

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

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

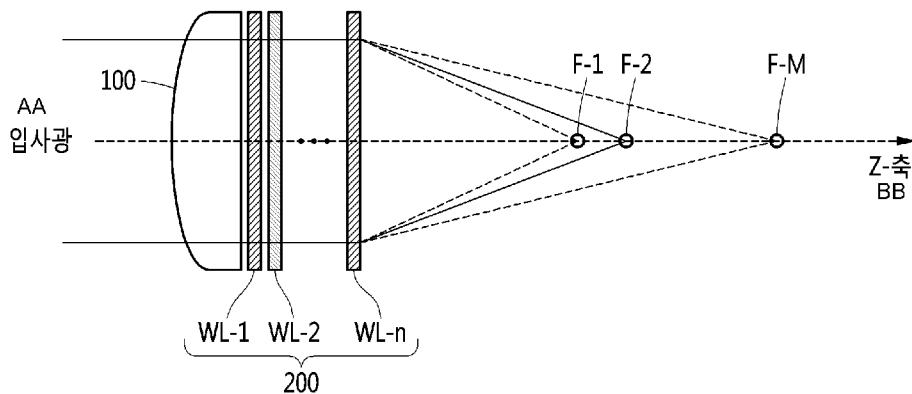


(10) 국제공개번호
WO 2022/211336 A1

- (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/KR2022/003862
- (22) 국제출원일: 2022년 3월 21일 (21.03.2022)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2021-0043099 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.
- (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,

(54) Title: MULTIFOCAL LENS HAVING MULTIPLE WAVEPLATES

(54) 발명의 명칭: 다수의 파장판을 가지는 다초점 렌즈



AA ... Incident light
BB ... Z-axis

(57) Abstract: The present invention relates to a multifocal lens having multiple waveplates, characterized by comprising: a lens having an incident surface and a surface opposite thereto; and two or more waveplates which are arranged in the same axial direction as the lens and are composed of a birefringent material, wherein phases of respective adjacent waveplates have opposite phase signs so as to be in a mutually complementary relationship, and the number of focal points is increased compared to when the number of the waveplates is less than two.

(57) 요약서: 본 발명은 다수의 파장판을 가지는 다초점 렌즈에 관한 것으로, 입사면과 그 반대면을 가지는 렌즈; 및 상기 렌즈와 동일 축 방향으로 2개 이상 배치되고, 복굴절 물질로 구성된 파장판;을 포함하고, 서로 이웃하는 각 파장판들의 위상은 상호 보족 관계가 되도록 위상부호가 반대이며, 상기 파장판이 2개 미만인 경우 보다 초점의 개수가 증가되는 것을 특징으로 한다.

[다음 쪽 계속]



WO 2022/211336 A1

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: 다수의 파장판을 가지는 다초점 렌즈

기술분야

- [1] 본 발명은 다수의 파장판을 가지는 다초점 렌즈에 관한 것으로, 보다 상세하게는 렌즈의 앞면 또는 뒷면에 2개 이상의 파장판을 배치시켜 2개 미만의 파장판을 갖는 렌즈 보다 초점의 개수를 증가시킬 수 있는 다수의 파장판을 가지는 다초점 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] 그러나, 상기 미국 등록특허 US 9,753,193에 따르면 전체적인 구조가 단일 박막 층으로 되어 있어, 위상분포 및 광학수차를 최소화하면서 2중 또는 3중 이상의 다초점을 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

- [7] 본 발명의 과제는 상호 보족 관계의 위상을 갖도록 다수개의 파장판을 렌즈에 배치시켜 종래 회절형 파장판 요소를 갖는 다초점 렌즈 보다 초점의 수를 증가시킬 수 있는 다수의 파장판을 가지는 다초점 렌즈를 제공하고자 한다.

과제 해결 수단

- [8] 상기의 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 다수의 파장판을 가지는 다초점 렌즈는, 입사면과 그 반대면을 가지는 렌즈; 및 상기 렌즈와 동일 축 방향으로 2개 이상 배치되고, 복굴절 물질로 구성된 파장판;을 포함하고, 서로 이웃하는 각 파장판들의 위상은 상호 보족 관계가 되도록 위상부호가 반대인 것을 특징으로 한다.
- [9] 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.
- [10] 일 실시예에 따르면, 상기 파장판 중 어느 1개 이상의 파장판의 두께가 변하면 이에 따라 초점이 형성된 위치에서의 광세기가 변하는 것을 특징으로 한다.
- [11] 또한, 일 실시예에 따르면, 어느 하나의 초점이 형성된 위치에서의 광세기가 0이 되도록 상기 파장판의 두께가 조절되면 상기 초점의 개수가 변하는 것을 특징으로 한다.
- [12] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 초점의 개수는 아래 수학식 1에 의해 연산되는 것을 특징으로 한다.
- [13] < 수학식 1 >
- [14]
$$N = 4 \times 2^{m-1} - 1$$
- [15] 여기서, N은 초점 개수이고 m은 파장판 개수이다.
- [16] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 초점의 위치는 아래 수학식 2를 파장판의 개수만큼 반복하여 연산되는 것을 특징으로 한다.
- [17] < 수학식 2 >
- [18]
$$\frac{1}{f_N} = \frac{1}{f_{FL}} + \frac{1}{f_{WL-1}} + \frac{1}{f_{WL-2}} + \dots + \frac{1}{f_{WL-N}}$$
- [19] 여기서, f_N 은 마지막 파장판을 통과한 후의 초점 거리이고, f_{WL-N} 은 파장판의 초점 거리임.
- [20] 한편, 일 실시예에 따르면, 상기 파장판의 위상분포에서 위상이 급변하는 지점들 사이의 위상구간(X)의 길이가 변하면 이에 따라 초점이 형성되는 위치가 변하는 것을 특징으로 한다.
- [21] 여기서, 서로 이웃하는 제1 및 제2 파장판 간 동일 위상구간(X)에서, 상기 제1 파장판에서의 위상이 증가하면 상기 제2 파장판에서의 위상은 감소하는 것을

특징으로 한다.

- [22] 한편, 일 실시예에 따르면, 상기 초점은 상기 렌즈의 직경 방향으로 더 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [23] 한편, 일 실시예에 따르면, 상기 파장판은 상기 렌즈의 입사면 또는 그 반대면에 2개 이상 적층되어 배치되는 것을 특징으로 한다.
- [24] 다른 실시예에 따르면, 상기 파장판 중 어느 1개 이상의 파장판은 상기 렌즈의 입사면에 배치되고, 나머지 1개 이상의 파장판은 상기 렌즈의 반대면에 배치되는 것을 특징으로 한다.
- [25] 여기서, 상기 파장판 중 어느 1개 이상의 파장판은 곡면 형상을 갖는 상기 렌즈의 입사면 또는 그 반대면에 상기 곡면 형상과 대응되는 형상을 갖고 배치되는 것을 특징으로 한다.
- [26] 또 다른 실시예에 따르면 상기 파장판 중 어느 1개 이상의 파장판은 평면 형상을 갖는 상기 렌즈의 입사면 또는 그 반대면에 상기 평면 형상과 대응되는 형상을 갖고 배치되는 것을 특징으로 한다.
- [27] 일 실시예에 따르면, 상기 파장판 중 어느 1개 이상의 파장판은 제1 곡면 형상을 갖는 상기 렌즈의 입사면에 상기 제1 곡면 형상과 대응되는 형상을 갖고 배치되고 나머지 1개 이상의 파장판은 제2 곡면 형상을 갖는 상기 렌즈의 반대면에 상기 제2 곡면 형상과 대응되는 형상을 갖고 배치되는 것을 특징으로 한다.
- [28] 한편, 다른 실시예에 따르면, 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 파장판은 상기 제1 렌즈의 입사면, 상기 제1 및 제2 렌즈 사이 및 상기 제2 렌즈의 반대면 중 어느 하나 이상의 위치에 배치되는 것을 특징으로 한다.
- [29] 여기서, 상기 파장판 중 어느 1개 이상의 파장판은 상기 제1 렌즈의 입사면에 배치되고, 나머지 1개 이상의 파장판은 상기 제1 및 제2 렌즈의 사이 또는 제2 렌즈의 반대면에 배치되는 것을 특징으로 한다.
- [30] 또한, 다른 실시예에 따르면, 상기 파장판 중 어느 1개 이상의 파장판은 상기 제1 및 제2 렌즈의 사이에 배치되고, 나머지 1개 이상의 파장판은 상기 제2 렌즈의 반대면에 배치되는 것을 특징으로 한다.
- [31] 또한, 또 다른 실시예에 따르면, 상기 파장판 중 어느 2개 이상의 파장판은 상기 제1 렌즈의 입사면, 상기 제1 및 제2 렌즈의 사이 또는 제2 렌즈의 반대면에 적층되어 배치되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [32] 본 발명에 따르면, 파장판의 개수에 비례하여 초점의 개수가 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 다초점 렌즈의 전체 구성을 도시한 도면.
- [37] 도 2는 종래 회절렌즈의 단면을 도시한 도면.
- [38] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 파장판의 위상분포를 도시한 도면.
- [39] 도 4는 렌즈에 1개의 파장판이 배치된 상태를 도시한 도면.
- [40] 도 5는 도 4에서 파장판의 두께 변화에 따른 초점들의 위치 및 광세기 분포를 나타낸 도면.
- [41] 도 6은 렌즈에 상호 보족 관계가 아닌 2개의 파장판이 적층되어 배치된 상태를 도시한 도면.
- [42] 도 7은 도 6에서 파장판의 각 두께가 $\lambda/4$ 인 경우 초점들의 위치 및 광세기 분포를 나타낸 도면.
- [43] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 렌즈에 상호 보족 관계인 2개의 파장판이 적층되어 배치된 상태를 도시한 도면.
- [44] 도 9는 도 8에서 파장판의 각 두께가 $\lambda/4$ 인 경우 초점들의 위치 및 광세기 분포를 나타낸 도면.
- [45] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 입사광이 파장판 층(layer)을 지난 후 형성된 초점의 수를 나타낸 도면.
- [46] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따라 렌즈에 상호 보족 관계인 2개의 파장판이 적층되어 배치된 경우 공간 상에 형성된 초점을 나타낸 도면.
- [47] 도 12는 본 발명의 파장판이 렌즈에 배치되는 다양한 실시예들을 도시한 도면.

