(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월10일
(11) 등록번호 10-2226668
(24) 등록일자 2021년03월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02C 7/02 (2006.01) *A61F 2/14* (2006.01)
A61F 2/16 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02C 7/024 (2013.01)
A61F 2/145 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-7005094
(22) 출원일자(국제) 2016년07월22일
심사청구일자 2019년09월30일
(85) 번역문제출일자 2018년02월21일
(65) 공개번호 10-2018-0034515
(43) 공개일자 2018년04월04일
(86) 국제출원번호 PCT/CN2016/090955
(87) 국제공개번호 WO 2017/016440
국제공개일자 2017년02월02일
(30) 우선권주장
201510441714.0 2015년07월24일 중국(CN)
(뒷면에 계속)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020080100446 A*
US20070115431 A1
CN204421891 U
CN104749791 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
아이브라이트 메디컬 테크놀로지 (베이징) 컴퍼니 리미티드
중국 102200 베이징 창핑구 차오퀴안 로드 37 빌딩 6 1/에프(노스)
(72) 발명자
왕 자오
중국 102200 베이징 창핑구 차오퀴안 로드 37 빌딩 6 1/에프(노스)
씨에 지앙빙
중국 102200 베이징 창핑구 차오퀴안 로드 37 빌딩 6 1/에프(노스)
(74) 대리인
양영준, 김윤기

전체 청구항 수 : 총 18 항 심사관 : 정향남

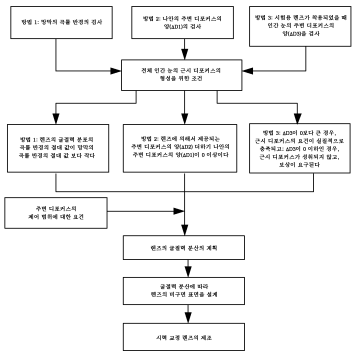
(54) 발명의 명칭 **시력 교정 렌즈 및 그러한 렌즈의 제조 방법**

(57) 요 약

디포커스-제어 가능 비구면 시력 교정 렌즈를 둘러싸기 위한 제조 방법. 방법은 이하의 단계를 포함한다: 인간 눈 망막의 형상, 나안의 인간 눈의 주변 디포커싱 양 또는 안경을 가지는 인간 눈의 주변 디포커싱 양을 검사하는 것에 의해서 근시 디포커스를 형성하는 인간 눈에서 요구되는 조건을 계산 및 판단하는 단계; 근시화 디포커

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도8



스에 의해서 획득된 조건에 따라, 각각의 시력 교정 렌즈의 굴절력이 개구의 변화에 따라 변화되는 분포 해결책을 형성하는 단계; 및 시력 교정 렌즈의 굴절력의 획득된 분포 해결책에 따라 시력 교정 렌즈를 제조하는 단계를 포함하고; 시력 교정 렌즈가 굴절력이 인간에 적용된 후에, 전체 눈의 굴절력에 의해서 망막에 형성된 굴절력 분산은, 근시 디포커스를 형성하도록, 중앙 지역 내에서보다 주변부 지역 내에서 더 크고 망막의 전방에 맺힌다. 또한, 그러한 방법에 따라 제조된 안구-외 시력 교정 렌즈, 각막굴절교정술 콘택트 렌즈 및 안구내 렌즈가 개시된다.

(52) CPC특허분류
A61F 2/1624 (2013.01)
A61F 2/164 (2015.04)
G02C 2202/24 (2013.01)

(30) 우선권주장
201510440964.2 2015년07월24일 중국(CN)
201510441201.X 2015년07월24일 중국(CN)
201510441713.6 2015년07월24일 중국(CN)
201520543407.9 2015년07월24일 중국(CN)
201520543778.7 2015년07월24일 중국(CN)
201520543779.1 2015년07월24일 중국(CN)

명 세 서

청구범위

청구항 1

제어 가능한 주변 디포커스를 가지는 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하는 방법에 있어서:

(1) 인간 눈의 망막의 형상, 나안의 인간 눈의 주변 디포커스의 양 또는 시험적 렌즈가 착용되는 경우 인간 눈의 주변 디포커스의 양을 측정하는 것에 의해서, 인간 눈의 근시 디포커스의 형성에 필요한 조건을 계산 및 결정하는 단계;

(2) 근시 디포커스에 대해서 획득된 조건에 따라, 시력 교정 렌즈의 상이한 개구들의 굴절력을 결정하는 단계; 및

(3) 시력 교정 렌즈의 굴절력이 인간 눈에 부가된 후에, 망막 상의 시력 교정 렌즈와 함께 나안에 의해 형성된 광학적 시스템의 굴절력의 분포가 망막의 중앙 영역 내에서보다 망막의 주변 영역 내에서 더 크고 포커스가 망막의 전방에 형성되게 되어, 근시 디포커스를 형성하도록, 단계(2)에서 획득된 시력 교정 렌즈의 굴절력의 분포에 따라 시력 교정 렌즈를 만드는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 단계(1)에서, 인간 눈의 망막의 형상은 안과 테스트 장치에 의해서 측정되고; 만약 안과 테스트 장치가 망막을 구면 표면으로 간주한다면, 망막의 형상은 망막의 곡률 반경에 의해서 측정되며; 만약 안과 테스트 장치가 망막을 비구면 표면으로 간주한다면, 망막의 형상은 비구면 표면의 등가 곡률 반경에 의해서 측정되고; 비구면 표면의 등가 곡률 반경은 이하의 방식으로 계산되고:

$$r_m = \frac{\left(\frac{d_m}{2}\right)^2 + h_m{}^2}{2h_m} = \frac{(d_m)^2 + 4h_m{}^2}{8h_m},$$

여기에서 m은 비구면 표면 상의 지점이며; r_m은 지점(m)에서의 등가 곡률 반경이며; d_m은 지점(m)과 비구면 표면의 정점 사이의 반경 거리의 2배이며; h_m은 지점(m)과 비구면 표면의 정점 사이의 축방향 거리인 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하는 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 단계(2)에서, 나안과 함께 시력 교정 렌즈에 의해 형성된 전체 광학적 시스템의 굴절력의 분포는 이하의 근시 디포커스를 위한 조건을 충족하고:

$$\left|\frac{1}{D_t'}\right| < \left|\frac{1}{D_r}\right| = \left|\frac{1}{D_0} - r + \sqrt{R^2 - r^2}\right|$$

여기에서, D_t'는 전체 광학적 시스템의 개구의 굴절력이며; D_r은 나안의 동일한 개구의 굴절력이며; D_0는 나안의 근축 굴절이고; r은 개구의 크기이며; R 은 개구에서의 망막의 곡률 반경 또는 등가 곡률 반경인 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하는 방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

망막의 형상은 광 간섭성 단층촬영(OCT)에 의해서 측정되는 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 단계(1)에서, 나안의 인간 눈의 주변 디포커스의 양(ΔD1) 및 시험적 렌즈가 착용되는 경우의 주변 디포커스의 양(ΔD3) 모두는 안과 테스트 장치에 의해서 측정되고; 시험적 렌즈의 설계가 특정되는 바, 이는 시험적 렌즈의 주변 디포커스의 양(ΔD2)이 공지되는 것을 의미하고; 시험적 렌즈에 의해서 제공되는 주변 디포커스의 양(ΔD2) 더하기 나안의 인간 눈의 주변 디포커스의 양(ΔD1)이 0 보다 클 때, 이는 인간 눈이 근시 디포커스를 형성할 수 있음을 나타내거나; 또는, 시험적 렌즈가 착용되는 경우 인간 눈의 주변 디포커스의 양(ΔD3)이 0 보다 클 때, 이는, 또한 시험적 렌즈의 주변 디포커스의 양이 근시 디포커스를 위한 조건을 충족시킨다는 것을 나타내는 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

시험적 렌즈가 착용되는 경우의 인간 눈의 주변 디포커스의 양(ΔD3)이 0 이하일 때, 이는, 렌즈의 디포커스의 양이 여전히 원시 주변 디포커스의 상태의 인간 눈에 있다는 것, 그리고 인간 눈의 근시 주변 디포커스를 달성하기 위해서 렌즈의 디포커스의 양이 증가될 필요가 있다는 것을 나타내는 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하는 방법.

