] 도 25a는 본 발명의 제8 실시예에 따라 가상영상의 형성위치를 조정하기 위한 디스플레이의 위치 관계를 나타낸 그래프이다.
- [254] 도 25a를 참조하면, 디스플레이(10)를 기준위치(무한의 가상영상 형성 위치)로부터 조정하는 절대값은 광학계의 설계변수에 따라 달라지지만, 그 관련성을 보면 디옵터 기준으로 가상영상 형성위치 조정을 위한 디스플레이(10) 위치는 선형 비례하여 제1 렌즈(20)에 가까워지는 것을 알 수 있다.
- [255] 도 25a는 본 발명의 실시예에 따른 일 예로 가상영상의 형성위치를 무한위치(0 디옵터)로부터 250mm(4 디옵터)로 조정하기 위한 디스플레이의 위치 관계를 보여준다.
- [256] 도 25b는 본 발명의 제8 실시예의 다른 실시형태에 따라 가상영상의 형성위치를 조정하기 위한 제1 렌즈의 초점거리 관계를 나타낸 그래프이다.
- [257] 도 25b를 참조하면, 제1 렌즈(20)의 초점거리를 (무한의 가상영상 형성 위치)로부터 조정하는 절대값은 광학계의 설계변수에 따라 달라지지만, 그 관련성을 보면 디옵터 기준으로 가상영상 형성위치 조정을 위한 제1 렌즈(20)의 초점거리는 선형 비례하여 증가되는 것을 알 수 있다.
- [258] 도 25b는 본 발명의 실시형태에 따른 일 예로 가상영상의 형성위치를 무한위치(0 디옵터)로부터 250mm(4 디옵터)로 조정하기 위한 제1 렌즈(20)의 초점거리와의 관계를 보여준다.

- [259] 도 26a은 본 발명의 제8 실시예에 따른 제1 렌즈로부터의 디스플레이 거리를 조정함에 따라 가상영상의 최적위치를 안구로부터 조정하는 구성을 도시한 측단면도이다.
- [260] 도 26a을 참조하면, 본 발명의 제8 실시예에서는 관찰자의 안구 동공 초점 조절 위치를 추적하는 동공 추적 장치(70)가 더 구비되며, 제어부(60, 미도시)가 동공 추적 장치(70)가 획득한 동공 추적 정보를 이용하여, 관찰자의 안구의 주시 깊이 위치에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 디스플레이 위치조절 소자(80)를 제어할 수 있다.
- [261] 또는, 사용자가 가상영상 최적위치 정보를 수동으로 입력하면, 제어부(60, 미도시)에서 최적위치 정보에 대응하는 디스플레이 조정 위치 정보를 디스플레이(10)의 위치를 제어하는 위치조절 소자(80)에 전달하여, 위치조절 소자(80)를 통해 디스플레이(10)의 위치를 조절하여 최적의 가상영상 형성위치를 조정할 수도 있다.
- [262] 도 26a에는 본 발명의 제8 실시예에 따른, 제1 렌즈(20)로부터의 디스플레이(10)까지의 거리를 D_{md1} 에서 D_{md2} 로 조정함에 따라 가상영상의 최적위치가 안구로부터 D_{best1} 에서 D_{best2} 로 조정되는 구조가 나타나 있다.
- [263] 도 26b은 본 발명의 제8 실시예의 다른 실시형태에 따른 제1 렌즈의 초점거리를 조정함에 따라 가상영상의 최적위치를 안구로부터 조정하는 구성을 도시한 측단면도이다.
- [264] 도 26b을 참조하면, 본 발명의 제8 실시예의 다른 실시형태에서는 관찰자의 안구 동공 초점 조절 위치를 추적하는 동공 추적 장치(70)가 더 구비되며, 제어부(60, 미도시)가 동공 추적 장치(70)가 획득한 동공 추적 정보를 이용하여, 관찰자의 안구의 주시 깊이 위치에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 제1 렌즈의 초점 거리를 제어할 수 있다.
- [265] 또는, 사용자가 가상영상 최적위치 정보를 수동으로 입력하면, 제어부(60, 미도시)에서 최적위치 정보에 대응하는 제1 렌즈에 초점 거리 정보를 전달하여, 최적의 가상영상 형성위치를 조정할 수도 있다.
- [266] 도 26b에는 본 발명의 제8 실시예의 다른 실시형태에 따른, 제1 렌즈(20)의 초점 거리를 f_{L1} 에서 f_{L2} 로 조정함에 따라 가상영상의 최적위치가 안구로부터 D_{best1} 에서 D_{best2} 로 조정되는 구조가 나타나 있다. 이때, f_{L1} 이 f_{L2} 보다 작은 경우에 제1 가상영상 최적 위치(D_{best1})는 제2 가상영상 최적위치(D_{best2})보다 안구로부터 멀리 형성되게 된다.
- [267] 도 27은 도 26a 및 26b에 있어서, 관찰자 양안에 안구 동공 중심 정보를 추적하는 동공 추적 장치와 이 정보를 수신하여 양안의 주시깊이를 계산하여 가상영상을 형성하는 위치를 조정하는 제어부를 도시한 측단면도이다.
- [268] 도 27을 참조하면, 동공 추적 장치(71,72)는 2개이며, 관찰자 양안의 지향점 정보를 추적하여 제어부(60, 미도시)가 관찰자의 양안의 주시 수렴 깊이에

근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 디스플레이 위치조정 소자(80)를 제어할 수 있다.

- [269] 또한 도 27을 참조하면, 동공 추적 장치(71,72)는 2개이며, 관찰자 양안의 지향점 정보를 추적하여 제어부(60, 미도시)가 관찰자의 양안의 주시 수렴 깊이에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 제어 신호에 따라 제1 렌즈의 초점거리를 제어할 수 있다.
- [270] 선행하는 실시예들 중에서 하나의 동공 위치 추적 장치(70)를 사용하는 경우에 단안의 동공 중심의 위치 정보만을 사용하여 관찰자 양안의 주시 깊이를 판단한다는 것이 어려울 수 있다. 이를 보완하기 위해, 관찰자 양안에 안구 동공 지향방향을 추적하는 알고리즘을 적용하는 동공 추적 장치(71, 72)를 사용하여 양안의 지향되는 수렴위치에 산출하여 이 거리를 관찰자의 응시 최적 초점거리로 판단하여, 제어부(60, 미도시)에 최적 가상영상 형성위치 정보를 제공하는 것이 본 발명의 실시예로서 더 바람직할 수 있다.
- [271] 한편, 도 26a의 디스플레이 위치조정 소자는 정밀 위치 제어가 가능한 압전소자, VCM, 또는 전기신호에 따라 굴절률이 변경되어 디스플레이와 제1 렌즈 사이의 유효거리를 조정하는 액정소자 등이 사용될 수 있다.
- [272] 한편, 도 26b의 제어부의 제어신호에 따라 초점거리조절 제어가 가능한 제1 렌즈의 종류는 포커스 튜너블 렌즈, 폴리머 렌즈, 액체렌즈, 액정 렌즈, 또는 전기신호에 따라 렌즈의 위치별 굴절률이 변경되는 렌즈이다.
- [273] 앞의 실시예에서 가상영상의 최적 형성위치를 변경하기 위해 디스플레이와 제1 렌즈(고정 초점거리 렌즈) 사이의 거리를 제어부에서 제어할 수 있다는 것과, 이와 별개로 고정된 디스플레이와 제1 렌즈(가변 초점거리 렌즈) 사이의 거리를 유지하면서 제1 렌즈의 초점거리를 제어할 수 있다는 것을 보였다. 본 발명에서 구체적으로 기술하지는 않겠지만, 위의 본 발명의 두 기술을 시분할로 구동하여 두 개 이상의 가상영상 최적 형성위치를 한 프레임 내에 구현 할 수 있다. 이를 통하여 가상영상의 초점심도 범위를 효과적으로 넓혀 줄 수 있다. 반면에, 하나의 가상영상 최적 형성위치에서 초점심도 범위를 넓히기 위해서는 안구위치에서의 출사동의 크기를 줄여야 되는데, 이는 안구에 들어오는 광량의 손실과 회절한계의 증대에 따른 가상영상의 해상력 감소를 유발한다. 이의 단점을 극복할 수 있는 대안으로 시분할로 두 개 이상의 가상영상의 최적형성위치를 형성하는 것에 장점이 있다.
- [274] 도 28은 본 발명의 제9 실시예에 의한 비 정상시(근시 또는 원시) 관찰자의 시력보정 원리를 설명하기 위한 정상시와 근시 또는 원시에 따른 안구의 굴절력에러를 나타낸 측단면도이다. 도 29는 비 정상시(근시 또는 원시) 안구의 보정 렌즈 원리를 보여주는 구조를 도시한 측단면도이다. 도 30a 및 30b은 본 발명의 제9 실시예에 따른 비 정상시 관찰자의 시력을 보정하기 위한 구성을 도시한 측단면도이다.
- [275] 도 28, 도 29, 및 도 30a을 참조하면, 근시 또는 원시의 비 정상시 관찰자를 위해,

- 제어부(60, 미도시)에 시력보정 수치를 입력하여 설정된 최적 가상영상 위치와 대응되는 디스플레이(10) 위치를 보정함에 따라, 비 정상시 관찰자에게도 시력보정 안경의 착용없이 최적 가상영상 위치를 제공할 수 있다.
- [276] 도 28, 도 29, 및 도 30b을 참조하면, 근시 또는 원시의 비 정상시 관찰자를 위해, 제어부(60, 미도시)에 시력보정 수치를 입력하여 설정된 최적 가상영상 위치와 대응되는 제1 렌즈(20)의 초점거리를 보정함에 따라, 비 정상시 관찰자에게도 시력보정 안경의 착용없이 최적 가상영상 위치를 제공할 수 있다.
- [277] 선행하는 실시예에서의 가상영상 최적위치에 조정은 정상시의 안구를 갖고 있는 관찰자를 기준으로 하여 설명하였으나, 실제로는 많은 관찰자가 시력보정 안경(렌즈) 없이 정상 시력을 갖지 못한다. 또한, 시력보정 안경을 장착하고 본 발명의 근안 디스플레이 장치를 사용할 경우에는 장치의 사용상의 불편함뿐만 아니라, 광학계의 설계에 따라 충분한 아이 릴리프(Eye Relief)를 확보하지 못한 경우에는 최적의 가상영상을 보기 어려운 문제가 있다.
- [278] 이 실시예는 이러한 문제를 해결하기 위해 근시 또는 원시와 같은 비 정상시 안구를 갖는 관찰자에게 시력보정 안경없이 본 발명의 장치를 사용하여 가상영상을 제대로 볼 수 있도록 한다.
- [279] 도 28에는 정상시와 근시 또는 원시와 같은 비 정상시 안구의 차이가 나타나 있다. 정상시와 근시 또는 원시의 차이는 무한거리 물체에 대해서 정상시인 경우는 이완 초점조절(Relaxed Accommodation) 상태에서 망막에 제대로 초점을 맞출 수 있지만, 근시와 원시의 경우에는 그렇지 못하다.
- [280] 근시인 경우에는 망막보다 앞에 이미지 영상이 맺혀지고(안구렌즈의 초점거리가 평균보다 짧거나, 망막의 거리가 평균보다 긴 경우), 반면에 원시인 경우에는 망막보다 뒤에 이미지 영상이 맺혀진다(안구렌즈의 초점거리가 평균보다 길거나, 안구렌즈로부터 망막의 거리가 평균보다 짧은 경우). 이를 안구의 굴절력 에러라고 하며, 이는 시력보정렌즈를 써서 보정할 수 있다.
- [281] 도 29를 참조하면, 근시는 무한 거리의 물체에 대해 최대 이완시의 안구 초점거리가 너무 짧은 경우(또는 광 파워(Optical power)가 너무 큰 경우)로서, 음의 광 파워(Negative Optical Power)를 갖는 렌즈(오목렌즈)를 보정렌즈로 사용하여 무한거리의 물체가 보정렌즈 앞의 일정거리(S_{f1})에 허상이 위치하도록 하여 무한 거리의 물체의 광이 안구위치에서 시력보정치만큼 발산하도록 하여 근시안을 갖는 사용자의 망막에 초점이 제대로 맺히게 할 수 있다.
- [282] 원시는 무한 거리의 물체에 대해 최대 이완시의 안구 초점거리가 너무 긴 경우(또는 광 파워가 너무 작은 경우)로서, 양의 광 파워(Positive Optical Power)를 갖는 렌즈(볼록렌즈)를 보정렌즈로 사용하여 무한거리의 물체가 보정렌즈 뒤쪽(안구가 위치한 측)으로부터 일정거리(S_{f2})에 실상으로 위치하도록 하여 무한 거리의 물체의 광이 안구위치에서 시력보정치만큼 수렴하도록 하여 원시안을 갖는 사용자의 망막에 초점이 제대로 맺히게 할 수 있다.
- [283] 도 30a을 참조하면, 앞에서 간단히 설명한 근시 또는 원시인 비 정상시안의

보정 원리를 적용하기 위해 무한 거리 물체 위치를 제공하는 기본 세팅(즉, $D_{best} = 0$ 디오퍼)을 기준으로 관찰자의 시력을 보정한다.

- [284] 구체적으로 언급하면, 디스플레이(10)와 제1 렌즈(20) 사이의 거리를 D_{md0} 로 조정하여, 중간 가상영상 형성위치가 주 광학렌즈 앞에 렌즈의 초점거리만큼 떨어지게 조정하게 되면($I_0 = F_{m0}$ 인 조건), 광학계로부터 아이 릴리프(Eye Relief)(D_e) 위치에 있는 정상시의 사용자는 무한대 위치에 있는 가상 영상을 관찰할 수 있다. 이 위치가 정상시에 가상영상을 제공하는 기준 디스플레이 위치(D_{md0})와 중간 가상영상 형성위치(I_0)가 된다.
- [285] 근시안의 사용자에게 무한 거리 가상 영상을 제공하기 위해서는 정시안의 가상영상의 기준위치(I_0)보다 주 광학렌즈(40)에 가깝게 가상영상 위치(I_1)를 형성하게 하여 상술한 근시안의 보정안경과 같은 원리로 안구에 들어오는 광이 망막에 잘 맺히도록 하여 무한거리의 가상영상을 볼 수 있게 된다. 이를 구현하기 위해서는 디스플레이(10) 위치가 D_{md1} 으로 정시안의 위치보다 제1 렌즈(20)에 가깝도록 조정하면 된다.
- [286] 원시안의 사용자에게 무한 거리 가상 영상을 제공하기 위해서는 정시안의 가상영상의 기준위치(I_0)보다 주 광학렌즈(40)에 멀게 가상영상 위치(I_2)를 설정하여, 상술한 원시안의 보정안경과 같은 원리로 안구에 들어오는 광이 망막에 잘 맺히도록 하여 무한거리의 가상영상을 볼 수 있게 된다. 이것을 구현하기 위해서는 디스플레이(10) 위치가 D_{md2} 로 정시안의 위치보다 제1 렌즈(20)에 멀도록 조정하면 된다.
- [287] 앞에서 정시안과 다르게 무한 거리 가상영상의 기준위치가 근시안과 원시안에 대해 디스플레이 기준 위치 보정에 대해 설명하였다. 이 위치를 기준으로 D_{best} 가 무한 거리에서 가까워지게 되면, 각 사용자의 기준 디스플레이 위치로부터 가상영상 형성위치를 반영하여 디스플레이 위치를 변경하면 된다.
- [288] 상기 내용을 반영한 보정시력별로 기준 디스플레이 위치(무한 거리 물체에 대한 기준위치)에 관한 내장 데이터 테이블을 제어부(60, 미도시)가 참조하여, 가상영상의 최적위치에 따른 디스플레이의 위치정보를 위치 제어 소자에 전달해주면 된다.
- [289] 도 30b을 참조하면, 앞에서 설명한 도 30a의 경우인 디스플레이(10)와 제1 렌즈(20) 사이의 거리 조정을 대신하여 제1 렌즈(20)의 초점거리를 조정하여 관찰자의 시력을 보정한다.
- [290] 도 31a은 본 발명의 제9 실시예에 따른 구체적 최적 가상영상 형성위치(디오퍼 단위기준)와 디스플레이 위치 조정을 나타낸 그래프이다.
- [291] 도 31a을 참조하면, 정상시안, 근시안(-2디오퍼), 및 원시안(+2디오퍼)의 사용자에게 대한 동일한 최적의 가상영상을 제공하는 디스플레이 위치를 비교한다. 이 중, 점선은 정시안의 2D(0.5m)에 해당하는 최적영상을 제공하는 디스플레이 위치는 근시안의 0D(무한대 거리)의 최적영상 제공 위치와 동일하고, 반면에 원시안에 대해서는 4D(0.25m)의 최적영상 제공 위치와

동일하다. 이는 비 정상시안의 사용자의 시력보정이 해당 수치만큼 보정된 결과이다.

- [292] 이는 가상영상에 대한 비 정상시 사용자에게 대한 시력보정의 실시예이며, 외부 실물을 가상영상과 같이 볼 필요가 있는 AR 기기로 본 발명이 사용될 경우에는, 별도의 외부 실물에 대한 비 정상시 사용자에게 대한 시력보정이 필요하다. 이러한 AR 기기로 사용될 경우에 대한 외부 실물에 대한 사용자의 시력보정 방법은 후술할 제12 실시예로서 설명된다.
- [293] 도 31b은 본 발명의 제9 실시예의 다른 실시형태에 따른 구체적 최적 가상영상 형성위치(디오프터 단위기준)와 제1 렌즈의 초점거리 조정을 나타낸 그래프이다.
- [294] 도 31b을 참조하면, 정상시안, 근시안(-2디오프터), 및 원시안(+2디오프터)의 사용자에게 대한 동일한 최적의 가상영상을 제공하는 제1 렌즈의 초점거리를 비교한다. 여기에서의 제1 렌즈의 초점거리와 가상영상형성위치의 정시안, 근시, 원시안의 비교는 도 31a의 관계와 같은 방식으로 비교가 가능하다.
- [295] 이는 가상영상에 대한 비 정상시 사용자에게 대한 시력보정의 실시예이며, 외부 실물을 가상영상과 같이 볼 필요가 있는 AR 기기로 본 발명이 사용될 경우에는, 별도의 외부 실물에 대한 비 정상시 사용자에게 대한 시력보정이 필요하다. 이러한 AR 기기로 사용될 경우에 대한 외부 실물에 대한 사용자의 시력보정 방법은 후술할 제12 실시예로서 설명된다.
- [296] 도 32는 본 발명의 제10 실시예에 따른 편광 개구 세트가 적용된 동적 개구 조절 소자를 설명하기 위한 측단면도이다.
- [297] 도 32를 참조하면, 2개의 편광 분할된 디스플레이 화소와 서로 편광 방향이 직교하는 2개의 동적 개구를 적용하여 안구 위치에 인접한 2개의 시차 영상을 제공한다.
- [298] 구체적으로 디스플레이(10)는 복수의 화소들로 구성되며, 각 화소의 인접화소는 서로 직교하는 제1 편광의 제1 가상영상과 제2 편광의 제2 가상영상을 제공하며, 동적 개구 조절 소자(30)는 제1 편광의 제1 개구와 제2 편광의 제2 개구를 포함하는 편광 개구 세트(30)로 구성된다. 디스플레이(10)의 2개의 가상영상이 상기 동적 개구 조절 소자(30)의 편광 개구 세트를 통하여 관찰자 안구위치에 전달되어 출사동이 확장될 수 있다. 상기 제1 가상영상과 상기 제2 가상영상은 시차영상일 수 있다.
- [299] 또한, 동적 개구 조절 소자(30)의 편광 개구 세트의 수평 위치는 2개 이상이며, 제어부(60, 미도시)의 제어신호에 따라 동적 개구 조절 소자(30)의 각 수평 위치의 개구가 하나의 프레임 가상 영상 내에서 순차적으로 작동하여 상기 출사동이 2개 이상 순차적으로 배치되도록 하여 출사동의 크기를 확대할 수 있다.
- [300] 또한, 제어부(60, 미도시)는 동적 개구 조절 소자(30)의 편광 개구 세트 위치 변경에 동기화하여 디스플레이(10)에 2개 이상의 시차 영상을 순차적으로 제공하여, 상기 출사동의 각 위치에 서로 다른 시차 영상이 배치될 수 있다.