발명의 실시를 위한 형태

- [48] 이하 첨부된 도면을 참조하여, 바람직한 실시예에 따른 다수의 파장판을 가지는 다초점 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.

- [49] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다수의 파장판을 가지는 다초점 렌즈의 전체 구성을 도시한 도면이고, 도 2는 종래 회절렌즈의 단면을 도시한 도면이며, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 파장판의 위상분포를 도시한 도면이다.
- [50] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 다수의 파장판을 가지는 다초점 렌즈에는 파장판(200)이 배치된다. 여기서 렌즈(100)는 굴절렌즈로서 빛이 입사되는 입사면과 그 반대면을 가진다. 입사광의 진행 방향은 렌즈(100)의 중심축(z축) 방향이다.
- [51] 본 발명의 일 실시예에 따르면 2개 이상의 파장판(200)이 렌즈(100)의 중심축(z축)과 동일 방향으로 렌즈(100)에 배치된다. 본 명세서에서 '배치'라는 용어는 2개 이상의 파장판(200)이 순서대로 적층되어 배치되는 경우 뿐만 아니라 렌즈(100)를 사이에 두고 떨어져서 렌즈(100)에 배치되는 경우를 포함한다. 배치된 파장판(200)은 렌즈(100)에 또는 파장판(200) 간에 서로 부착될 수 있다. 2개 이상의 파장판(200)이 렌즈(100)에 배치되는 다른 실시예에 대해서는 후술하기로 한다.
- [52] 파장판(200)은 빛의 편광상태를 바꿔주는 광학 소자로서, 복굴절 물질로 구성된 렌즈(waveplate lens: WL)이다. 파장판(200)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 45도 각도로 통과했을 때 원편광이 빔이 나온다. HWP 및 QWP를 통과한 선편광 또는 원편광 빔의 편광 변환 기술은 공지된 기술로서 본 명세서에서 자세한 설명은 생략한다.
- [53] 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.
- [54] < 수학식 1 >
- [55]
- $$\Phi(r) = 2\pi \times \left\{ j - \frac{r_j^2}{(2\lambda F)} \right\}$$
- [56] 여기서, r_j 는 회절렌즈의 중심을 기준으로 j번째 반경을 나타내고, λ 는 입사광의 파장 길이, F는 회절렌즈의 중심 초점거리를 의미한다.
- [57] 또한, 상기 수학식 1과 같은 위상분포는 회절렌즈로부터 멀어질수록 아래 수학식 2와 같이 초점이 여러 개 형성된다.
- [58] < 수학식 2 >

[59]

$$F_m = \frac{F}{m}$$

[60] 여기서, m은 회절렌즈의 회절차수이다.

[61] 한편, 본 발명에 따른 파장판(200)은 상술한 프레넬 렌즈의 형상과 달리, 환형으로 형성되고, 파장판(200) 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.

[62] 본 발명의 일 실시예에 따른 파장판(200)은 투명한 재질로서, 액정(liquid crystal) 또는 보다 일반적으로는 반응성 메조젠(Reactive Mesogen) 등과 같은 이방성 물질(anisotropic material)로 구성될 수 있다. 파장판(200)의 두께는 입사광의 파장 보다 작거나 입사광의 파장과 같거나 입사광의 파장 보다 클 수 있다.

[63] 본 발명의 일 실시예에 따른 파장판(200)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, 파장판(200)은 그 국소적인 위치에 광축 회전을 제어하기 위한 패턴을 형성하여 제작된다. 여기서 파장판(200)을 이루는 이방성 물질의 광축 회전을 패턴닝하기 위한 방식으로, 파장판(200)의 표면에 기계적인 방법으로 미세한 골을 형성하는 Rubbing 방식과 입사하는 광의 편광에 따라 일정한 방향으로 배열하는 광배향(Photo-alignment) 방식 등이 있다.

[64] 도 1에는 파장판(200)이 렌즈(100)의 반대면에 적층되어 있는 예가 도시되어 있다. 구체적으로, 렌즈(100)의 반대면에 제1 파장판(WL-1)부터 제n 파장판(WL-n)이 순서대로 적층되어 있는데, 홀수 번째 파장판(예를 들어, 제1 파장판)과 짝수 번째 파장판(예를 들어 제2 파장판)이 서로 이웃하도록 배치된다. 입사광이 본 발명의 마지막 파장판을 투과하면 m개의 초점(F-1, F-2, ... F-m)이 형성된다.

[65] 본 발명의 파장판(200)의 위상분포를 살펴본다. 도 3에는, 파장판(200)에 입사하는 투과 파면에 있어서, 광축 중심(r=0인 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.

[66] 도 3의 (a) 그래프는 홀수 번째 파장판에서 나타난 위상분포이고, (b) 그래프는 짝수 번째 파장판에서 나타난 위상분포이다. 위상분포를 살펴보면, 반경의 증가에 따라 위상이 급변(+ π 에서 - π 로 변하거나 - π 에서 + π 로 변함)하는 지점이

나타난다. 도 3에서 홀수 번째 파장판의 위상분포에서 위상이 급변하는 지점은 P_1 내지 P_n 으로 나타나고, 짝수 번째 파장판의 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.

- [67] 다시 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 위상분포를 보면, 동일한 위상 구간(X)에서 반경 중심에서 멀어질 수록 홀수 번째 파장판에서의 위상은 증가하는 반면 짝수 번째 파장판에서의 위상은 감소한다. 즉, 홀수 번째 파장판의 위상부호($+\Phi$)와 짝수 번째 파장판의 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.
- [68] 여기서, X 구간의 간격이 달라지도록 파장판(200)이 제조되면 초점이 형성되는 위치가 조절될 수 있다. 구체적으로, 도 3 및 상기 수학식 1을 참조하면, 어느 하나의 파장판(200)이 제조되면 $-\pi \sim +\pi$ 범위 내의 위상 값과 위상 위치(P_n 또는 r_j)가 결정되는데, X 구간의 간격이 달라지도록 파장판(200)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.
- [69] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 동일한 위상 구간(X)에서 홀수 번째 렌즈 파장판(LW)에서의 위상은 감소하고, 짝수 번째 렌즈 파장판(LW)에서의 위상은 증가할 수 있다.
- [70] 이하, 본 발명에 따른 다수의 파장판을 가지는 다초점 렌즈가 가진 효과를 알아보기 위해 파장판(200)이 1개가 배치된 경우 및 위상분포가 상호 보족 관계가 아닌 파장판(200)이 이웃하여 배치된 경우를 본 발명에 따른 다수의 파장판을 가지는 다초점렌즈와 비교하여 설명한다.
- [71] 도 4는 렌즈에 1개의 파장판이 배치된 상태를 도시한 도면이고, 도 5는 도 4에서 파장판의 두께 변화에 따른 초점들의 위치 및 광세기 분포를 나타낸 도면이다.
- [72] 도 4 및 도 5를 참조하면, 렌즈(100)에 파장판(200)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 파장판(200)이 단일 층으로 배치된 다중 초점 렌즈의 경우 총 초점의 수는 최대 3개로 한정된다. 한편, 파장판(200)의 두께가 변하면 초점 위치에서의 광세기가 변함을 알 수 있다.
- [73] 도 6은 렌즈에 상호 보족 관계가 아닌 2개의 파장판이 적층되어 배치된 상태를

도시한 도면이고, 도 7은 도 6에서 파장판의 각 두께가 $\lambda/4$ 인 경우 초점들의 위치 및 광세기 분포를 나타낸 도면이다.