청구항 7

제1항, 제2항, 제5항, 및 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

렌즈의 주변 디포커스의 양은, 맞춤형 시력 교정을 달성하기 위해서, 환자 자체의 생리적인 조건 및 근시 제어의 범위를 위한 요건에 따라 증가되거나 감소되는 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 단계(3)에서, 단계(2)에서 획득된 굴절력 분포에 따라, 시력 교정 렌즈가 비구면 설계 방법을 이용하여 만들어지고, 비구면 표면의 표현은 다음과 같고:

$$Z(y)=\frac{cy^2}{1+\sqrt{1-(1+Q)c^2y^2}}+\sum_{i=2}^{5}A_{2i}\bullet y^{2i}$$

여기에서, Z(y)는 평면(YZ) 상의 시력 교정 렌즈의 비구면 표면의 곡선의 표현이고, c는 광학적 구역의 기본 구면 표면의 곡률 반경의 역수이고, y는 곡선 상의 임의 지점으로부터 가로좌표 축(Z)까지의 수직 거리이고, Q는 비구면 계수이고, A_{2i} 는 비구면 고차항 계수이며, 그리고 비구면 표면 상의 지점은 가로좌표 축(Z)을 중심으로 하는 회전 대칭 변경을 통해서 곡선으로부터 얻어지며;

Q 값 및 시력 교정 렌즈의 비구면 고차항 계수의 조정을 통해서, 시력 교정 렌즈의 표면은 상이한 반경방향 부분들에서 상이한 등가 곡률들을 나타내고, 등가 곡률은 광학적 구역 전체를 통해서 갑작스러운 변화 없이 균일하고, 연속적으로, 그리고 매끄럽게 변화되며, 그에 따라 시력 교정 렌즈는, 상이한 개구들에서, 근시 디포커스의 굴절력 분포에 맞춰 적응된 굴절력을 가지며, 주변 영역 내의 굴절력은 중앙 영역 내의 굴절력보다 크고;

등가 곡률 반경은 이하에 의해서 설명되고:

$$r_m = \frac{\left(\frac{d_m}{2}\right)^2 + h_m{}^2}{2h_m} = \frac{(d_m)^2 + 4h_m{}^2}{8h_m}$$,

여기에서 m은 비구면 표면 상의 지점이며; r_m은 지점(m)에서의 등가 곡률 반경이며; d_m은 지점(m)과 비구면 표면의 정점 사이의 반경 거리의 2배이며; h_m은 지점(m)과 비구면 표면의 정점 사이의 축방향 거리인 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하는 방법.

청구항 9

비구면 시력 교정 렌즈로서, 시력 교정 렌즈는 눈의 외측에 착용되는 교정 렌즈인, 비구면 시력 교정 렌즈에 있어서,

렌즈의 광학적 구역의 볼록 표면 또는 오목 표면 중 적어도 하나가 비구면이고; 렌즈의 광학적 구역의 볼록 표면이 비구면일 때, 렌즈의 광학적 구역의 주변부의 등가 곡률 반경의 절대 값은 렌즈의 광학적 구역의 중심의 곡률 반경의 절대 값보다 작으며; 그리고 렌즈의 광학적 구역의 오목 표면이 비구면일 때, 렌즈의 광학적 구역의 주변부의 등가 곡률 반경의 절대 값은 렌즈의 광학적 구역의 중심의 곡률 반경의 절대 값보다 큰 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈.

청구항 10

제9항에 있어서,

렌즈의 광학적 구역의 비구면 표면의 형상은 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)에 의해서 정의되고, η은 상이한 개구들(d_m 및 d_n)에서의 r의 비율이고, m > n이며,

$$\eta_{mn} = \frac{r_m}{r_n}$$

렌즈의 광학적 구역의 등가 곡률 반경은 이하의 방식으로 계산되고:

$$r_m = \frac{\left(\frac{d_m}{2}\right)^2 + h_m{}^2}{2h_m} = \frac{(d_m)^2 + 4h_m{}^2}{8h_m}$$,

여기에서 m은 비구면 표면 상의 지점이며; r_m은 지점(m)에서의 등가 곡률 반경이며; d_m은 지점(m)과 비구면 표면의 정점 사이의 반경 거리의 2배이며; h_m은 지점(m)과 비구면 표면의 정점 사이의 축방향 거리이고, r_n은 지점(n)에서의 등가 곡률 반경이고, r_n의 계산은 r_m을 나타내고;

렌즈의 광학적 구역의 오목 표면이 비구면 표면일 때, 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)는 1 보다 크고, 5 ㎜ 개구 및 3 ㎜ 개구에서의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{53})는 1.002 이상 및 1.086 이하이고; 렌즈의 광학적 구역의 볼록 표면이 비구면 표면일 때, 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)는 1 미만이고, 5 ㎜ 개구 및 3 ㎜ 개구에서의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{53})는 0.682 이상 및 0.986 이하인 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈.

청구항 11

제9항에 있어서,

공기 중의 렌즈의 굴절력은 0 D 이하이고; 렌즈의 굴절력은 개구가 증가됨에 따라 반경방향으로 증가되고, 렌즈의 굴절력의 절대 값은 개구가 증가됨에 따라 감소되는 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈.

청구항 12

제11항에 있어서,

5 ㎜ 개구에서의 렌즈의 굴절력과 3㎜ 개구에서의 렌즈의 굴절력 사이의 차이(ΔD_{53})는 0.005 D 이상인 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈.

청구항 13

제12항에 있어서,

5 ㎜ 개구에서의 렌즈의 굴절력과 3㎜ 개구에서의 렌즈의 굴절력 사이의 차이(ΔD_{53})는 0.005 D 이상 및 8.849 D 이하인 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈.

청구항 14

비구면 시력 교정 렌즈로서, 시력 교정 렌즈가 각막굴절교정술 렌즈인, 비구면 시력 교정 렌즈에 있어서,

렌즈의 기본 곡선 구역의 비구면 표면의 형상은 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)에 의해서 정의되고; 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)는 1 미만이며; 5 ㎜ 개구 및 3 ㎜ 개구에서의 렌즈의 기본 곡선 구역의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{53})는 0.67 이상 및 1보다 작고;

환산 계수(η)는 상이한 직경들(d_m 및 d_n)에서의 렌즈의 r의 비율이고, m > n이며,

$$\eta_{mn} = \frac{r_m}{r_n}$$

렌즈의 기본 곡선 구역의 등가 곡률 반경은 이하의 방식으로 계산되고:

$$r_m = \frac{\left(\frac{d_m}{2}\right)^2 + h_m{}^2}{2h_m} = \frac{(d_m)^2 + 4h_m{}^2}{8h_m},$$

여기에서 m은 비구면 표면 상의 지점이며; r_m은 지점(m)에서의 등가 곡률 반경이며; d_m은 지점(m)과 비구면 표면의 정점 사이의 반경 거리의 2배이며; h_m은 지점(m)과 비구면 표면의 정점 사이의 축방향 거리이고, r_n은 지점(n)에서의 등가 곡률 반경이고, r_n의 계산은 r_m을 나타내는 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈.

청구항 15

제14항에 있어서,

5 ㎜ 개구 및 3 ㎜ 개구에서의 렌즈의 기본 곡선 구역의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{53})는 0.67 이상 및 0.998 이하인 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈.

청구항 16

비구면 시력 교정 렌즈이며, 시력 교정 렌즈가 안구내 렌즈인, 비구면 시력 교정 렌즈에 있어서,

렌즈의 광학적 구역의 전방측 표면 또는 후방측 표면 중 적어도 하나가 비구면 표면이고; 렌즈의 굴절력은 개구가 증가됨에 따라 증가되고, 굴절력의 절대 값은 개구가 증가됨에 따라 감소되며, 굴절력은 갑작스러운 변화 없이 균일하고, 연속적으로, 그리고 매끄럽게 변화되며, 그리고 안방수 내의 렌즈의 굴절력은 0 D 이하인 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈.

청구항 17

제16항에 있어서,

렌즈의 광학적 구역의 비구면 표면의 형상은 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)에 의해서 정의되고, 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)는 1 초과이며; 4 ㎜ 개구 및 3 ㎜ 개구에서의 렌즈의 광학적 구역의 비구면

표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{43})는 1.005 이상이고;

환산 계수(η)는 상이한 직경들(d_m 및 d_n)에서의 렌즈의 r의 비율이고, m > n이며,

$$\eta_{mn} = \frac{r_m}{r_n}$$

렌즈의 광학적 구역의 등가 곡률 반경은 이하의 방식으로 계산되고:

$$r_m = \frac{\left(\frac{d_m}{2}\right)^2 + h_m^{\,2}}{2h_m} = \frac{(d_m)^2 + 4h_m^{\,2}}{8h_m},$$

여기에서 여기에서 m은 비구면 표면 상의 지점이며; r_m은 지점(m)에서의 등가 곡률 반경이며; d_m은 지점(m)과 비구면 표면의 정점 사이의 반경 거리의 2배이며; h_m은 지점(m)과 비구면 표면의 정점 사이의 축방향 거리이고, r_n은 지점(n)에서의 등가 곡률 반경이고, r_n의 계산은 r_m을 나타는 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈.