- [301] 이하, 편광 분할을 사용하는 방법을 더욱 상세하게 설명한다.
- [302] 디스플레이(10)의 소자의 일부 화소는 제1 편광(원편광 또는 선편광)을 갖고, 나머지 화소는 이에 직교하는 제2 편광(원편광 또는 선편광)으로 이루어져 있고, 동적 개구가 제1 편광과 동일한 편광 영역의 제1 개구와 제2 편광과 동일한 편광 영역의 제2 개구로 이루어진 경우에는 시간 분할이 없더라도, 사용자의 안구에 2개의 시차영상을 제공하면서 DOF 범위가 넓고, 출사동(Exit Pupil)이 확장된 가상영상을 제공할 수 있다.
- [303] 다만, 디스플레이의 전체 해상도를 1/2씩 나누어 동적 제1 개구와 제2 개구를 통과한 가상영상이 형성되어 해상도 저하가 있으나, 현재 사용 가능한 디스플레이가 Full HD 해상도(1920x1080)를 가지므로 1/2로 해상도를 시차영상별로 나누더라도 화질저하가 크게 문제되지 않으며, 향후 4K 이상의 고정세 디스플레이가 개발되면 각 시차 영상별 FHD 이상의 영상을 제공할 수 있다
- [304] 도 32는 본 발명의 2개의 편광 분할된 디스플레이 화소와 서로 편광 방향이 직교하는 2개의 동적 개구를 적용하여 안구 위치에 인접한 2개의 시차 영상을 제공하는 실시예를 나타낸다. 실선의 광경로로 표시된 것은 제1 편광의 제1 시차영상이고, 점선의 광경로로 표시된 것은 제2 편광의 제2 시차영상에 의해 형성되는 안구위치의 수렴점에 대한 것이다.
- [305] 더욱이, 편광 분할과 시간 분할을 동시에 사용할 수도 있다. 예를 들어, 2개의 편광개구 세트를 적용하는 실시예는 선행하는 제1 내지 제3 실시예와 조합하여 사용될 수 있다. 이를 조합하여 사용하면, DOF 범위가 넓으면서 출사동(Exit Pupil) 내에 시차영상의 개수를 효과적으로 늘릴 수 있다. 예를 들어, 편광분할(2개의 서로 직교하는 편광의 개구가 하나의 동적 개구 세트로 사용)과 3개의 동적 개구 세트를 시분할로 한 프레임 내에서 순차적으로 구동하여 사용하면 6개의 시차 영상을 제공할 수 있다.
- [306] 도 33은 본 발명의 제11 실시예에 따른 AR(Augmented Reality) 장치로 사용하는 경우의 근안 디스플레이 장치를 설명하는 측면면도이다.
- [307] 선행하는 실시예들에서는 본 발명의 작동원리와 가상영상 제어방법을 설명의 편의를 위해 얇은 렌즈(Thin Lens)로 표현된 제1 렌즈(20)와 주 광학렌즈(40)를 기준으로 설명하였으나, 실제로 본 발명을 적용하기 위해서는 각 렌즈는 복합렌즈 군으로 사용될 수 있다.
- [308] 특히, 본 발명의 기술을 AR(Augmented Reality) 장치로 사용할 경우에는, 가상영상을 제공하는 디스플레이(10)의 위치가 외부 시야창을 가리면 안되기 때문에 미러(Mirror) 또는 빔 스플리터(Beam Splitters)와 같은 광 경로 변경 소자가 추가로 사용될 필요가 있다.
- [309] 도 33은 본 발명의 개념을 AR에 적용한 구체적 실시예로서, 제1 렌즈 대신에 이중 가우스 렌즈 시스템(20, Double Gauss Lens system)이 사용되고, 주 광학렌즈(40)로서 반투과형 오목거울((410, Trans-reflective Concave mirror)과 빔

스플리터(420)로 구성되는 버드배스 타입 AR(Birdbath type AR) 광학계가 적용된 경우이다. 또한, 효과적으로 컴팩트한 근안 디스플레이 장치를 구현하기 위해 렌즈 시스템(20)과 AR 광학계 사이에 하나의 반사 거울(90)이 사용된 경우이다.

- [310] 동적 개구 조절 소자(30)는 이중 가우스 렌즈 시스템(Double Gauss Lens system)의 중심 위치 부근에 배치될 수 있다. 또한, 디스플레이(10) 위치는 위치조절 소자(80)에 의해 최적가상영상 형성위치 변경을 위해 조정될 수 있다.
- [311] 본 발명에 따른 AR 구조는 크게 두 개의 부분으로 나눌 수 있는데, 다초점 광학 모듈(Multi-Focus(MF) Optics module)과 기본 AR 광학계로 구분될 수 있다. 다초점 광학 모듈의 구체적인 작동방법은 선행하는 실시예들의 작동방법이 적용될 수 있고, 렌즈 시스템(20)을 통과한 광은 반사 거울(90)에서 반사되어 AR 광학계로 진행한다. AR 광학계에서 빔 스플리터(420)에서 반사된 광은 반투과형 오목거울(410)에서 다시 반사되어 사용자 안구로 진행한다. 도면에는 표시하지 않았지만, 앞의 실시예에서와 같이 동공추적 시스템이 추가로 구비될 수 있다.
- [312] 도 34는 본 발명의 제12 실시예에 따른 시력 보정 렌즈가 추가로 구비된 AR 장치로 사용되는 구조를 도시한 측면면도이다.
- [313] MF 광학 모듈(MF Optical module)에서 사용자 안구의 시력이 정상시가 아닌 경우(근시/원시)에도 디스플레이 위치를 조절하여 사용자의 시력을 보정함으로써 특정거리의 가상영상을 제공할 수 있다(시력보정에 대한 상세한 설명은 선행하는 실시예들 참조).
- [314] 그런데 본 발명이 AR(Augmented Reality) 장치에 응용될 때는 외부의 실제 물체와 가상 영상을 동시에 제대로 보아야 한다. 이를 위해 AR 광학계의 외부 가시창 앞에 사용자의 시력보정을 위한 렌즈를 추가로 구비할 수도 있다. 사용자가 시력보정 렌즈를 쓰고 장치를 사용하면, 아이 릴리프(Eye relief)가 충분하지 않아 최적의 영상 관찰이 어려울 수 있는데, 상기 구성을 통해 이러한 불편함을 해소할 수 있다.
- [315] 도 34를 참조하면, 본 발명의 제12 실시예에서는 AR 광학계에서 외부 시야창 바깥면에 근시 또는 원시의 비 정상시 관찰자의 시력보정 렌즈(41)가 선택적으로 추가로 구비될 수 있음을 보여준다. 한편, 시력보정 렌즈는 탈착식 고정형 렌즈 또는 사용자에게 맞게 설계된 시력보정 렌즈가 적용될 수 있다.
- [316] 또한, 근시 또는 원시의 비 정상시 관찰자를 위해, 제어부(60, 미도시)에 시력보정 수치를 입력하여 설정된 최적 가상영상 위치와 대응되는 디스플레이(10) 위치를 보정하거나 제1 렌즈(20)의 초점거리를 보정함에 따라, 비 정상시 관찰자에게도 시력보정 안경의 착용없이 최적관찰위치를 제공할 수 있다.
- [317] 도 35는 본 발명의 제13 실시예에 따른 AR 광학계에서 외부 시야창 앞에 선택적으로 적용되는 차폐부품 및 외부 전경용 카메라를 구비한 구성을 도시한 MR 또는 XR 장치로 적용되는 경우의 광학계의 측면면도이다. 이 경우 차폐 부품을 선택적으로 활용하는 경우 AR과 MR/XR 기능을 선택적으로 구현할 수

있다. 도 35를 참조하면, 본 발명의 제13 실시예에서는 AR 광학계에서 외부 시야창 앞에 선택적 차폐막(100)이 구비되고, 2대의 외부 전경용 카메라(110)(도면상에서는 편의상 하나의 안구에 대해서만 표시함)가 구비될 수 있다. 제1 및 제2 외부 전경용 카메라(110)로 촬영된 외부영상은 제어부(60, 미도시)를 통하여 디스플레이(10)에 외부영상과 가상영상이 합성되어 관찰자의 양안에 각각 제공될 수 있다.

- [318] 또한, 2개의 외부 전경용 카메라(110)의 외부영상은 대응되는 관찰자의 안구위치를 고려하여 보정되어 관찰자의 양안에 각각 제공될 수 있다.
- [319] 또한, 2개의 관찰자 동공 위치추적 장치를 구비할 수도 있다. 각 동공 위치추적 장치에서 취득한 정보는 제어부(60, 미도시)에 송신되며, 제어부(60, 미도시)는 관찰자 양안 위치와 2개의 외부 전경용 카메라(110) 위치를 비교하여 대응되는 외부영상을 보정할 수 있다. 이때, 가상 영상은 외부 촬영 영상과 내장된 가상영상이 합성되어 관찰자에게 제공될 수 있다.
- [320] 이때 외부 시야창 바깥면에 위치한 외부전경 차폐부품을 선택적으로 적용하기 위해서 차폐부품으로 클립형 선글라스 등이 사용될 수 있으며, 전기적 신호에 따라 투과율을 조절할 수 있는 선글라스 등이 사용될 수 있다.
- [321] 도 36은 본 발명의 제14 실시예에 따른 MR 또는 XR 기기로 사용되는 경우를 나타낸다. 이 경우는 도 8에서 외부 전경용 카메라를 각 안구별로 구비하는 경우이다.
- [322] 본 발명의 기술을 MR 또는 XR 전용 장치의 구조를 구현하기 위해, 본 발명의 이전 실시예인 도 5, 도 8 및 도 16을 적용한 VR 광학계 구조를 활용하고, 양안의 각 안구별 외부 전경을 촬영하는 카메라를 추가하여 구비한다.
- [323] 도 35와 도 36의 실시예는 안구당 1개의 외부 전경용 카메라를 적용하고 각 카메라는 본 발명에서 제공하고자 하는 초점심도 영역의 초점 심도를 제공하는 카메라 또는 깊이 카메라와 같은 영상처리를 포함하는 카메라 시스템일 수 있다. 이러한 경우 각 안구에 해당하는 카메라의 조정된 안구별 영상은 각 안구별 시차영상으로 사용된다. 그리고 깊이 카메라를 활용하면 1개의 카메라로도 각 안구 별 시차영상을 생성할 수 있다.
- [324] 도 37은 본 발명의 다른 실시예에서 VR, AR 또는 MR 및 XR 로 적용할 때 그 광학구조를 양안에 적용하는 경우로서, 미러(510,510')가 추가적으로 포함될 수 있다.
- [325] 도 38과 39는 도 37과 비교하여, 동적 개구를 지나는 광이 편광되도록하여 편광 빔 분할기와 $1/2\lambda$ 웨이브 지연기(wave retarder)를 적용함으로써 전체 광학계의 부피를 줄이는 것을 설명하는 도면이다. 예를 들어 좌측 동적 개구를 지나는 광이 P-편광이 되도록 하면 좌측 동적 개구를 지나는 P-편광 광이 좌측 편광 빔 분할기(530)는 투과하게 되고, 그 다음의 광 경로 상의 $1/2\lambda$ 웨이브 지연기(520)를 지나 S-편광이 되어 우측의 편광 빔 분할기(530')에서는 반사하게 되어 우측 주 렌즈(40')로 광이 진행된다. 이 광은 사용자의 양안 중 우측 안구에 입사한다.

우측 동적 개구를 지나는 광이 P-편광이 되도록 하면 우측 동적 개구를 지나는 P-편광 광이 우측 편광 빔 분할기(530)는 투과하게 되고, 그 다음의 광 경로 상의 $1/2\lambda$ 웨이브 지연기(520)를 지나 S-편광이 되어 좌측의 편광 빔 분할기(530)에서는 반사하게 되어 좌측 주 렌즈(40)로 광이 진행된다. 이 광은 사용자의 양안 중 좌측 안구에 입사한다. 이러한 구조를 이용함으로써 두 편광 광 분할기(530,530') 사이의 공간을 두 광학계가 공유함으로써 전체 광학계의 부피를 줄일 수 있다. 그리고 이와 같이 편광과 웨이브 지연기를 이용함으로써 편광 빔 분할기에서의 광손실을 최소화 할 수 있다.

- [326] 이 분야의 보호범위가 이상에서 명시적으로 설명한 실시예의 기재와 표현에 제한되는 것은 아니다. 또한, 본 발명이 속하는 기술분야에서 자명한 변경이나 치환으로 말미암아 본 발명의 보호범위가 제한될 수도 없음을 다시 한 번 첨언한다.

청구범위

- [청구항 1] 디스플레이;
 상기 디스플레이의 전면에 일정 간격 이격하여 배치된 제1 렌즈;
 상기 제1 렌즈에 인접 배치되어 상기 제1 렌즈의 개구 크기와 광축에 수직한 평면상의 개구의 수평위치와 크기를 동적으로 제어하는 동적 개구 조절 소자;
 상기 제1 렌즈로부터 일정 간격 이격하여 배치된 주 광학렌즈; 및
 상기 동적 개구 조절 소자를 제어하는 제어부를 포함하며,
 상기 주 광학렌즈로부터 일정 간격 이격하여 배치되는 출사동에 관찰자의 안구 동공이 위치하고, 상기 출사동의 크기와 수평위치는 상기 제어부의 제어 신호에 따라 조절되는 상기 동적 개구 조절 소자의 개구 크기와 수평위치에 따라 변경되는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 출사동의 크기가 관찰자의 동공 크기보다 작은 2mm 이내가 되도록 상기 동적 개구 조절 소자의 개구 크기를 조절하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
 상기 동적 개구 조절 소자는 상기 제어부의 제어 신호에 따라 개구 크기와 수평위치를 변경할 수 있는 액정소자(LCD) 또는 전자 셔터임을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
 상기 동적 개구 조절 소자의 개구 수평 위치는 2개 이상이며, 상기 제어부의 제어신호에 따라 상기 동적 개구 조절 소자의 각 수평위치의 개구가 하나의 프레임 가상 영상 내에서 순차적으로 작동하여 상기 출사동이 2개 이상 순차적으로 배치되는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 5] 제4항에 있어서,
 상기 제어부는 상기 동적 개구 조절 소자의 개구 위치 변경에 동기화하여 상기 디스플레이에 2개 이상의 시차 영상을 순차적으로 제공하여, 상기 출사동의 각 위치에 서로 다른 시차 영상이 배치되도록 하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 6] 제1항에 있어서,
 상기 관찰자의 안구 동공 위치를 추적하는 동공 추적 장치가 구비되며,
 상기 제어부는 상기 동공 추적 장치가 획득한 동공 추적 정보를 이용하여, 상기 관찰자의 안구 동공 내에 상기 출사동이 지속적으로 배치될 수 있도록 상기 동적 개구 조절 소자의 개구의 수평위치를 실시간으로

제어하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.

[청구항 7]

제6항에 있어서,

상기 동적 개구 조절 소자는 상기 동공 추적 장치의 관찰자 안구 동공 이동방향에 따라 재배치된 2개 이상의 개구 배치를 생성하고, 상기 제어부의 제어신호에 따라 상기 동적 개구 조절 소자의 각 수평 위치의 하나의 동적 개구가 하나의 프레임 가상 영상 내에서 작동하며, 상기 출사동이 관찰자 안구 이동 방향에 따라 동공의 직경 이내 영역에 1개의 개구가 항상 배치됨으로써 관찰자 안구 이동 방향의 출사동의 크기를 확대하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.

[청구항 8]

제6항에 있어서,

상기 동적 개구 조절 소자는 상기 동공 추적 장치의 관찰자 안구 동공 이동방향에 따라 재배치된 2개 이상의 개구 배치를 생성하고, 상기 제어부의 제어신호에 따라 상기 동적 개구 조절 소자의 각 수평 위치의 개구가 하나의 프레임 가상 영상 내에서 순차적으로 작동하며, 상기 출사동이 관찰자 안구 이동 방향에 따라 2개 이상 순차적으로 배치됨으로써 관찰자 안구 이동 방향의 출사동의 크기를 확대하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.

[청구항 9]

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 동적 개구 조절 소자의 2개 이상의 개구 위치는 광축에 수직한 평면에서 수평, 수직, 대각선 방향 또는 이들의 조합 방향으로 배치되는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.

[청구항 10]

제1항에 있어서, 상기 제어부가,

최근접 가상 영상이 안구의 초점위치에서 망막에 맺히는 영상점의 최근접 영상 흐려짐 크기와, 최외곽 가상 영상이 안구의 초점위치에서 망막에 맺히는 영상점의 최외곽 영상 흐려짐 크기가 동일하도록, 상기 최근접 및 최외곽 영상 흐려짐 크기가, 회절에 의한 영상 흐려짐 크기와, 동일한 값에서 20% 내에 있도록, 가상 영상의 영상점의 최적 위치는, 디오퍼터 단위로 상기 최근접 안구의 초점위치와 상기 최외곽 안구의 초점위치의 산술평균 위치가 되도록, 설정된 최적 가상영상 위치와 초점심도범위에 따라 상기 동적 개구 소자의 개구의 크기를 조절하여, 안구의 동공위치에서 상기 출사동의 크기를 조절하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.