[74] 도 6 및 도 7을 참조하면, 렌즈(100)에 제1 파장판(WL-1) 및 제2 파장판(WL-2)이 적층되어 배치된다. 여기서, 제1 파장판(WL-1)과 제2 파장판(WL-2)은 이웃하여 배치되나 각 파장판의 위상분포는 상호 보족 관계가 아니다. 그리고 각 파장판의 두께가 $\lambda/4$ 인 경우 전체 총 두께는 $\lambda/2$ 이다. 이는 파장판의 두께가 $\lambda/2$ 인 경우로서, 총 초점의 수는 최대 3개로 한정된다(도 5의 (b) 참조).

[75] 상호 보족 관계가 아닌 다수개의 파장판(200)이 렌즈(100)에 배치된 경우 최대 초점의 수는 아래 수학식 3과 같이 구할 수 있다.

[76] < 수학식 3 >

$$[77] \quad N = 2m + 1$$

[78] 여기서, N은 초점 개수이고 m은 파장판 개수이다.

[79] 또한, 상기 수학식 3은 렌즈(100)에 1개의 파장판이 배치된 경우에도 적용될 수 있다.

[80] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 렌즈에 상호 보족 관계인 2개의 파장판이 적층되어 배치된 상태를 도시한 도면이고, 도 9는 도 8에서 파장판의 각 두께가 $\lambda/4$ 인 경우 초점들의 위치 및 광세기 분포를 나타낸 도면이다.

[81] 도 8 및 도 9를 참조하면, 렌즈(100)에 제1 파장판(WL-1) 및 제2 파장판(WL-2)이 적층되어 배치된다. 여기서, 제1 파장판(WL-1)과 제2 파장판(WL-2)은 이웃하여 배치되고, 각 파장판의 위상분포는 상호 보족 관계이다. 그리고 각 파장판의 두께가 $\lambda/4$ 인 경우 전체 총 두께는 $\lambda/2$ 이다. 이러한 다초점 렌즈에 의해 형성된 초점의 수는 최대 7개이다.

[82] 이와 같이, 렌즈(100)에 상호 보족 관계인 파장판(200)이 다수 배치되면 최대 초점의 수가 증가하는 효과가 발생한다.

[83] 한편, 상술한 바와 같이, 제1 파장판(WL-1)과 제2 파장판(WL-2)이 상호 보족 관계인 경우 위상의 크기는 다를 수 있다. 여기서, 위상의 크기가 다르면 초점의 수는 변화 없이 광세기의 값이 달라질 수 있다.

[84] 상호 보족 관계인 다수개의 파장판(200)이 렌즈(100)에 배치된 경우 최대 초점의 수는 아래 수학식 4와 같이 구할 수 있다.

[85] < 수학식 4 >

$$[86] \quad N = 4 \times 2^{m-1} - 1$$

[87] 여기서, N은 초점 개수이고 m은 파장판 개수이다.

[88] 상기 수학식 4에 의해 연산된 값은 최대 초점의 수로서 파장판의 두께를 조절하면, 즉 각 초점 위치에서의 광세기를 조절하면 최대 초점의 수를 한도로 초점의 개수를 조절하는 것이 가능하다. 예를 들어, 본 발명의 다초점 렌즈에 따라 초점이 7개 형성된 경우, 적어도 어느 하나의 파장판의 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.

[89] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 입사광이 파장판 층(layer)을 지난 후 맺힌 초점의 수를 나타낸 도면이다.

[90] 도 10에 도시된 바와 같이, 파장판의 층수에 따라 맺힌 초점의 수는 상기 수학식 5에 의해 연산된 값이다.

[91] 한편, 초점 위치에서의 광세기를 예측하는 방법은 아래와 같다. 구체적으로, 파장판(200)에 우원편광 또는 좌원편광을 입사할 경우 반대 방향의 편광으로 변환하는 효율은 아래 수학식 5와 같이 구할 수 있다.

[92] < 수학식 5 >

[93]

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

[94] 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.

[95] 선형편광인 입사광은 우원편광과 좌원편광이 같은 비율을 가진다. 선형편광이 파장판(200)에 입사되면 입사광에 포함된 원편광의 방향이 변한다. 예를 들어, 선형 편광에 포함된 우원편광이 좌원편광으로 변하는 것이다. 즉, 선형편광이 파장판(200)을 지나가면서 좌원편광과 우원편광이 서로 반대되는 부호를 가지면서 기하학적 위상 지연을 경험한다. 이때, 파장판(200)을 지나가면서 변환되지 않은 나머지 광은 기하학적 위상 지연의 영향을 받지 않고 선형편광으로 파장판(200)을 통과하게 된다. 상기 수학식 5는 편광되지 않고 파장판(200)을 통과한 효율(편광 변환 효율이라 함)로서, 각 초점이 형성된 위치에서의 광세기는 편광 변환 효율에 영향을 받는다. 여기서, 편광 변환 효율은 파장판(200)의 두께에 의해서 변함을 알 수 있다.

[96] 다수의 파장판(200)이 배치된 경우에도 상기 수학식 5를 이용하여 각 초점이 형성된 위치에서의 광세기도 충분히 예측할 수 있다.

[97] 한편, 렌즈(100)에 파장판(200)이 배치된 경우 초점 위치를 결정하는 방법은 아래와 같다. 설명을 위해 도 4 및 도 5를 다시 참조한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 파장판(200)이 1개인 경우 초점의 수는 상기 수학식 3(또는 수학식 4)에 따라 3개(F-1, F-2, F-3)이다. 한편, 파장판(200)의 두께가 반파장 위상 지연이 되는 두께라면 선형편광이 발생되지 않기 때문에 초점은 두 개이다(도 5의 (a) 참조).

[98] 각 초점 위치는 아래 수학식 6과 같이 구할 수 있다.

[99] < 수학식 6 >

[100]
$$\frac{1}{f_{1,2,3}} = \frac{1}{f_{FL}} + \frac{1}{f_{WL-1}}$$

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

[102] 파장판(200)의 초점 거리(f_{WL-1})와 관련하여, 상술한 바에 따르면 입사광이 원편광인 경우 파장판(200)을 통과하면 위상 지연을 겪으면서 부호가 바뀐다. 따라서, 우원편광에 의한 초점 거리가 $+f_{WL-1}$ 라면 좌원편광에 의한 초점 거리는 $-f_{WL-1}$ 이다. 좌원편광과 우원편광이 파장판(200)을 통과하는 경우 서로 반대 부호를 가진 원편광으로 변환되므로 이는 파장판(200)이 어느 하나의 원편광에 대해서는 볼록렌즈처럼 기능하고 다른 하나의 원편광에 대해서는 오목렌즈처럼 기능한다. 한편, 입사광이 선형편광이라면 초점 거리는 무한대이다.

[103] 상기 수학적식 6은 1개의 파장판(200)에 의한 3개의 초점 거리를 구하는 공식이다. 그러나, 다수의 파장판(200)이 배치된 경우에 파장판(200)의 개수만큼 수학적식 6을 반복하면 파장판(200)에 의해 형성된 각 초점 거리를 계산할 수 있다. 구체적으로, 도 4의 상태에서 파장판(WL-2)이 1개 더 늘어나면 수학적식 6의 우변에 $\frac{1}{f_{WL-2}}$ 를 더 합하여 각 초점 거리를 구할 수 있다. 이때, 증가되는

초점의 개수는 상기 수학적식 4에 의해 구할 수 있다. 이를 일반화하면 아래 수학적식 7과 같다.

[104] < 수학적식 7 >

[105]
$$\frac{1}{f_N} = \frac{1}{f_{FL}} + \frac{1}{f_{WL-1}} + \frac{1}{f_{WL-2}} + \dots + \frac{1}{f_{WL-N}}$$

[106] 여기서, f_N 은 마지막 파장판을 통과한 후의 초점 거리이고, f_{WL-N} 은 각 파장판의 초점 거리이다.

[107] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따라 렌즈에 상호 보축 관계인 2개의 파장판이 적층되어 배치된 경우 공간 상에 형성된 초점을 나타낸 도면이다.

[108] 도 11은 마지막 파장판(제2 파장판)으로부터 Z-축 방향으로 멀어지면서 렌즈(100)의 직경 거리를 따라 공간적으로 생성되는 다중 초점들의 광세기 분포를 나타낸다. 즉, 총 7개의 초점(F-1, F-2, ... F-7)들은 Z-축 방향 뿐만 아니라 공간적으로도 생성됨을 확인할 수 있다.

[109] 도 12는 본 발명의 파장판이 렌즈에 배치되는 다양한 실시예들을 도시한 도면이다.