청구항 18

제17항에 있어서,

4 ㎜ 개구 및 3 ㎜ 개구에서의 렌즈의 광학적 구역의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{43})는 1.002 이상 및 1.09 이하인 것을 특징으로 하는, 비구면 시력 교정 렌즈.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 시력 교정 렌즈를 제조하기 위한 방법에 관한 것이고, 특히 제어 가능한 주변 디포커스(defocus)를 가지는 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하는 방법에 관한 것이다. 본 발명은 또한 그러한 방법에 따라 제조된 눈 외측에 착용되는 시력 교정 렌즈, 각막굴절교정술 렌즈(orthokeratology lens), 안구내 렌즈(intraocular lens)에 관한 것이다. 본 발명은 또한, 근시 진행을 제어 및 지연시키기 위해서 근시 주변 디포커스를 이용하는 진단 및 치료 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 디포커스 또는 탈포커스는 포커스에 상응하는 단어이다. 그러한 단어는 화상 평면이 포커스 내에 있지 않고 2개의 상태 - 전방 디포커스(포커스의 전방) 및 후방 디포커스(포커스의 뒤쪽) - 로 분할된 것을 의미한다.

[0003] 근시의 정도가 증가하는 주요 이유는 눈의 축방향 길이의 증가이다. 인간 눈의 축방향 길이가 1 ㎜ 증가할 때마다, 근시가 3.00도만큼 증가된다. 최근의 의학적 연구는, 안구의 연장은 (도 1의 10에 의해서 도시된 바와 같은) 망막의 주변부에서의 디포커스에 의존한다는 것을 입증하였다. 시력교정(dioptric) 개념에 따라, 포커스가 망막의 전방에 맺히는 경우에, 이는 (도 1에서 30으로 도시된 바와 같은) 근시 디포커스로 지칭되고; 포커스가 망막의 뒤쪽에 맺히는 경우에, 이는 (도 1에서 20으로 도시된 바와 같은) 원시 디포커스로 지칭된다. 근시안은 망막의 중심 내의 근시 디포커스, 그러나 망막의 주변부 내의 원시 디포커스를 나타낸다. 망막의 주변부 내의 원시 디포커스는 근시의 정도의 지속적인 증가가 주요 원인이다.

[0004] 안구는, 특히 18세 이하의 청소년의 경우에, 안구 발달을 유도하기 위해서 망막의 주변부 내의 화상화(imaging)에 의존하는 특성을 갖는다. 만약 주변 망막 화상화가 원시적으로 포커스를 벗어난다면, 망막은 화상 지점을 향해서 성장하는 경향을 가지며, 안구 길이가 증가될 것이다. 만약 주변 망막 화상화가 근시적으로 포커스를 벗어난다면, 안구 연장이 중단될 것이다. 만약, 현대의 의학적 방법을 통해서, 망막의 주변 내의 원시 디포커스가 교정된다면 또는 근시 디포커스가 망막의 주변부 내에 인공적으로 형성된다면, 근시 정도의 지속적인 증가가 억제될 수 있다. 그 외에도, 망막의 주변부 내의 디포커스의 원인을 찾는 것에 의해서, 근시의 발생 및 진행이 효과적으로 방지될 수 있다.

[0005] 주변 디포커스의 개념은 임상안광학 분야의 임상적 실무로부터 유래된다. 의사는 첫 번째로 각막굴절교정술 렌즈 착용자의 일부의 눈의 축방향 길이 및 근시 성장이 지연되었다는 것을 발견하였고, 이어서 이러한 프로세스에서 주변 디포커스의 역할을 발견하였으며, 그리고 주변 디포커스가 근시를 제어한다는 이론을 만들었다. 그러나, 이러한 이론은 수동적 발견의 상태에 있다. 해당 분야의 의사들 및 연구원들 사이의 논쟁은, 효과적이고 정량화할 수 있는 치료 구현 계획을 형성하지 못하고, 인간 눈의 주변 디포커스의 거대한 통계 및 분석의 수준에 머물러 있다. 기업, 연구 기관 및 기타는, 이전에 등장한 각막굴절교정술 렌즈 이외에, 구획된 구조의 테를 가지는 안경(frame glasses) 및 광학적 디포커스 소프트 콘택트 렌즈와 같은, 주변 디포커스의 정도를 제어할 수 없는 일부 예비 제품을 제시하는 수준에 머물러 있다.

[0006] 각막굴절교정술 렌즈의 주변 디포커스를 제어하는 메커니즘은, 야간에 렌즈를 착용하여, 각막의 표면에서의 세포의 활동의 장점을 취하고, 그에 따라 원시 주변 디포커스를 형성하는 것에 의해서, 각막의 전방측 표면(anterior surface)을 각막굴절교정술 렌즈(구면 표면)의 광학적 구역의 내부 표면의 형상으로 성형하는 것이다.

[0007] 각막굴절교정술 렌즈의 단점은, 망막의 곡률이 환자마다 다르다는 것이다. 기존 각막굴절교정술 렌즈는 각막의 외부 표면을 그 기본 곡선 구역의 구면 형상으로 성형하고, 각막의 외부 표면의 굴절력(refractive power) 분포는 단지 구면 표면의 굴절력 분포 규칙을 따른다. 즉, 성형된 각막의 전방측 표면의 동일한 곡률 반경의 경우에, 그 굴절력 분포는 단지 하나의 형태를 갖는다. 인간 눈의 망막의 곡률이 각막에 의해서 형성된 굴절력 분포의 곡률보다 클 때, 근시 주변 디포커스는 형성될 수 없고, 그에 따라 근시 진행은 제어될 수 없다. 그에 따라, 기본 곡선 구역이 구면 표면인 각막굴절교정술 렌즈는 제어 가능하고, 효과적인 주변 굴절력 제어를 달성할 수 없다. 이는 일부 환자에서만 유리하고 그들의 근시 진행을 제어하나, 모든 환자의 근시의 효과적인 제어를 달성할 수 없다.

[0008] 테를 가지는 안경은 구획된 구조를 갖는다. 유리의 중심은 정밀 화상화 0 구면 수차 광학 구역으로서 설계되고, 연부는 중앙 영역보다 큰 굴절력을 가지는 주변 디포커스 제어 구역으로 설계된다. 이러한 접근방식의 문제는, 주변 디포커스가 빈번하게 사용되는 광학 구역 외측에만 존재하고 대부분이 경우에 작동하지 않는다는 것이다. 근시 제어 구역은 매우 제한되고 연속적이지 않다.

[0009] 광학 디포커스 소프트 콘택트 렌즈와 관련하여, 렌즈 표면 구조는, 상이한 라디안(radian)(곡률 반경)을 가지도록 설계된 다수의 층으로 분할된다. 2개의 라디안이 교번화되어(alternate), 굴절력의 원시 디포커스를 달성한다. 그러나, 주변 디포커스 제어를 실현하는 이러한 방식에는 2가지 문제가 있다. 첫 번째로, 렌즈가 2개의 라디안만을 가지기 때문에, 광학적 화상화 프로세스는 구획된 다초점 렌즈의 광학적 화상화 프로세스와 유사하다. 포커스들이 서로 간섭하고 할로(halo)를 형성한다. 두 번째로, 곡선형 단편들의 곡률 반경들이 상이하기 때문에, 링들의 결합은 많은 양의 미광(stray light)을 유발할 수 있다. 그에 따라, 이러한 종류의 렌즈가 가지는 가장 큰 문제는, 화상화가 광학적 구역의 다층 구조에 의해서 분포된다는 것 그리고 시각적 품질이 나쁘다는 것이다.

[0010] 이제까지, 주변 디포커스를 통한 근시 진행 제어 기술은 2가지 중요한 문제 - 투명하고(clear) 정량화가 가능한 주변 디포커스 제어 구현 계획의 부족, 및 효과적이고 제어 가능한 치유 제품의 부족 - 에 직면한다.

[0011] 그에 따라, 환자 고유의 생리적 및 굴절 상태에 따라, 제어 가능한 디포커스의 정도를 가지는 맞춤형 정량적 주변 디포커스 제품을 제공하여 전술한 기존 문제를 해결할 수 있는, 제어 가능한 주변 디포커스를 가지는 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하는 방법이 특히 요구된다.

[0012] 눈 외측에 착용되는 2가지 유형의 시력 교정 렌즈 - (각막 콘택트 렌즈와 같은) 인간의 눈과 직접 접촉되는 렌즈 및 (테를 가지는 안경과 같은) 인간의 눈과 직접 접촉하지 않는 렌즈 - 가 있다. 테를 가지는 안경은 일반적으로 유리 또는 수지로 제조되고, 약 1.40 내지 1.71의 굴절률을 갖는다. 각막 콘택트 렌즈는 시력을 교정하거나 눈을 보호하기 위해서 안구의 각막에 착용되는 렌즈이다. 재료의 경도에 따라, 3가지 유형의 각막 콘택트 렌즈 - 강성, 반-강성, 및 소프트 렌즈 - 가 있다. 굴절률은 약 1.40 내지 1.50이다.