[청구항 11]

제10항에 있어서,

상기 동적 개구 조절 소자의 개구는 원형 개구 내에 원형의 광 차단 부분으로 이루어진 환 모양 개구(Annular Aperture)인 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.

[청구항 12]

제11항에 있어서,

상기 원형 개구의 반지름이 a 이고, 상기 원형의 광 차단 부분의 반지름이 a

- 인 경우, 상기 원형 개구의 반지름과 상기 원형의 광 차단 부분의 반지름의 비가 $\beta(\equiv a_0/a)$ 로 정의될 때, 상기 β 는 0 이상 1/3 이하인 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 13] 제11항에 있어서,
상기 원형 개구의 반지름이 a 이고, 상기 원형의 광 차단 부분의 반지름이 a_0 인 경우, 상기 원형 개구의 반지름과 상기 원형의 광 차단 부분의 반지름의 비가 $\beta(\equiv a_0/a)$ 로 정의될 때, 상기 β 는 0 이상 0.45 이하인 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 14] 제10항에 있어서,
상기 제어부는 가상영상의 종류에 따라 설정된 최적 가상영상 위치에서 초점심도범위를 감소시키고, 해상력이 증대된 영상을 제공하기 위해 상기 동적 개구 조절 소자의 개구의 크기를 넓게 조절하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 15] 제10항에 있어서,
상기 디스플레이와 상기 제1 렌즈 사이의 거리를 조절하는 디스플레이 위치조정 소자를 더 포함하며,
상기 제어부는 설정된 최적 가상영상 위치에 따라 상기 디스플레이 위치조정 소자를 제어하여 최적 가상영상 위치를 조정함을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 16] 제10항에 있어서,
상기 제1 렌즈는 상기 제어부의 제어신호에 따라 초점거리를 조절할 수 있고,
상기 제어부는 설정된 최적 가상영상 위치에 따라 상기 제1 렌즈의 초점거리를 제어하여 최적 가상영상 위치를 조정함을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 17] 제15항에 있어서,
상기 관찰자의 안구 동공 초점 조절 위치를 추적하는 동공 추적 장치가 구비되며,
상기 제어부가 상기 동공 추적 장치가 획득한 동공 추적 정보를 이용하여, 관찰자의 안구의 초점조절 위치에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 상기 디스플레이 위치조정 소자를 제어하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 18] 제16항에 있어서,
상기 관찰자의 안구 동공 초점 조절 위치를 추적하는 동공 추적 장치가 구비되며,
상기 제어부가 상기 동공 추적 장치가 획득한 동공 추적 정보를 이용하여, 관찰자의 안구의 초점조절 위치에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 상기 제1 렌즈의 초점거리를 제어하는 것을 특징으로 하는,

- 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 19] 제17항에 있어서,
상기 동공 추적 장치는 2개이며, 관찰자 양안의 지향점 정보를 추적하여 상기 제어부가 관찰자의 양안의 수렴위치에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 상기 디스플레이 위치조정 소자를 제어하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 20] 제18항에 있어서,
상기 동공 추적 장치는 2개이며, 관찰자 양안의 지향점 정보를 추적하여 상기 제어부가 관찰자의 양안의 수렴위치에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 상기 제1 렌즈의 초점거리를 제어하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 21] 제17항 또는 제19항에 있어서,
근시 또는 원시의 비 정상시 관찰자를 위해, 상기 제어부에 시력보정 수치를 입력하여 상기 설정된 최적 가상영상 위치와 대응되는 상기 디스플레이 위치를 보정함에 따라, 비 정상시 관찰자에게도 시력보정 안경의 착용없이 최적 가상영상 위치를 제공하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 22] 제18항 또는 제20항에 있어서,
근시 또는 원시의 비 정상시 관찰자를 위해, 상기 제어부에 시력보정 수치를 입력하여 상기 설정된 최적 가상영상 위치와 대응되는 상기 제1 렌즈의 초점거리를 보정함에 따라, 비 정상시 관찰자에게도 시력보정 안경의 착용없이 최적 가상영상 위치를 제공하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 23] 제15항에 있어서,
상기 디스플레이 위치조정 소자는 정밀 위치 제어가 가능한 압전소자, VCM, 또는 전기신호에 따라 굴절률이 변경되어 디스플레이와 제1 렌즈 사이의 유효거리를 조정하는 액정소자인 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 24] 제16항에 있어서,
상기 초점거리 조정이 가능한 제1 렌즈는 정밀 초점거리 제어가 수동 또는 전기적으로 가능한 포커스 튜너블 렌즈(Focus-Tunable Lens), 폴리머 렌즈, 액체렌즈(Liquid Lens), 액정 렌즈, 또는 전기신호에 따라 굴절률이 변경되는 렌즈인 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 25] 제1항에 있어서,
상기 디스플레이는 복수의 화소들로 구성되며, 각 화소의 인접화소는 서로 직교하는 제1 편광의 제1 가상영상과 제2 편광의 제2 가상영상을 제공하며,
상기 동적 개구 조절 소자는 제1 편광의 제1 개구와 제2 편광의 제2

개구를 포함하는 편광 개구 세트로 구성되며,
 상기 디스플레이의 2개의 가상영상이 상기 동적 개구 조절 소자의 편광
 개구 세트를 통하여 관찰자 안구위치에 전달되어 출사동이 확장되는
 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.

[청구항 26] 제25항에 있어서,
 상기 제1 가상영상과 상기 제2 가상영상은 시차영상인 것을 특징으로
 하는, 근안 디스플레이 장치.

[청구항 27] 제25항에 있어서,
 상기 동적 개구 조절 소자의 편광 개구 세트의 수평 위치는 2개 이상이며,
 상기 제어부의 제어신호에 따라 상기 동적 개구 조절 소자의 각 수평
 위치의 개구가 하나의 프레임 가상 영상 내에서 순차적으로 작동하여
 상기 출사동이 2개 이상 순차적으로 배치되도록 하여 출사동의 크기를
 확대하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.

[청구항 28] 제27항에 있어서,
 상기 제어부는 상기 동적 개구 조절 소자의 편광 개구 세트 위치 변경에
 동기화하여 상기 디스플레이에 2개 이상의 시차 영상을 순차적으로
 제공하여, 상기 출사동의 각 위치에 서로 다른 시차 영상이 배치되는 것을
 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.

[청구항 29] 제6항에 있어서,
 2대의 외부 전경용 카메라가 더 구비되며, 상기 2대의 외부 전경용
 카메라로 촬영된 외부영상은 상기 제어부를 통하여 상기 디스플레이에
 외부영상과 가상영상이 합성되어 관찰자의 양안에 각각 제공되는 것을
 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.

[청구항 30] 제29항에 있어서,
 각 동공 위치추적 장치에서 취득한 정보는 상기 제어부에 송신되며, 상기
 제어부는 관찰자 양안 각각에 상기 2개의 외부 전경용 카메라의 영상을
 안구별로의 시차영상으로 동적 개구를 통하여 제공하는 것을 특징으로
 하는, 근안 디스플레이 장치.

[청구항 31] 제1항에 있어서,
 상기 제1 렌즈로 상기 제1 렌즈와 상기 주 광학렌즈 사이에 상기
 디스플레이의 상이 상기 디스플레이의 크기 보다 크도록 확대하여
 시야각을 확대시킬 수 있는 근안 디스플레이 장치.

[청구항 32] 디스플레이;
 상기 디스플레이의 전면에 일정 간격 이격하여 배치된 제1 렌즈;
 상기 제1 렌즈에 인접 배치되어 상기 제1 렌즈의 개구 크기와 광축에
 수직한 평면상의 개구의 수평위치를 동적으로 제어하는 동적 개구 조절
 소자;
 상기 제1 렌즈로부터 일정 간격 이격하여 배치되며, 가상영상을 빔

스플리터로 반사시키는 반사 거울;
 가상영상 제공 방향과 외부 시야창 방향이 서로 간섭이 없도록 배치되어,
 가상영상과 외부영상이 동시에 관찰자에게 제공되도록 하는 빔
 스플리터;
 가상영상을 관찰자에게 반사시키고 외부영상을 통과시키는 반투과형
 오목거울; 및
 상기 동적 개구 조절 소자를 제어하는 제어부를 포함하며,
 상기 주 광학렌즈로부터 일정 간격 이격하여 배치되는 출사동에
 관찰자의 안구 동공이 위치하고, 상기 출사동의 크기와 수평위치는 상기
 제어부의 제어 신호에 따라 조절되는 상기 동적 개구 조절 소자의 개구
 크기와 수평위치에 따라 변경되는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이
 장치.

[청구항 33] 제32항에 있어서,
 상기 반투과형 오목거울의 외부 시야창 바깥면에 근시 또는 원시의 비
 정상시 관찰자의 시력보정 렌즈가 더 구비되는 것을 특징으로 하는, 근안
 디스플레이 장치.

[청구항 34] 제33항에 있어서,
 상기 디스플레이 위치와 상기 제1 렌즈 사이의 거리를 조절하는
 디스플레이 위치조정 소자가 더 구비되며,
 상기 제어부는 설정된 최적 가상영상 위치에 따라 디스플레이 위치조정
 소자를 제어하여 최적 가상영상 위치를 조정하는 것을 특징으로 하는,
 근안 디스플레이 장치.

[청구항 35] 제33항에 있어서,
 상기 제1 렌즈는 상기 제어부의 제어신호에 따라 초점거리를 조절할 수
 있고,
 상기 제어부는 설정된 최적 가상영상 위치에 따라 상기 제1 렌즈의
 초점거리를 제어하여 최적 가상영상 위치를 조정하는 것을 특징으로
 하는, 근안 디스플레이 장치.

[청구항 36] 제34항에 있어서,
 상기 관찰자의 안구 동공 위치를 추적하는 동공 추적 장치가 더 구비되며,
 상기 제어부가 상기 동공 추적 장치가 획득한 동공 추적 정보를 이용하여,
 관찰자의 안구의 초점조절 위치에 근접한 최적 가상영상 위치가
 형성되도록 상기 디스플레이 위치조정 소자를 제어하는 것을 특징으로
 하는, 근안 디스플레이 장치.

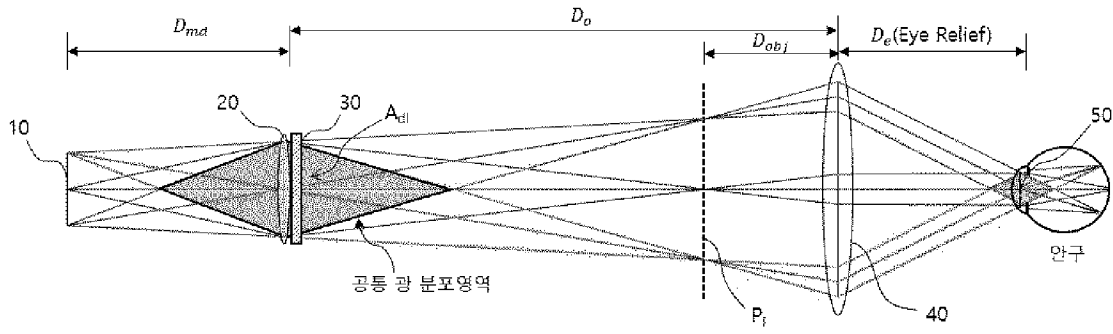
[청구항 37] 제35항에 있어서,
 상기 관찰자의 안구 동공 위치를 추적하는 동공 추적 장치가 더 구비되며,
 상기 제어부가 상기 동공 추적 장치가 획득한 동공 추적 정보를 이용하여,
 관찰자의 안구의 초점조절 위치에 근접한 최적 가상영상 위치가

형성되도록 상기 제1 렌즈의 초점거리를 제어하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.

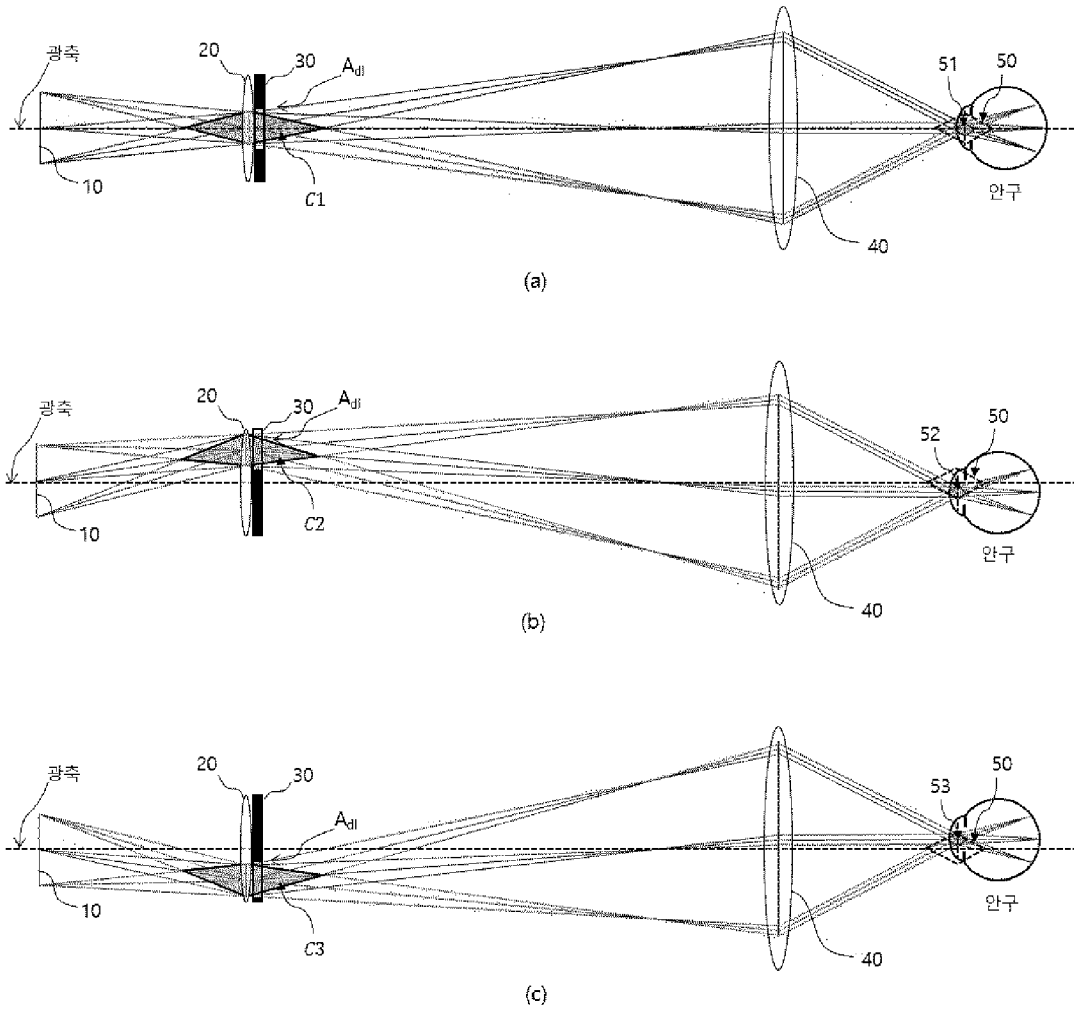
- [청구항 38] 제36항에 있어서,
상기 동공 추적 장치는 2개이며, 관찰자 양안의 지향점 정보를 추적하여 상기 제어부가 관찰자의 양안의 수렴위치에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 상기 디스플레이 위치조정 소자를 제어하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 39] 제37항에 있어서,
상기 동공 추적 장치는 2개이며, 관찰자 양안의 지향점 정보를 추적하여 상기 제어부가 관찰자의 양안의 수렴위치에 근접한 최적 가상영상 위치가 형성되도록 상기 제1 렌즈의 초점거리를 제어하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 40] 제36항 또는 제38항에 있어서,
근시 또는 원시의 비 정상시 관찰자를 위해, 상기 제어부에 시력보정 수치를 입력하여 상기 설정된 최적 가상영상 위치와 대응되는 상기 디스플레이 위치를 보정함에 따라, 비 정상시 관찰자에게도 시력보정 안경의 착용없이 최적관찰위치를 제공하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 41] 제37항 또는 제39항에 있어서,
근시 또는 원시의 비 정상시 관찰자를 위해, 상기 제어부에 시력보정 수치를 입력하여 상기 설정된 최적 가상영상 위치와 대응되는 상기 제1 렌즈의 초점거리를 보정함에 따라, 비 정상시 관찰자에게도 시력보정 안경의 착용없이 최적관찰위치를 제공하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 42] 제32항에 있어서,
상기 반투과형 오목거울의 외부 시야창 바깥면에 외부전경 차폐부품 및 2대의 외부 전경용 카메라가 더 구비되며,
상기 2대의 외부 전경용 카메라로 촬영된 외부영상은 상기 제어부를 통하여 상기 디스플레이에 외부영상과 가상영상이 합성되어 관찰자의 양안에 각각 제공되는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 43] 제42항에 있어서,
상기 외부전경 차폐부품은 선택적으로 탈착이 가능한 클립형태 또는 전기적 제어신호에 따라 투과율 조절이 가능한 소자임을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 44] 제42항에 있어서,
상기 2대의 외부 전경용 카메라의 외부영상은 대응되는 관찰자의 안구위치를 고려하여 보정되어 관찰자의 양안에 각각 제공되는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.

- [청구항 45] 제1항에 있어서,
상기 근안 디스플레이 장치가 좌안 및 우안에 각각 배치되며,
각 동적 개구 조절 소자와 주 광학렌즈 사이에 광 경로를 변경시키는
미러를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 46] 제1항에 있어서,
상기 근안 디스플레이 장치가 좌안 및 우안에 각각 배치되며,
각 동적 개구 조절 소자와 주 광학렌즈 사이에 편광 빔 분할기를 더
포함하고, 각 편광 빔 분할기 사이에 $1/2\lambda$ 웨이브 지연기를 더 포함하되,
좌(또는 우)측 동적 개구를 지나는 광이 좌(또는 우)측 편광 빔 분할기 및
 $1/2\lambda$ 웨이브 지연기를 지나 편광이 변환되어 우(또는 좌)측 편광 빔
분할기에서 반사한 후 우(또는 좌)측 주 광학렌즈로 진행되는 것을
특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.
- [청구항 47] 제46항에 있어서,
각 동적 개구 조절 소자와 편광 빔 분할기 사이에 광 경로를 변경시키는
미러를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 근안 디스플레이 장치.