[110] 도 12를 참조하면, 파장판(200)은 렌즈(100)의 형상 및 개수 등에 따라 다양한

형태로 배치될 수 있다. 이때, 이웃하는 파장판(200) 간에 상호 보족 관계는 만족되어야 한다.

- [111] 우선, 1개의 렌즈(100)에 파장판(200)이 배치되는 경우를 살펴본다.
- [112] 도 12의 (a)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예로서 렌즈(100)의 입사면은 평면이고 그 반대면은 곡면으로 형성된다. 이때, 2개 이상의 파장판(WL-1, WL-2, ... WL-N)은 평면 형상과 대응되는 형상을 갖고 순서대로 적층되어 렌즈의 입사면에 배치될 수 있다.
- [113] 여기서, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 파장판(WL-1, WL-2, ... WL-N)은 렌즈(100)의 곡면 형상과 대응되는 형상을 갖고 렌즈(100)의 반대면에 순서대로 적층되어 배치될 수도 있다.
- [114] 한편, 본 발명의 또 다른 실시예로서, 렌즈(100)의 입사면이 곡면이고 그 반대면이 평면으로 형성될 수 있다. 이때, 2개 이상의 파장판(WL-1, WL-2, ... WL-N)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.
- [115] 한편, 본 발명의 또 다른 실시예로서, 파장판(200) 중 어느 1개 이상의 파장판은 렌즈(100)의 입사면(곡면 또는 평면)에 배치되고 나머지 1개 이상의 파장판은 반대면(평면 또는 곡면)에 배치될 수 있다. 이때, 렌즈(100)의 입사면 또는 그 반대면에 배치되는 파장판(200)이 2개 이상이라면 적층되어 배치될 수 있다.
- [116] 한편, 도 12의 (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, 파장판(200) 중 어느 1개 이상의 파장판(200)은 렌즈(100)의 입사면에 제1 곡면 형상과 대응되는 형상을 갖고 배치되고, 나머지 1개 이상의 파장판(200)은 제2 곡면 형상을 갖는 렌즈(100)의 반대면에 제2 곡면 형상과 대응되는 형상을 갖고 배치될 수 있다. 도 12의 (f)에는 렌즈(100)의 입사면과 그 반대면에 각각 1개의 파장판(WL)이 배치된 상태가 도시되어있다.
- [117] 다음으로, 2개의 렌즈(100)에 파장판(200)이 배치되는 경우를 살펴본다.
- [118] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 렌즈(100)는, 입사면은 곡면 형상이고 그 반대면은 평면 형상인 제1 렌즈와(예를 들어, 도 12의 (b)의 좌측 렌즈), 제1 렌즈와 마주보는 면은 평면 형상이고 그 반대면은 곡면 형상인 제2 렌즈(예를 들어, 도 12의 (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.
- [119] 도 12의 (b)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예로서 파장판(200)은 제1 렌즈와 제2 렌즈가 서로 마주보는 평면 사이에 배치될 수 있다. 이때, 파장판(WL-1, WL-2, ... WL-N)은 2개 이상 적층되어 배치될 수 있다.

- [120] 한편, 파장판(200)은 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 파장판(200)은 각각 제3 및 제4 곡면의 형상과 대응되는 형상을 가질 수 있음은 위에서 언급한 바와 같다.
- [121] 도 12의 (c)를 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예로서 파장판(200)은 제1 내지 제3 위치에 모두 배치될 수 있다. 도 12의 (c)에는 제1 내지 제3 위치에 각각 1개의 파장판(200)이 배치된 상태가 도시되어 있다. 그러나, 파장판(200)이 제1 내지 제3 위치 각각에 배치되는 파장판(200)의 개수에는 제한이 없다. 여기서, 파장판(200)이 어느 하나의 위치에 2개 이상 배치된다면 순서대로 적층되어 배치된다.
- [122] 도 12의 (d)를 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예로서 파장판(200)은 제2 및 제3 위치에만 배치될 수 있다. 물론 이 경우에도 파장판(200)이 제2 및 제3 위치 각각에 배치되는 파장판(200)의 개수에는 제한이 없고, 이때 2개 이상의 파장판(200)은 순서대로 적층되어 배치된다.
- [123] 도 12의 (e)를 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예로서 파장판(200)은 제1 내지 제2 위치에만 배치될 수 있다. 물론 이 경우에도 파장판(200)이 제1 및 제2 위치 각각에 배치되는 파장판(200)의 개수에는 제한이 없고, 이때 2개 이상의 파장판(200)은 순서대로 적층되어 배치된다.
- [124] 한편, 도 12의 (b) 내지 (e)에는 2개의 렌즈(100)로 구성된 상태가 도시되어 있으나, 렌즈(100)는 3개 이상으로 구성될 수 있음은 물론이다. 이 경우에도 파장판(200)은 렌즈들이 배치된 각 면에 1개 이상 배치될 수 있다.
- [125] 한편, 렌즈(100)에 배치되는 파장판(200)의 개수는 초점의 수를 고려하여 적절하게 조절될 수 있다.
- [126] 한편, 본 발명에 있어서 파장판의 총 개수, 굴절렌즈 표면의 곡률 및 각 파장판의 굴절을 분포 등은 시각 시스템의 다른 렌즈와 함께 원거리 및 근거리 시력에 필요한 굴절 보상을 달성하기 위해 다양하게 변경될 수 있다.
- [127] 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; 및
상기 렌즈의 중심축 방향으로 상기 렌즈에 2개 이상 배치되고, 복굴절
물질로 구성된 파장판;을 포함하고,
서로 이웃하는 각 파장판들의 위상은 상호 보족 관계가 되도록
위상부호가 반대인 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 다초점
렌즈.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 파장판 중 어느 1개 이상의 파장판의 두께가 변하면 이에 따라
초점이 형성된 위치에서의 광세기가 변하는 것을 특징으로 하는 다수의
파장판을 가지는 다초점 렌즈.
- [청구항 3] 제 2 항에 있어서,
어느 하나의 초점이 형성된 위치에서의 광세기가 0이 되도록 상기
파장판의 두께가 조절되면 상기 초점의 개수가 변하는 것을 특징으로
다수의 파장판을 가지는 다초점 렌즈.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,
상기 렌즈 및 파장판에 의해 생성된 초점의 개수는 아래 수학식 1에 의해
연산되는 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 다초점 렌즈.
< 수학식 1 >

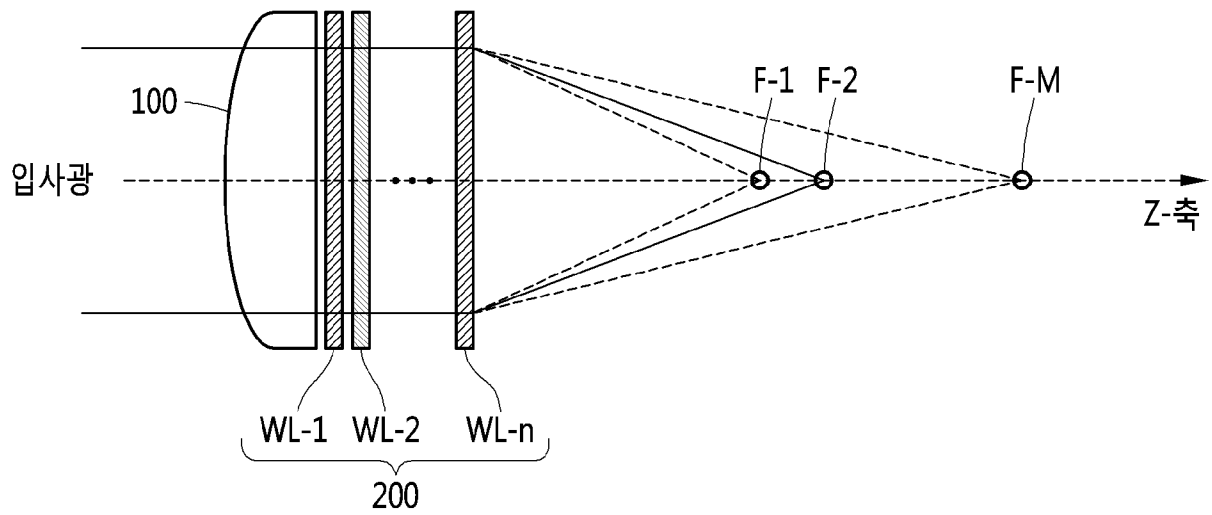
$$N = 4 \times 2^{m-1} - 1$$
여기서, N은 초점의 개수이고 m은 파장판 개수임.
- [청구항 5] 제 1 항에 있어서,
상기 렌즈 및 파장판에 의해 생성된 초점의 위치는 상기 파장판의 개수에
따라 아래 수학식 2와 같이 연산되는 것을 특징으로 하는 다수의
파장판을 가지는 다초점 렌즈.
< 수학식 2 >

$$\frac{1}{f_N} = \frac{1}{f_{FL}} + \frac{1}{f_{WL-1}} + \frac{1}{f_{WL-2}} + \dots + \frac{1}{f_{WL-N}}$$
여기서, f_N 은 마지막 파장판을 통과한 후의 초점 거리이고, f_{WL-N} 은
각 파장판의 초점 거리임.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서,
상기 파장판의 위상분포에서 상기 렌즈의 중심에서 위상이 급변하는
지점 사이의 위상구간(X)이 변하면 이에 따라 초점이 형성되는 위치가
변하는 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 다초점 렌즈.
- [청구항 7] 제 1 항에 있어서,
서로 이웃하는 제1 및 제2 파장판 간 동일 위상구간(X)에서, 상기 제1

