

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2022년 10월 6일 (06.10.2022) WIPO | PCT

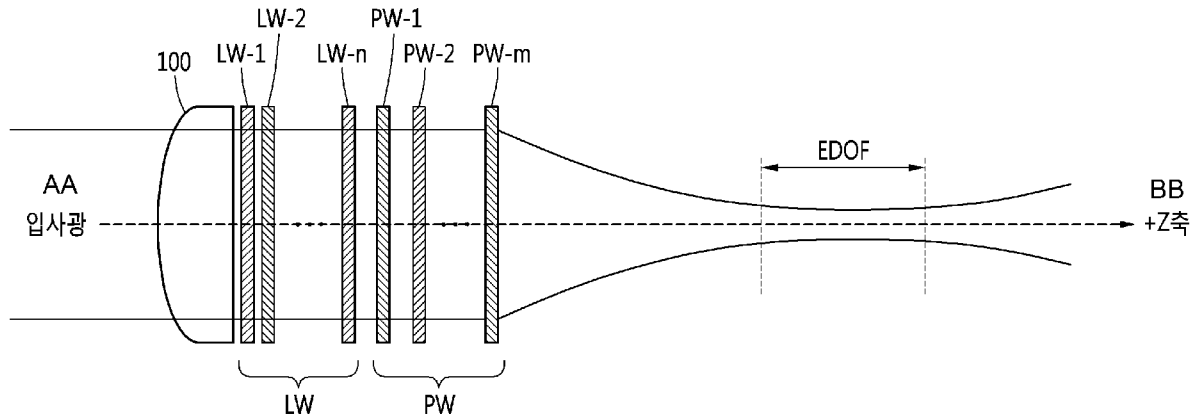


(10) 국제공개번호
WO 2022/211337 A1

- (51) 국제특허분류: *G02C 7/04* (2006.01) *G02B 21/36* (2006.01)
G02C 7/06 (2006.01) *G02B 5/30* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2022/003865
- (22) 국제출원일: 2022년 3월 21일 (21.03.2022)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2021-0043100 2021년 4월 2일 (02.04.2021) KR
- (71) 출원인: 한양대학교 산학협력단 (INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION HANYANG UNIVERSITY) [KR/KR]; 04763 서울시 성동구 왕십리로 222, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 송석호 (SONG, Seok Ho); 04763 서울시 성동구 왕십리로 222, Seoul (KR). 이승민 (LEE, Seung Min); 04763 서울시 성동구 왕십리로 222, Seoul (KR).
- (74) 대리인: 김연권 (KIM, Youn Gwon); 05836 서울시 송파구 법원로 127 문정대명벨리온 15층 1501호 및 1502호, 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, JM, 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: FOCUS DEPTH EXPANDING LENS HAVING MULTIPLE WAVELENGTH PLATES

(54) 발명의 명칭: 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈



AA ... Incident light

BB ... +Z axis

(57) Abstract: The present invention relates to a lens for expanding depth of focus, having multiple wavelength plates, and comprises: a lens having an incident surface and an opposite surface opposite thereto; a lens wavelength plate consisting of a birefringent material, disposed at the lens in a direction toward the central axis of the lens, and having a phase distribution to increase the number of focuses; and a phase distortion wavelength plate configured of a birefringent material, disposed at the lens in a central axis direction of the lens, and having a phase distribution to expand depth of focus, wherein, in a wavelength plate layer, phases have opposite phase signs in adjacent lens wavelength plates or phase distortion wavelength plates, or between a lens wavelength plate and a phase distortion wavelength plate, so as to achieve a compensating relationship therebetween.

[다음 쪽 계속]



WO 2022/211337 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))

(57) 요약서: 본 발명은 다수의 과장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈에 관한 것으로, 입사면과 그 반대면을 가지는 렌즈; 및 복굴절 물질로 구성되고, 상기 렌즈의 중심축 방향으로 상기 렌즈에 배치되어 초점의 개수를 증가시키기 위한 위상분포를 갖는 렌즈 과장판; 및 복굴절 물질로 구성되고, 상기 렌즈의 중심축 방향으로 상기 렌즈에 배치되어 초점심도(depth of focus)를 확장시키기 위한 위상분포를 갖는 위상왜곡 과장판;을 포함하고, 상기 과장판층에서 서로 이웃하는 렌즈 과장판들 또는 위상왜곡 과장판들 또는 렌즈 과장판과 위상왜곡 과장판 간 위상은 상호 보족 관계가 되도록 위상부호가 반대인 것을 특징으로 한다.

명세서

발명의 명칭: 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈

기술분야

- [1] 본 발명은 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈에 관한 것으로, 보다 상세하게는 렌즈의 앞면 또는 뒷면에 초점 개수를 증가시키는 렌즈 파장판과 초점심도를 확장시킬 수 있는 위상왜곡 파장판을 배치시키는 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 시력 저하의 흔한 질환은 근시 및 원시를 포함한다. 이러한 질환은 일반적으로 눈의 길이와 눈의 광학 요소의 초점 사이의 불균형 때문이다. 근시안은 망막면의 전방에 초점이 맞춰지고, 원시안은 망막면의 후방에 초점이 맞춰진다. 근시는 전형적으로 눈의 안축장(axial length)이 눈의 광학적 구성요소들의 초점 길이(focal length) 보다 더 길게 성장하기 때문에, 즉 눈이 너무 길게 성장하기 때문에 발생한다. 원시는 전형적으로 눈의 안축장이 눈의 광학적 구성요소들의 초점 길이와 비교하여 너무 짧기 때문에, 즉 눈이 충분히 길게 성장하지 않기 때문에 발생한다.
- [3] 초점 거리를 조절하는 능력, 즉 초점 거리 변화에 의존하지 않고 가까운 물체와 멀리 떨어진 물체에 초점을 맞추는 능력은 안내 다초점 렌즈 또는 콘택트 렌즈 등을 사용함으로써 향상될 수 있다. 다초점 렌즈는 근거리 및 원거리 시야에 대해 서로 다른 초점 거리를 가지고 있다.
- [4] 다초점 회절 렌즈를 제조하기 위한 기술 중, 복굴절 재료로 만들어진 회절형 파장판 요소를 포함하는 방식이 알려져 있다. 이러한 방식은 비교적 제작과정이 어렵지 않고, 비용이 낮은 이점이 있다.
- [5] 회절형 파장판 요소를 갖는 다초점 렌즈에 관한 종래기술로서, 미국 등록특허 US 9,753,193(METHODS AND APPARATUS FOR HUMAN VISION CORRECTION USING DIFFRACTIVE WAVEPLATE LENSES)가 개시되어 있다.
- [6] 한편, 불연속적인 초점거리를 갖는 다초점 렌즈에 대한 대안으로서, 원거리 시력에서 근거리 시력까지 초점영역을 연속적으로 얻기 위해 초점 심도를 확장시키는 기술이 제안되고 있다. 확장된 초점 심도(Extended Depth of Focus: EDOF)는 선명한 상이 맺히는 영역으로 정의될 수 있다.
- [7] 그러나, 종래 고안된 회절형 파장판 EDOF 렌즈 들은 전체적인 구조가 단일 박막 층으로 되어 있어, 위상분포 및 광학수차를 최소화하면서 확장된 초점 심도를 형성하기 위해서는 단일 박막 층에 배열되는 복굴절 재료의 고속 및 저속 축 배열을 적절하게 배열해야 하는데, 이 과정이 매우 복잡하다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 본 발명의 과제는 렌즈 파장판과 위상왜곡 파장판을 렌즈에 배치시켜 초점 개수를 증가시키는 동시에 초점심도를 확장시킬 수 있는 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈를 제공하고자 한다.

과제 해결 수단

- [9] 상기의 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈는, 입사면과 그 반대면을 가지는 렌즈; 복굴절 물질로 구성되고, 상기 렌즈의 중심축 방향으로 상기 렌즈에 배치되어 초점의 개수를 증가시키기 위한 위상분포를 갖는 렌즈 파장판; 및 복굴절 물질로 구성되고, 상기 렌즈의 중심축 방향으로 상기 렌즈에 배치되어 초점심도(depth of focus)를 확장시키기 위한 위상분포를 갖는 위상왜곡 파장판;을 포함하고, 상기 파장판층에서 서로 이웃하는 렌즈 파장판들 또는 위상왜곡 파장판들 또는 렌즈 파장판과 위상왜곡 파장판 간 위상은 상호 보족 관계가 되도록 위상 값의 변화가 반대인 것을 특징으로 한다.
- [10] 여기서, 위상의 상호 보족 관계는 두 파장판 간의 위상 값의 기울기 부호가 서로 반대라는 의미이다. 두 파장판의 위상 값이 각각 Φ 와 $-\Phi$ 와 같이 절대값의 크기는 같고 부호만 반대인 경우이거나, 혹은 절대값의 크기는 다르고 부호가 반대인 경우도 위상이 상호 보족 관계인 한 실시예이다. 이하, 본 발명에서는 서로 이웃하는 두 파장판의 위상 값이 각각 Φ 와 $-\Phi$ 와 같이 부호가 반대인 경우인 상호 보족관계에 대해서만 후술하고 있으나, 서로 이웃하는 두 파장판이 $-\pi \sim +\pi$ 의 위상 범위에서 위상 값의 기울기 부호가 반대인 경우에 모두 적용될 수 있다.
- [11] 일 실시예에 따르면, 상기 렌즈 파장판 또는 위상왜곡 파장판의 두께가 변하면 이에 따라 초점이 형성된 위치에서의 광세기가 변하는 것을 특징으로 한다.
- [12] 또한, 일 실시예에 따르면, 어느 하나의 초점이 형성된 위치에서의 광세기가 0이 되도록 상기 렌즈 파장판 또는 위상왜곡 파장판의 두께가 조절되면 상기 초점의 개수가 변하는 것을 특징으로 한다.
- [13] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 초점의 개수는 아래 수학식 1에 의해 연산되는 것을 특징으로 한다.
- [14] <수학식 1>
- [15]
$$N = 4 \times 2^{m-1} - 1$$
- [16] 여기서, N은 초점의 개수이고 m은 렌즈 파장판 개수임.
- [17] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 초점의 위치는 상기 렌즈 파장판의 개수에 따라 아래 수학식 2와 같이 연산되는 것을 특징으로 한다.
- [18] <수학식 2>
- [19]
$$\frac{1}{f_N} = \frac{1}{f_{FL}} + \frac{1}{f_{LW-1}} + \frac{1}{f_{LW-2}} + \dots + \frac{1}{f_{LW-n}}$$

- [20] 여기서, f_N 은 마지막 렌즈 파장판을 통과한 후의 초점 거리이고, f_{LW-n} 은 각 렌즈 파장판의 초점 거리임.
- [21] 한편, 일 실시예에 따르면, 상기 렌즈 파장판 또는 위상왜곡 파장판의 위상분포에서, 상기 렌즈의 중심에서 위상이 급변하는 지점들 사이의 위상구간(X)이 변하면 이에 따라 초점이 형성되는 위치가 변하는 것을 특징으로 한다.
- [22] 여기서, 서로 이웃하는 렌즈 파장판들 또는 위상왜곡 파장판들 또는 렌즈 파장판과 위상왜곡 파장판 간 동일 위상구간(X)에서, 어느 하나의 파장판에서의 위상이 증가하면 다른 하나의 파장판에서의 위상은 감소하는 구간이 나타나는 것을 특징으로 한다.
- [23] 한편, 일 실시예에 따르면, 상기 제2 파장판의 위상분포에서, 렌즈의 중심에서 첫 번째 위상이 급변하는 지점 사이의 위상구간(X1)에서는 위상이 일정하게 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [24] 한편, 일 실시예에 따르면, 상기 렌즈 파장판 또는 위상왜곡 파장판은 2개 이상 적층되어 배치되는 것을 특징으로 한다.
- [25] 한편, 다른 실시예에 따르면, 상기 렌즈 파장판과 위상왜곡 파장판은 교대로 배치되는 것을 특징으로 한다.
- [26] 한편, 일 실시예에 따르면, 상기 렌즈 파장판 또는 위상왜곡 파장판은 곡면 형상을 갖는 상기 렌즈의 입사면 또는 그 반대면에 상기 곡면 형상과 대응되는 형상을 갖고 배치되는 것을 특징으로 한다.
- [27] 본 발명은, 입사면과 그 반대면을 가지는 렌즈; 및 복굴절 물질로 구성되고, 초점의 개수를 증가시키는 렌즈 파장판과 상기 렌즈 파장판에 적층되어 초점심도(depth of focus)를 확장시키기 위한 위상분포를 갖는 위상왜곡 파장판으로 구성되며, 상기 렌즈의 중심축 방향으로 상기 렌즈에 배치되는 파장판층; 을 포함하고, 상기 파장판층에서 서로 이웃하는 렌즈 파장판들 또는 위상왜곡 파장판들 또는 렌즈 파장판과 위상왜곡 파장판 간 위상은 상호 보족 관계가 되도록 위상부호가 반대인 것을 특징으로 한다.
- [28] 일 실시예에 따르면, 상기 파장판층이 상기 렌즈의 입사면 및 그 반대면에 모두 배치되는 경우 상기 렌즈를 사이에 두고 각 파장판층에서 서로 마주보는 렌즈 파장판 또는 위상왜곡 파장판들의 위상은 상호 보족 관계가 되도록 위상부호가 반대인 것을 특징으로 한다.
- [29] 한편, 일 실시예에 따르면, 입사면은 곡면 형상이고 그 반대면은 평면 형상인 제1 렌즈; 및 상기 제1 렌즈와 마주보는 면은 평면 형상이고 그 반대면은 곡면 형상인 제2 렌즈; 를 포함하고, 상기 파장판층은 상기 제1 렌즈의 입사면, 상기 제1 및 제2 렌즈 사이 및 상기 제2 렌즈의 반대면 중 어느 하나 이상의 위치에 배치되는 것을 특징으로 한다.
- [30] 일 실시예에 따르면, 상기 파장판층 중 어느 1개 이상의 파장판층은 상기 제1

렌즈의 입사면에 배치되고, 나머지 1개 이상의 파장판층은 상기 제1 및 제2 렌즈의 사이 또는 제2 렌즈의 반대면에 배치되는 것을 특징으로 한다.