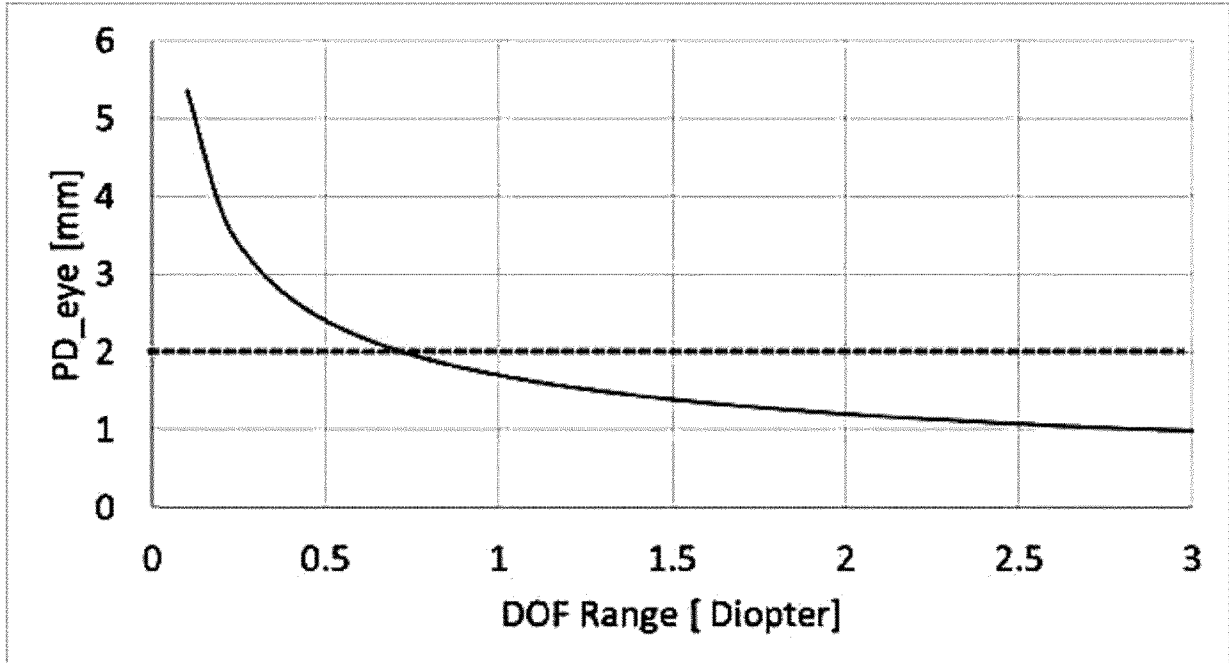
[도1]



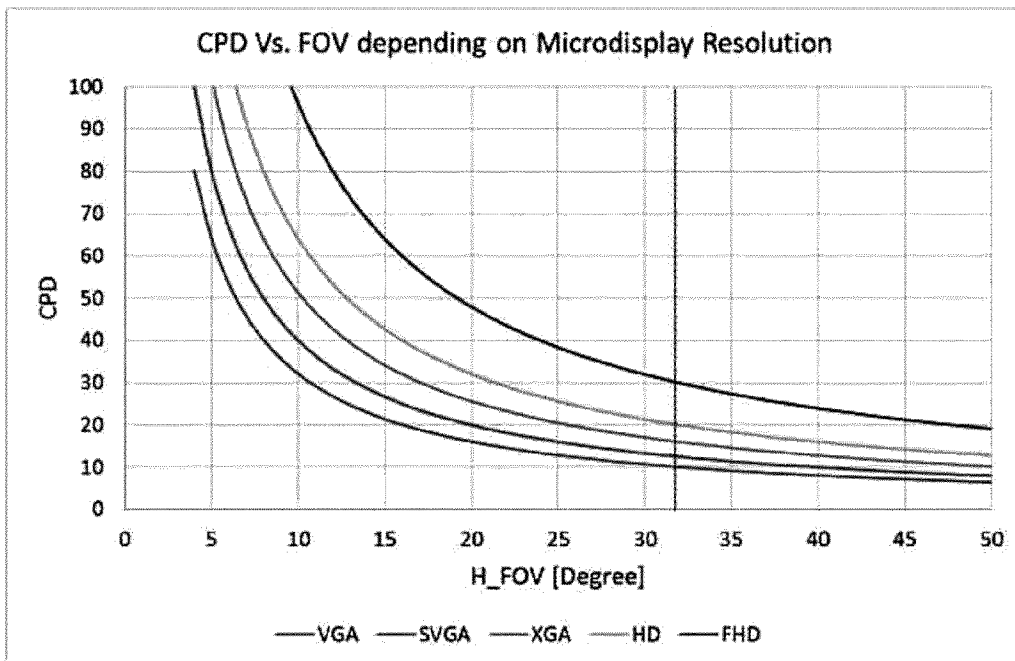
[도2]



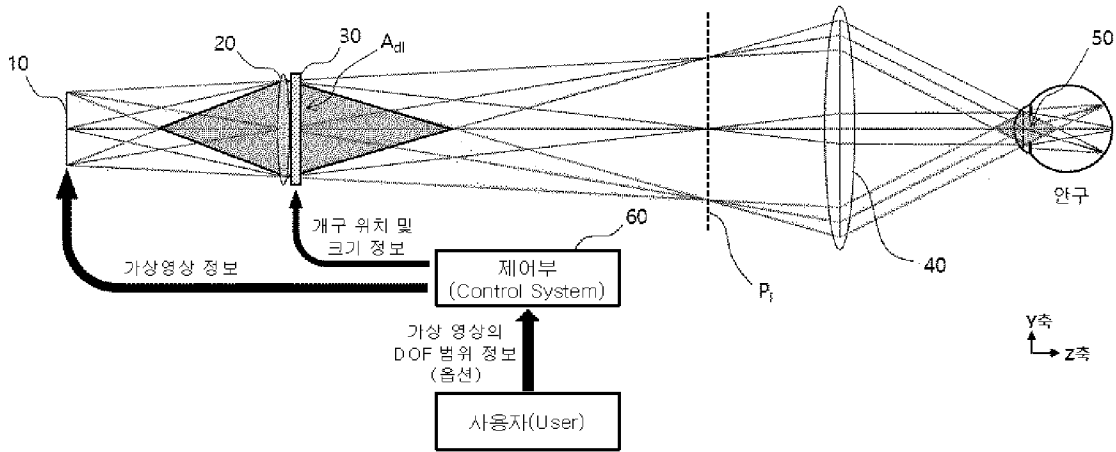
[도3]



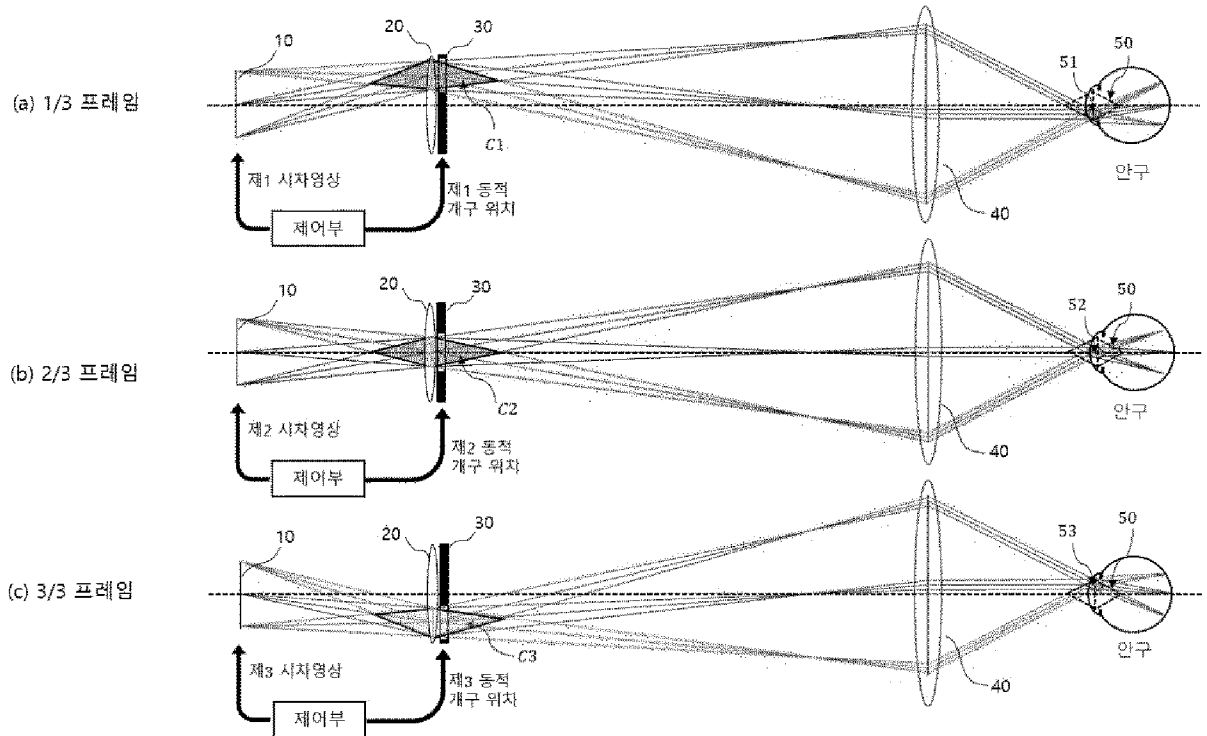
[도4]



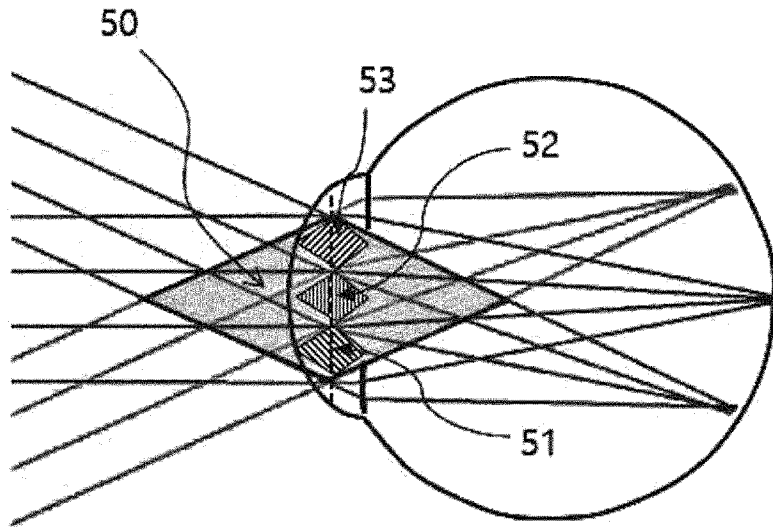
[도5]



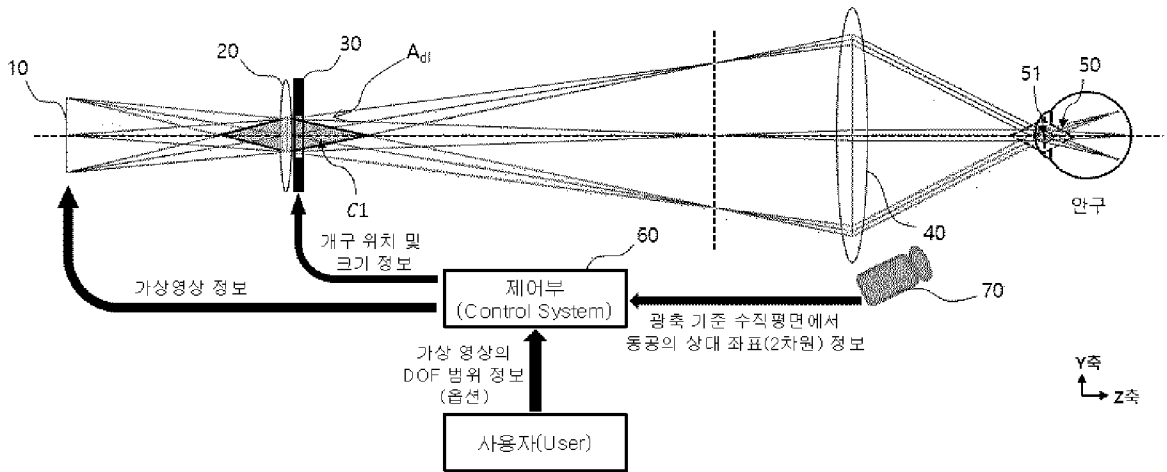
[도6]



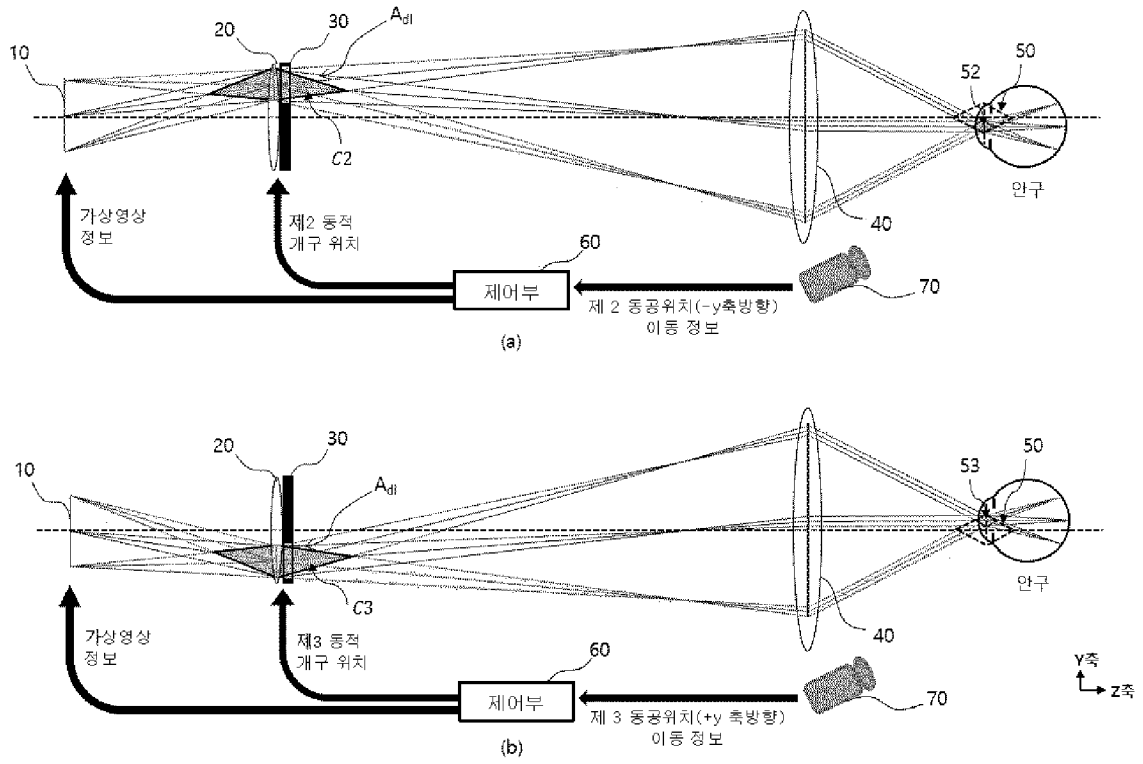
[도7]



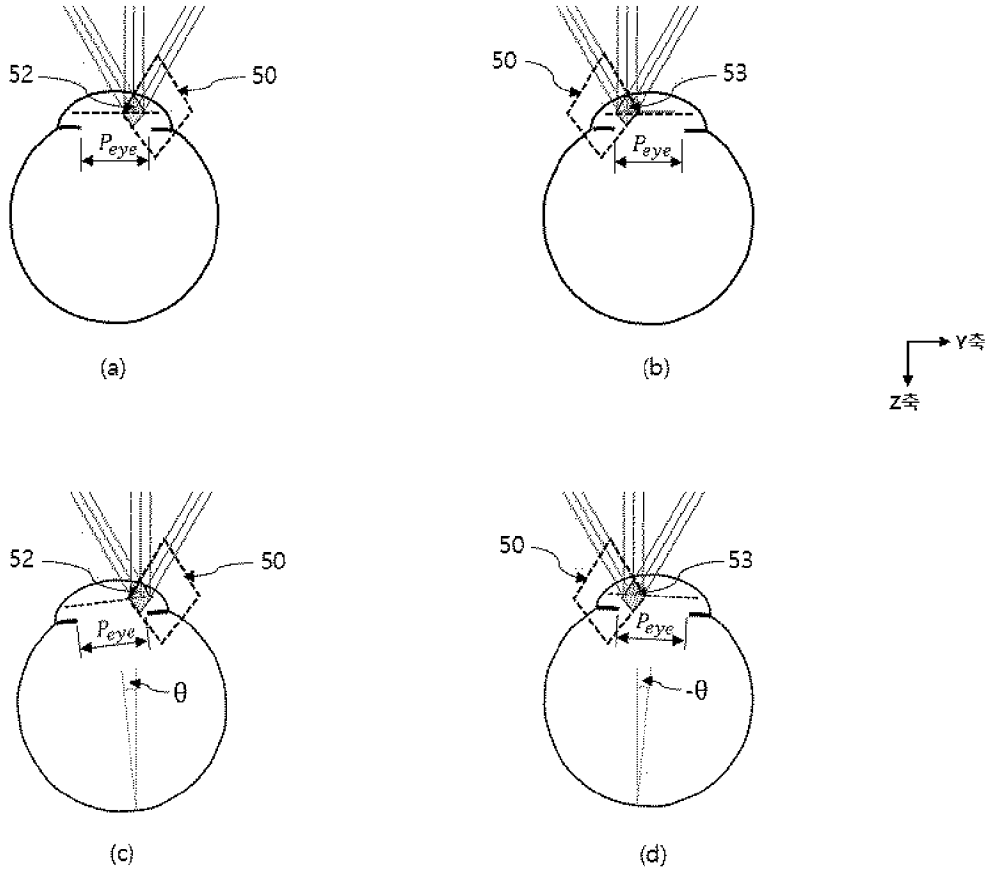
[도8]



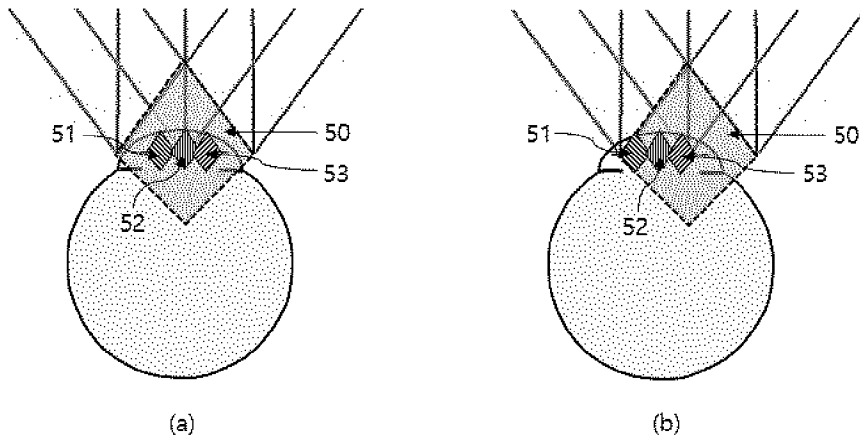
[도9]