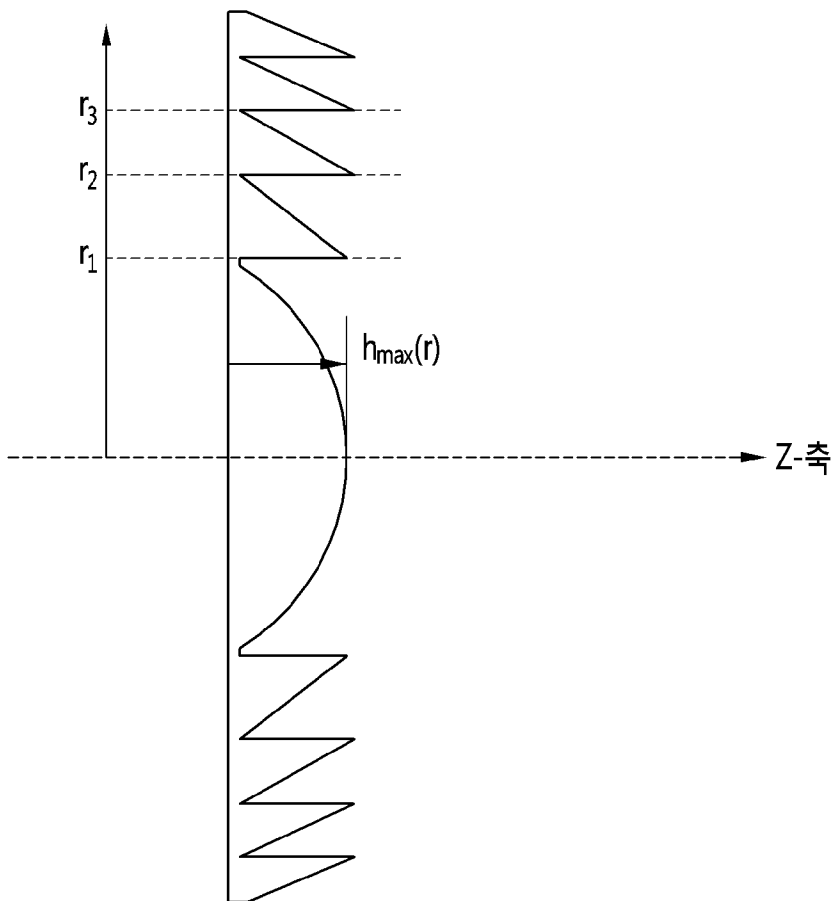
- 과장판에서의 위상이 증가하면 상기 제2 과장판에서의 위상은 감소하는 것을 특징으로 하는 다수의 과장판을 가지는 다초점 렌즈.
- [청구항 8] 제 1 항에 있어서,
상기 렌즈 및 과장판에 의해 생성된 초점은 상기 렌즈의 직경 방향으로 더 형성되는 것을 특징으로 하는 다수의 과장판을 가지는 다초점 렌즈.
- [청구항 9] 제 1 항에 있어서,
상기 과장판은 상기 렌즈의 입사면 또는 그 반대면에 2개 이상 적층되어 배치되는 것을 특징으로 하는 다수의 과장판을 가지는 다초점 렌즈.
- [청구항 10] 제 1 항에 있어서,
상기 과장판 중 어느 1개 이상의 과장판은 상기 렌즈의 입사면에 배치되고, 나머지 1개 이상의 과장판은 상기 렌즈의 반대면에 배치되는 것을 특징으로 하는 다수의 과장판을 가지는 다초점 렌즈.
- [청구항 11] 제 10 항에 있어서,
상기 과장판 중 어느 1개 이상의 과장판은 곡면 형상을 갖는 상기 렌즈의 입사면 또는 그 반대면에 상기 곡면 형상과 대응되는 형상을 갖고 배치되는 것을 특징으로 하는 다수의 과장판을 가지는 다초점 렌즈.
- [청구항 12] 제 10 항에 있어서,
상기 과장판 중 어느 1개 이상의 과장판은 평면 형상을 갖는 상기 렌즈의 입사면 또는 그 반대면에 상기 평면 형상과 대응되는 형상을 갖고 배치되는 것을 특징으로 하는 다수의 과장판을 가지는 다초점 렌즈.
- [청구항 13] 제 1 항에 있어서,
상기 과장판 중 어느 1개 이상의 과장판은 제1 곡면 형상을 갖는 상기 렌즈의 입사면에 상기 제1 곡면 형상과 대응되는 형상을 갖고 배치되고 나머지 1개 이상의 과장판은 제2 곡면 형상을 갖는 상기 렌즈의 반대면에 상기 제2 곡면 형상과 대응되는 형상을 갖고 배치되는 것을 특징으로 하는 다수의 과장판을 가지는 다초점 렌즈.
- [청구항 14] 제 1 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 과장판은 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 과장판을 가지는 다초점 렌즈.
- [청구항 15] 제 14 항에 있어서,
상기 과장판 중 어느 1개 이상의 과장판은 상기 제1 렌즈의 입사면에 배치되고, 나머지 1개 이상의 과장판은 상기 제1 및 제2 렌즈의 사이 또는 제2 렌즈의 반대면에 배치되는 것을 특징으로 하는 다수의 과장판을 가지는 다초점 렌즈.

- [청구항 16] 제 14 항에 있어서,
상기 파장판 중 어느 1개 이상의 파장판은 상기 제1 및 제2 렌즈의 사이에 배치되고, 나머지 1개 이상의 파장판은 상기 제2 렌즈의 반대면에 배치되는 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 다초점 렌즈.
- [청구항 17] 제 14 항에 있어서,
상기 파장판 중 어느 2개 이상의 파장판은 상기 제1 렌즈의 입사면, 상기 제1 및 제2 렌즈의 사이 또는 제2 렌즈의 반대면에 적층되어 배치되는 것을 특징으로 하는 다수의 파장판을 가지는 다초점 렌즈.

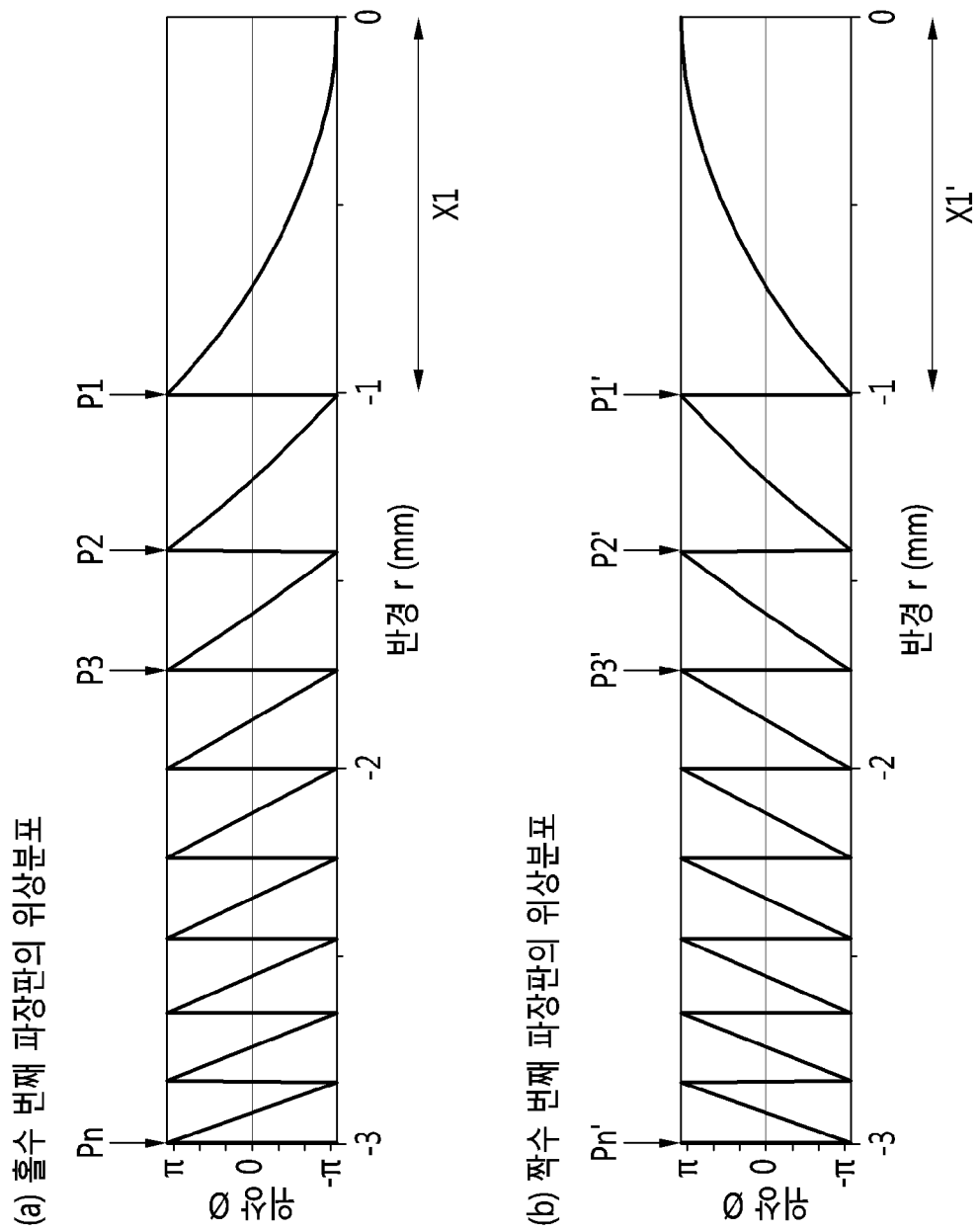
[도1]