- [31] 다른 실시예에 따르면, 상기 파장판층 중 어느 1개 이상의 파장판층은 상기 제1 및 제2 렌즈의 사이에 배치되고, 나머지 1개 이상의 파장판층은 상기 제2 렌즈의 반대면에 배치되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [32] 본 발명에 따르면, 파장판의 개수에 비례하여 초점의 개수 및 초점심도가 증가할 수 있고, 이를 이용하여 근시 및 원시 치료용 인공수정체 안내 렌즈(intraocular lens: IOL), 콘택트 렌즈(contact lens) 등 사용자의 질환에 맞는 안과용 렌즈를 손쉽게 제작할 수 있다.
- [33] 또한, 본 발명은 시력 교정용 뿐만 아니라 현미경, 카메라 등 다초점 렌즈가 필요한 산업 분야에 전반적으로 적용될 수 있다.
- [34] 또한, 본 발명에 있어서 파장판의 총 개수, 굴절렌즈 표면의 곡률 및 각 파장판의 굴절률 분포 등은 시각 시스템의 다른 렌즈와 함께 원거리 및 근거리 시력에 필요한 굴절 보상을 달성하기 위해 다양하게 변경될 수 있다.
- [35] 또한, 파장판의 두께를 변화시키면 초점이 형성된 위치에서의 광세기 정도가 변화되어 최대 초점 수를 한도로 초점의 개수가 조절될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [36] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈의 전체 구성을 도시한 도면.
- [37] 도 2는 종래 회절렌즈의 단면을 도시한 도면.
- [38] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 렌즈 파장판의 위상분포를 도시한 도면.
- [39] 도 4는 도 3에 도시된 렌즈 파장판의 전체전인 위상분포를 도시한 도면.
- [40] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 위상왜곡 파장판의 위상분포를 도시한 도면.
- [41] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 위상왜곡 파장판의 위상분포를 도시한 도면.
- [42] 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 위상왜곡 파장판의 위상분포를 도시한 도면.
- [43] 도 8은 렌즈에 1개의 렌즈 파장판이 배치된 상태를 도시한 도면.
- [44] 도 9는 도 8에서 렌즈 파장판의 두께 변화에 따른 초점들의 위치 및 광세기 분포를 나타낸 도면.
- [45] 도 10은 렌즈에 상호 보족 관계가 아닌 2개의 렌즈 파장판이 적층되어 배치된 상태를 도시한 도면.
- [46] 도 11은 도 10에서 파장판의 각 두께가 $\lambda/4$ 인 경우 초점들의 위치 및 광세기 분포를 나타낸 도면.
- [47] 도 12는 렌즈에 상호 보족 관계인 2개의 렌즈 파장판이 적층되어 배치된 상태를

도시한 도면.

- [48] 도 13은 도 12에서 파장판의 각 두께가 $\lambda/4$ 인 경우 초점들의 위치 및 광세기 분포를 나타낸 도면.
- [49] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따라 렌즈에 1개의 렌즈 파장판과 위상왜곡 파장판이 적층되어 배치된 상태를 도시한 도면.
- [50] 도 15의 (a)는 렌즈에 1개의 렌즈 파장판만이 배치된 경우의 광세기 분포도이고, 도 15의 (b)는 렌즈에 상호 보족 관계가 아닌 1개의 렌즈 파장판과 1개의 위상왜곡 파장판이 배치된 경우의 광세기 분포도이며, 도 15의 (c)는 렌즈에 상호 보족 관계인 1개의 렌즈 파장판과 1개의 위상왜곡 파장판이 배치된 경우의 광세기 분포도를 나타낸 도면.
- [51] 도 16은 본 발명의 렌즈 파장판 및 위상왜곡 파장판이 렌즈에 배치되는 다양한 실시예들을 도시한 도면.

발명의 실시를 위한 형태

- [52] 이하 첨부된 도면을 참조하여, 바람직한 실시예에 따른 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈에 대해 상세히 설명하면 다음과 같다. 여기서, 동일한 구성에 대해서는 동일부호를 사용하며, 반복되는 설명, 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 발명의 실시형태는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.
- [53] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈의 전체 구성을 도시한 도면이고, 도 2는 종래 회절렌즈의 단면을 도시한 도면이다.
- [54] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈에는 렌즈 파장판(LW-1 ~ LW-n) 및 위상왜곡 파장판(PW-1 ~ PW-m)이 배치된다. 여기서, 렌즈 파장판(LW) 및 위상왜곡 파장판(PW)은 각각 1개 이상으로 구성될 수 있다. 한편, 렌즈(100)는 굴절렌즈로서 빛이 입사되는 입사면과 그 반대면을 가진다. 입사광의 진행 방향은 렌즈(100)의 중심축(z축) 방향이다.
- [55] 본 발명의 일 실시예에 따르면 렌즈 파장판(LW)과 위상왜곡 파장판(PW)은 렌즈(100)의 중심축(z축)과 동일 방향으로 렌즈(100)에 배치된다. 본 명세서에서 '배치'라는 용어는 2개 이상의 파장판(LW, PW)이 순서대로 적층되어 배치되는 경우뿐만 아니라 렌즈(100)를 사이에 두고 떨어져서 렌즈(100)에 배치되는 경우를 포함한다. 배치된 렌즈 파장판(LW) 또는 위상왜곡 파장판(PW)은 렌즈(100)에 부착되거나 또는 서로 부착될 수 있다. 렌즈 파장판(LW) 및 위상왜곡 파장판(PW)이 렌즈(100)에 배치되는 다른 실시예에 대해서는 후술하기로 한다.

- [56] 본 발명의 일 실시예에서 렌즈 파장판(LW)은 초점 개수를 증가시키기 위한 것이고, 위상왜곡 파장판(PW)은 초점심도를 확장시키기 위한 것이다. 각 파장판(LW, PW)은 상술한 기능을 수행하기 위한 위상 분포를 갖는다. 자세한 내용은 후술하기로 한다.
- [57] 렌즈 파장판(LW)은 빛의 편광상태를 바꿔주는 광학 소자로서, 복굴절 물질로 구성된 렌즈(waveplate lens)이다. 렌즈 파장판(LW)은 위상지연판(phase retardation plate)라고도 하는데, 위상지연판에서 빛의 속도가 빠른 편광방향을 고속축(fast axis)이라 하고, 고속축과 수직한 축을 가지며 빛의 속도가 느린 편광방향을 저속축(slow axis)라 한다. 위상지연판은 $\lambda/2$ 의 위상을 지연하는 판인 HWP(Half Wave Plate)와 $\lambda/4$ 의 위상을 지연하는 판인 QWP(Quarter Wave Plate)를 포함한다. 일 예로, 선편광 빔이 HWP의 고속축과 θ 의 각도로 통과했을 때 2θ 만큼 회전되어 편광되고, 선편광 빔이 QWP의 고속축과 45° 각도로 통과했을 때 원편광이 빔이 나온다. HWP 및 QWP를 통과한 선편광 또는 원편광 빔의 편광 변환 기술은 공지된 기술로서 본 명세서에서 자세한 설명은 생략한다.
- [58] 한편, 일반적으로 프레넬 렌즈로 알려진 회절렌즈에 따르면, 도 2에 도시된 바와 같이, 회절렌즈의 중심에서 반경이 증가함에 따라 톱니 모양의 형상을 가지고 있으며, 반경의 크기에 따라 아래 수학식 1과 같은 위상분포를 갖는다.
- [59] < 수학식 1 >
- [60]
$$\Phi(r) = 2\pi \times \left\{ j - \frac{r_j^2}{(2\lambda F)} \right\}$$
- [61] 여기서, r_j 는 회절렌즈의 중심을 기준으로 j 번째 반경을 나타내고, λ 는 입사광의 파장 길이, F 는 회절렌즈의 중심 초점거리를 의미한다.
- [62] 또한, 상기 수학식 1과 같은 위상분포는 회절렌즈로부터 멀어질수록 아래 수학식 2와 같이 초점이 여러 개 형성된다.
- [63] < 수학식 2 >
- [64]
$$F_m = \frac{F}{m}$$
- [65] 여기서, m 은 회절렌즈의 회절차수이다.
- [66] 한편, 본 발명에 따른 렌즈 파장판(LW)은 상술한 프레넬 렌즈의 형상과 달리, 환형으로 형성되고, 렌즈 파장판(LW) 중심으로부터의 거리에 따라 일정 두께를 가지도록 제조되어 프레넬 렌즈의 기능을 수행할 수 있다. 이때, 입사광이 좌원편광(Left-handed circular polarization: LHCP) 또는 우원편광(Right-handed circular polarization: RHCP)을 가지게 되면 본 발명에 따른 파장판의 고속축 및 저속축의 배열 방향을 조정함으로써 상기 수학식 1 및 수학식 2와 유사한 다초점을 갖는 위상분포가 형성될 수 있다.
- [67] 본 발명의 일 실시예에 따른 렌즈 파장판(LW)의 제조 방법과 관련하여 선행

연구 논문 "J-H. Kim et al. "Fabrication of ideal geometric-phase holograms with arbitrary wavefronts", Optica Vol. 2, No. 11, Nov. (2015)"가 참조될 수 있다. 상기 선행 연구 논문에 따르면, 렌즈 파장판(LW)은 그 국소적인 위치에 광축 회전을 제어하기 위한 패턴을 형성하여 제작된다. 여기서 렌즈 파장판(LW)을 이루는 이방성 물질의 광축 회전을 패턴닝하기 위한 방식으로, 렌즈 파장판(LW)의 표면에 기계적인 방법으로 미세한 골을 형성하는 Rubbing 방식과 입사하는 광의 편광에 따라 일정한 방향으로 배열하는 광배향(Photo-alignment) 방식 등이 있다.

[68] 위상왜곡 파장판(PW)은 초점심도를 확장시키기 위한 위상분포를 가지도록 제조될 수 있다. 이러한 위상왜곡 파장판(PW)을 제조하기 위한 몇몇 접근법들은 볼스-아이 굴절 원칙(bulls-eye refractive principal)에 기초하며, 약간 증가된 도수를 갖는 중간 영역을 포함하거나, 여러가지의 광학수차(optical aberration)들인 고차 수차(higher-order aberration) 및 구면 수차(spherical aberration), 코마(coma) 및 난시(astigmatism) 등을 야기시킬 수 있는 위상영역을 포함할 수 있다. 이외에도 위상왜곡 파장판(PW)은 다양한 임의의 위상분포를 갖도록 조절하여 초점심도를 확장시키도록 제조될 수 있다.

[69] 본 발명의 일 실시예에 따른 렌즈 파장판(LW) 및 위상왜곡 파장판(PW)은 투명한 재질로서, 액정(liquid crystal) 또는 보다 일반적으로는 반응성 메조겐(Reactive Mesogen) 등과 같은 이방성 물질(anisotropic material)로 구성될 수 있다.

[70] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따르면 렌즈 파장판(LW) 및 위상왜곡 파장판(PW)은 적층되어 렌즈(100)에 배치될 수 있다. 이때, 렌즈 파장판(LW) 및 위상왜곡 파장판(PW)에 의한 파장판층(LW-PW)이 형성된다.

[71] 도 1에는 파장판층(LW-PW)이 렌즈(100)의 반대면에 적층되어 있는 예가 도시되어 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 파장판층(LW-PW)은 n 개의 렌즈 파장층(LW-1, LW-2, ... LW- n)과 m 개의 위상왜곡 파장층(PW-1, PW-2, ... PW- m)이 순서대로 적층되어 있다. 여기서, 홀수 번째 렌즈 파장층(예를 들어 LW-1)과 짝수 번째 렌즈 파장층(예를 들어 LW-2)은 서로 이웃하도록 배치되고, 홀수 번째 위상왜곡 파장층(예를 들어 PW-1)과 짝수 번째 위상왜곡 파장층(예를 들어 PW-2)은 서로 이웃하도록 배치된다.

[72] 한편, 도 1에는 렌즈 파장판(LW)이 순서대로 적층된 후 위상왜곡 파장판(PW)이 순서대로 적층되어 있으나, 렌즈 파장판(LW)과 위상왜곡 파장판(PW)의 적층 순서 및 개수에는 제한이 없다. 예를 들어, 파장판층(LW-PW)은 렌즈 파장판(LW)들 사이에 위상왜곡 파장판(PW)이 적층되거나 렌즈 파장판(LW)과 위상왜곡 파장판(PW)이 교번 적층될 수 있다.

[73] 한편, 파장판층(LW-PW)의 두께는 입사광의 파장 보다 작거나 입사광의 파장과 같거나 입사광의 파장 보다 클 수 있다. 또한, 각 파장판층(LW-PW)에 포함된 렌즈 파장판(LW)과 위상왜곡 파장판(PW)의 두께는 서로 같거나 다를 수 있다.