[0013] 종래 기술에서, 광학적 디포커스 소프트 콘택트 렌즈는 주변 디포커스 제어 유형의 각막 콘택트 렌즈이다. 렌즈의 표면 구조는 상이한 라디안(곡률 반경)을 가지도록 설계된 다수의 층으로 분할된다. 2개의 라디안이 교번화되어, 굴절력의 근시 주변 디포커스를 실현한다. 주변 디포커스 제어를 실현하는 이러한 방식에는 2가지 문제가 있다. 첫 번째로, 렌즈가 2개의 라디안만을 가지기 때문에, 광학적 화상화 프로세스는 구획된 다초점 렌즈의 광학적 화상화 프로세스와 유사하다. 포커스들이 서로 간섭하고 할로를 형성한다. 두 번째로, 곡선형 단

편들의 곡률 반경들이 상이하기 때문에, 링들의 결합은 많은 양의 미광을 유발할 수 있다. 그에 따라, 이러한 종류의 렌즈가 가지는 가장 큰 문제는, 화상화가 광학적 구역의 다층 구조에 의해서 분포된다는 것 그리고 시각적 품질이 나쁘다는 것이다.

[0014] 기존의 테를 가지는 안경은 분할 구조를 갖는다. 유리의 중심은 정밀 화상화 0 구면 수차 광학 구역으로서 설계되고, 연부는 중앙 영역보다 큰 굴절력을 가지는 주변 디포커스 제어 구역으로 설계된다. 이러한 접근방식의 문제는, 주변 디포커스가 빈번하게 사용되는 광학 구역 외측에만 존재하고 대부분이 경우에 작동하지 않는다는 것이다. 근시 제어 구역은 매우 제한되고 연속적이지 않다.

[0015] 그에 따라, 전술한 기존의 문제를 해결하기 위해서 눈의 외측에 착용되는 시력 교정 렌즈가 특히 요구된다.

[0016] "반대 기하형태"의 설계 원리가 각막굴절교정술 렌즈를 위해서 이용된다. 각막과 접촉되는 전체 렌즈의 표면(내부 표면)은 서로 결합되는 몇 개의 곡선형 단편으로서 설계된다. 렌즈가 착용될 때, 렌즈의 내부 표면의 특별한 형상은 렌즈와 각막의 외부 표면 사이의 불균일하게 분포된 눈물의 층을 유발한다. 눈물의 수력학적(hydrodynamic) 효과는 각막의 중심에서 상피 세포를 중간-주변 부분(주변부)로 당기는 한편; 눈을 감을 때, 눈꺼풀은 렌즈의 중심이 특정 압력을 하부 각막에 인가하게 한다. 이러한 2가지 효과는 각막 중심의 곡률의 편평화를 초래하고, 각막 형상은 각막굴절교정술 렌즈의 내부 표면의 기본 곡선 구역의 형상이 되는 경향이 있다. 렌즈를 벗은 후에, 인간 눈의 굴절 상태가 변화된다. 시각적 화상화 지점은 망막에 더 가까이 이동되고, 그에 의해서 근시를 교정한다.

[0017] 각막굴절교정술 렌즈의 "반대 기하형태" 설계는 1989년에 Stoyan에 의해서 제안되었다(US 4952045). 원래의 반대 기하형태 설계는 각막굴절교정술 렌즈를 3개의 곡선 구역 - 기본 곡선 구역, 반대 곡선 구역 및 주변 곡선 구역 - 으로 분할하였다. 이러한 설계의 반대 곡선 구역이 매우 넓기 때문에, 연부 상승 높이가 높고, 이는 렌즈의 불규칙적인 이동을 유발하는 경향이 있다. 이러한 설계는 임상적 적용에 있어서 큰 제한이 된다.

[0018] 현대의 "반대 기하형태" 설계의 각막굴절교정술 렌즈는 수정된 반대 기하형태 구역을 가지며, 일반적으로 4개의 구역으로 분할된다. 도 12에 도시된 바와 같이, 기본 곡선 구역(11)은 각막의 중앙 영역과 접촉되고 각막의 표면의 평탄화를 위해서 형상이 비교적 편평하다. 반대 곡선 구역(12)은 기본 곡선 구역(11)의 편평화 효과를 보강하기 위해서 그리고 특정량의 눈물 저장을 보장하기 위해서 비교적 가파르다. 피팅 곡선 구역(fitting curve zone)으로도 지칭되는 정렬 곡선 구역(13)은 주로 렌즈의 안정화를 위한 것이다. 주변 곡선 구역(14)은 각막과 각막굴절교정술 렌즈의 주변부 사이의 눈물의 순환을 보장한다.

[0019] 각막굴절교정술 렌즈의 내부 표면은 성형 기능이 실현되는 영역이고, 대부분의 설계는 이러한 영역에서 이루어진다. 그러한 영역은, 환자의 각막 형상 및 희망 디옵터에 따라, 2가지 변수 - 4개의 곡선 구역의 곡률 반경 및 폭 - 를 기초로 설계된다.

[0020] 현재, 생산에서 널리 이용되는 설계는 일반적으로 상이한 곡률 반경을 가지고 함께 결합되는 4개 내지 7개 또는 5개 내지 7개의 곡선을 갖는다. 도 12에 도시된 바와 같이, 4개의 곡선 구역은 가장 기본적인 설계이다. 4개의 곡선 구역은 곡률 반경이 상이한 4개의 구면 표면의 형태를 취하고, 곡선 구역들이 자연스럽게 결합되도록 그 결합부에서 모따기된다. 함께 결합된 5개 내지 7개의 곡선은, 복수의 곡선이 반대 곡선 구역(12) 및 정렬 곡선 구역(13)에서 이용된다는 것(예를 들어, 2개의 곡선이 반대 곡선 구역 내에서 이용되고, 3개의 곡선이 정렬 곡선 구역에서 이용된다는 것)을 의미하고, 그에 따라 기본 곡선 구역(11) 및 반대 곡선 구역(12)은 보다 용이하게 결합되고, 정렬 곡선 구역(13)은 각막 형상에 보다 양호하게 피팅된다(이는, 각막이 비구면이고, 복수의 구면 표면이 비구면 형상에 피팅되도록 이용되기 때문이다). 종래 기술에서, 비구면 정렬 곡선을 이용하는 설계가 또한 존재한다.

[0021] 각막 세포의 활동으로 인해서, 각막굴절교정술 렌즈에 의해서 도입되는 각막의 형상 변화는 단지 일시적이다. 환자가 각막굴절교정술 렌즈를 착용하는 것을 중단할 때, 각막은 그 원래의 형상으로 되돌아갈 것이다. 그에 따라, 원래의 각막굴절교정술 렌즈는 근시의 일시적인 교정을 위한 치료 수단으로서만 간주된다. 그러나, 그 후의 몇 년간의 임상적 연구에서, 각막굴절교정술 렌즈를 착용하는 것은 일부 청년기의 인간 눈의 축방향 길이의 증가를 감속시킬 수 있고, 그에 따라 근시의 진행을 제어할 수 있다는 것이 발견되었다. 임상적 연구는, 각막굴절교정술 렌즈의 착용 이후의 근시 주변 디포커스의 형성은 각막굴절교정술 렌즈 작동의 기초가 되는 메커니즘이라는 것을 나타낸다.

[0022] 정상적인 인간 눈의 각막은 일반적으로 비구면이고, 주변부는 중심보다 약간 더 편평하다. 각막 성형 이후에, 각막의 전방측 표면이 구면이 되고, 다시 말해서 각막굴절교정술 렌즈의 후방측 표면의 형상을 취한다. 도 13

은, 개구(aperture)와 함께, (도면에서 A에 의해서 도시된 바와 같은) 구면 각막 및, 동일한 곡률 반경의 (도면에서 B에 의해서 도시된 바와 같은) 비구면 각막의 굴절력의 변경에 관한 개략도이다. 비구면 각막과 비교하면, 구면 각막이 인간 눈의 주변부에 더 큰 굴절력을 가져온다는 것이 확인될 수 있다. 그에 따라, 근시 진행을 제어하는 각막굴절교정술 렌즈의 진정한 메커니즘은, 밤에 착용하고 있는 동안, 각막굴절교정술 렌즈가 각막을 구면 표면(각막굴절교정술 렌즈의 광학적 구역의 내부 표면의 형상)으로 성형하는 것이고, 그에 따라 물체를 볼 때, 인간 눈이 주변부에서 이전 보다 큰 굴절력을 가짐으로써, 일부 착용자가 근시 주변 디포커스를 형성할 수 있게 하고 그에 의해서 인간 눈의 축방향 길이의 증가를 감소시키고 근시의 진행을 제어한다는 것이다.