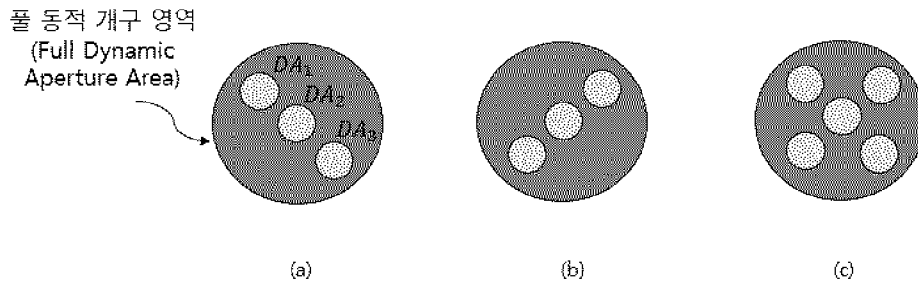
[도10]



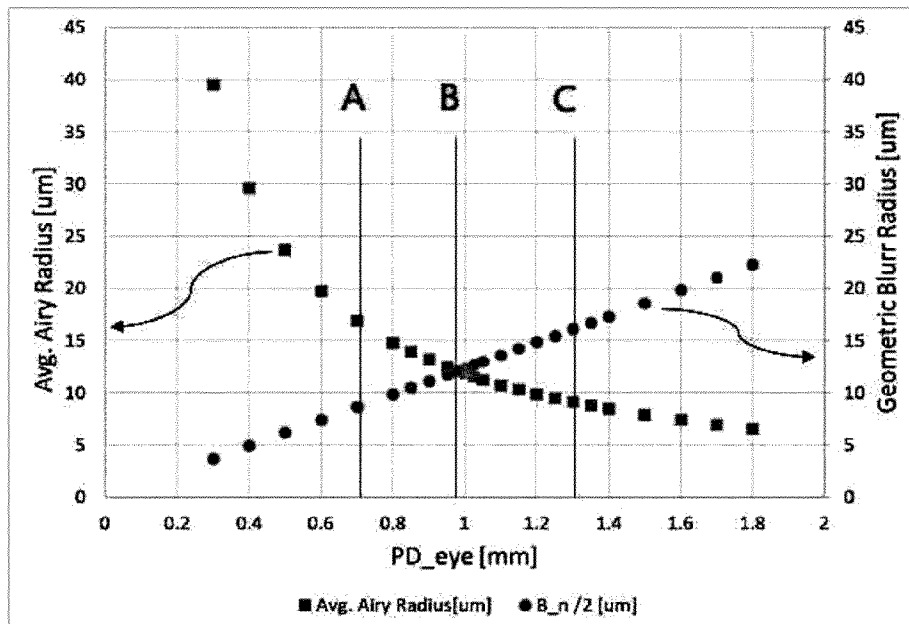
[도11]



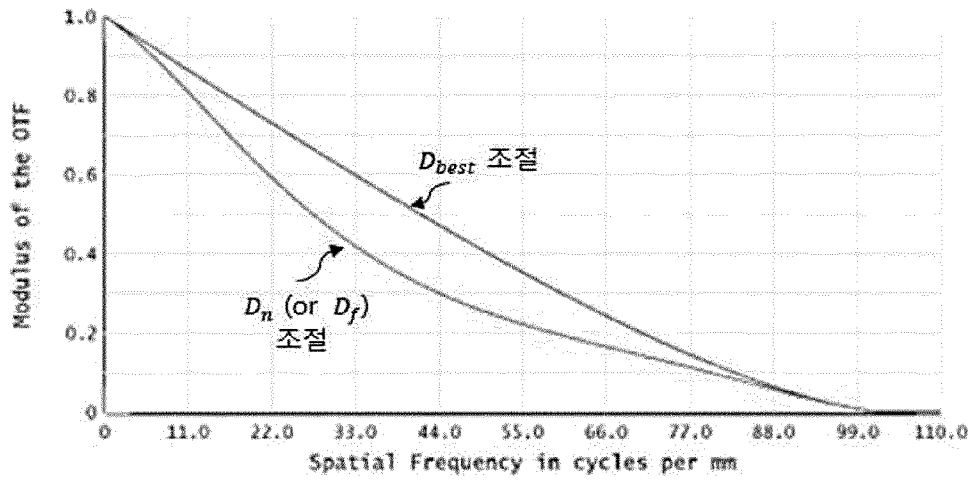
[도12]



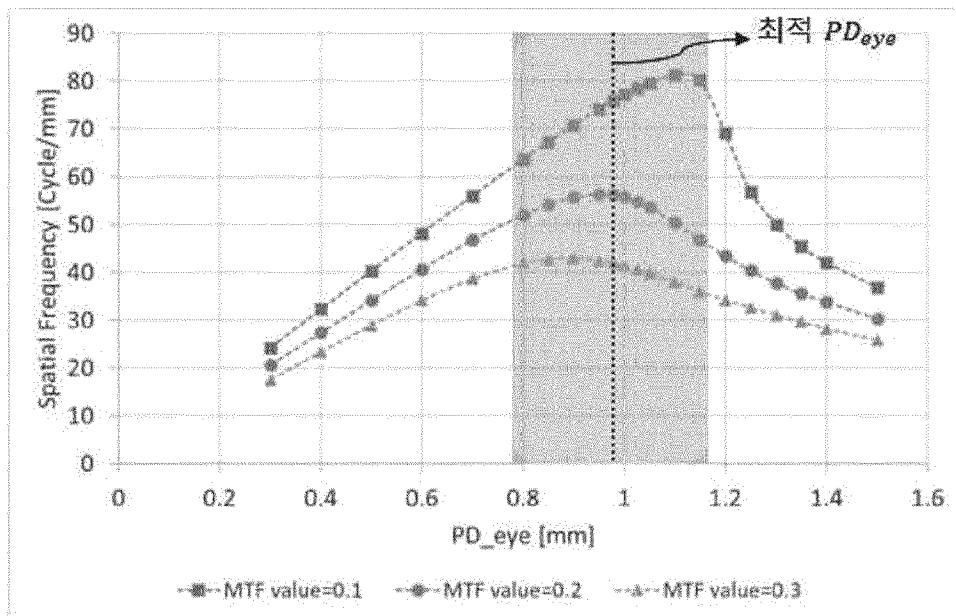
[도13]



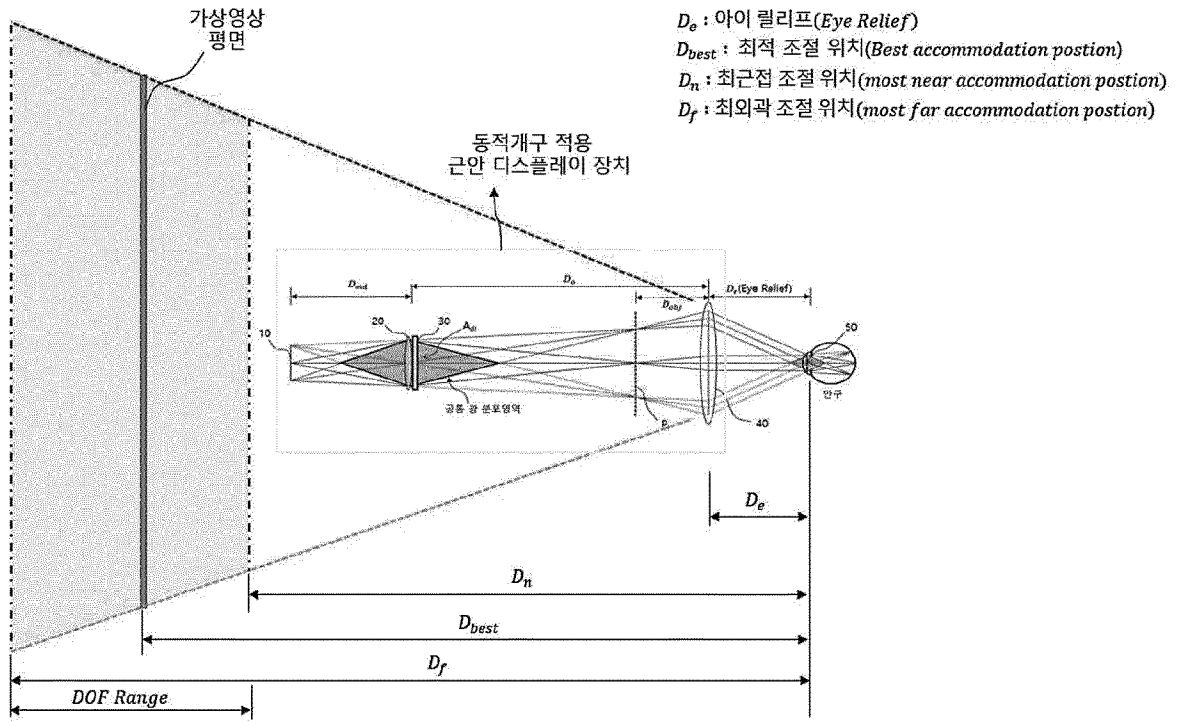
[도14]



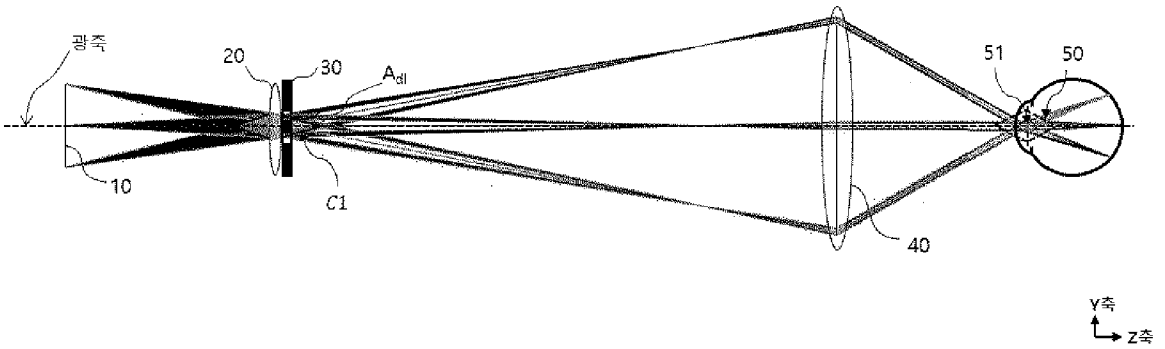
[도15]



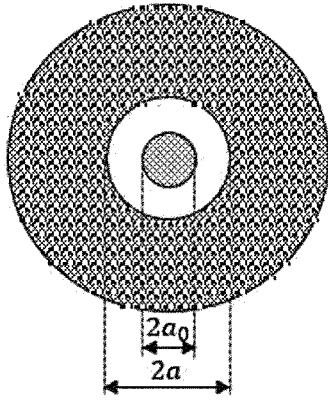
[도16]



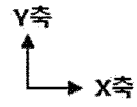
[도17]



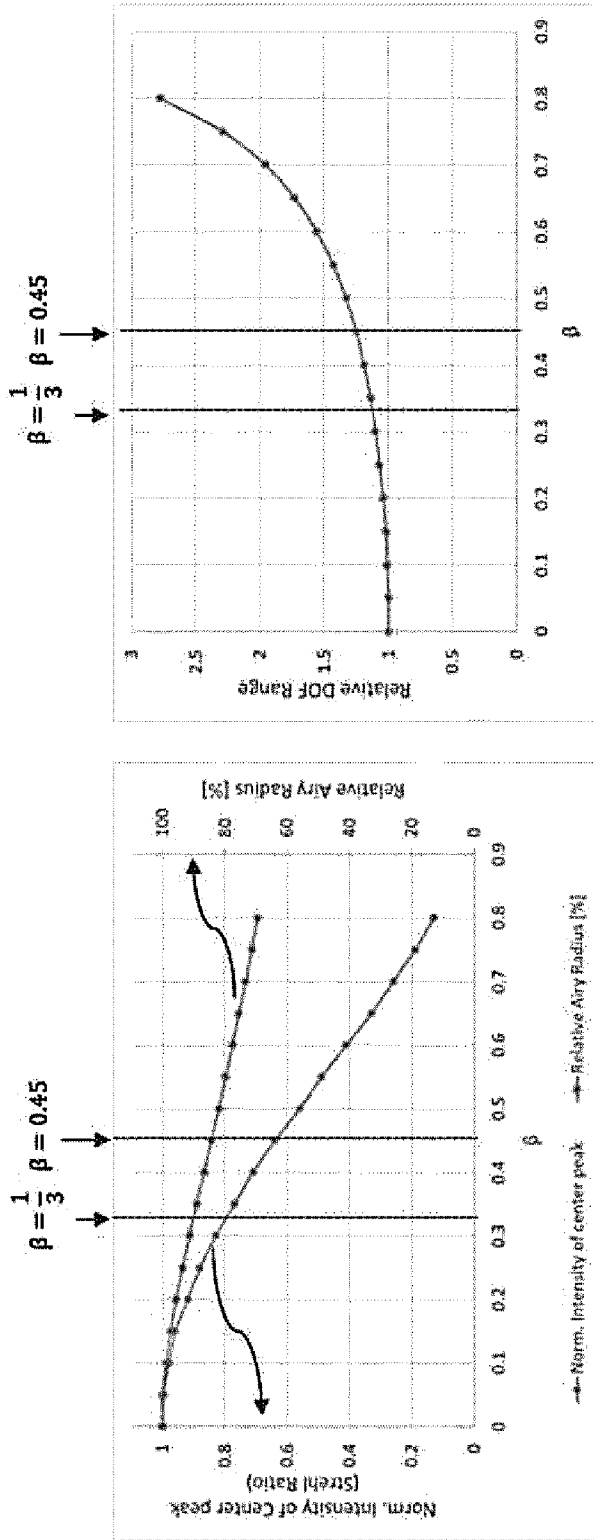
[도18]

동적 환 모양 개구(A_{dt})

$$\beta \equiv \frac{a_0}{a}$$



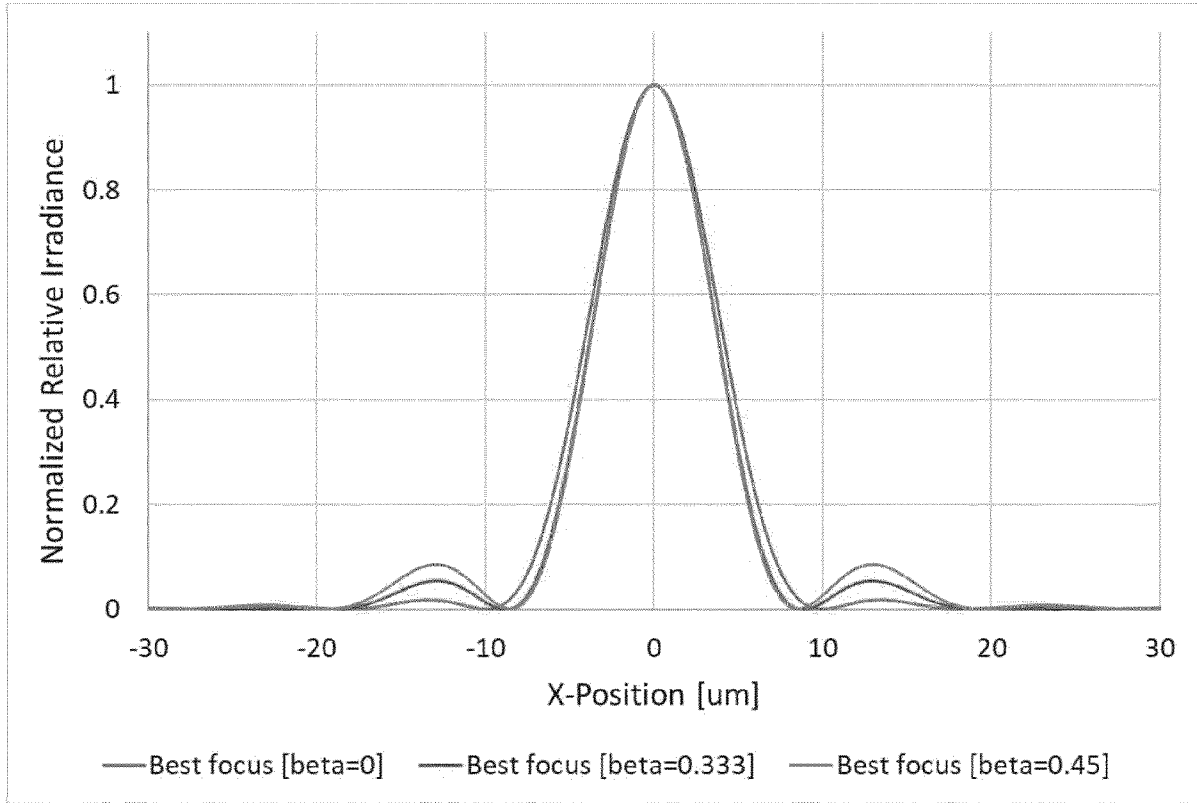
[도 19]



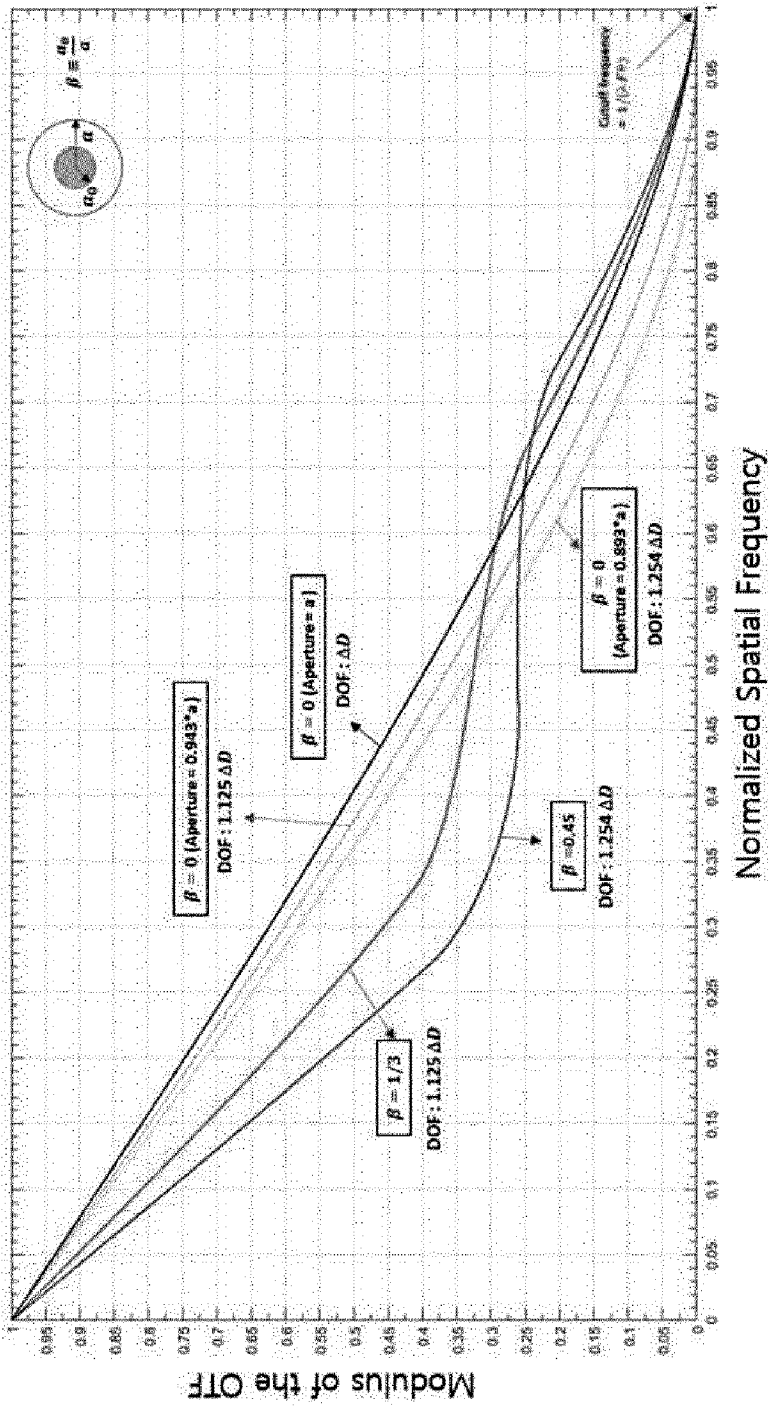
(a)