- [74] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 렌즈 파장판의 위상분포를 도시한 도면이고, 도 4는 도 3에 도시된 렌즈 파장판의 전체전인 위상분포를 도시한 도면이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 위상왜곡 파장판의 위상분포를 도시한 도면이고, 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 위상왜곡 파장판의 위상분포를 도시한 도면이며, 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 위상왜곡 파장판의 위상분포를 도시한 도면이다.
- [75] 우선, 본 발명의 렌즈 파장판(LW)의 위상분포를 살펴본다. 도 3에는 렌즈 파장판(LW)에 입사하는 투과 파면에 있어서, 광축 중심($r=0$ 인 지점)에 대하여 반경(r)만큼 떨어진 위치를 통과하는 광선의 위상차를 나타내는 위상분포가 도시되어 있다. 도 3에 도시된 위상차 분포는 입사광의 파장 범위 내이고, 단면이 톱니모양으로 되어 있다. 도 3에는 렌즈(100)의 중심을 기준으로 위상분포의 반만 도시되어 있다.
- [76] 도 3의 (a) 그래프는 홀수 번째 렌즈 파장판(LW)에서 나타난 위상분포이고, (b) 그래프는 짝수 번째 렌즈 파장판(LW)에서 나타난 위상분포이다. 위상분포를 살펴보면, 반경의 증가에 따라 위상이 급변($+\pi$ 에서 $-\pi$ 로 변하거나 $-\pi$ 에서 $+\pi$ 로 변함)하는 지점이 나타난다. 도 3에서 홀수 번째 렌즈 파장판(LW)의 위상분포에서 위상이 급변하는 지점은 P_1 내지 P_n 으로 나타나고, 짝수 번째 파장판(LW)의 위상분포에서 위상이 급변하는 지점은 P_1' 내지 P_n' 로 나타난다. 위상 위치 P_n 은 상기 수학식 1에서 r_j 의 위치와 대응된다. 여기서, 중심($r=0$)을 기준으로 P_1 까지의 위상구간을 X_1 구간이라 하고, 중심($r=0$)을 기준으로 P_1' 까지의 위상구간을 X_1' 구간이라 한다. 도 3에는 도시되지 않았으나 중심($r=0$)을 기준으로 P_2 및 P_2' 까지의 위상구간을 각각 X_2 및 X_2' 구간이라 하며, 그 다음 위상구간들은 상술한 방법으로 표시될 수 있다. 본 명세서에서 X_1 부터 그 이후의 위상구간 및 X_1' 부터 그 이후의 위상구간을 통칭하여 X 구간이라 한다.
- [77] 다시 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 위상분포를 보면, 동일한 위상 구간(X)에서 반경 중심에서 멀어질 수록 홀수 번째 렌즈 파장판(LW)에서의 위상은 증가하는 반면 짝수 번째 파장판(LW)에서의 위상은 감소한다. 즉, 홀수 번째 파장판(LW)의 위상부호($+\Phi$)와 짝수 번째 파장판(LW)의 위상부호($-\Phi$)는 서로 반대가 되어야 한다. 본 명세서에서는 이러한 관계를 상호 보족 관계(complementary relation)라 명명한다. 이때 위상 크기의 값(절대값)은 동일하거나 다를 수 있다.
- [78] 여기서, X 구간의 간격이 달라지도록 렌즈 파장판(LW)이 제조되면 초점의 형성되는 위치가 조절될 수 있다. 구체적으로, 도 3 및 상기 수학식 1을 참조하면, 어느 하나의 렌즈 파장판(LW)이 제조되면 $-\pi \sim +\pi$ 범위 내의 위상 값과 위상 위치(P_n 또는 r_j)가 결정되는데, X 구간의 간격이 달라지도록 렌즈 파장판(LW)이 제조되면 위상 위치(P_n 또는 r_j)가 달라지면서 초점 거리(수학식 1에서 F) 또한 변하게 된다. 예를 들어, X 구간의 간격이 작아지면 초점 거리도 같이 감소한다.

- [79] 도 4에는 전체 렌즈 파장판(LW)의 위상 분포가 도시되어 있다.
- [80] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 동일한 위상구간(X)에서 홀수 번째 렌즈 파장판(LW)에서의 위상은 감소하고, 짝수 번째 렌즈 파장판(LW)에서의 위상은 증가할 수 있다.
- [81] 다음으로 위상왜곡 파장판(PW)의 위상분포를 살펴본다. 도 5에는 위상왜곡 파장판(PW)에 입사하는 투과 파면에 있어서, 광축 중심($r=0$)에 대하여 반경(r)만큼 떨어진 위치를 통과하는 광선의 위상차를 나타내는 위상분포가 도시되어 있다. 도 5에 도시된 위상차 분포를 살펴보면, 입사광의 파장 범위 내이고, 단면의 중심 영역에서는 일정한 위상이 나타나고 그 외의 영역에서는 톱니모양의 위상이 나타난다.
- [82] 도 5의 (a) 그래프는 홀수 번째 위상왜곡 파장판(PW)에서 나타난 위상분포이고, 도 5의 (b)는 짝수 번째 위상왜곡 파장판(PW)에서 나타난 위상분포이다. 위상분포의 해석은 상술한 렌즈 파장판(LW)에서 설명한 바와 동일하다.
- [83] 홀수 번째 위상왜곡 파장판(PW)과 짝수 번째 위상왜곡 파장판(PW)의 중심 영역에서는 위상값 및 위상부호가 중요하지 않다. 즉, 중심 영역에서 이웃하는 위상왜곡 파장판(PW) 간의 위상값 차이는 $\pi - (-\pi) = 2\pi(360^\circ)$ 로서, 위상왜곡 파장판(PW)을 통과하는 빛의 입장에서 위상차이가 없는 것과 동일한 효과가 있기 때문이다.
- [84] 다만, 중심 영역을 제외한 나머지 영역에서는 홀수 번째 위상왜곡 파장판(PW)과 짝수 번째 위상왜곡 파장판(PW)은 상호 보족 관계를 만족해야 한다. 즉 홀수 번째 위상왜곡 파장판(PW)에서의 위상부호(+ Φ)와 짝수 번째 위상왜곡 파장판(PW)에서의 위상부호(- Φ)는 서로 반대가 되어야 한다. 또는 홀수 번째 위상왜곡 파장판(PW)에서의 위상 기울기와 짝수 번째 위상왜곡 파장판(PW)에서의 위상 기울기는 서로 반대가 되어야 한다. 이때, 위상 크기의 값(절대값)은 동일하거나 다를 수 있다.
- [85] 도 6 및 도 7에는 본 발명의 다른 실시예에 따른 위상왜곡 파장판(PW)의 위상분포가 도시되어 있다. 도 6 및 도 7에는 위상왜곡 파장판(PW)의 X-Y 면 상에의 위상분포는 명암 차이로 표현되어 있고, X-Z 면 상에서의 위상분포 값은 $-\pi \sim +\pi$ 범위 내에서 표현되어 있다. 위상왜곡 파장판(PW)의 위상분포도를 상기 수학적 식 1로 표현하는 경우, 반경(r)에 따라 서로 다른 F 값을 갖는 5개의 영역(반경 중심 $\sim r_1$, $r_1 \sim r_2$, $r_3 \sim r_4$, $r_4 \sim$ 나머지)으로 구분되어 있다. 여기서, 위상왜곡 파장판(PW)의 중심으로부터 반경 r_1 까지의 영역에서 위상은 일정한 값을 가지며, 나머지 영역에서의 위상 분포도는 약간씩 다르게 구성되어 있다. 상술한 바와 같이, 도 6 및 도 7에 도시된 위상왜곡 파장판(PW)에서의 중심 영역 이외의 영역에서의 위상분포는 상호 보족 관계에 있다.
- [86] 한편, 다시 도 1을 참조하면, 렌즈 파장판층(LW)의 마지막 렌즈 파장판(LW-n)과 위상왜곡 파장판층(PW)의 첫 번째 위상왜곡 파장판(PW-1)은

서로 이웃하고 있으므로 상호 보족 관계를 만족해야 한다.

- [87] 이하, 본 발명에 따른 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈가 가진 효과를 알아보기 위해 렌즈 파장판(LW)이 1개가 배치된 경우 및 위상분포가 상호 보족 관계가 아닌 렌즈 파장판(LW)이 이웃하여 배치된 경우를 본 발명에 따른 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈와 비교하여 설명한다.
- [88] 도 8은 렌즈에 1개의 렌즈 파장판이 배치된 상태를 도시한 도면이고, 도 9는 도 8에서 렌즈 파장판의 두께 변화에 따른 초점들의 위치 및 광세기 분포를 나타낸 도면이다.
- [89] 도 8 및 도 9를 참조하면, 렌즈(100)에 렌즈 파장판(LW)이 단일 층으로 배치된 경우로서 선형 편광(linear polarization)된 입사광에 대해 3개의 초점(F-1, F-2, F-3)이 생성된다. 이때, 파장판의 두께가 $\lambda/2$ 인 경우, $\lambda/3$ 인 경우 및 $\lambda/4$ 인 경우에 각 초점 위치에서의 광세기가 나타난다. 이와 같이, 렌즈(100)에 렌즈 파장판(LW)이 단일 층으로 배치된 다중 초점 렌즈의 경우 총 초점의 수는 최대 3개로 한정된다. 한편, 렌즈 파장판(LW)의 두께가 변하면 초점 위치에서의 광세기가 변함을 알 수 있다.
- [90] 도 10은 렌즈에 상호 보족 관계가 아닌 2개의 렌즈 파장판이 적층되어 배치된 상태를 도시한 도면이고, 도 11은 도 10에서 파장판의 각 두께가 $\lambda/4$ 인 경우 초점들의 위치 및 광세기 분포를 나타낸 도면이다.
- [91] 도 10 및 도 11을 참조하면, 렌즈(100)에 2개의 렌즈 파장판(LW-1, LW-2)이 적층되어 배치된다. 여기서, 각 렌즈 파장판(LW-1, LW-2)은 이웃하여 배치되나 각 렌즈 파장판에서의 위상분포는 상호 보족 관계가 아니다. 그리고 각 파장판의 두께가 $\lambda/4$ 인 경우 전체 총 두께는 $\lambda/2$ 이다. 이는 렌즈 파장판(LW)의 두께가 $\lambda/2$ 인 경우로서, 총 초점의 수는 최대 3개로 한정된다(도 9의 (b) 참조).
- [92] 상호 보족 관계가 아닌 다수개의 렌즈 파장판(LW)이 렌즈(100)에 배치된 경우 최대 초점의 수는 아래 수학식 3과 같이 구할 수 있다.
- [93] < 수학식 3 >
- [94]
$$N = 2m + 1$$
- [95] 여기서, N은 초점 개수이고 m은 렌즈 파장판 개수이다.
- [96] 또한, 상기 수학식 3은 렌즈(L)에 1개의 렌즈 파장판이 배치된 경우에도 적용될 수 있다.
- [97] 도 12는 렌즈에 상호 보족 관계인 2개의 렌즈 파장판이 적층되어 배치된 상태를 도시한 도면이고, 도 13은 도 12에서 파장판의 각 두께가 $\lambda/4$ 인 경우 초점들의 위치 및 광세기 분포를 나타낸 도면이다.
- [98] 도 12 및 도 13을 참조하면, 렌즈(100)에 2개의 렌즈 파장판(LW-1, LW-2)이 적층되어 배치된다. 여기서, 각 렌즈 파장판(LW-1, LW-2)은 이웃하여 배치되고, 각 파장판의 위상분포는 상호 보족 관계이다. 그리고 각 렌즈 파장판(LW-1, LW-2)의 두께가 $\lambda/4$ 인 경우 전체 총 두께는 $\lambda/2$ 이다. 도 12에는 다수의 초점이(F-1, F-2, ... F-M)이 형성된다.

[99] 이와 같이, 렌즈(100)에 상호 보족 관계인 렌즈 파장판이 다수 배치되면 최대 초점의 수가 증가하는 효과가 발생한다.

[100] 한편, 상술한 바와 같이, 서로 이웃하는 렌즈 파장판(LW-1, LW-2)이 상호 보족 관계인 경우 위상의 크기는 다를 수 있다. 여기서, 위상의 크기가 다르면 초점의 수는 변화 없이 광세기의 값이 달라질 수 있다.

[101] 상호 보족 관계인 다수개의 렌즈 파장판(LW)이 렌즈(L)에 배치된 경우 최대 초점의 수는 아래 수학식 4와 같이 구할 수 있다.

[102] < 수학식 4 >

$$[103] \quad N = 4 \times 2^{m-1} - 1$$

[104] 여기서, N은 초점 개수이고 m은 렌즈 파장판 개수이다.

[105] 상기 수학식 4에 의해 연산된 값은 최대 초점의 수로서 렌즈 파장판(LW)의 두께를 조절하면, 즉 각 초점 위치에서의 광세기를 조절하면 최대 초점의 수를 한도로 초점의 개수를 조절하는 것이 가능하다. 예를 들어, 본 발명의 일 실시예에 따라 상호 보족 관계인 2개의 렌즈 파장판(LW-1, LW-2)이 렌즈(100)에 배치되면 상기 수학식 4에 의해 초점이 7개 형성되는데, 여기서 어느 하나 이상의 렌즈 파장판(LW)의 두께를 조절하여 적어도 어느 하나의 초점 위치에서의 광세기를 0으로 하면 그 위치에서의 초점이 사라지는 것과 같은 효과를 얻을 수 있으므로 총 초점의 수를 줄이는 것이 가능하다.

[106] 한편, 초점 위치에서의 광세기를 예측하는 방법은 아래와 같다. 구체적으로, 렌즈 파장판(LW)에 우원편광 또는 좌원편광을 입사할 경우 반대 방향의 편광으로 변환하는 효율은 아래 수학식 5와 같이 구할 수 있다.

[107] < 수학식 5 >

$$[108] \quad \eta(\lambda) = \sin^2\left(\frac{\Gamma}{2}\right)$$

[109] 여기서, $\Gamma = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta n d$ 로서, 위상 지연(입사광의 위상 변화)를 의미한다.