[0023] 기존 각막굴절교정술 렌즈의 기본 곡선 구역 모두는 구면 표면을 갖는다. 구면 기본 곡선 구역은 각막의 전방측 표면을 구면 표면으로 성형할 것이고, 그에 따라 각막에 의해서 제공되는 굴절력 분포는 구면 특성과 일치된다. 단점은, 망막의 곡률이 환자마다 다르다는 것이다. 기존 각막굴절교정술 렌즈는 각막의 외부 표면을 그 기본 곡선 구역의 구면 형상으로 성형하고, 각막의 굴절력 분포는 단지 구면 표면의 굴절력 분포 규칙을 따른다. 즉, 성형된 각막의 전방측 표면의 동일한 곡률 반경의 경우에, 각막의 굴절력 분포는 단지 하나의 형태를 갖는다. 예를 들어, 42.25D의 곡률 반경을 가지는 성형된 각막의 경우에, 그 굴절력 분포는 단지 도 13의 A에 의해서 도시된 바와 같은 경우일 수 있다. 인간 눈 망막의 곡률이 도면에 도시된 각막에 의해서 형성된 굴절력 분포의 곡률보다 클 때, 근시 주변 디포커스는 형성될 수 없고, 그에 따라 근시 진행은 제어될 수 없다. 그에 따라, 기본 곡선이 구면 표면인 각막굴절교정술 렌즈는 제어 가능하고, 효과적인 주변 굴절력 제어를 달성할 수 없다. 그에 따라, 이는 일부 환자에서만 유리하고 그들의 근시 진행을 제어하나, 모든 환자의 근시의 효과적인 제어를 달성할 수 없다.

[0024] 기존 각막굴절교정술 렌즈의 일부는 비구면 설계를 이용한다. 예를 들어, US 7984988 B2에서 Berke는 각막굴절교정술 렌즈의 기본 곡선 구역을 타원체로서 설계하고; US 5695509에서 Sami G. EI Hage는 각막 형상 및 눈물 두께에 따라 키이(key) 조정 지점을 결정하는 것, 조정 지점을 이용하여 비구면 피팅을 달성하는 것, 그리고 각막굴절교정술 렌즈의 내부 표면의 형상을 결정하는 것을 제시한다. 특허 201420052256.2는, 시각적 품질을 개선하기 위해서 각막굴절교정술 렌즈를 착용할 때 야간에 인간 눈에 대한 구면 수차의 간섭을 방지하기 위해서, 각막굴절교정술 렌즈의 전방측 표면을 비구면 표면으로서 설계한다. 이러한 설계의 목적은 각막의 성형 이후에 모든 인간 눈이 보다 양호한 시각적 품질을 가지게 하기 위한 것이다. 전체 눈의 굴절력 분포는 가능한 한 모든 개구에서 일정해지고, 이는 원시 주변 디포커스를 초래한다. 이는 주변 디포커스를 통해서 근시를 제어하는 목적 및 방법에 반대이다.

[0025] 그에 따라, 제어 가능한 근시 주변 디포커스를 달성하여 전술한 기존 문제를 해결하기 위해서, 기본 곡선 구역이 특별한 비구면 표면인, 각막굴절교정술 렌즈가 특히 요구된다.

[0026] 안구내 렌즈는 주로 근시 굴절을 위한 패킥 안구내 렌즈(phakic intraocular lens)(PIOL)를 지칭한다. PIOL은 인간 눈의 굴절 이상을 교정하기 위해서 인간 눈의 각막과 수정체 사이에 외과적으로 이식되는 음의 굴절률의 렌즈이다.

[0027] PIOL은 이식 위치에 따라 전안방 유형과 후안방 유형으로 분할된다. 전안방 유형의 후방측 표면은 일반적으로 비교적 편평하고, 전방측 표면은 굴절에 있어서 중요한 역할을 한다. 후안방 유형의 전방측 표면은 일반적으로 비교적 편평하고, 후방측 표면은 굴절에 있어서 중요한 역할을 한다.

[0028] 시장에 있는 기존 PIOL은 구면 설계를 이용한다. 특허 201520014249.8는, 상이한 직경의 인간 눈의 총 굴절력을 일정한 값으로 유지하여 보다 양호한 시각적 품질을 달성하는 것을 목표로 하는 비구면 PIOL을 개시한다. 구면 설계의 음의 디옵터의 렌즈에 의해서 제공되는 굴절력은 개구 직경이 증가됨에 따라 감소되고(절대값은 증가되고), 이는 인간 눈이 원시 디포커스를 형성하게 하고 인간 눈의 축방향 길이의 증가를 촉진하며, 그에 의해서 근시 진행을 가속한다. 비구면 설계의 기존 PIOL은 상이한 직경들의 인간 눈의 굴절력을 일정한 값에서 유지하고, 이는, 망막의 곡률과 비교하면, 원시 디포커스를 또한 형성할 수 있고 그에 따라 근시 진행을 가속할 수 있다.

[0029] 그에 따라, 전술한 기존 문제를 해결하기 위한 안구내 렌즈가 특히 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0030] 본 발명의 목적은 제어 가능한 주변 디포커스를 가지는 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하기 위한 방법을 제공하는 것이다. 종래 기술의 단점을 고려하여, 렌즈의 굴절력의 분포는, 인간 눈의 망막의 형상 또는 인간 눈의 주변 디포커스 또는 렌즈를 가질 때의 주변 디포커스를 측정하는 것에 의해서 결정되고, 시력 교정 렌즈가 만들어진다. 시력 교정 렌즈가 착용되고 시력 교정 렌즈의 굴절력이 인간 눈에 부가될 때, 망막 상에서의 전체 눈의 굴절력의 분포는 망막의 중앙 영역 내에서보다 망막의 주변 영역 내에서 더 크고, 망막의 전방에 맺히며, 그에 따라 근시 디포커스를 형성하고 근시 진행을 제어한다.

[0031] 본 발명의 일 양태에 따라, 제어 가능한 주변 디포커스를 가지는 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하기 위한 방법이 제공된다. 그러한 방법은:

[0032] (1) 인간 눈의 망막의 형상, 나안의 인간 눈의 주변 디포커스의 양 또는 렌즈를 가지는 인간 눈의 주변 디포커스의 양을 검사하는 것에 의해서, 인간 눈의 근시 디포커스의 형성에 필요한 조건을 계산 및 결정하는 단계;

[0033] (2) 근시 디포커스에 대해서 획득된 조건에 따라, 개구에 따라 달라지는 시력 교정 렌즈의 굴절력 분포의 계획을 공식화하는 단계(formulating); 및

[0034] (3) 시력 교정 렌즈의 굴절력이 인간 눈에 부가된 후에, 망막 상에서의 전체 눈의 굴절력의 분포가 망막의 중앙 영역 내에서보다 망막의 주변 영역 내에서 더 크고 망막의 전방에 맺혀, 근시 디포커스를 형성하도록, 시력 교정 렌즈의 굴절력 분포의 획득된 계획에 따라 시력 교정 렌즈를 만드는 단계를 포함한다.

[0035] 본 발명의 일 실시예에서, 전술한 단계(1)에서, 인간 눈의 망막의 형상이 안과 테스트 장치에 의해서 측정된다. 만약 안과 테스트 장치가 망막을 구면 표면으로 간주한다면, 망막의 형상은 망막의 곡률 반경에 의해서 측정된다. 만약 안과 테스트 장치가 망막을 비구면 표면으로 간주한다면, 망막의 형상은 비구면 표면의 등가 곡률 반경에 의해서 측정된다. 비구면 표면의 등가 곡률 반경은 이하의 방식으로 계산되고:

[0036] $$r_m = \frac{\left(\frac{d_m}{2}\right)^2 + h_m{}^2}{2h_m} = \frac{(d_m)^2 + 4h_m{}^2}{8h_m},$$

[0037] 여기에서 d_m은 측정된 개구이고, M은 개구(d_m)에서의 지점이며, h_m은 지점(M)의 시상 높이(sagittal height) 즉, 지점(M)과 비구면 표면의 정점 사이의 높이의 차이이며, r_m 은 지점(M)에서의 등가 곡률 반경이다.

[0038] 본 발명의 일 실시예에서, 전술한 단계(2)에서, 시력 교정 렌즈 및 인간 눈에 의해서 형성된 전체 눈의 굴절력의 분포(D'_t)는 망막의 형상과 관련하여 근시 디포커스를 유발하고, 이하를 충족시키며:

[0039] $$\left|\frac{1}{D'_t}\right| < \left|\frac{1}{D_r}\right| = \left|\frac{1}{D_0} - r + \sqrt{R^2 - r^2}\right|$$

[0040] 여기에서, D_r 은 반경(r)에서 전체 눈의 굴절력이고; D_0 는 작은 개구(근축(paraxial))에서의 전체 눈의 굴절력, 즉 전체 눈의 굴절력의 공칭 값이고; r은 망막 평면의 반경이며; R 은 망막의 곡률 반경 또는 등가 곡률 반경이다.