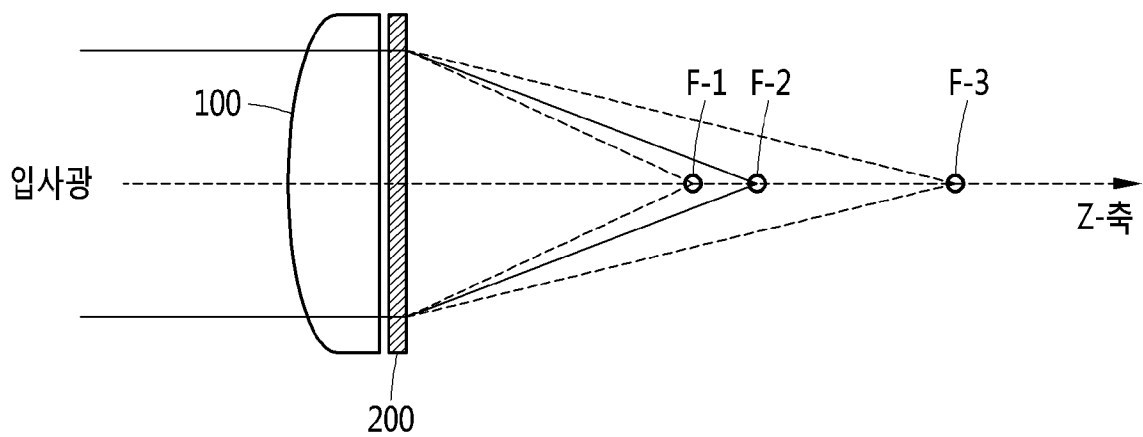
[도2]



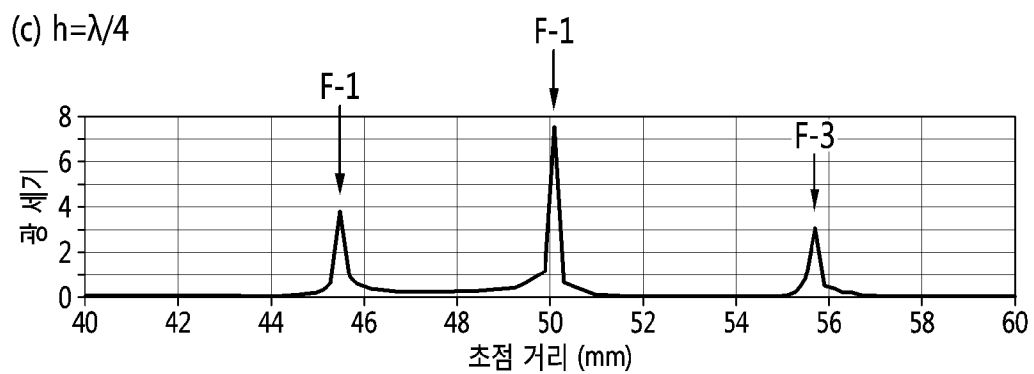
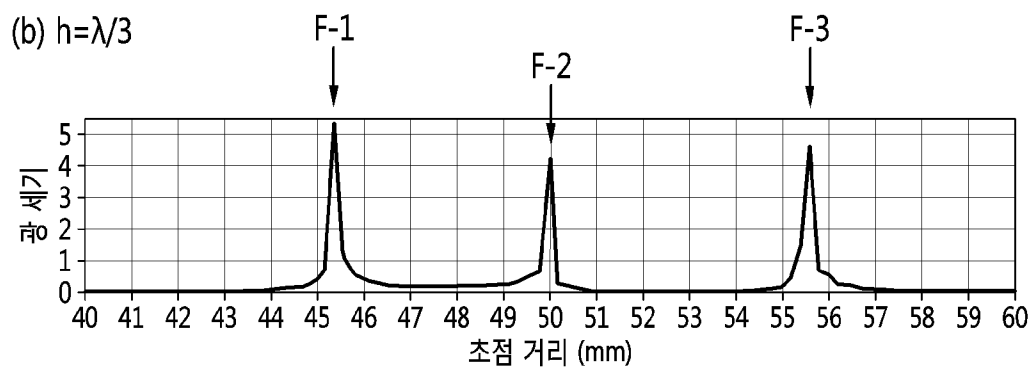
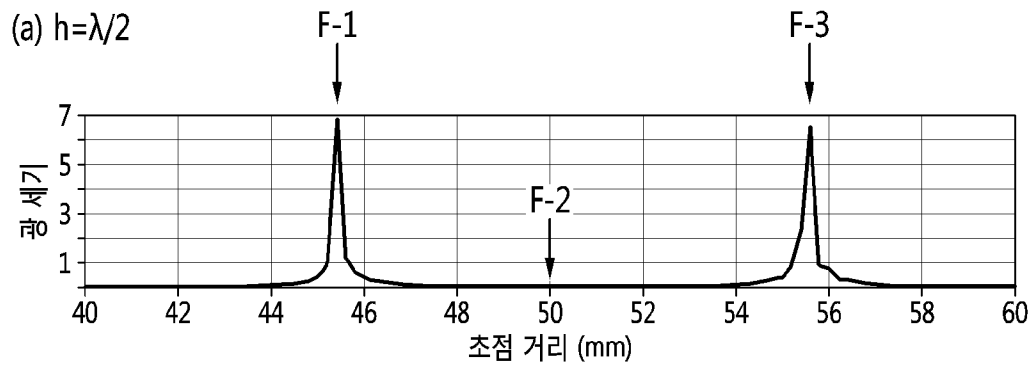
[도3]



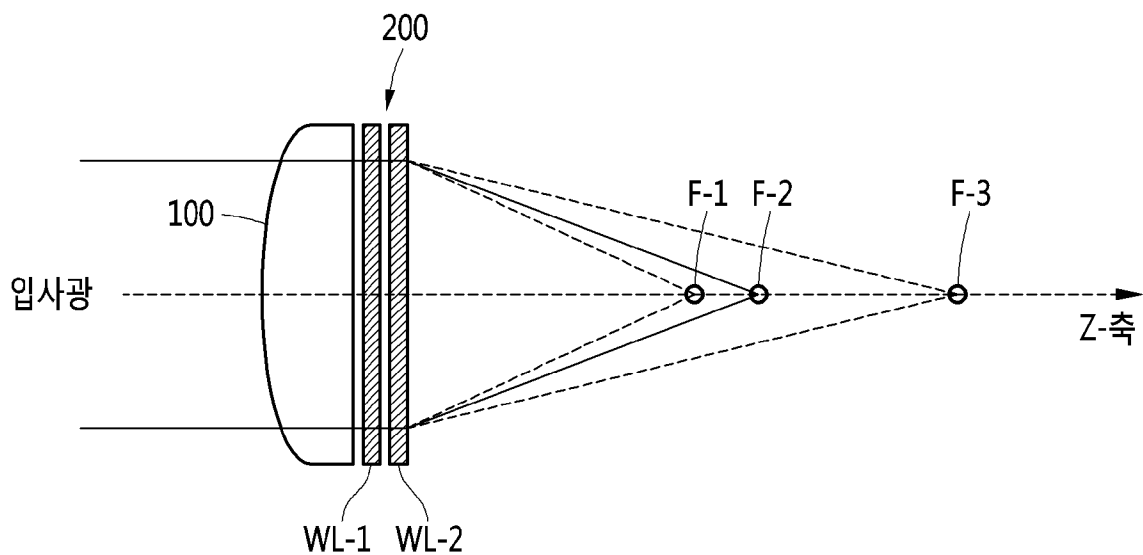
[도4]