λ 는 입사광의 파장이고, Δn 은 파장판의 복굴절률이며, d 는 파장판의 두께이다.

[110] 선형편광인 입사광은 우원편광과 좌원편광이 같은 비율을 가진다. 선형편광이 렌즈 파장판(LW)에 입사되면 입사광에 포함된 원편광의 방향이 변한다. 예를 들어, 선형 편광에 포함된 우원편광이 좌원편광으로 변하는 것이다. 즉, 선형편광이 렌즈 파장판(LW)을 지나가면서 좌원편광과 우원편광이 서로 반대되는 부호를 가지면서 기하학적 위상 지연을 경험한다. 이때, 렌즈 파장판(LW)을 지나가면서 변환되지 않은 나머지 광은 기하학적 위상 지연의 영향을 받지 않고 선형편광으로 렌즈 파장판(LW)을 통과하게 된다. 상기 수학식 5는 편광되지 않고 렌즈 파장판(LW)을 통과한 효율(편광 변환 효율이라 함)로서, 각 초점이 형성된 위치에서의 광세기는 편광 변환 효율에 영향을 받는다.

여기서, 편광 변환 효율은 렌즈 파장판(LW)의 두께에 의해서 변함을 알 수 있다.

[111] 다수의 렌즈 파장판(LW)이 배치된 경우에도 상기 수학식 5를 이용하여 각 초점이 형성된 위치에서의 광세기도 충분히 예측할 수 있다.

[112] 한편, 렌즈(100)에 렌즈 파장판(LW)이 배치된 경우 초점 위치를 결정하는 방법은 아래와 같다. 설명을 위해 도 8 및 도 9를 다시 참조한다. 도 8에 도시된 바와 같이, 렌즈 파장판(LW)이 1개인 경우 초점의 수는 상기 수학식 3(또는 수학식 4)에 따라 3개(F-1, F-2, F-3)이다. 한편, 렌즈 파장판(LW)의 두께가 반파장 위상 지연이 되는 두께라면 선형편광이 발생되지 않기 때문에 초점은 두 개이다(도 6의 (a) 참조).

[113] 각 초점 위치는 아래 수학식 6과 같이 구할 수 있다.

[114] < 수학식 6 >

$$[115] \quad \frac{1}{f_{1,2,3}} = \frac{1}{f_{FL}} + \frac{1}{f_{LW-1}}$$

[116] 여기서, $f_{1,2,3}$ 는 렌즈 파장판을 통과한 후 F-1, F-2, F-3에서의 초점 거리이고, f_{FL} 은 굴절렌즈의 초점 거리이며, f_{LW-1} 는 렌즈 파장판의 초점 거리를 의미한다.

[117] 렌즈 파장판(LW)의 초점 거리(f_{LW-1})와 관련하여, 상술한 바에 따르면 입사광이 원편광인 경우 렌즈 파장판(LW)을 통과하면 위상 지연을 겪으면서 부호가 바뀐다. 따라서, 우원편광에 의한 초점 거리가 $+f_{LW-1}$ 라면 좌원편광에 의한 초점 거리는 $-f_{LW-1}$ 이다. 좌원편광과 우원편광이 렌즈 파장판(LW)을 통과하는 경우 서로 반대 부호를 가진 원편광으로 변환되므로 이는 렌즈 파장판(LW)이 어느 하나의 원편광에 대해서는 볼록렌즈처럼 기능하고 다른 하나의 원편광에 대해서는 오목렌즈처럼 기능한다. 한편, 입사광이 선형편광이라면 초점 거리는 무한대이다.

[118] 상기 수학식 6은 1개의 렌즈 파장판(LW)에 의한 3개의 초점 거리를 구하는 공식이다. 그러나, 다수의 렌즈 파장판(LW)이 배치된 경우에 렌즈 파장판(LW)의 개수만큼 수학식 6을 반복하면 렌즈 파장판(LW)에 의해 형성된 각 초점 거리를 계산할 수 있다. 구체적으로, 도 8의 상태에서 렌즈 파장판(LW-2)이 1개 더 늘어나면 수학식 6의 우변에 $\frac{1}{f_{WL-2}}$ 를 더 합하여 각 초점 거리를 구할 수 있다.

이때, 증가되는 초점의 개수는 상기 수학식 4에 의해 구할 수 있다. 이를 일반화하면 아래 수학식 7과 같다.

[119] < 수학식 7 >

$$[120] \quad \frac{1}{f_N} = \frac{1}{f_{FL}} + \frac{1}{f_{LW-1}} + \frac{1}{f_{LW-2}} + \dots + \frac{1}{f_{LW-n}}$$

[121] 여기서, f_N 은 마지막 렌즈 파장판을 통과한 후의 초점 거리이고, f_{LW-n} 은

각 렌즈 파장판의 초점 거리이다.

- [122] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따르면 렌즈(100)에 상호 보족 관계인 다수개의 렌즈 파장판(LW)이 배치되면 공간 상에 초점이 더 형성될 수 있다. 즉, 초점들은 Z-축 방향 뿐만 아니라 공간적으로도 생성됨을 확인할 수 있다.
- [123] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따라 렌즈에 1개의 렌즈 파장판과 위상왜곡 파장판이 적층되어 배치된 상태를 도시한 도면이고, 도 15의 (a)는 렌즈에 1개의 렌즈 파장판만이 배치된 경우의 광세기 분포도이고, 도 15의 (b)는 렌즈에 상호 보족 관계가 아닌 1개의 렌즈 파장판과 1개의 위상왜곡 파장판이 배치된 경우의 광세기 분포도이며, 도 15의 (c)는 렌즈에 상호 보족 관계인 1개의 렌즈 파장판과 1개의 위상왜곡 파장판이 배치된 경우의 광세기 분포도를 나타낸 도면이다.
- [124] 도 14에 도시된 바와 같이, 렌즈(100)에 렌즈 파장판(LW)과 위상왜곡 파장판(PW)이 배치되면, 입사광은 렌즈 파장판(LW) 및 위상왜곡 파장판(PW)을 거친 후에 확장된 초점심도(Extended Depth of Focus: EDOF) 구간이 형성된다. 즉, 렌즈 파장판(LW)에 의해 다수의 초점이 형성되고, 위상왜곡 파장판(PW)에 의해 형성된 초점이 연결된다.
- [125] 도 15의 (a)에는 렌즈(100)에 1개의 렌즈 파장판(LW)만이 배치된 경우의 광세기 분포도이다. 도 15의 (a)에는 3개의 초점(F-1, F-2, F-3)들이 대략 40mm ~ 60mm 거리 내에 불연속적으로 형성되어 있다. 즉, 렌즈 파장판(LW) 만이 배치된 경우에는 초점의 수는 증가할 수 있으나 초점들이 연속적으로 연결되지 않는다.
- [126] 도 15의 (b)에는 렌즈(100)에 1개의 렌즈 파장판(LW)과 1개의 위상왜곡 파장판(PW)이 배치된 경우의 광세기 분포도로서, 여기서 렌즈 파장판(LW)과 위상왜곡 파장판(PW)은 상호 보족 관계가 아니다. 이때, 생성되는 초점의 수는 도 15의 (a)에 도시된 바와 같으나, 대략 45mm ~ 55mm 거리 사이에 초점심도(EDOF)가 형성되어 있다.
- [127] 도 15의 (c)에는 렌즈(100)에 1개의 렌즈 파장판(LW)과 1개의 위상왜곡 파장판(PW)이 배치된 경우의 광세기 분포도로서, 여기서 렌즈 파장판(LW)과 위상왜곡 파장판(PW)은 상호 보족 관계이다. 이때, 생성되는 초점의 수는 도 15의 (a)에 도시된 바와 같으나, 대략 41mm ~ 60mm 거리 사이에 초점심도(EDOF)가 형성되어 있다. 즉, 이웃하는 렌즈 파장판(LW)과 위상왜곡 파장판(PW)이 상호 보족 관계이면 초점심도(EDOF)가 확장되는 효과가 있다.
- [128] 도 16은 본 발명의 렌즈 파장판 및 위상왜곡 파장판이 렌즈에 배치되는 다양한 실시예들을 도시한 도면이다.
- [129] 도 16을 참조하면, 파장판층(LW-PW)는 렌즈(100)의 형상 및 개수 등에 따라 다양한 형태로 배치될 수 있다. 이때, 이웃하는 파장판 간(렌즈 파장판간 또는 위상왜곡 파장판 간 또는 렌즈 파장판과 위상왜곡 파장판 간)에 상호 보족 관계는 만족되어야 한다.
- [130] 우선, 1개의 렌즈(100)에 파장판층(LW-PW)이 배치되는 경우를 살펴본다.
- [131] 도 16의 (a)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예로서 렌즈(100)의 입사면은

평면이고 그 반대면은 곡면으로 형성된다. 이때, 파장판층(LW-PW)은 평면 형상과 대응되는 형상을 갖고 순서대로 적층되어 렌즈(100)의 입사면에 배치될 수 있다.

[132] 여기서, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 파장판층(LW-PW)은 렌즈(100)의 곡면 형상과 대응되는 형상을 갖고 렌즈(100)의 반대면에 순서대로 적층되어 배치될 수도 있다.

[133] 한편, 본 발명의 또 다른 실시예로서, 렌즈(100)의 입사면이 곡면이고 그 반대면이 평면으로 형성될 수 있다. 이때, 2개 이상의 파장판층(LW-PW)은 렌즈(100) 반대면의 곡면 형상과 대응되는 형상을 갖고 렌즈(100)의 입사면에 순서대로 적층되어 배치되거나, 그 반대면에 평면 형상과 대응되는 형상을 갖고 렌즈(100)의 반대면에 순서대로 적층되어 배치될 수도 있다.

[134] 한편, 본 발명의 또 다른 실시예로서, 파장판층 중 어느 1개 이상의 파장판층은 렌즈(100)의 입사면(곡면 또는 평면)에 배치되고 나머지 1개 이상의 파장판은 반대면(평면 또는 곡면)에 배치될 수 있다.

[135] 한편, 도 16의 (f)를 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예로서, 렌즈(100)의 입사면 및 그 반대면이 곡면으로 형성될 수 있다. 이때, 렌즈(100)의 입사면의 곡면을 제1 곡면이라 하고, 그 반대면의 곡면을 제2 곡면이라 한다. 여기서, 제1 곡면과 제2 곡면의 곡률은 서로 다르거나 같을 수 있다. 이때, 파장판층 중 어느 1개 이상의 파장판층은 렌즈(100)의 입사면에 제1 곡면 형상과 대응되는 형상을 갖고 배치되고, 나머지 1개 이상의 파장판층은 제2 곡면 형상을 갖는 렌즈(100)의 반대면에 제2 곡면 형상과 대응되는 형상을 갖고 배치될 수 있다.

[136] 다음으로, 2개의 렌즈(100)에 파장판층이 배치되는 경우를 살펴본다.

[137] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 렌즈(100)는, 입사면은 곡면 형상이고 그 반대면은 평면 형상인 제1 렌즈와(예를 들어, 도 16의 (b)의 좌측 렌즈), 제1 렌즈와 마주보는 면은 평면 형상이고 그 반대면은 곡면 형상인 제2 렌즈(예를 들어, 도 16의 (b)의 우측 렌즈)를 포함한다. 여기서, 제1 렌즈의 곡면을 제3 곡면이라 하고 제2 렌즈의 곡면을 제4 곡면이라 하면, 제3 곡면과 제4 곡면의 곡률은 서로 같거나 다를 수 있다.

[138] 도 16의 (b)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예로서 파장판층은 제1 렌즈와 제2 렌즈가 서로 마주보는 평면 사이에 배치될 수 있다.

[139] 한편, 파장판층은 제1 렌즈의 입사면인 제1 위치, 제1 및 제2 렌즈 사이인 제2 위치 및 제2 렌즈의 반대면인 제3 위치 중 어느 하나 이상의 위치에 배치된다. 이때, 제1 위치 및 제3 위치에 배치되는 파장판층은 각각 제3 및 제4 곡면의 형상과 대응되는 형상을 가질 수 있음은 위에서 언급한 바와 같다.

[140] 도 16의 (c)를 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예로서 파장판층은 제1 내지 제3 위치에 모두 배치될 수 있다. 도 16의 (c)에는 제1 내지 제3 위치에 모두 배치된 상태가 도시되어 있다.

[141] 그러나, 파장판층이 제1 내지 제3 위치 중 적어도 어느 하나 이상의 위치에

배치될 수 있다. 예를 들어, 도 16의 (d)에 도시된 바와 같이 파장판층은 제2 및 제3 위치에만 배치되거나, 도 16의 (e)에 도시된 바와 같이 파장판층은 제1 내지 제2 위치에만 배치될 수 있다.

[142] 한편, 도 16의 (b) 내지 (e)에는 2개의 렌즈(100)로 구성된 상태가 도시되어 있으나, 렌즈(100)는 3개 이상으로 구성될 수 있다. 이 경우 파장판층은 렌즈들의 광축 방향으로 어느 위치에도 배치될 수 있음은 물론이다.

[143] 한편, 본 발명의 다른 실시예에서 렌즈(100)에는 파장판층(LW-PW)이 형성되지 않고 렌즈 파장판(LW)과 위상왜곡 파장판(PW)이 렌즈(100)를 사이에 두고 이격되어 배치될 수 있다. 예를 들어, 렌즈(100)의 입사면에는 1개 이상의 렌즈 파장판(LW)이 배치되고, 그 반대면에는 1개 이상의 위상왜곡 파장판(PW)이 배치될 수 있다. 다만, 이 경우에도 서로 이웃하는 파장판의 위상은 상호 보족 관계를 만족해야 한다.