[0041] 본 발명의 일 실시예에서, 망막의 형상은 광 간섭성 단층촬영(OCT) 또는 유사한 안과 테스트 장치에 의해서 측정된다.

[0042] 본 발명의 일 실시예에서, 전술한 단계(1)에서, 나안의 인간 눈의 주변 디포커스의 양($\Delta D1$) 및 렌즈가 착용될 때의 주변 디포커스의 양($\Delta D3$) 모두는 안과 테스트 장치에 의해서 측정된다. 비구면 시력 교정 렌즈의 주변 디포커스의 양($\Delta D2$)은 공지되어 있다. 시력 교정 렌즈에 의해서 제공되는 주변 디포커스의 양($\Delta D2$) 더하기 나안의 인간 눈의 주변 디포커스의 양($\Delta D1$)이 0 이상일 때, 인간 눈은 근시 주변 디포커스를 형성한다. 렌즈를 가지는 인간 눈의 주변 디포커스의 양($\Delta D3$)이 0 보다 클 때, 이는, 시험적 렌즈의 디포커스의 양이 인간 눈의 근시 주변 디포커스를 위한 조건을 충족시킨다는 것을 나타낸다.

[0043] 본 발명의 일 실시예에서, 렌즈를 가지는 인간 눈의 주변 디포커스의 양(ΔD3)이 0 이하일 때, 이는, 렌즈의 디포커스의 양이 여전히 원시 주변 디포커스의 상태의 인간 눈에 있다는 것, 그리고 인간 눈의 근시 주변 디포커스를 달성하기 위해서 렌즈의 디포커스의 양이 증가될 필요가 있다는 것을 나타낸다.

[0044] 본 발명의 일 실시예에서, 렌즈의 주변 디포커스의 양은, 맞춤형 시력 교정을 달성하기 위해서, 환자 자체의 생리적인 조건 및 근시 제어의 범위를 위한 요건에 따라 증가되거나 감소될 수 있다.

[0045] 본 발명의 일 실시예에서, 전술한 단계(3)에서, 단계(2)에서 획득된 굴절력 분포의 계획에 따라, 시력 교정 렌즈가 비구면 설계 방법을 이용하여 만들어진다. 비구면 표면의 표현은 다음과 같고:

[0046] $$Z(y)=\frac{cy^2}{1+\sqrt{1-(1+Q)c^2y^2}}+\sum_{i=2}^{5}A_{2i}\bullet y^{2i}$$

[0047] 여기에서, Z(y)는 평면(YZ) 상의 시력 교정 렌즈의 비구면 표면의 곡선의 표현이고; c는 광학적 부분의 기본 구면 표면의 곡률 반경의 역수이고; y는 곡선 상의 임의 지점으로부터 가로좌표 축(Z)까지의 수직 거리이고; Q는 비구면 계수이고; A_{2i} 는 비구면 고차항 계수(aspheric high-order term coefficient)이며; 그리고 비구면 표면 상의 지점은 가로좌표 축(Z)을 중심으로 하는 회전 대칭 변경을 통해서 곡선으로부터 얻어진다.

[0048] Q 값 및 시력 교정 렌즈의 비구면 계수의 조정을 통해서, 시력 교정 렌즈의 표면은 상이한 반경방향 부분들에서 상이한 등가 곡률들을 나타내고, 등가 곡률은 광학적 구역 전체를 통해서 균일하게 그리고 연속적으로 변화되며, 그에 따라 시력 교정 렌즈는, 상이한 개구들에서, 근시 디포커스의 굴절력 분포에 맞춰 적응된 굴절력을 가지며, 주변 영역 내의 굴절력은 중앙 영역 내의 굴절력보다 크다.

[0049] 등가 곡률 반경은 이하에 의해서 설명되고:

[0050] $$r_m=\frac{\left(\frac{d_m}{2}\right)^2+h_m{}^2}{2h_m}=\frac{(d_m)^2+4h_m{}^2}{8h_m},$$

[0051] 여기에서 d_m은 측정된 개구이고; M은 개구(d_m)에서의 지점이며; h_m은 지점(M)의 시상 높이 즉, 지점(M)과 비구면 표면의 정점 사이의 높이의 차이이며; r_m 은 지점(M)에서의 등가 곡률 반경이다.

[0052] 종래 기술과 비교하면, 본 발명의 제어 가능한 주변 디포커스를 가지는 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하기 위한 방법은 비구면 표면을 이용하여 렌즈의 광학적 구역의 표면 형상 및 곡률 반경을 제어하고, 그에 따라 시력 교정 렌즈가 셋팅된 굴절력 주변 디포커스의 양에 따라 개구의 방향으로 균일하게 변화되고, 시력 교정 렌즈의 굴절력은 개구가 증가됨에 따라 증가되고, 그에 따라 인간 눈에 제어 가능한 근시 디포커스를 제공하고 따라서 인간 눈의 축방향 길이의 증가를 방지하고 근시 진행을 지연시키며, 그에 의해서 본 발명의 목적을 달성한다.

[0053] 본 발명의 다른 목적은 눈의 외측에 착용되는 시력 교정 렌즈를 제공하는 것이다. 종래 기술의 단점을 고려하여, 비구면 표면을 이용하여 렌즈의 광학적 구역의 표면 형상 및 곡률 반경을 제어하고, 그에 따라 주변부 내의 등가 곡률 반경이 중심에서보다 작게 되고, 그리고 주변부 내의 표면이 구면 표면보다 가파르게 되며, 그에 의해서 렌즈가 셋팅된 굴절력 분포에 따라 개구의 방향으로 균일하게 변화되고, 그리고 렌즈의 굴절력은 개구가 증가됨에 따라 증가되어, 인간 눈에 제어 가능한 근시 주변 디포커스를 제공하고 그에 의해서 인간 눈의 축방향 길이의 증가를 방지하고 근시 진행을 지연시킨다.

[0054] 본 발명의 제2 양태에 따라, 전술한 제조 방법에 따라 제조된 비구면 시력 교정 렌즈가 제공된다. 시력 교정 렌즈는 눈의 외측에 착용되는 교정 렌즈이다. 렌즈의 광학적 구역의 볼록 표면 또는 오목 표면 중 적어도 하나가 비구면이다. 렌즈의 광학적 구역의 볼록 표면이 비구면일 때, 렌즈의 광학적 구역의 주변부의 등가 곡률 반경의 절대 값은 렌즈의 광학적 구역의 중심의 곡률 반경의 절대 값보다 작다. 렌즈의 광학적 구역의 오목 표면이 비구면일 때, 렌즈의 광학적 구역의 주변부의 등가 곡률 반경의 절대 값은 렌즈의 광학적 구역의 중심의 곡률 반경의 절대 값보다 크다.

[0055] 본 발명의 일 실시예에서, 렌즈의 광학적 구역의 비구면 표면의 형상은 등가 곡률 반경의 환산 계수(scale factor)(ηn)에 의해서 정의되고, ηn은 상이한 개구들(d_m 및 d_n)에서의 r의 비율이고, m > n이며,

$$\eta_{mn} = \frac{r_m}{r_n}$$

[0056]

[0057] 렌즈의 광학적 구역의 등가 곡률 반경은 이하의 방식으로 계산되고:

$$r_m = \frac{\left(\frac{d_m}{2}\right)^2 + h_m^{\ 2}}{2h_m} = \frac{(d_m)^2 + 4h_m^{\ 2}}{8h_m}$$

[0058] ,

[0059] 여기에서 d_m은 측정된 개구이고; M은 개구(d_m)에서의 지점이며; h_m은 지점(M)의 시상 높이 즉, 지점(M)과 비구면 표면의 정점 사이의 높이의 차이이며; r_m 은 지점(M)에서의 등가 곡률 반경이다.

[0060] 렌즈의 광학적 구역의 오목 표면이 비구면 표면일 때, 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)는 1보다 크다. 5 mm 개구 및 3 mm 개구에서의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{53})는 바람직하게 1.002 이상 및 1.086 이하이다. 렌즈의 광학적 구역의 볼록 표면이 비구면 표면일 때, 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)는 1보다 작다. 5 mm 개구 및 3 mm 개구에서의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{53})는 바람직하게 0.682 이상 및 0.986 이하이다.

[0061] 본 발명의 일 실시예에서, 공기 중의 렌즈의 굴절력은 0 D 이하이다. 렌즈의 굴절력은 개구가 증가됨에 따라 반경방향으로 증가되고, 렌즈의 굴절력의 절대 값은 개구가 증가됨에 따라 감소된다.

[0062] 본 발명의 일 실시예에서, 5 mm 개구에서의 렌즈의 굴절력과 3 mm 개구에서의 렌즈의 굴절력 사이의 차이(ΔD_{53})는 0.005 D 이상이고, 바람직하게는 0.005 D 이상 및 8.849 D 이하이다.