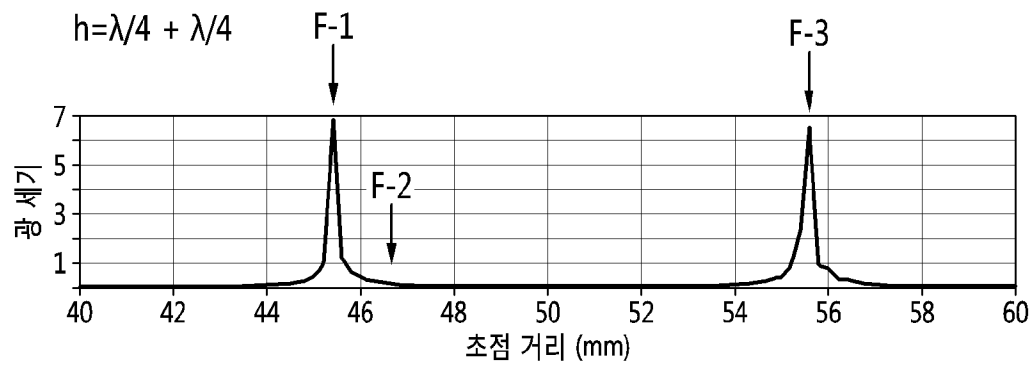
[도5]



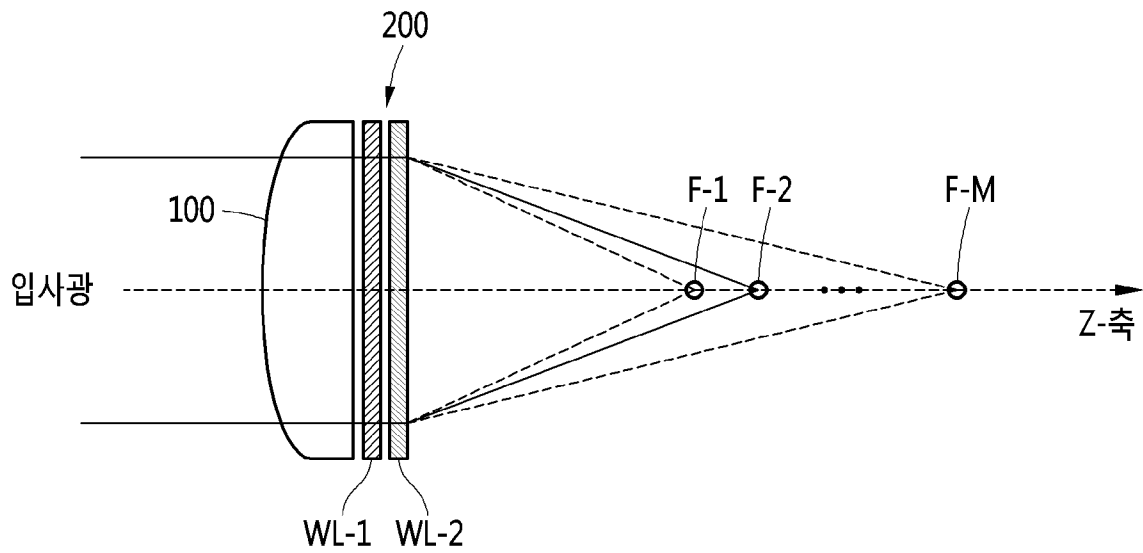
[도6]



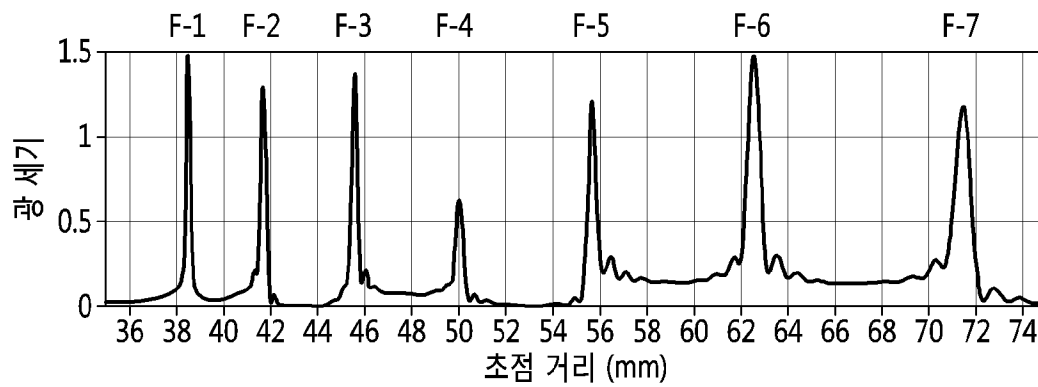
[도7]



[도8]

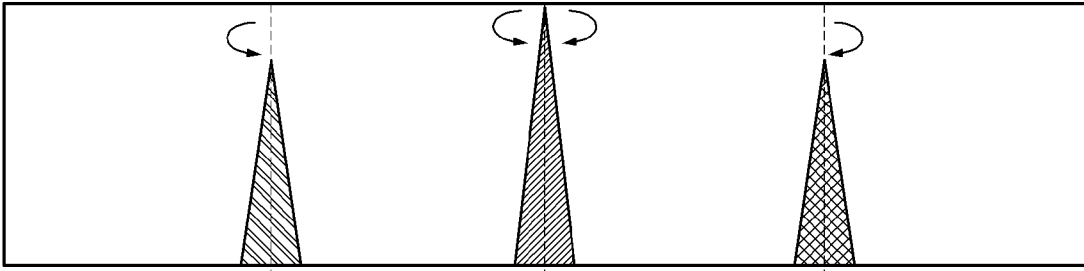


[도9]

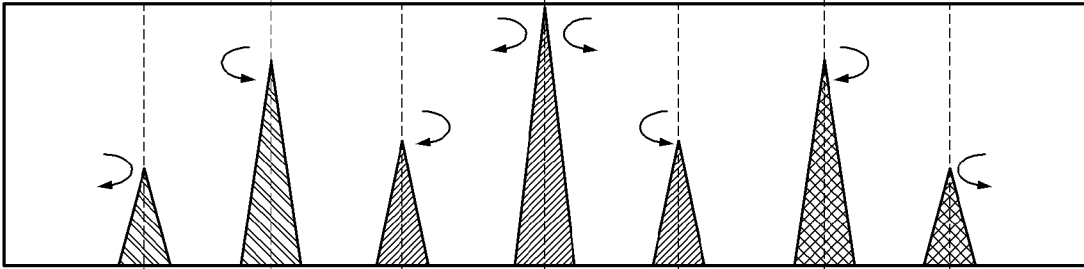


[도10]