[144] 한편, 렌즈(100)에 배치되는 렌즈 파장판(LW) 또는 위상왜곡 파장판(PW)의 개수는 초점의 수 및 초점심도를 고려하여 적절하게 조절될 수 있다.

[145] 한편, 본 발명에 있어서 파장판의 총 개수, 굴절렌즈 표면의 곡률 및 각 파장판의 굴절률 분포 등은 시각 시스템의 다른 렌즈와 함께 원거리 및 근거리 시력에 필요한 굴절 보상을 달성하기 위해 다양하게 변경될 수 있다.

[146] 본 발명은 첨부된 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구 범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 입사면과 그 반대면을 가지는 렌즈;
 복굴절 물질로 구성되고, 상기 렌즈의 중심축 방향으로 상기 렌즈에 배치되어 초점의 개수를 증가시키기 위한 위상분포를 갖는 렌즈 파장판; 및
 복굴절 물질로 구성되고, 상기 렌즈의 중심축 방향으로 상기 렌즈에 배치되어 초점심도(depth of focus)를 확장시키기 위한 위상분포를 갖는 위상왜곡 파장판;을 포함하고,
 서로 이웃하는 렌즈 파장판들 또는 위상왜곡 파장판들 또는 렌즈 파장판과 위상왜곡 파장판 간 위상은 상호 보족 관계가 되도록 위상부호가 반대인 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
 상기 렌즈 파장판 또는 위상왜곡 파장판의 두께가 변하면 이에 따라 초점이 형성된 위치에서의 광세기가 변하는 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈.
- [청구항 3] 제 2 항에 있어서,
 어느 하나의 초점이 형성된 위치에서의 광세기가 0이 되도록 상기 렌즈 파장판 또는 위상왜곡 파장판의 두께가 조절되면 상기 초점의 개수가 변하는 것을 특징으로 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,
 상기 렌즈, 렌즈 파장판 및 위상왜곡 파장판에 의해 생성된 초점의 개수는 아래 수학식 1에 의해 연산되는 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈.
 < 수학식 1 >

$$N = 4 \times 2^{m-1} - 1$$
 여기서, N은 초점의 개수이고 m은 렌즈 파장판 개수임.
- [청구항 5] 제 1 항에 있어서,
 상기 렌즈, 렌즈 파장판 및 위상왜곡 파장판에 의해 생성된 초점의 위치는 상기 파장판의 개수에 따라 아래 수학식 2와 같이 연산되는 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈.
 < 수학식 2 >

$$\frac{1}{f_N} = \frac{1}{f_{FL}} + \frac{1}{f_{LW-1}} + \frac{1}{f_{LW-2}} + \dots + \frac{1}{f_{LW-n}}$$
 여기서, f_N 은 마지막 렌즈 파장판을 통과한 후의 초점 거리이고,
 f_{LW-n} 은 각 렌즈 파장판의 초점 거리임.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서,

상기 렌즈 파장판 또는 위상왜곡 파장판의 위상분포에서, 상기 렌즈의 중심에서 위상이 급변하는 지점들 사이의 위상구간(X)이 변하면 이에 따라 초점이 형성되는 위치가 변하는 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈.

- [청구항 7] 제 1 항에 있어서,
서로 이웃하는 렌즈 파장판들 또는 위상왜곡 파장판들 또는 렌즈 파장판과 위상왜곡 파장판 간 동일 위상구간(X)에서, 어느 하나의 파장판에서의 위상이 증가하면 다른 하나의 파장판에서의 위상은 감소하는 구간이 나타나는 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈.
- [청구항 8] 제 1 항에 있어서,
상기 위상왜곡 파장판의 위상분포에서, 렌즈의 중심에서 첫 번째 위상이 급변하는 지점 사이의 위상구간(X1)에서는 위상이 일정하게 형성되는 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈.
- [청구항 9] 제 1 항에 있어서,
상기 렌즈 파장판 또는 위상왜곡 파장판은 2개 이상 적층되어 배치되는 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈.
- [청구항 10] 제 1 항에 있어서,
상기 렌즈 파장판과 위상왜곡 파장판은 교대로 배치되는 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈.
- [청구항 11] 제 1 항에 있어서,
상기 렌즈 파장판 또는 위상왜곡 파장판은 곡면 형상을 갖는 상기 렌즈의 입사면 또는 그 반대면에 상기 곡면 형상과 대응되는 형상을 갖고 배치되는 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈.
- [청구항 12] 입사면과 그 반대면을 가지는 렌즈; 및
복굴절 물질로 구성되고, 초점의 개수를 증가시키는 렌즈 파장판과 상기 렌즈 파장판에 적층되어 초점심도(depth of focus)를 확장시키기 위한 위상분포를 갖는 위상왜곡 파장판으로 구성되며, 상기 렌즈의 중심축 방향으로 상기 렌즈에 배치되는 파장판층; 을 포함하고,
상기 파장판층에서 서로 이웃하는 렌즈 파장판들 또는 위상왜곡 파장판들 또는 렌즈 파장판과 위상왜곡 파장판 간 위상은 상호 보족 관계가 되도록 위상부호가 반대인 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈.
- [청구항 13] 제 1 항에 있어서,
상기 파장판층이 상기 렌즈의 입사면 및 그 반대면에 모두 배치되는 경우 상기 렌즈를 사이에 두고 각 파장판층에서 서로 마주보는 렌즈 파장판들 또는 위상왜곡 파장판들 또는 렌즈 파장판과 위상왜곡 파장판의 위상은

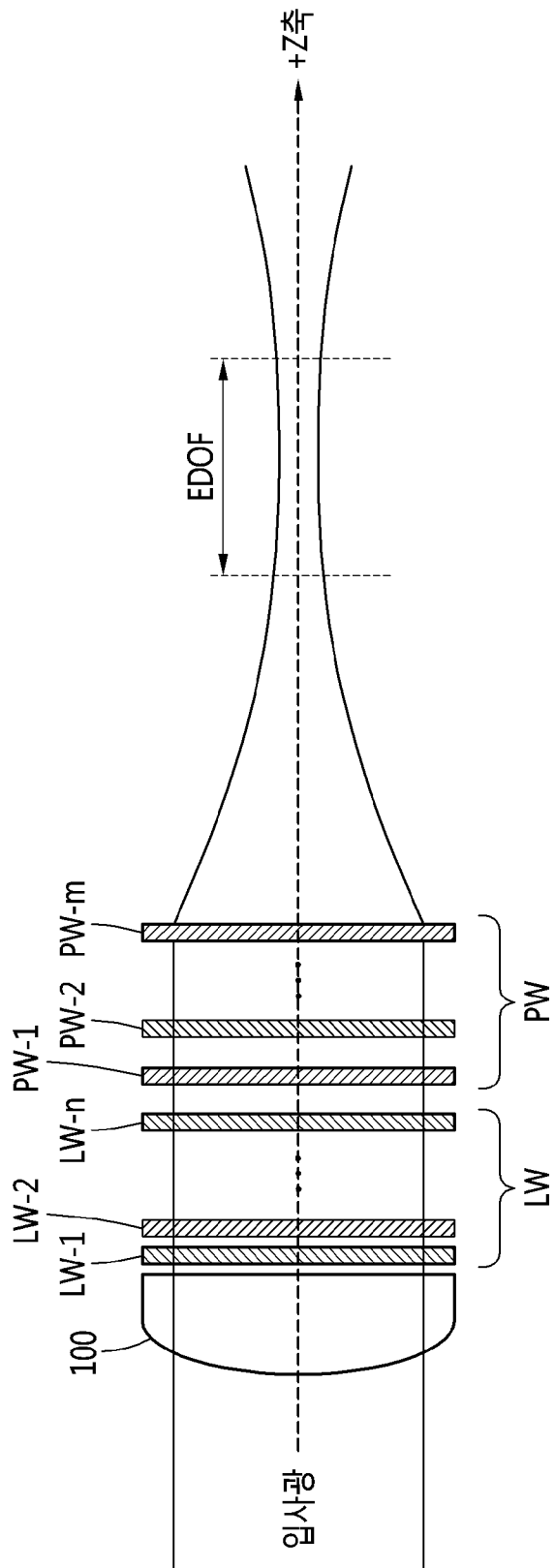
상호 보족 관계가 되도록 위상부호가 반대인 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈.

[청구항 14] 제 12 항에 있어서, 상기 렌즈는,
입사면은 곡면 형상이고 그 반대면은 평면 형상인 제1 렌즈; 및
상기 제1 렌즈와 마주보는 면은 평면 형상이고 그 반대면은 곡면 형상인 제2 렌즈; 를 포함하고,
상기 파장판층은 상기 제1 렌즈의 입사면, 상기 제1 및 제2 렌즈 사이 및
상기 제2 렌즈의 반대면 중 어느 하나 이상의 위치에 배치되는 것을
특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 초점심도 확장 렌즈.

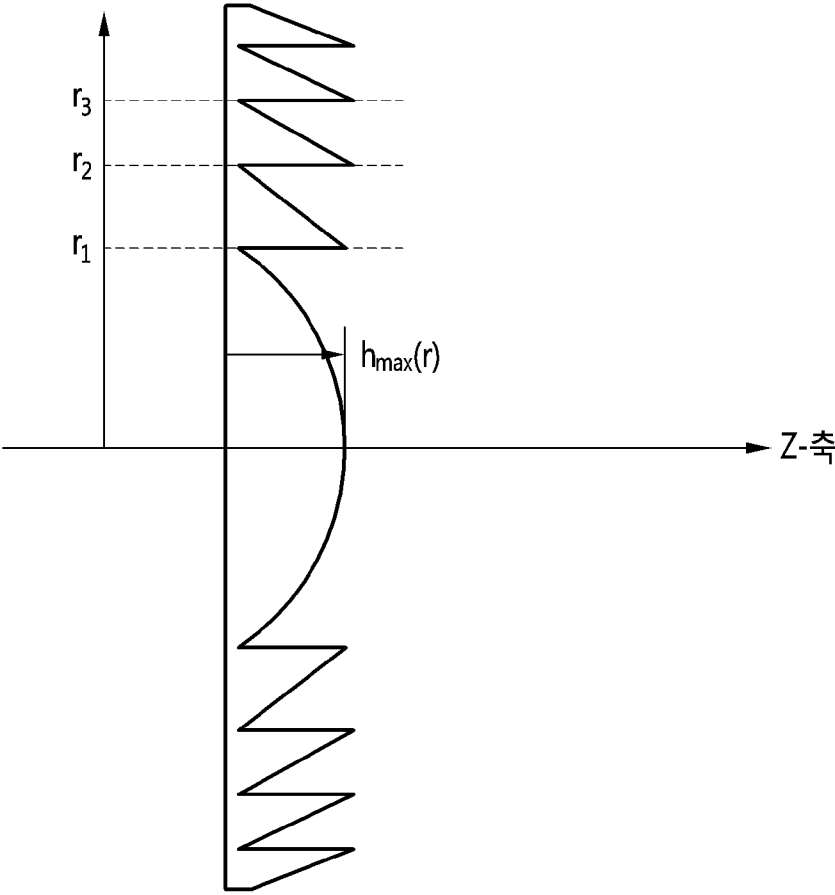
[청구항 15] 제 14 항에 있어서,
상기 파장판층 중 어느 1개 이상의 파장판층은 상기 제1 렌즈의 입사면에
배치되고, 나머지 1개 이상의 파장판층은 상기 제1 및 제2 렌즈의 사이
또는 제2 렌즈의 반대면에 배치되는 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을
가지는 초점심도 확장 렌즈.

[청구항 16] 제 14 항에 있어서,
상기 파장판층 중 어느 1개 이상의 파장판층은 상기 제1 및 제2 렌즈의
사이에 배치되고, 나머지 1개 이상의 파장판층은 상기 제2 렌즈의
반대면에 배치되는 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는
초점심도 확장 렌즈.