[0063] 종래 기술과 비교하면, 본 발명의 눈의 외측에 착용되는 시력 교정 렌즈의 경우에, 비구면 표면을 이용하여 렌즈의 광학적 구역의 표면 형상 및 곡률 반경을 제어하고, 그에 따라 시력 교정 렌즈가 셋팅된 굴절력 분포에 따라 개구의 방향으로 균일하게 변화되고, 시력 교정 렌즈의 굴절력은 개구가 증가됨에 따라 증가되고, 굴절력의 절대 값은 개구가 증가됨에 따라 감소되며, 그에 따라 인간 눈에 제어 가능한 근시 주변 디포커스를 제공하고 따라서 인간 눈의 축방향 길이의 증가를 방지하고 근시 진행을 지연시키며, 그에 의해서 본 발명의 목적을 달성한다.

[0064] 본 발명의 다른 목적은 각막굴절교정술 렌즈를 제공하는 것이다. 종래 기술의 단점을 고려하여, 비구면 표면을 이용하여 렌즈의 광학적 구역의 표면 형상 및 곡률 반경을 제어하고, 그에 따라 주변부 내의 등가 곡률 반경의 절대 값이 중심에서보다 작게 되고, 그리고 주변부 내의 표면이 구면 표면보다 가파르게 되며, 그에 의해서 렌즈가 셋팅된 굴절력 분포에 따라 개구의 방향으로 균일하게 변화되고, 그리고 렌즈의 굴절력은 개구가 증가될수록 증가되어, 인간 눈에 제어 가능한 근시 디포커스를 제공하고 그에 의해서 인간 눈의 축방향 길이의 증가를 방지하고 근시 진행을 지연시킨다.

[0065] 본 발명의 제3 양태에 따라, 전술한 제조 방법에 따라 제조된 비구면 시력 교정 렌즈가 제공된다. 시력 교정 렌즈는, 렌즈의 기본 곡선 구역의 비구면 표면이 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)에 의해서 정의되는 것을 특징으로 하는 각막굴절교정술 렌즈이다. 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)는 1 미만이다. 5 mm 개구 및 3 mm 개구에서의 렌즈의 기본 곡선 구역의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{53})는 바람직하게 0.67 이상 및 1 이하이고, 더 바람직하게 0.67 이상 및 0.998 이하이다.

[0066] 환산 계수(η)는 상이한 직경들(d_m 및 d_n)에서의 렌즈의 r의 비율이고, m > n이며,

$$\eta_{mn} = \frac{r_m}{r_n}$$

[0067]

[0068] 렌즈의 기본 곡선 구역의 등가 곡률 반경은 이하의 방식으로 계산되고:

$$r_m = \frac{\left(\frac{d_m}{2}\right)^2 + h_m{}^2}{2h_m} = \frac{(d_m)^2 + 4h_m{}^2}{8h_m}$$

[0069] ,

[0070] 여기에서 d_m은 측정된 개구이고; M은 개구(d_m)에서의 지점이며; h_m은 지점(M)의 시상 높이 즉, 지점(M)과 비구면 표면의 정점 사이의 높이의 차이이며; r_m 은 지점(M)에서의 등가 곡률 반경이다.

[0071] 종래 기술과 비교하면, 본 발명의 각막굴절교정술 렌즈의 경우에, 비구면 표면을 이용하여 렌즈의 기본 곡선 구역의 표면 형상 및 곡률 반경을 제어하고, 그에 따라 주변부 내의 등가 곡률 반경의 절대 값이 중심에서 보다 작게 되고, 그리고 주변부 내의 표면이 구면 표면보다 가파르게 된다. 야간 착용 이후에, 인간 눈의 각막의 전방측 표면은 각막굴절교정술 렌즈의 기본 곡선 구역의 형상으로 성형되고, 그에 따라 인간 눈에 제어 가능한 근시 디포커스를 제공하고, 따라서 인간 눈의 축방향 길이의 증가를 방지하고 근시 진행을 지연시키며, 그에 의해서 본 발명의 목적을 달성한다.

[0072] 본 발명의 다른 목적은 안구내 렌즈를 제공하는 것이다. 종래 기술의 단점을 고려하면, 비구면 표면을 이용하여 렌즈의 광학적 구역의 표면 형상 및 곡률 반경을 제어하고, 그에 따라 곡률 반경이 상이한 개구들에서 균일하게 변화되고, 그리고 주변부 내의 등가 곡률 반경의 절대 값이 중심에서보다 커지고, 그에 의해서 주변부 내의 굴절력이 중심에서보다 더 커지며(주변부 내의 굴절력의 절대 값이 중심에서보다 작으며), 굴절력 분포가 균일한 변화를 나타내고 근시 주변 디포커스를 유발하며, 그에 의해서 근시 환자의 근시 진행을 제어한다.

[0073] 본 발명의 제4 양태에 따라, 전술한 제조 방법에 따라 제조된 비구면 시력 교정 렌즈가 제공된다. 시력 교정 렌즈는 안구내 렌즈이고, 렌즈의 광학적 구역의 전방측 표면 및 후방측 표면 중 적어도 하나는 비구면 표면인 것을 특징으로 한다. 렌즈는 셋팅된 굴절력 주변 디포커스의 양에 따라 개구의 방향으로 균일하게 변화된다. 렌즈의 굴절력은 개구가 증가됨에 따라 증가되고, 굴절력의 절대 값은 개구가 증가됨에 따라 감소된다. 안방수(aqueous humor) 내의 렌즈의 굴절력은 0 D 이하이다.

[0074] 본 발명의 일 실시예에서, 렌즈의 광학적 구역의 비구면 표면의 형상은 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)에 의해서 정의된다. 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)는 1 초과이다. 4 mm 개구 및 3 mm 개구에서의 렌즈의 광학적 구역의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{43})는 바람직하게 1.005 이상이고, 더 바람직하게 1.002 이상 및 1.09 이하이다.

[0075] 환산 계수(η)는 상이한 직경들(d_m 및 d_n)에서의 렌즈의 r의 비율이고, m > n이며,

$$\eta_{mn} = \frac{r_m}{r_n}$$

[0076]

[0077] 렌즈의 광학적 구역의 등가 곡률 반경은 이하의 방식으로 계산되고:

$$r_m = \frac{\left(\frac{d_m}{2}\right)^2 + h_m{}^2}{2h_m} = \frac{(d_m)^2 + 4h_m{}^2}{8h_m}$$

[0078] ,

[0079] 여기에서 d_m은 측정된 개구이고; M은 개구(d_m)에서의 지점이며; h_m은 지점(M)의 시상 높이 즉, 지점(M)과 비구면 표면의 정점 사이의 높이의 차이이며; r_m 은 지점(M)에서의 등가 곡률 반경이다.

[0080] 종래 기술과 비교하면, 본 발명의 안구내 렌즈의 경우에, 비구면 표면의 표면 형상 구조에 의해서, 비구면 표면을 이용하여 렌즈의 광학적 구역의 표면 형상 및 곡률 반경을 제어하고, 그에 따라 곡률 반경은 상이한 개구들에서 균일하게 변화되고, 그리고 주변부 내의 등가 곡률 반경의 절대 값이 중심에서보다 커지고, 그에 의해서 주변부 내의 굴절력이 중심에서보다 더 커지며, 주변부 내의 굴절력의 절대 값은 중심에서보다 작으며, 굴절력 분포가 균일한 변화를 나타내고 근시 주변 디포커스를 유발하며, 그에 의해서 근시 환자의 근시 진행을 제어하며 본 발명의 목적을 달성한다.

[0081] 본 발명의 제5 양태에 따라, 근시 진행을 제어 및 지연시키기 위해서 근시 주변 디포커스를 이용하는 진단 및 치료 방법이 제공된다. 이는, 진단 및 치료 방법이 전술한 제조 방법에 따라 제조된 비구면 시력 교정 렌즈를 이용하는 것에 의해서 실현되는 것을 특징으로 한다.

[0082] 본 발명의 특징은 본원 내의 도면 및 바람직한 실시예에 관한 이하의 구체적인 설명을 참조할 때 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0083] 도 1은 망막, 근시 디포커스 및 원시 디포커스의 개략도이다.

도 2는 본 발명의 근시 주변 디포커스의 디옵터의 분포 곡선의 개략도이다.

도 3은 본 발명의 비구면 표면의 곡선의 표현의 개략도이다.

도 4는 본 발명의 환산 계수(ɳ)가 관련되는 매개변수의 개략도이다.

도 5는 본 발명의 예 1의 구조의 개략도이다.

도 6은 본 발명의 예 2의 구조의 개략도이다.

도 7은 본 발명의 렌즈의 반경방향 개략도이다.

도 8은 본 발명의 시력 교정 렌즈 진단 및 치료 방법의 흐름도이다.

도 9는 본 발명의 굴절력 분포 및 망막의 개략도이다.