(b)

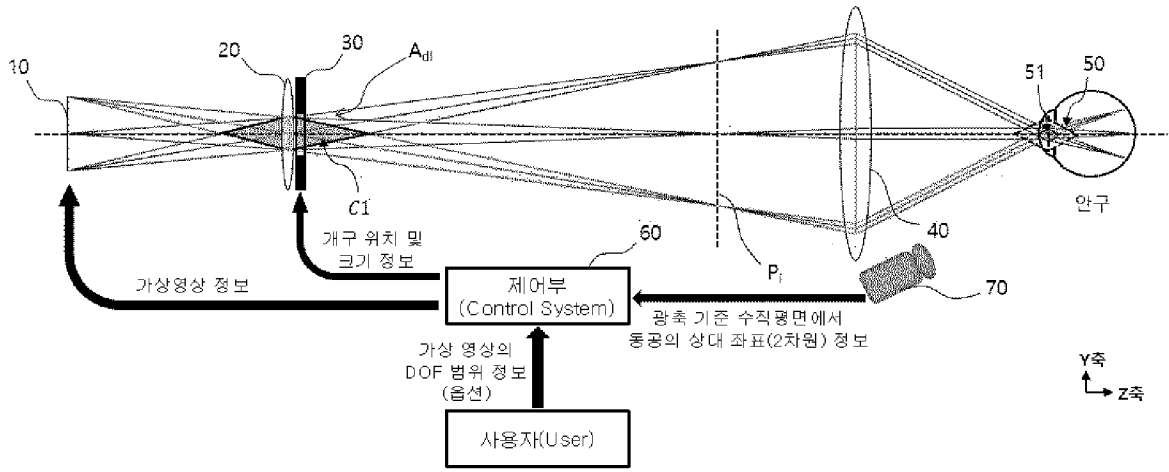
[도20]



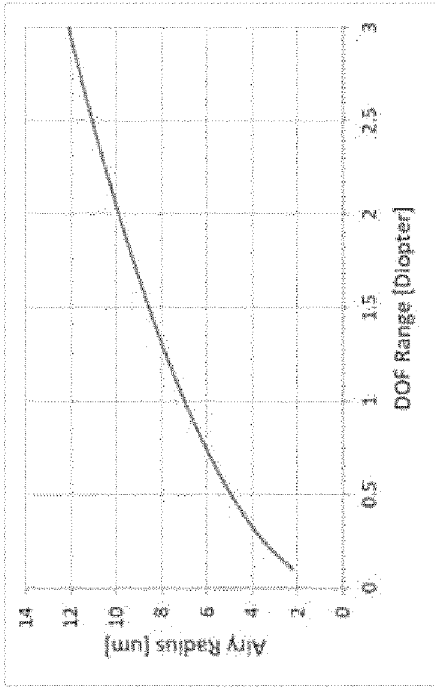
[도21]



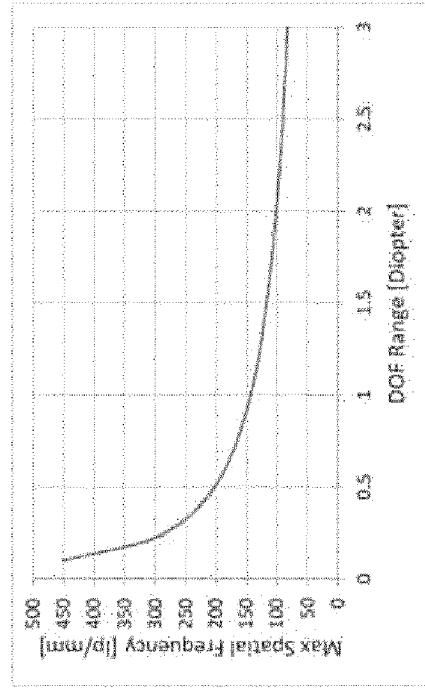
[도22]



[도23]



(b)



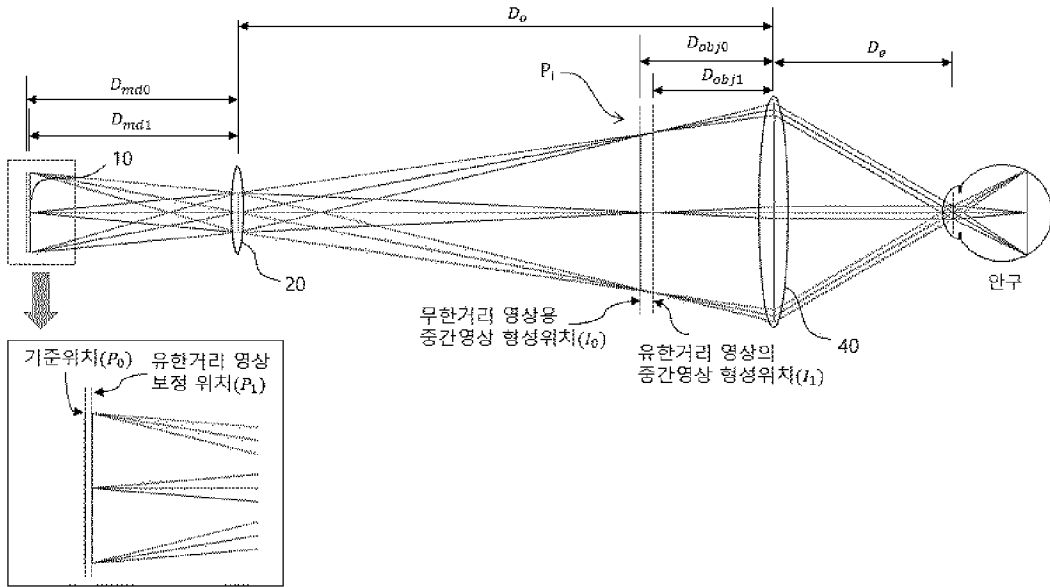
(c)

* Wavelength = 0.58756μm, $d_{eye} = 16.535mm$

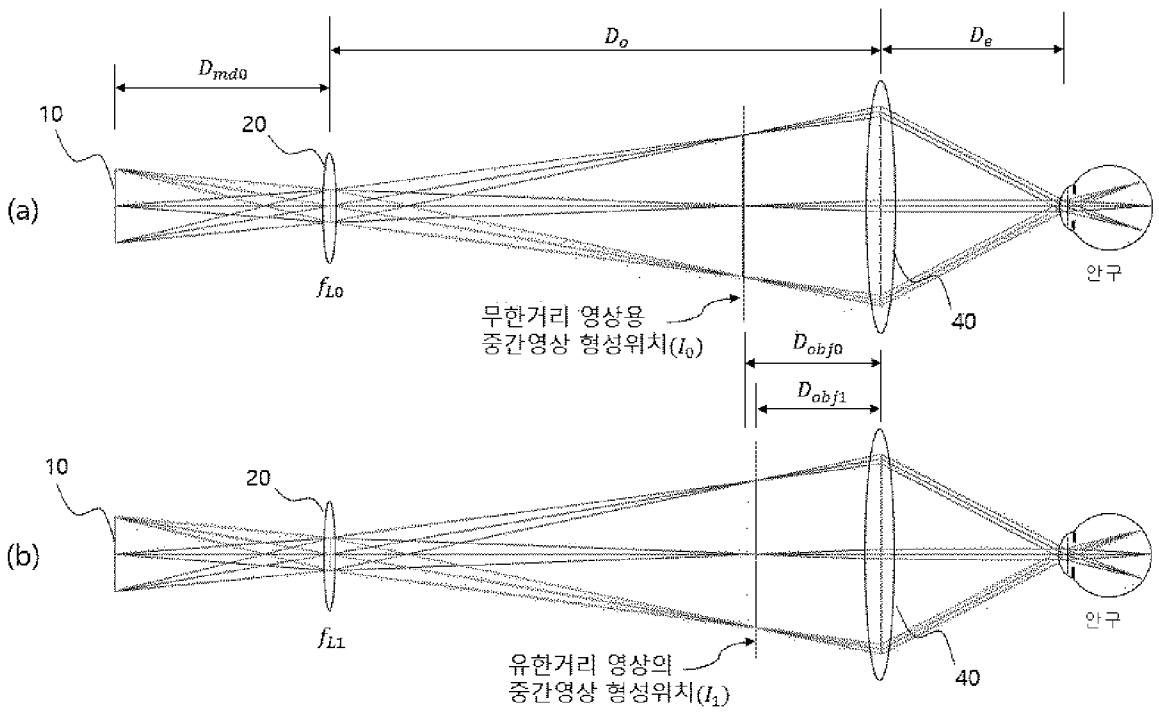
DOF Range [Diopter]	Dbest [Diopter]	PD_eye [mm]	Working F/#	Airy Radius [μm]	Max Spatial Frequency [lp/mm]	Relative Intensity (3Diopter 기준 광7)
0.1	0.05	5.354711	3.09	2.21	452	30
0.2	0.1	3.786352	4.37	3.13	319	15
0.3	0.15	3.091544	5.35	3.84	260	10
0.4	0.2	2.677355	6.18	4.43	226	7.5
0.5	0.25	2.394699	6.9	4.95	202	6
0.6	0.3	2.186052	7.56	5.42	185	5
0.7	0.35	2.02389	8.17	5.86	171	4.29
0.8	0.4	1.893176	8.73	6.26	160	3.75
0.9	0.45	1.784904	9.26	6.64	151	3.33
1	0.5	1.693308	9.76	7	143	3
1.1	0.55	1.614506	10.24	7.34	136	2.73
1.2	0.6	1.54572	10.7	7.67	130	2.5
1.3	0.65	1.48513	11.13	7.98	125	2.31
1.4	0.7	1.431107	11.55	8.28	121	2.14
1.5	0.75	1.38258	11.96	8.57	117	2
1.6	0.8	1.338678	12.35	8.85	113	1.88
1.7	0.85	1.298708	12.73	9.13	110	1.76
1.8	0.9	1.262117	13.1	9.39	106	1.67
1.9	0.95	1.228455	13.46	9.65	104	1.58
2	1	1.19735	13.81	9.9	101	1.5
2.1	1.05	1.168494	14.15	10.14	99	1.43
2.2	1.1	1.141628	14.48	10.38	96	1.36
2.3	1.15	1.116534	14.81	10.62	94	1.3
2.4	1.2	1.093026	15.13	10.85	92	1.25
2.5	1.25	1.070942	15.44	11.07	90	1.2
2.6	1.3	1.050145	15.75	11.29	89	1.15
2.7	1.35	1.030515	16.05	11.51	87	1.11
2.8	1.4	1.011945	16.34	11.71	85	1.07
2.9	1.45	0.994345	16.63	11.92	84	1.03
3	1.5	0.977632	16.91	12.12	83	1

(a)

[도24a]

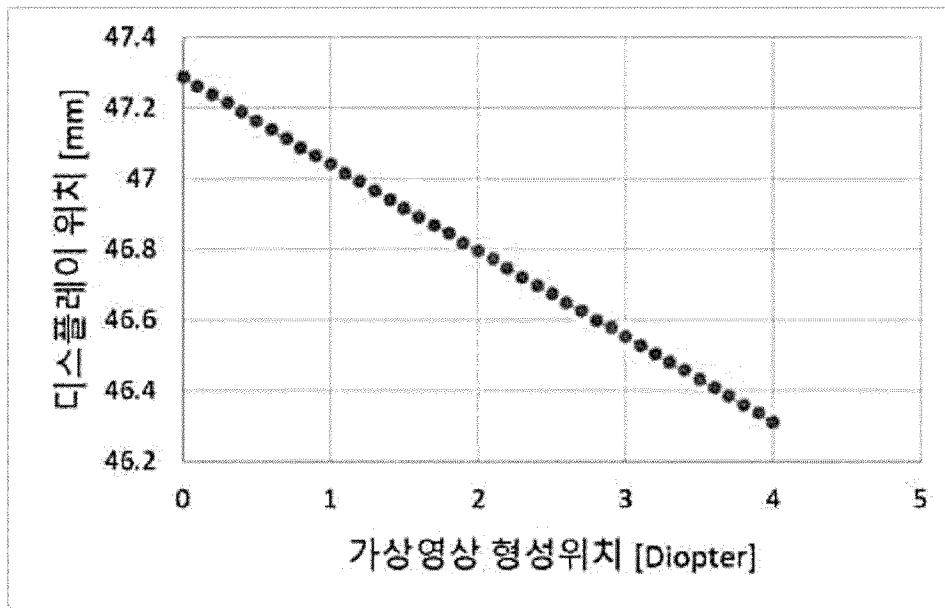


[도24b]

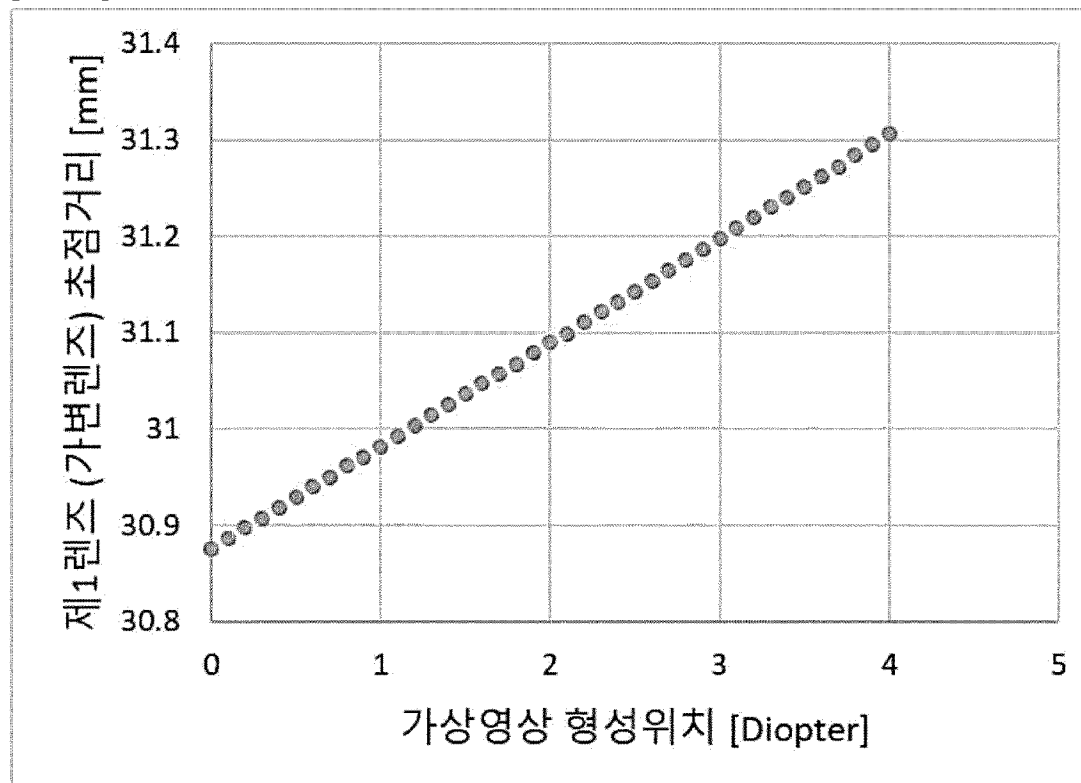


이때, 제1렌즈(가변초점조절렌즈)의 $f_{L1} > f_{L0}$ 임.