[도1]

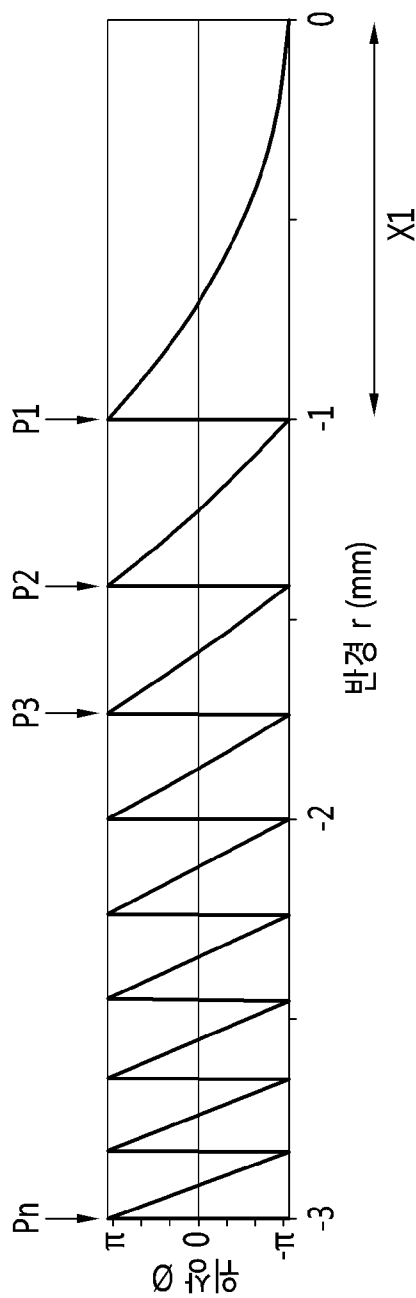


[도2]

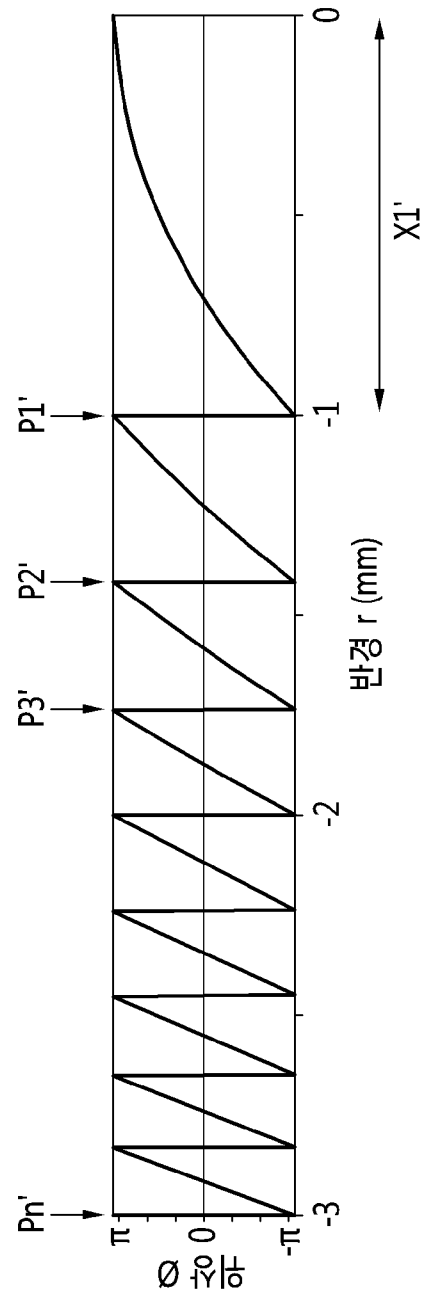


[도3]

(a) 홀수 번째 렌즈파장판(LW)의 위상분포

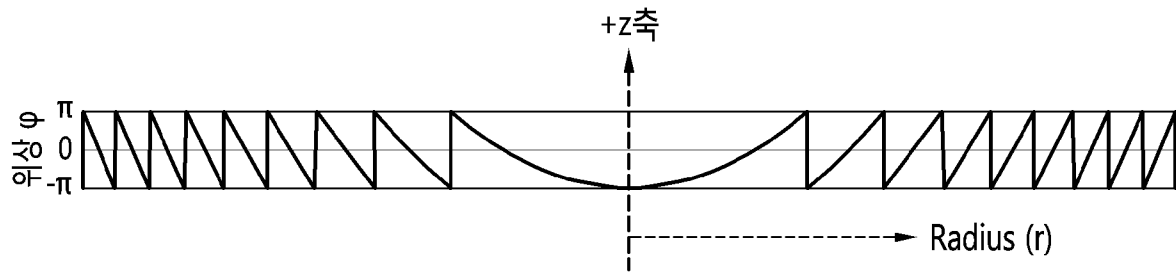


(b) 짝수 번째 렌즈파장판(LW)의 위상분포

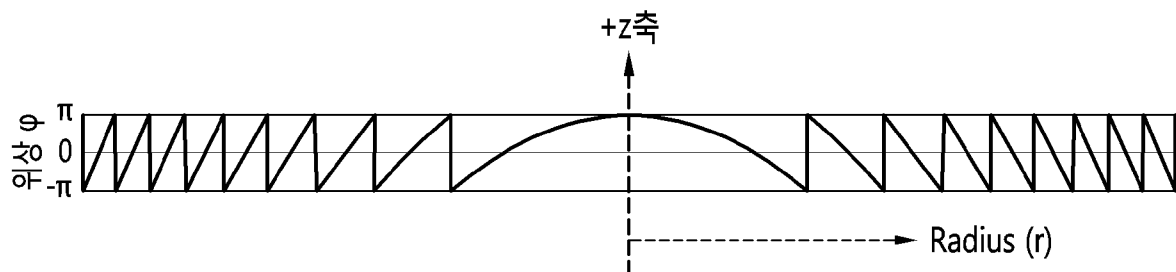


[도4]

(a) 홀수 번째 렌즈 파장판(LW)의 위상분포

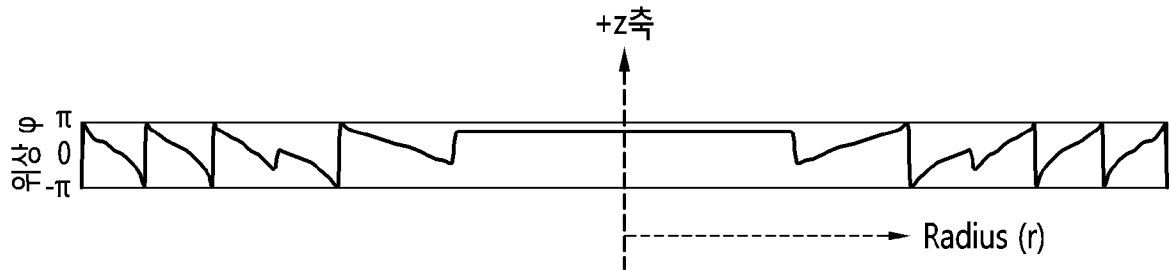


(b) 짝수 번째 렌즈 파장판(LW)의 위상분포

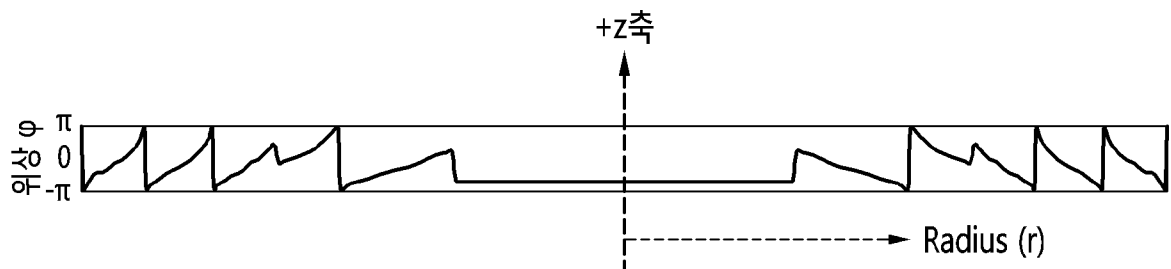


[도5]

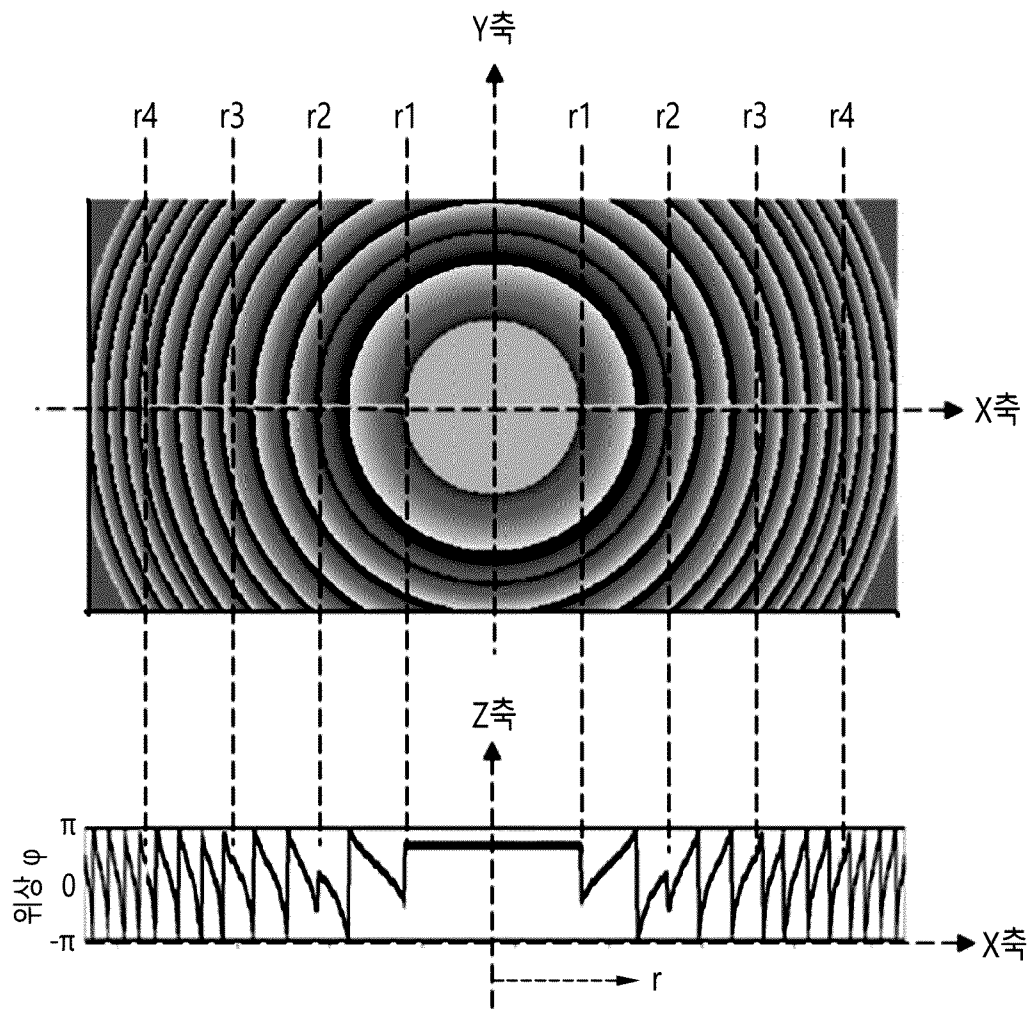
(a) 홀수 번째 위상왜곡 파장판(PW)의 위상분포



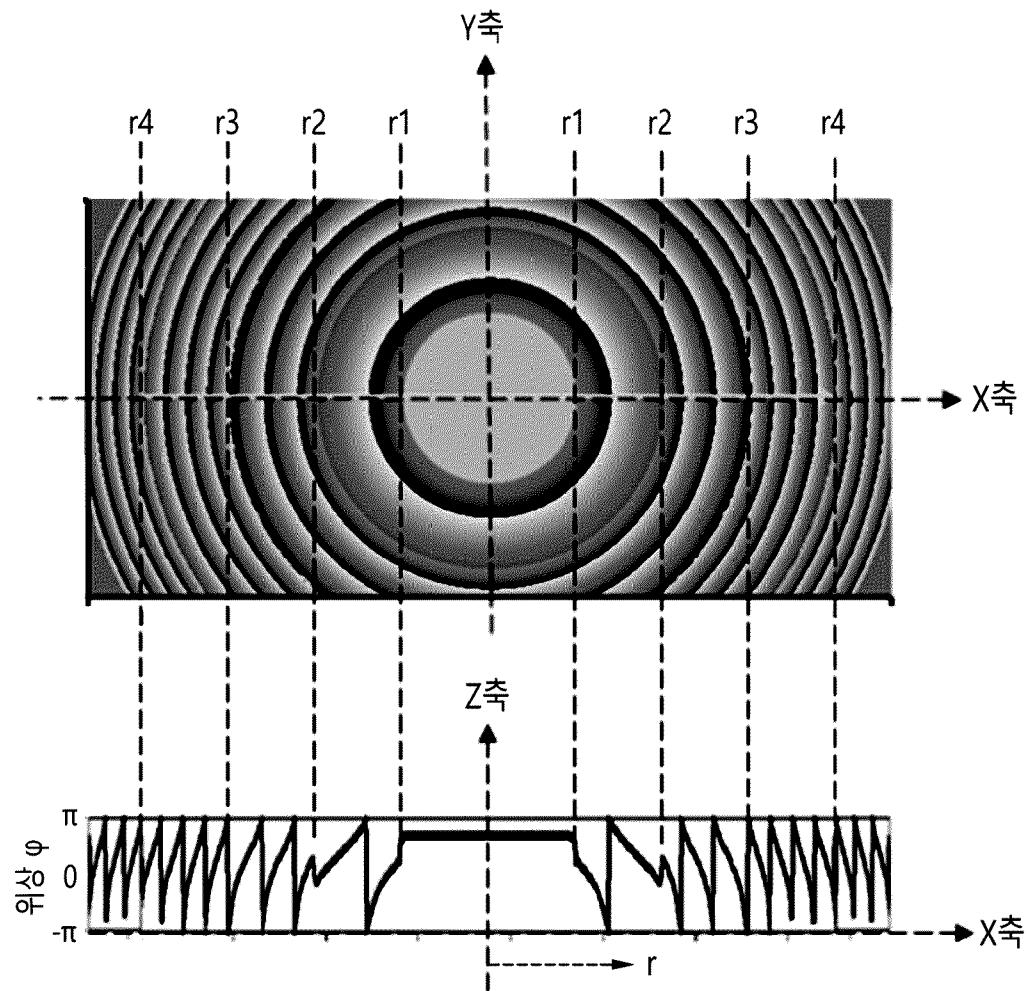
(b) 짝수 번째 위상왜곡 렌즈파장판(PW)의 위상분포



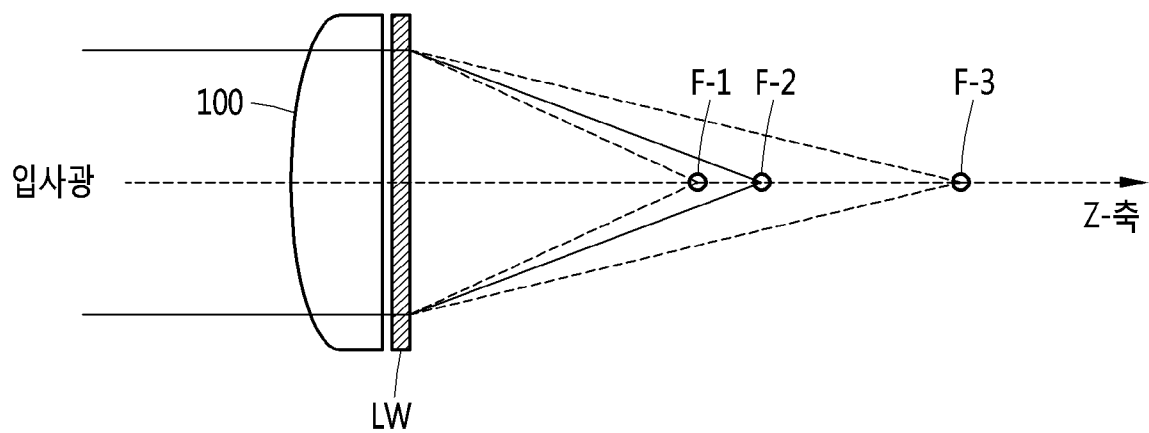
[도6]