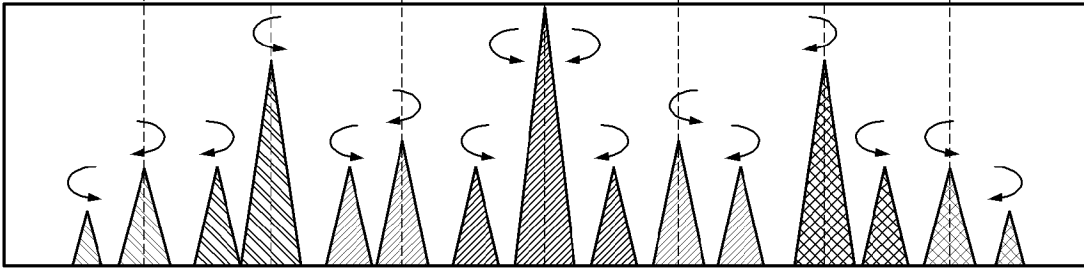
■ Layer 1개 지난 후



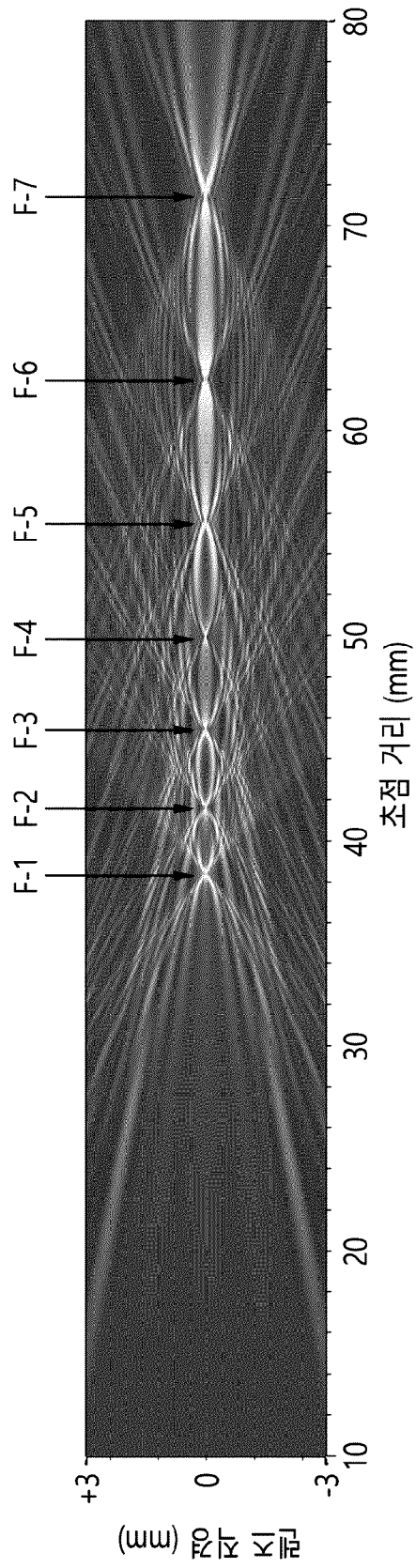
■ Layer 2개 지난 후



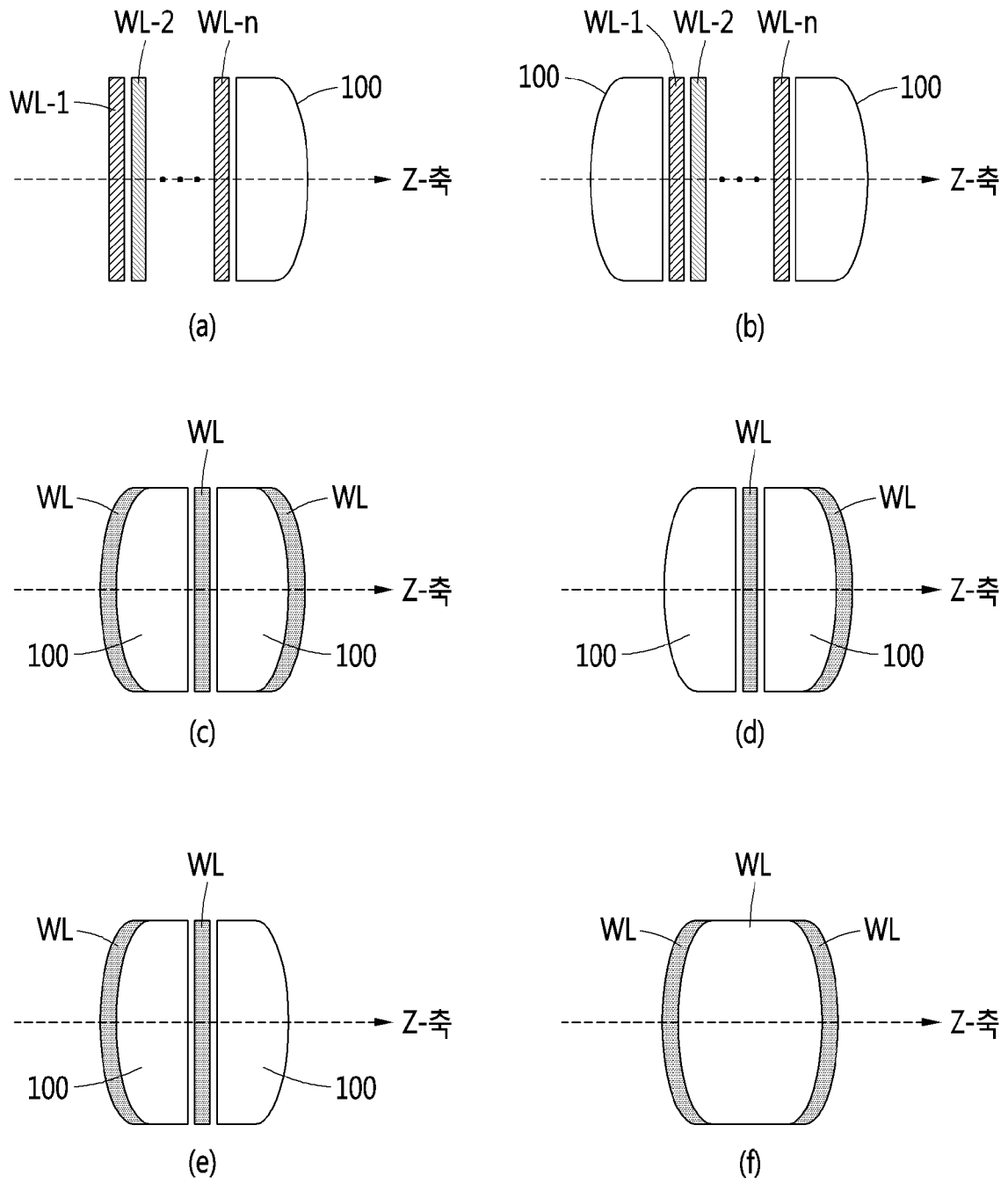
■ Layer 3개 지난 후



[도 11]



[도12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2022/003862

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); B29D 11/00(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); G02C 7/08(2006.01); G02F 1/137(2006.01); G02F 1/29(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 렌즈(multifocal lens), 파장판(waveplate), 위상(phase), 상호 보족(mutual supplementation)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	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.	1,2,6,7,9-13
A		3-5,8,14-17
A	US 2013-0286309 A1 (THE ARIZONA BOARD OF REGENTS ON BEHALF OF THE UNIVERSITY OF ARIZONA) 31 October 2013 (2013-10-31) See paragraphs [0018]-[0023] and figures 1 and 2.	1-17
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.	1-17
A	JP 2017-523445 A (OPTICA AMUKA (A.A.) LTD.) 17 August 2017 (2017-08-17) See claim 1 and figure 2.	1-17
☒ 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/KR2022/003862

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.	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2022/003862

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
US	2013-0286309	A1	31 October 2013	US	9164206	B2	20 October 2015
US	2020-0025987	A1	23 January 2020	US	10197715	B1	05 February 2019
				US	11119257	B2	14 September 2021
JP	2017-523445	A	17 August 2017	AU	2015-270158	A1	17 November 2016
				AU	2015-270158	B2	09 November 2017
				CA	2947809	A1	10 December 2015
				CN	106662680	A	10 May 2017
				CN	106662680	B	20 December 2019
				EP	3152602	A1	12 April 2017
				EP	3152602	B1	20 March 2019
				ES	2726005	T3	01 October 2019
				JP	6649901	B2	19 February 2020
				US	10466391	B2	05 November 2019
				US	11226435	B2	18 January 2022
				US	2017-0160440	A1	08 June 2017
				US	2020-0003933	A1	02 January 2020
				WO	2015-186010	A1	10 December 2015
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); B29D 11/00(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); G02C 7/08(2006.01); G02F 1/137(2006.01); G02F 1/29(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 렌즈(multifocal lens), 파장판(waveplate), 위상(phase), 상호 보족(mutual supplementation)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X 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	1,2,6,7,9-13 3-5,8,14-17
A	US 2013-0286309 A1 (THE ARIZONA BOARD OF REGENTS ON BEHALF OF THE UNIVERSITY OF ARIZONA) 2013.10.31 단락 [0018]-[0023] 및 도면 1, 2	1-17
A	US 2020-0025987 A1 (BEAM ENGINEERING FOR ADVANCED MEASUREMENTS CO. 등) 2020.01.23 단락 [0122]-[0126] 및 도면 4A, 4B	1-17
A	JP 2017-523445 A (OPTICA AMUKA (A.A.) LTD.) 2017.08.17 청구항 1 및 도면 2	1-17
A	JP 08-507158 A (PILKINGTON BARNES HIND, INC.) 1996.07.30 청구항 1-3	1-17
☐ 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
US 2013-0286309 A1	2013/10/31	US 9164206 B2	2015/10/20
US 2020-0025987 A1	2020/01/23	US 10197715 B1	2019/02/05
		US 11119257 B2	2021/09/14
JP 2017-523445 A	2017/08/17	AU 2015-270158 A1	2016/11/17
		AU 2015-270158 B2	2017/11/09
		CA 2947809 A1	2015/12/10
		CN 106662680 A	2017/05/10
		CN 106662680 B	2019/12/20
		EP 3152602 A1	2017/04/12
		EP 3152602 B1	2019/03/20
		ES 2726005 T3	2019/10/01
		JP 6649901 B2	2020/02/19
		US 10466391 B2	2019/11/05
		US 11226435 B2	2022/01/18
		US 2017-0160440 A1	2017/06/08
		US 2020-0003933 A1	2020/01/02
		WO 2015-186010 A1	2015/12/10
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