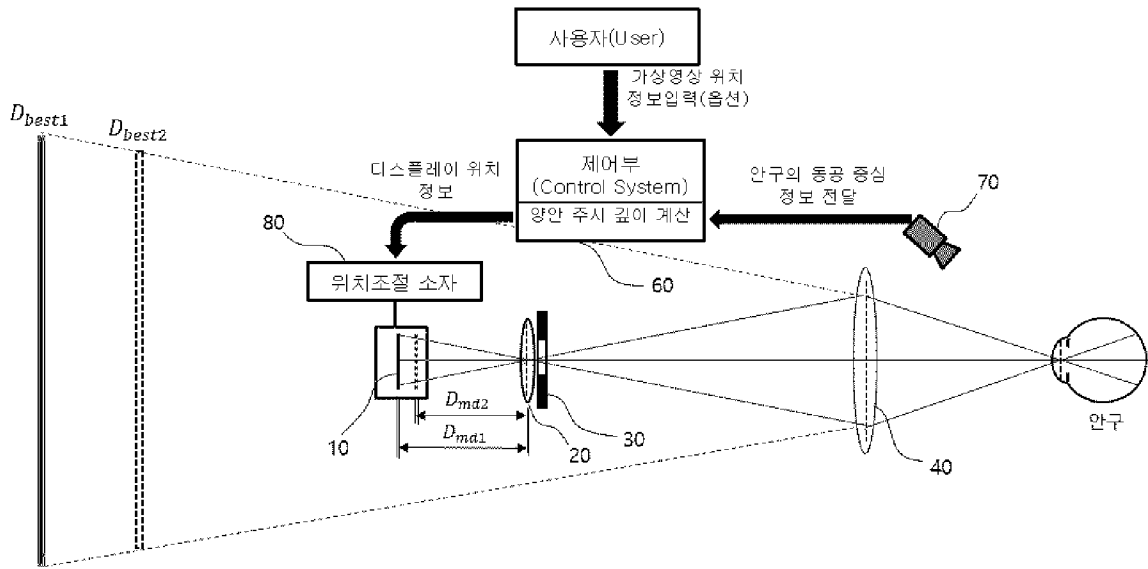
[도25a]



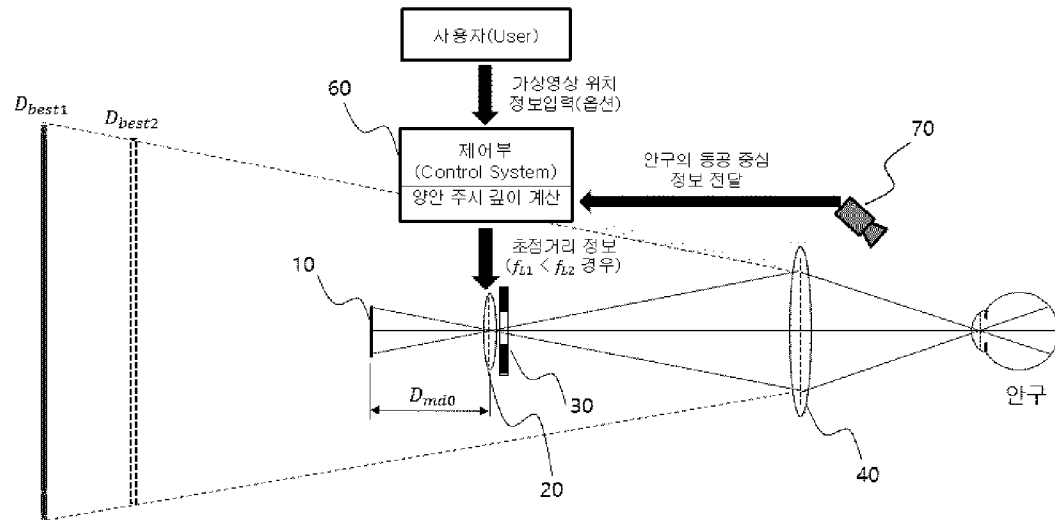
[도25b]



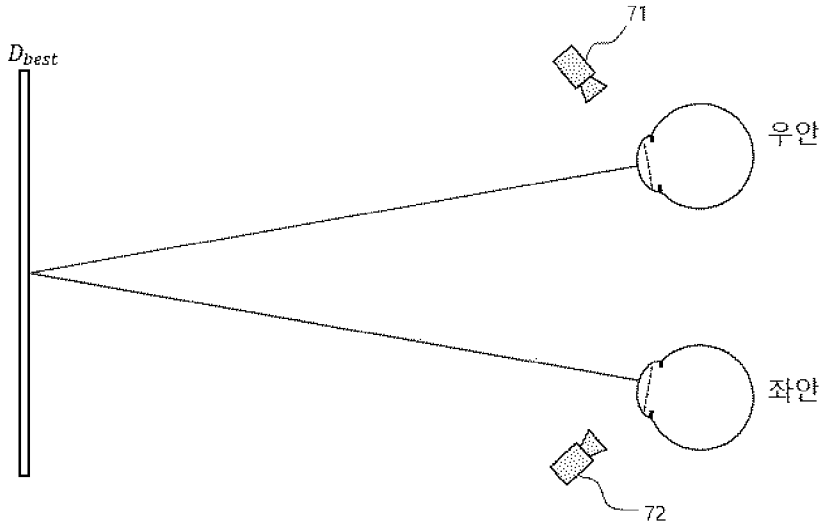
[도26a]



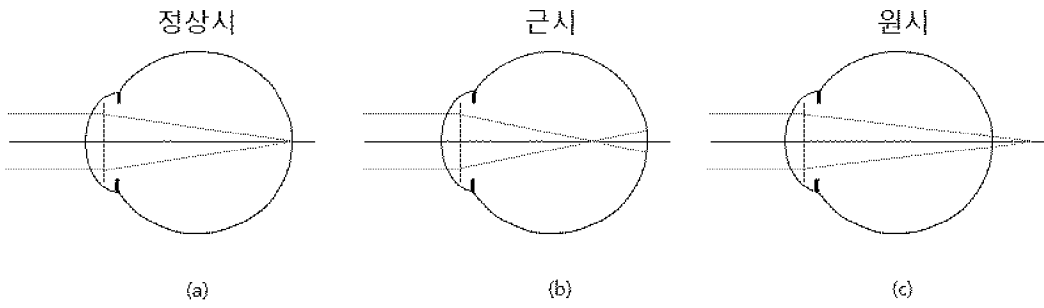
[도26b]



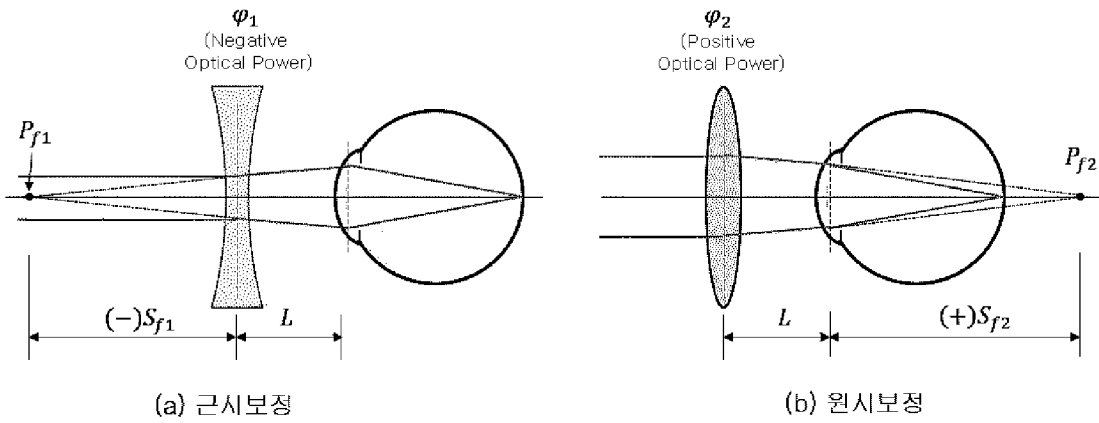
[도27]



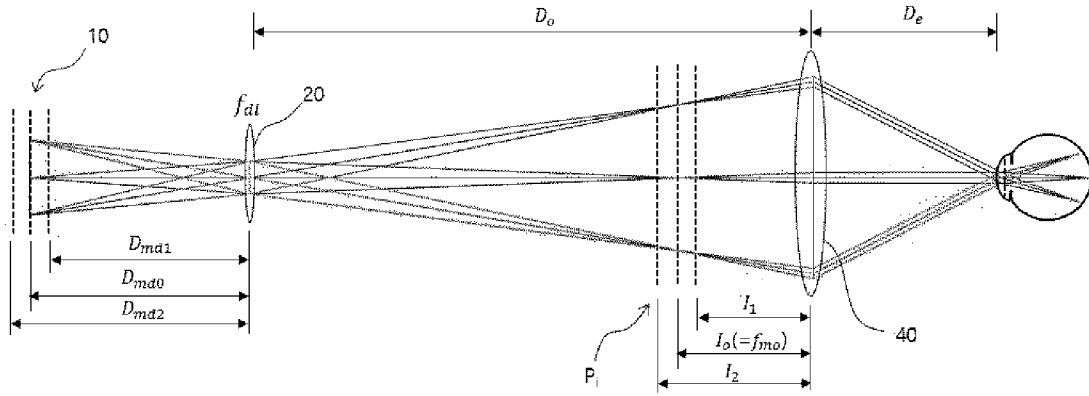
[도28]



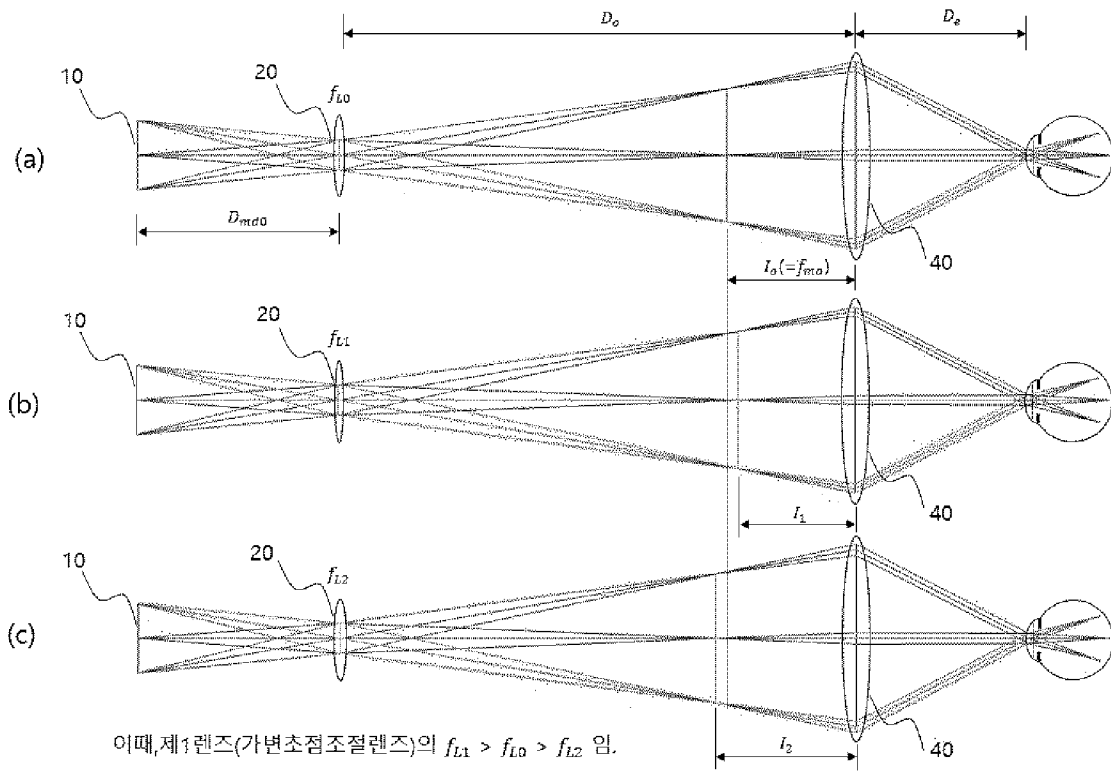
[도29]



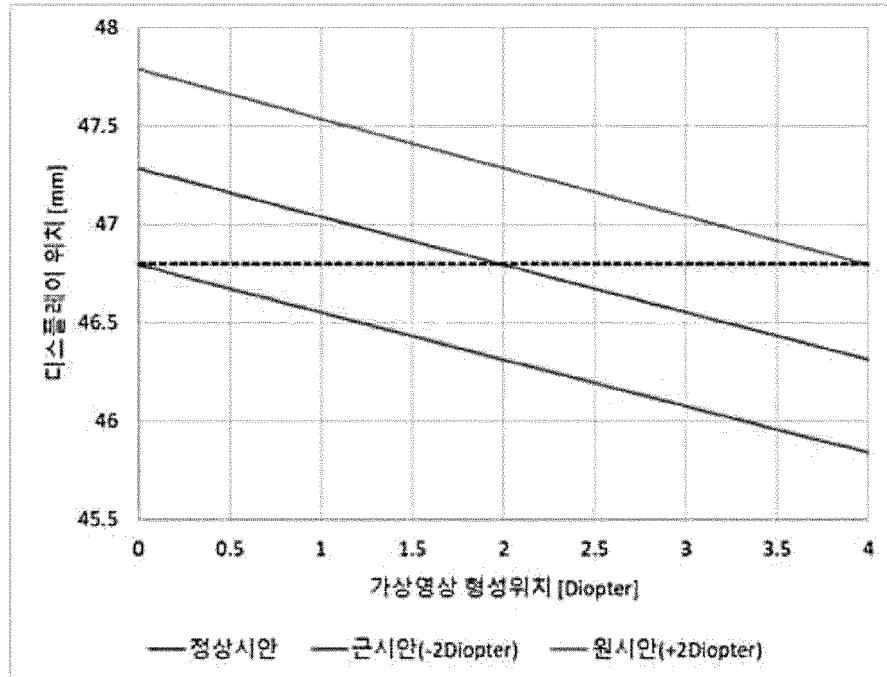
[도30a]



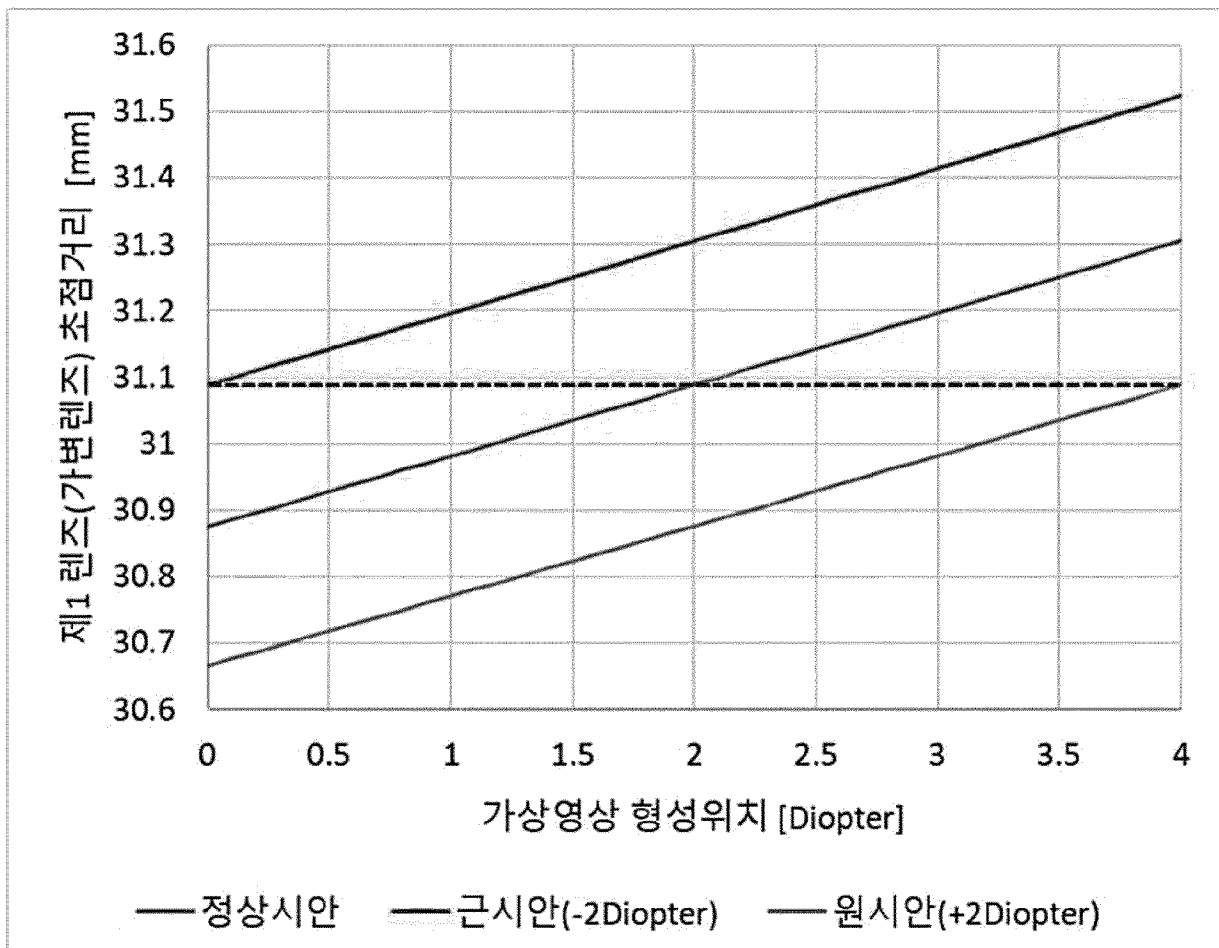
[도30b]



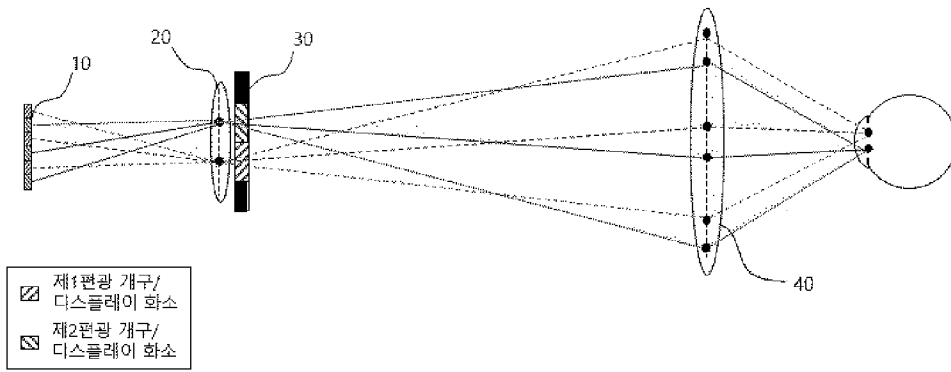
[도31a]



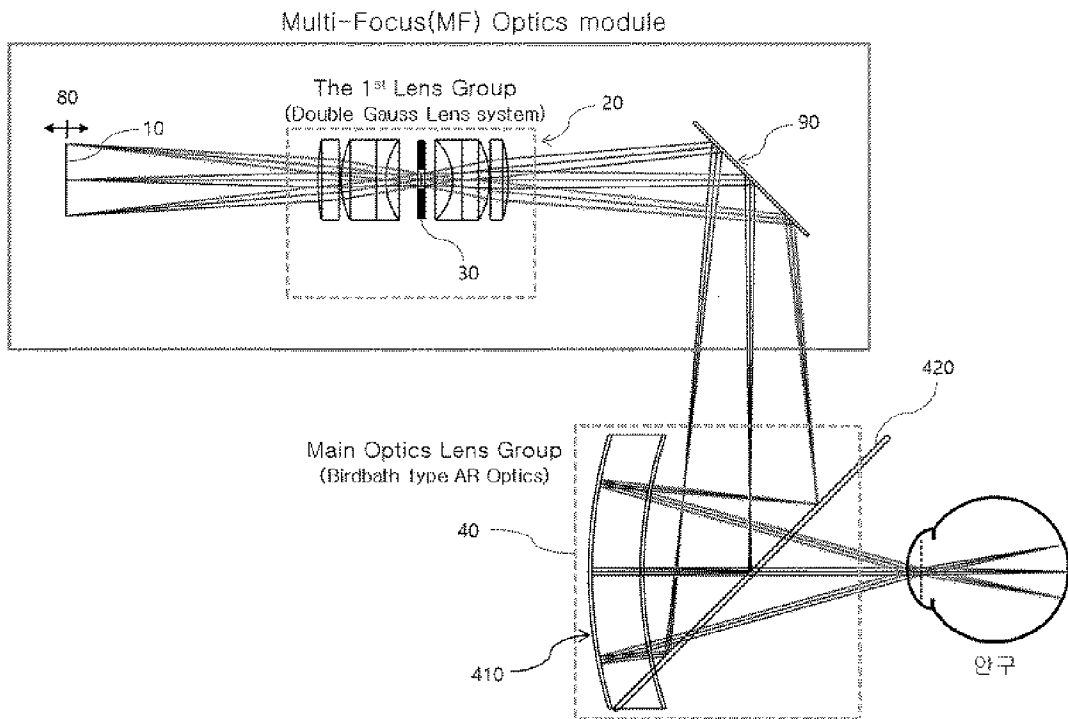
[도31b]