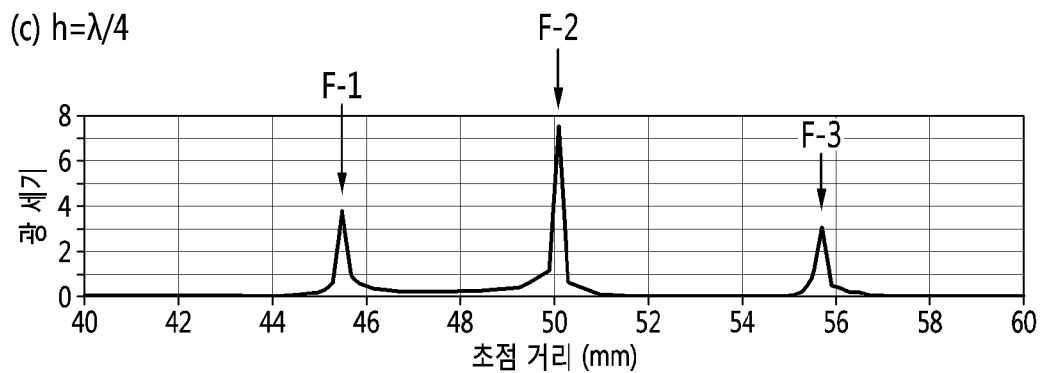
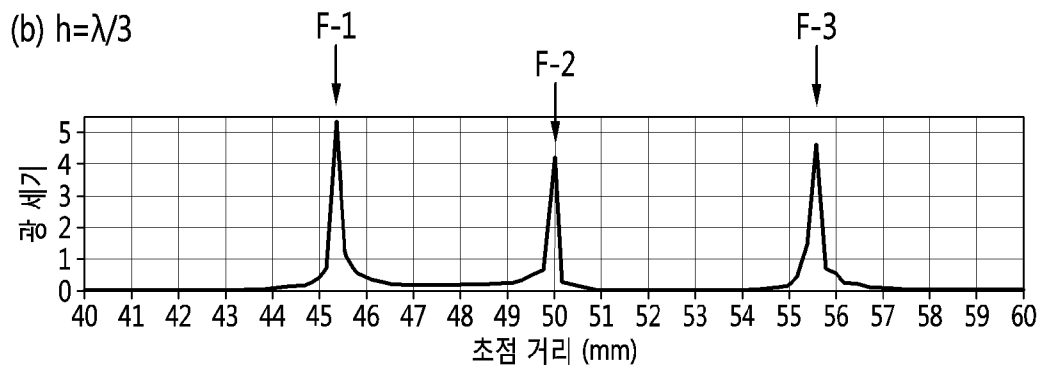
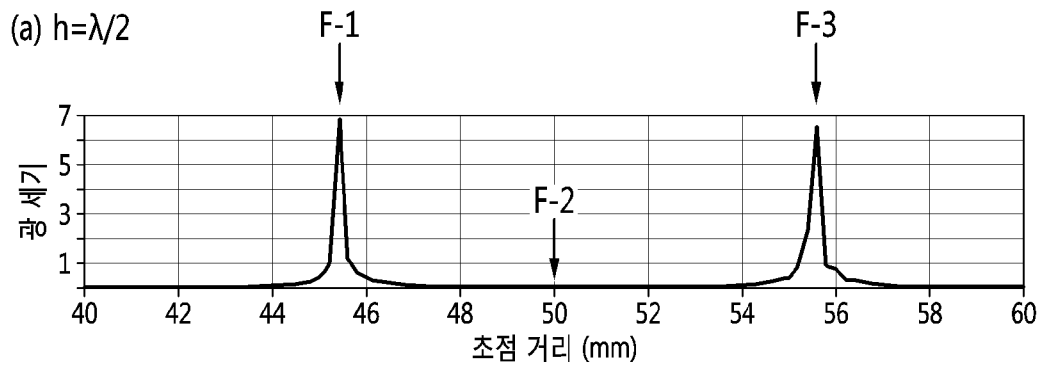
[도7]



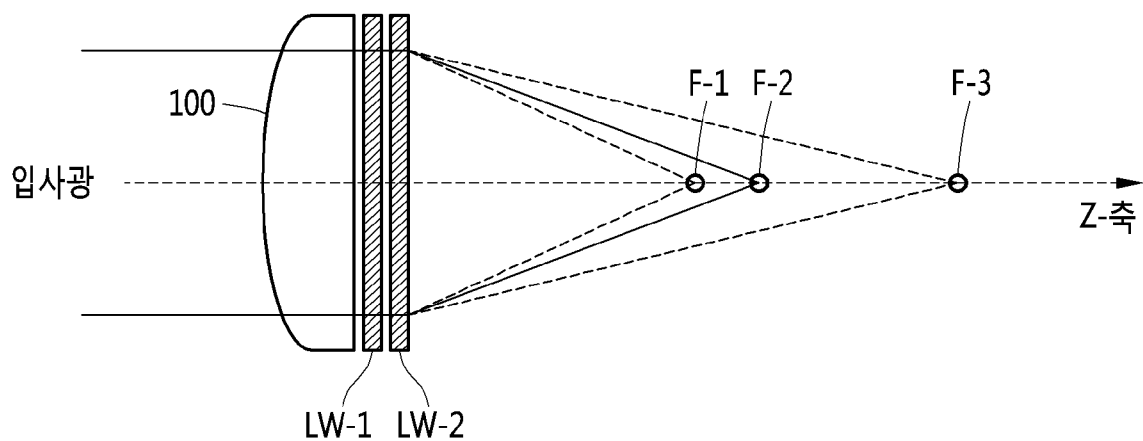
[도8]



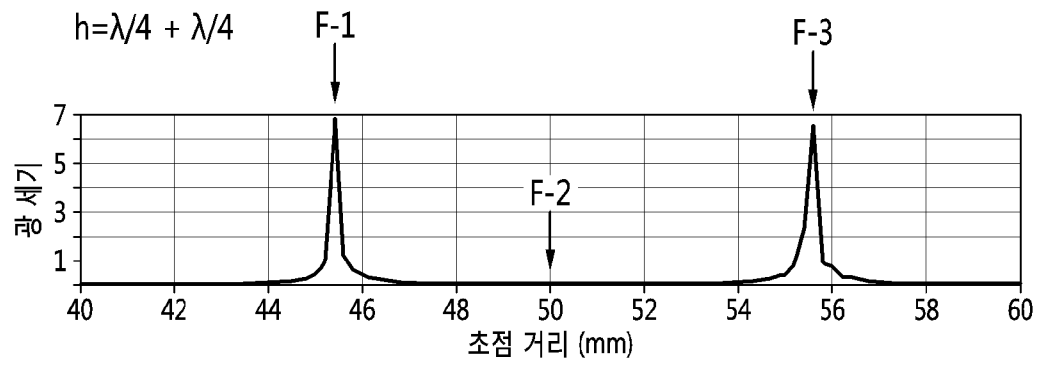
[도9]



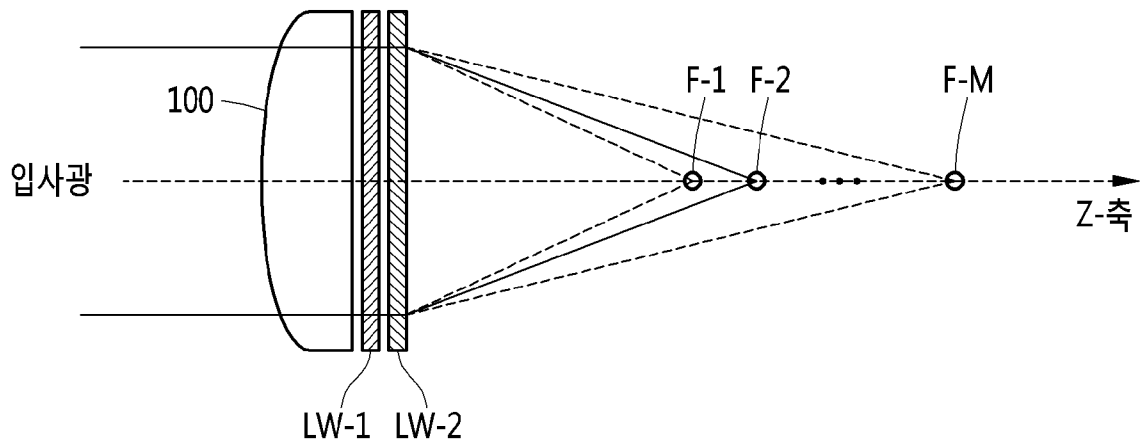
[도10]



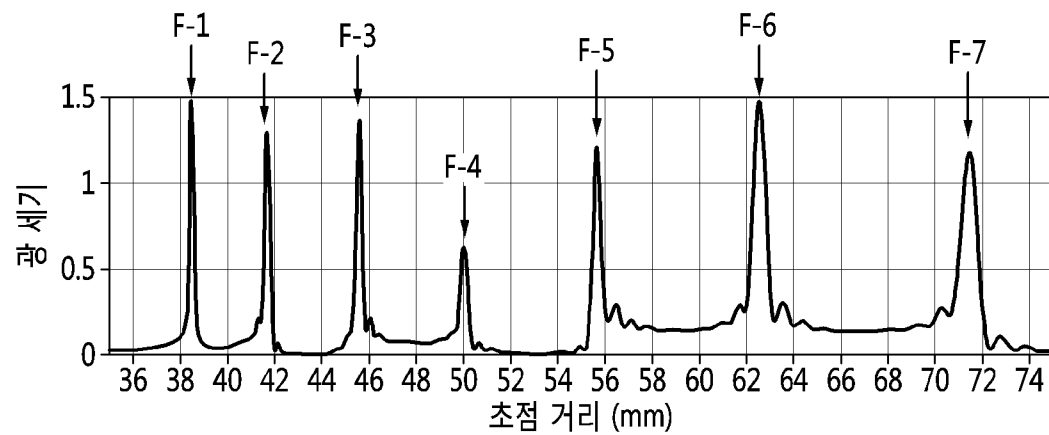
[도11]



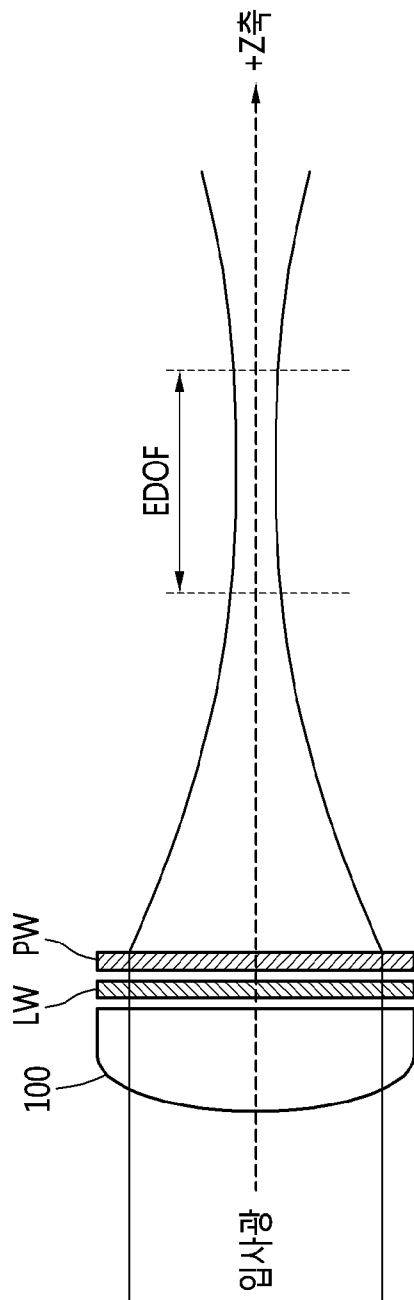
[도12]



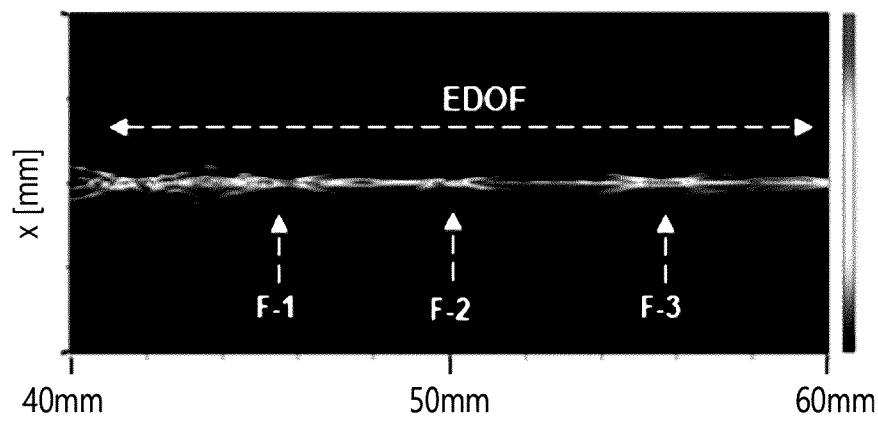
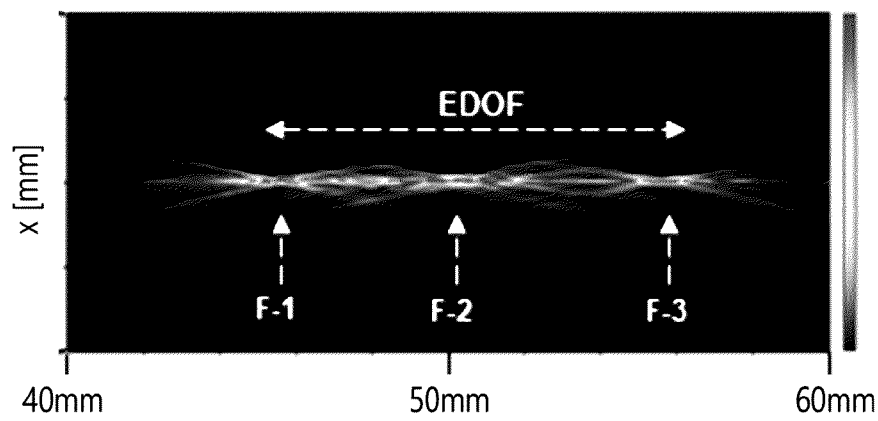
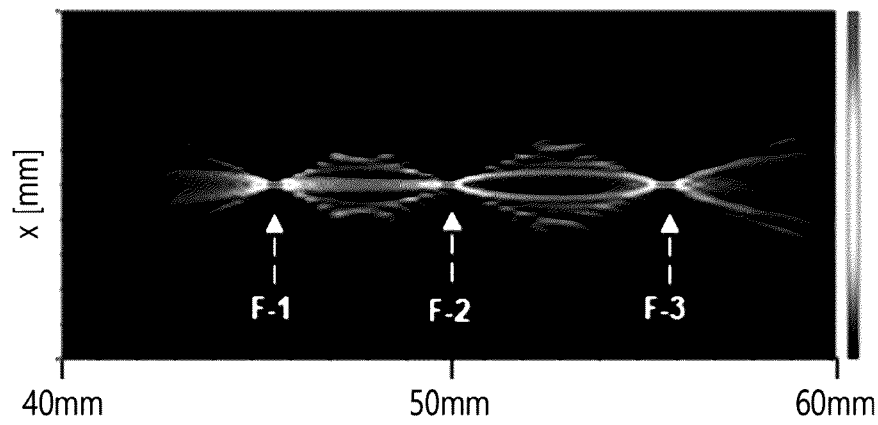
[도13]



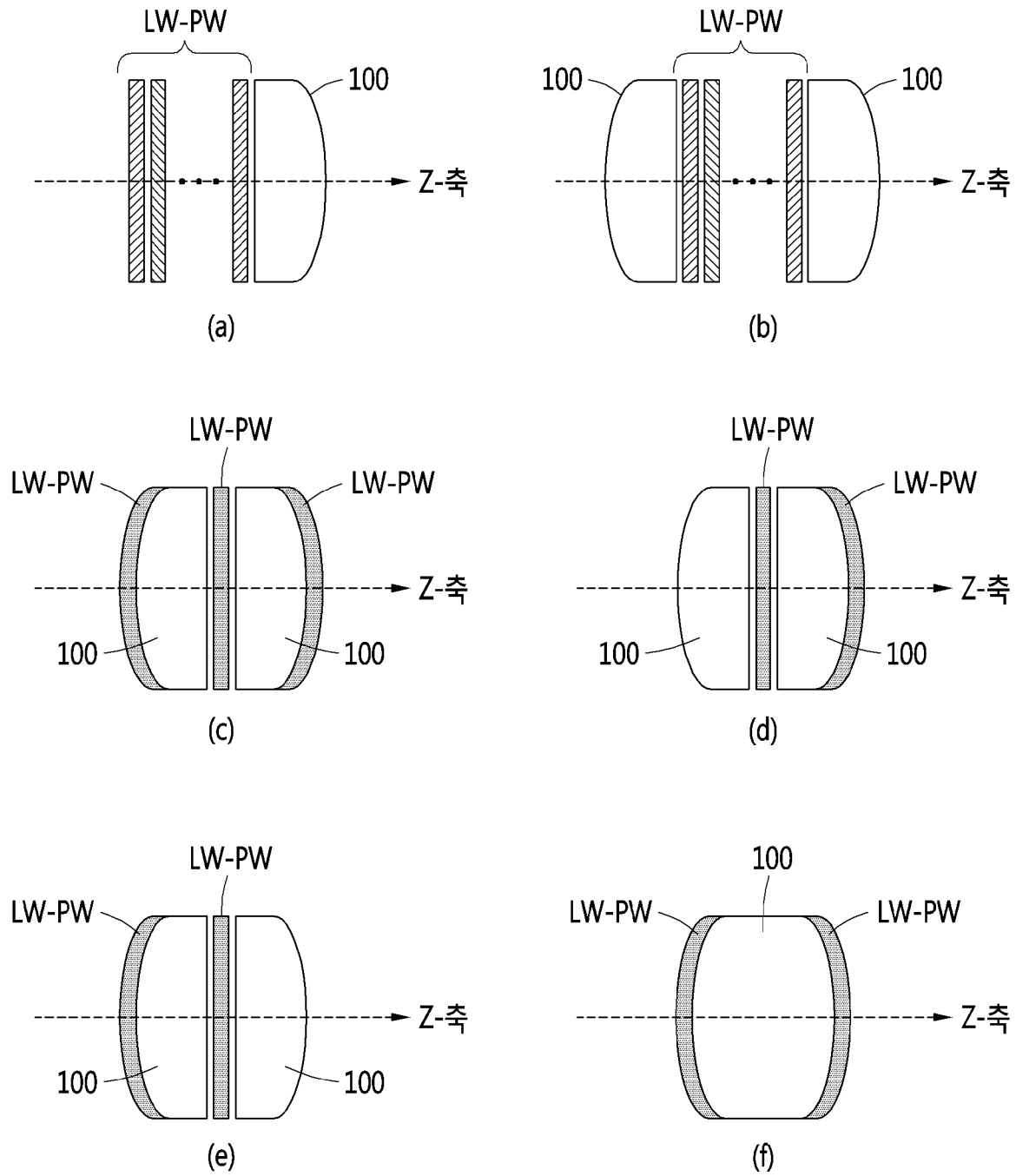
[도 14]



[도 15]



[도16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2022/003865

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G02C 7/04**(2006.01)i; **G02C 7/06**(2006.01)i; **G02B 21/36**(2006.01)i; **G02B 5/30**(2006.01)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)

G02C 7/04(2006.01); B23K 26/00(2006.01); B23K 26/06(2006.01); B29D 11/00(2006.01); B41J 2/44(2006.01);
G02B 26/10(2006.01); G02B 5/18(2006.01); G02B 6/00(2006.01); G02B 6/12(2006.01); G02B 7/04(2006.01);
G02B 7/06(2006.01)

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: 다초점(multifocal), 파장판(waveplate), 위상왜곡(phase distortion), 초점 심도(depth of focus)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 10191191 B2 (TABIRIAN et al.) 29 January 2019 (2019-01-29) See column 6, lines 19-40 and column 12, line 33 - column 13, line 18 and figures 12A-12D.	1-16
A	JP 2014-215568 A (KYOCERA DOCUMENT SOLUTIONS INC.) 17 November 2014 (2014-11-17) See paragraphs [0014]-[0018] and figures 3 and 4.	1-16
A	WO 2017-130111 A1 (GAP TECHNOLOGIJS, UAB) 03 August 2017 (2017-08-03) See page 20, line 23 - page 21, line 21 and figure 3.	1-16
A	US 2020-0025987 A1 (BEAM ENGINEERING FOR ADVANCED MEASUREMENTS CO. et al.) 23 January 2020 (2020-01-23) See paragraphs [0122]-[0126] and figures 4A and 4B.	1-16



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

30 June 2022

Date of mailing of the international search report

30 June 2022

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

International application No.

PCT/KR2022/003865

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 08-507158 A (PILKINGTON BARNES HIND, INC.) 30 July 1996 (1996-07-30) See claims 1-3.	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2022/003865

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	10191191	B2	29 January 2019	CA	2946693	A1	22 October 2015
				EP	3132307	A1	22 February 2017
				JP	2017-529128	A	05 October 2017
				US	10036886	B2	31 July 2018
				US	10120112	B2	06 November 2018
				US	10274650	B2	30 April 2019
				US	10557977	B1	11 February 2020
				US	2011-0188120	A1	04 August 2011
				US	2014-0285893	A1	25 September 2014
				US	2015-0276997	A1	01 October 2015
				US	2015-0301356	A1	22 October 2015
				US	2016-0033695	A1	04 February 2016
				US	2016-0047955	A1	18 February 2016
				US	2016-0047956	A1	18 February 2016
				US	2016-0209560	A1	21 July 2016
				US	2017-0139203	A1	18 May 2017
				US	2018-0039003	A9	08 February 2018
				US	2018-0120484	A9	03 May 2018
				US	2020-0025986	A1	23 January 2020
				US	2020-0150323	A1	14 May 2020
				US	2020-0150324	A1	14 May 2020
				US	9557456	B2	31 January 2017
				US	9715048	B2	25 July 2017
				US	9753193	B2	05 September 2017
				WO	2015-161084	A1	22 October 2015
JP	2014-215568	A	17 November 2014	JP	5955264	B2	20 July 2016
WO	2017-130111	A1	03 August 2017	US	10518358	B1	31 December 2019
				US	10744597	B1	18 August 2020
US	2020-0025987	A1	23 January 2020	US	10197715	B1	05 February 2019
				US	11119257	B2	14 September 2021
JP	08-507158	A	30 July 1996	EP	0681711	A1	15 November 1995
				US	5748282	A	05 May 1998
				WO	94-17435	A1	04 August 1994

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G02C 7/04(2006.01)i; G02C 7/06(2006.01)i; G02B 21/36(2006.01)i; G02B 5/30(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G02C 7/04(2006.01); B23K 26/00(2006.01); B23K 26/06(2006.01); B29D 11/00(2006.01); B41J 2/44(2006.01); G02B 26/10(2006.01); G02B 5/18(2006.01); G02B 6/00(2006.01); G02B 6/12(2006.01); G02B 7/04(2006.01); G02B 7/06(2006.01) 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: 다초점(multifocal), 파장판(waveplate), 위상왜곡(phase distortion), 초점 심도(depth of focus)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	US 10191191 B2 (TABIRIAN 등) 2019.01.29 컬럼 6, 라인 19-40, 컬럼 12, 라인 33 - 컬럼 13, 라인 18 및 도면 12A-12D	1-16
A	JP 2014-215568 A (KYOCERA DOCUMENT SOLUTIONS INC.) 2014.11.17 단락 [0014]-[0018] 및 도면 3, 4	1-16
A	WO 2017-130111 A1 (GAP TECHNOLOGIOS, UAB) 2017.08.03 페이지 20, 라인 23 - 페이지 21, 라인 21 및 도면 3	1-16
A	US 2020-0025987 A1 (BEAM ENGINEERING FOR ADVANCED MEASUREMENTS CO. 등) 2020.01.23 단락 [0122]-[0126] 및 도면 4A, 4B	1-16
A	JP 08-507158 A (PILKINGTON BARNES HIND, INC.) 1996.07.30 청구항 1-3	1-16
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 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 2022년06월30일(30.06.2022)		국제조사보고서 발송일 2022년06월30일(30.06.2022)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 박태욱 전화번호 +82-42-481-5560

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 10191191 B2	2019/01/29	CA 2946693 A1	2015/10/22
		EP 3132307 A1	2017/02/22
		JP 2017-529128 A	2017/10/05
		US 10036886 B2	2018/07/31
		US 10120112 B2	2018/11/06
		US 10274650 B2	2019/04/30
		US 10557977 B1	2020/02/11
		US 2011-0188120 A1	2011/08/04
		US 2014-0285893 A1	2014/09/25
		US 2015-0276997 A1	2015/10/01
		US 2015-0301356 A1	2015/10/22
		US 2016-0033695 A1	2016/02/04
		US 2016-0047955 A1	2016/02/18
		US 2016-0047956 A1	2016/02/18
		US 2016-0209560 A1	2016/07/21
		US 2017-0139203 A1	2017/05/18
		US 2018-0039003 A9	2018/02/08
		US 2018-0120484 A9	2018/05/03
		US 2020-0025986 A1	2020/01/23
		US 2020-0150323 A1	2020/05/14
		US 2020-0150324 A1	2020/05/14
		US 9557456 B2	2017/01/31
		US 9715048 B2	2017/07/25
		US 9753193 B2	2017/09/05
		WO 2015-161084 A1	2015/10/22
JP 2014-215568 A	2014/11/17	JP 5955264 B2	2016/07/20
WO 2017-130111 A1	2017/08/03	US 10518358 B1	2019/12/31
		US 10744597 B1	2020/08/18
US 2020-0025987 A1	2020/01/23	US 10197715 B1	2019/02/05
		US 11119257 B2	2021/09/14
JP 08-507158 A	1996/07/30	EP 0681711 A1	1995/11/15
		US 5748282 A	1998/05/05
		WO 94-17435 A1	1994/08/04