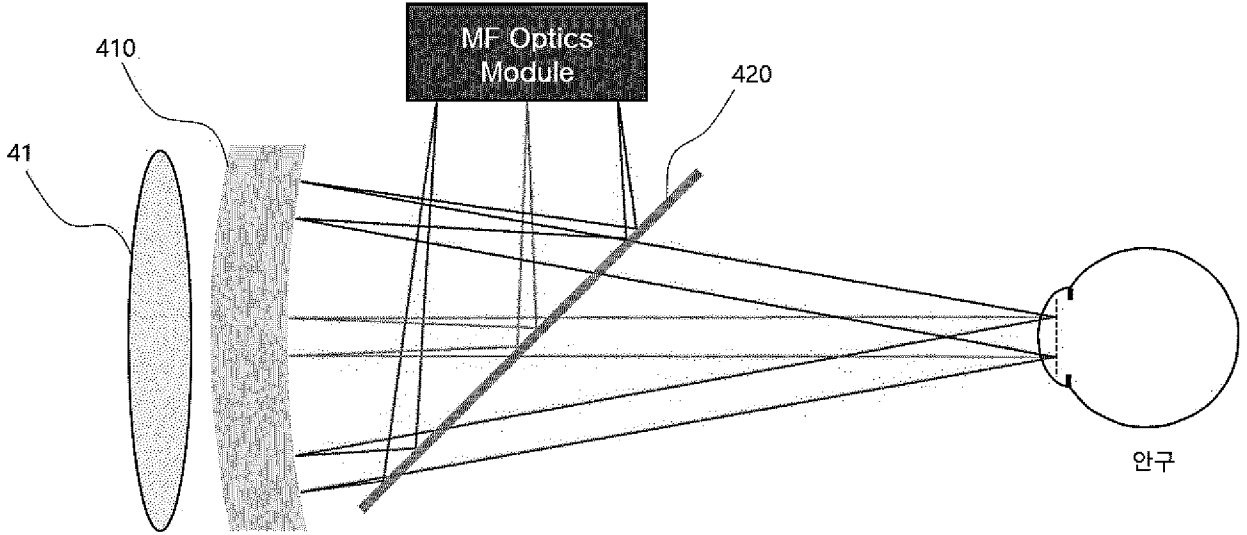
[도32]



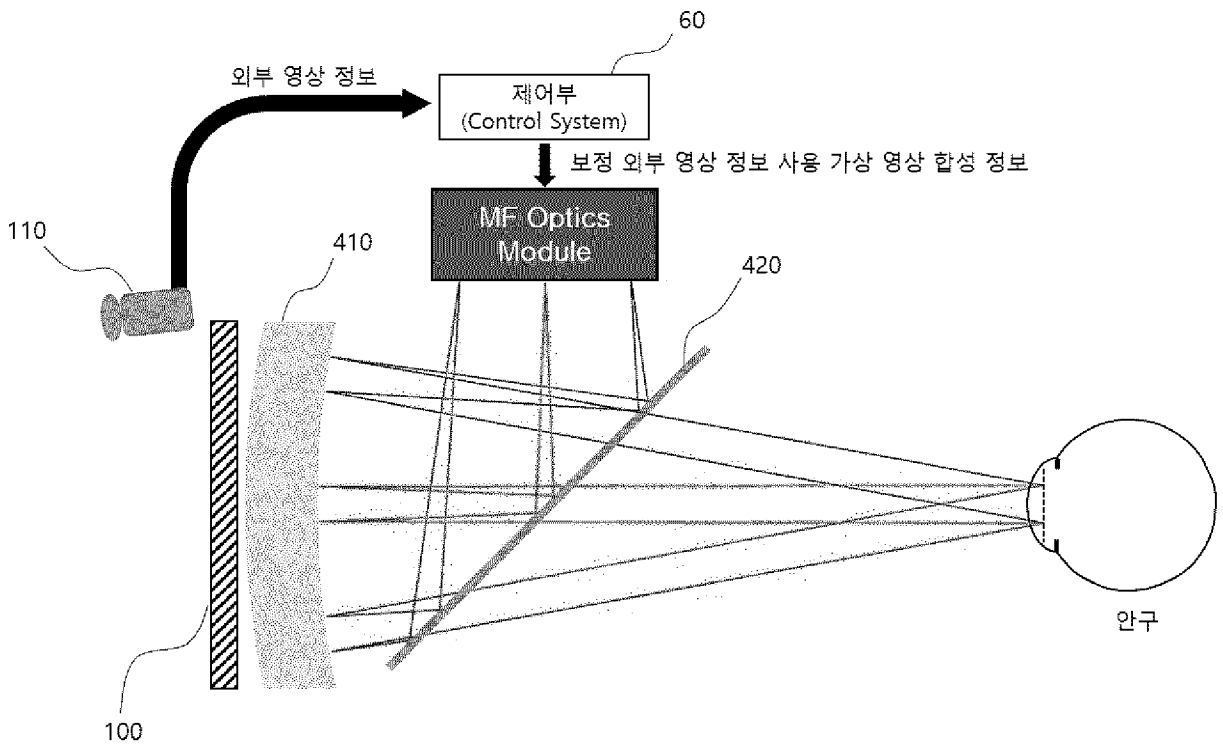
[도33]



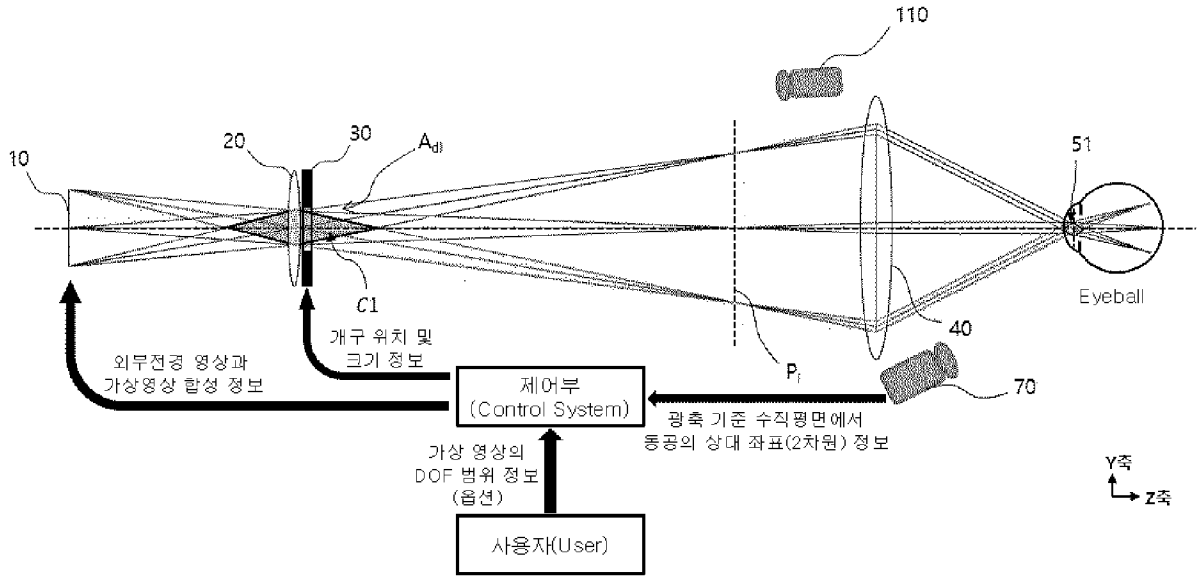
[도34]



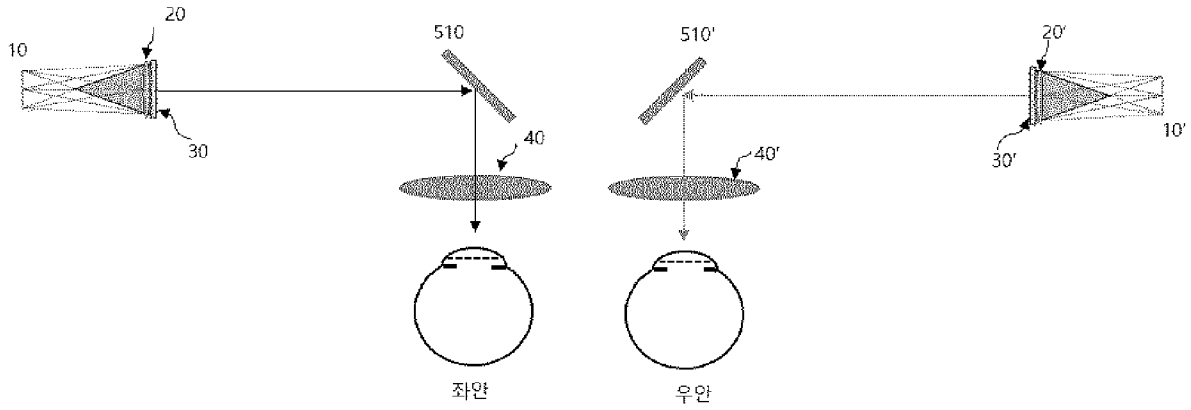
[도35]



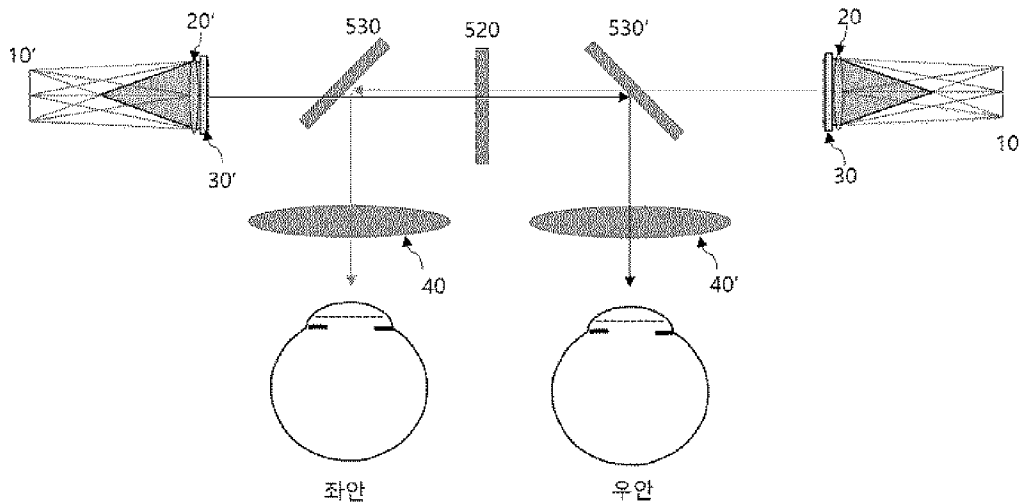
[도36]



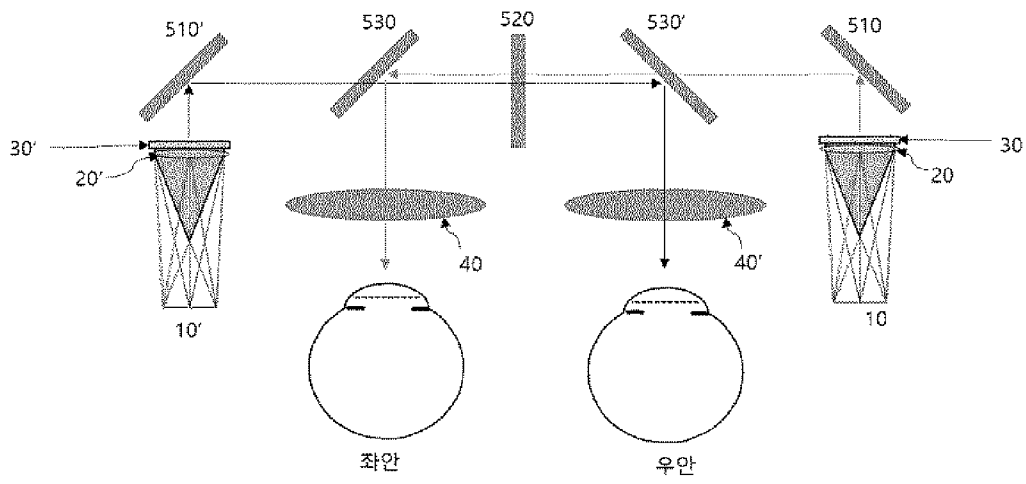
[도37]



[도38]



[도39]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2021/003528

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H04N 13/337(2018.01)i; H04N 13/341(2018.01)i; H04N 13/383(2018.01)i; H04N 13/322(2018.01)i; G02B 30/24(2020.01)i; G02B 30/25(2020.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04N 13/337(2018.01); G02B 27/00(2006.01); G02B 27/01(2006.01); G02B 3/14(2006.01); H04N 13/30(2018.01)		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models: IPC as above Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: HMD(head mounted display), AR(argument reality), 셔터(shutter), 개구(opening), 크기(size), 시력(eyesight)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
DY	KR 10-1919486 B1 (KOREA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 19 November 2018 (2018-11-19) See paragraphs [0014], [0016], [0044]-[0047], [0060], [0065], [0070]-[0071] and [0075]; and figures 2, 4 and 7-10.	1-47
Y	KR 10-2017-0122249 A (GOOGLE LLC) 03 November 2017 (2017-11-03) See paragraphs [0011], [0016] and [0027]; and figures 1b and 3a-3b.	1-47
Y	KR 10-2006-0103952 A (HEADPLAY, INC.) 04 October 2006 (2006-10-04) See paragraphs [0019], [0026]-[0027], [0032] and [0034]; and figures 1 and 5.	31-47
Y	KR 10-2019-0132491 A (APPLE INC.) 27 November 2019 (2019-11-27) See paragraphs [0016], [0018] and [0048]; and figure 2.	15-24,33-41
Y	KR 10-2016-0091402 A (MAGIC LEAP, INC.) 02 August 2016 (2016-08-02) See paragraph [0003]; and figure 2b.	29-30,42-44
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 14 July 2021		Date of mailing of the international search report 15 July 2021
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208 Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2021/003528

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-1919486	B1	19 November 2018	US	2019-0068958	A1	28 February 2019
KR	10-2017-0122249	A	03 November 2017	CN	107430287	A	01 December 2017
				EP	3304175	A1	11 April 2018
				JP	2018-517159	A	28 June 2018
				KR	10-1947666	B1	13 February 2019
				US	2016-0353098	A1	01 December 2016
				WO	2016-195971	A1	08 December 2016
KR	10-2006-0103952	A	04 October 2006	EP	1723802	A1	22 November 2006
				JP	2007-524855	A	30 August 2007
				KR	10-0873409	B1	11 December 2008
				WO	2005-062629	A1	07 July 2005
KR	10-2019-0132491	A	27 November 2019	CN	110603476	A	20 December 2019
				EP	3602171	A1	05 February 2020
				JP	2020-523620	A	06 August 2020
				US	2020-0174284	A1	04 June 2020
				WO	2018-213010	A1	22 November 2018
KR	10-2016-0091402	A	02 August 2016	JP	2014-506340	A	13 March 2014
				KR	10-2021-0076199	A	23 June 2021
				US	2015-0235457	A1	20 August 2015

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H04N 13/337(2018.01)i; H04N 13/341(2018.01)i; H04N 13/383(2018.01)i; H04N 13/322(2018.01)i; G02B 30/24(2020.01)i; G02B 30/25(2020.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H04N 13/337(2018.01); G02B 27/00(2006.01); G02B 27/01(2006.01); G02B 3/14(2006.01); H04N 13/30(2018.01) 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: HMD(head mounted display), AR(argument reality), 셔터(shutter), 개구(opening), 크기(size), 시력(eyesight)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
DY	KR 10-1919486 B1 (한국과학기술연구원) 2018.11.19 단락 [0014], [0016], [0044]-[0047], [0060], [0065], [0070]-[0071], [0075]; 및 도면 2, 4, 7-10	1-47
Y	KR 10-2017-0122249 A (구글 엘엘씨) 2017.11.03 단락 [0011], [0016], [0027]; 및 도면 1b, 3a-3b	1-47
Y	KR 10-2006-0103952 A (헤드플레이, 인코포레이션) 2006.10.04 단락 [0019], [0026]-[0027], [0032], [0034]; 및 도면 1, 5	31-47
Y	KR 10-2019-0132491 A (애플 인크.) 2019.11.27 단락 [0016], [0018], [0048]; 및 도면 2	15-24,33-41
Y	KR 10-2016-0091402 A (매직 립, 인코포레이티드) 2016.08.02 단락 [0003]; 및 도면 2b	29-30,42-44
<input type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. <input checked="" type="checkbox"/> 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: "A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 "D" 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 "E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 "L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 "O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 "P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 "T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 "X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. "Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. "&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일	
2021년07월14일(14.07.2021)	2021년07월15일(15.07.2021)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소	심사관	
대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)	김성훈	
팩스 번호 +82-42-481-8578	전화번호 +82-42-481-8710	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1919486 B1	2018/11/19	US 2019-0068958 A1	2019/02/28
KR 10-2017-0122249 A	2017/11/03	CN 107430287 A	2017/12/01
		EP 3304175 A1	2018/04/11
		JP 2018-517159 A	2018/06/28
		KR 10-1947666 B1	2019/02/13
		US 2016-0353098 A1	2016/12/01
		WO 2016-195971 A1	2016/12/08
KR 10-2006-0103952 A	2006/10/04	EP 1723802 A1	2006/11/22
		JP 2007-524855 A	2007/08/30
		KR 10-0873409 B1	2008/12/11
		WO 2005-062629 A1	2005/07/07
KR 10-2019-0132491 A	2019/11/27	CN 110603476 A	2019/12/20
		EP 3602171 A1	2020/02/05
		JP 2020-523620 A	2020/08/06
		US 2020-0174284 A1	2020/06/04
		WO 2018-213010 A1	2018/11/22
KR 10-2016-0091402 A	2016/08/02	JP 2014-506340 A	2014/03/13
		KR 10-2021-0076199 A	2021/06/23
		US 2015-0235457 A1	2015/08/20