도 10은 본 발명의 예 3의 흐름도이다.

도 11은 본 발명의 예 4의 흐름도이다.

도 12는 4개의 곡선 구역으로 설계된 내부 표면을 가지는 기존 각막굴절교정술 렌즈의 길이방향 중앙 단면의 개략도이다.

도 13은 굴절력이 42.25 D인 기존의 구면 각막 및 상이한 개구들에서 -0.25의 비구면 계수(Q) 값 및 42.25 D의 굴절력을 가지는 비구면 각막의 굴절력 분포의 개략도이다.

도 14는 본 발명의 각막굴절교정술 렌즈의 구조의 개략도이다.

도 15는 본 발명의 안구내 렌즈의 구조의 개략도이다.

도 16은 도 15의 측면도이다.

도 17은 본 발명의 다른 안구내 렌즈의 구조의 개략도이다.

도 18은 도 17의 측면도이다.

도 19는 본 발명의 굴절력 분포 및 종래 기술의 굴절력 분포의 개략도이다.

도 20은 본 발명의 비구면 표면 및 종래 기술의 비구면 표면의 표면 형상의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0084] 본 발명의 기술적 수단, 창의적인 특징, 목적 및 효과의 용이한 이해를 위해서, 구체적인 도면을 참조하여 본 발명을 이하에서 더 설명할 것이다.

[0085] 용어의 정의

[0086] 본원에서 사용된 바와 같은 "근시 주변 디포커스"라는 용어는, 주변 영역이 중앙 영역의 굴절력보다 큰 굴절력을 갖는다는 것을 의미한다. 중앙 화상 지점이 망막 상에 맺힐 때, 주변 화상 지점은 망막의 전방에 맺히고, 이는 주변 디포커스의 양(ΔD)이 0 보다 큰 것으로 정의된다.

[0087] 본원에서 사용된 바와 같은 "원시 주변 디포커스"라는 용어는, 주변 영역이 중앙 영역의 굴절력보다 작은 굴절력을 갖는다는 것을 의미한다. 중앙 화상 지점이 망막 상에 맺힐 때, 주변 화상 지점은 망막의 뒤쪽에 맺히고, 이는 디포커스의 양(ΔD)이 0 미만인 것으로 정의된다.

[0088] 본원에서 사용된 바와 같이, "굴절력"이라는 용어는 렌즈가 광을 반사하는 정도의 측정치이다. "디옵터"는 굴절력의 크기의 측정치이다. 양의 그리고 음의 디옵터가 있다. 디옵터들을 비교할 때 부호가 또한 고려된다. 예를 들어, D1 = 10.0 D이고 D2 = 15.0 D인 경우에, D1 < D2이고; D3 = -10.0 D이고 D4 = -15.0 D인 경우에, D3 > D4이다.

[0089] 본원에서 사용된 바와 같은 "광학적 구역"이라는 용어는, 광학적 성질을 가지고 그에 따라 렌즈의 디옵터의 조정을 달성할 수 있는 렌즈의 중앙 영역 내의 주요 기능적 부분을 지칭한다.

[0090] 본원에서 사용된 바와 같은 "햅틱" 또는 "지지 햅틱(support haptic)"이라는 용어는, 렌즈의 광학적 부분과 연결되고 광학적 부분을 지지하고 렌즈를 인간 눈 내에 배치하기 위한 기능을 하는 부분을 지칭한다.

[0091] 본원에서 사용된 바와 같은 "반경방향"이라는 용어는 반경 또는 직경을 따른 렌즈 중심으로부터의 직선의 방향을 지칭한다.

[0092] 본원에서 사용된 바와 같은 "개구"라는 용어는 렌즈 표면의 반경방향 직경을 지칭한다.

[0093] "전방측" 및 "후방측"과 같은, 본원에서 위치적 관계를 나타내는 용어는 눈의 각막의 표면까지의 거리를 기초로 이용된다. 예를 들어, 본원의 렌즈의 경우에, "광학적 부분의 후방측 표면"은, "광학적 부분의 전방측 표면"보다 눈의 각막에 더 가까운 광학적 표면이다.

[0094] 본원에서 사용된 바와 같은 "기본 구면 표면"이라는 용어는, 렌즈의 광학적 부분의 전방측 표면 및 후방측 표면에 의해서 취해진 다양한 형상에 상응하는 동일한 곡률 반경의 설계 값을 가지는 이상적인 구면 표면을 지칭한다. 본원에서, 용어의 일치를 위해서, 이상적 구면 표면은 "기본 구면 표면"으로서 통칭된다.

[0095] 본원에서 사용된 바와 같은 "가파른" 및 "편평한"이라는 용어는 렌즈의 등가 곡률 반경의 크기를 설명한다. 예를 들어, 본원에서, "구면 표면보다 가파른"은, 렌즈의 등가 곡률 반경의 절대 값이 기본 구면 표면의 곡률 반경의 절대 값보다 작다는 것을 의미하고; "구면 표면보다 편평한"은, 렌즈의 등가 곡률 반경의 절대 값이 기본 구면 표면의 곡률 반경의 절대 값보다 크다는 것을 의미한다.

[0096] 본원에서 사용된 바와 같은 "볼록 표면"이라는 용어는 표면의 임의 지점을 통해서 만들어진 접선 평면 아래에 항상 있는 표면을 지칭하고; "오목 표면"은 표면의 임의 지점을 통해서 만들어진 접선 평면 위에 항상 있는 표면을 지칭한다.

[0097] 도 6에 도시된 것과 유사하게, 본 발명의 일 양태에 따른 눈의 외측에 착용되는 시력 교정 안경은 렌즈를 포함한다. 렌즈의 광학적 구역(100)의 볼록 표면(101) 또는 오목 표면(102) 중 적어도 하나가 비구면이다. 렌즈의 광학적 구역(100)의 볼록 표면(101)이 비구면일 때, 렌즈의 광학적 구역(100)의 주변부의 등가 곡률 반경은 렌즈의 광학적 구역(100)의 중심의 곡률 반경보다 작고; 렌즈의 광학적 구역(100)의 오목 표면(102)이 비구면일 때, 렌즈의 광학적 구역(100)의 주변부의 등가 곡률 반경은 렌즈의 광학적 구역(100)의 중심의 곡률 반경보다 크다.

[0098] 도 2에 도시된 바와 같이, 공기 중의 렌즈의 굴절력은 0 D 이하이다. 렌즈의 굴절력은 개구가 증가됨에 따라 반경방향으로 증가되고, 렌즈의 굴절력의 절대 값은 개구가 증가됨에 따라 감소된다.

[0099] 도 7은 본 발명의 렌즈의 반경방향 개략도이고, A는 본 발명의 렌즈의 정면도이고 B는 본 발명의 렌즈의 반경방향을 도시한다.

[0100] 5 ㎜ 개구에서의 렌즈의 굴절력과 3㎜ 개구에서의 렌즈의 굴절력 사이의 차이(ΔD_{53})는 0.005 D 이상이고, 바람직하게는 0.005 D 이상 및 8.849 D 이하이다.

[0101] 도 3에 도시된 바와 같이, 렌즈의 광학적 구역(100)의 비구면 표면의 표현은 다음과 같고:

[0102] $$Z(y)=\frac{cy^2}{1+\sqrt{1-(1+Q)c^2y^2}}+\sum_{i=2}^{5}A_{2i}\bullet y^{2i}$$

[0103] 여기에서, c는 광학적 부분의 기본 구면 표면의 곡률 반경의 역수이고, y는 곡선 상의 임의 지점으로부터 가로좌표 축(Z)까지의 수직 거리이고, Q는 비구면 계수이고, A_{2i} 는 비구면 고차항 계수이며, 그리고 비구면 표면은 가로좌표 축(Z)을 중심으로 하는 회전 대칭 변경을 통해서 비구면 표면 곡선으로부터 얻어진다.

[0104] 도 4에 도시된 바와 같이, 렌즈의 광학적 구역(100)의 비구면 표면의 형상은 등가 곡률 반경의 환산 계수(ɳ)에

의해서 정의되고, η은 상이한 개구(d_m 및 d_n)에서의 r의 비율이고, m > n이며,

[0105] $$\eta_{mn} = \frac{r_m}{r_n}$$

[0106] 이다.

[0107] 렌즈의 광학적 구역(100)의 오목 표면(102)이 비구면 표면일 때, 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)는 1보다 크다. 렌즈의 광학적 구역(100)의 볼록 표면(101)이 비구면 표면일 때, 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)는 1보다 작다.

[0108] 렌즈의 광학적 구역(100)의 등가 곡률 반경은 이하의 방식으로 계산되고:

[0109] $$r_m = \frac{\left(\frac{d_m}{2}\right)^2 + h_m{}^2}{2h_m} = \frac{(d_m)^2 + 4h_m{}^2}{8h_m}$$,

[0110] 여기에서 d_m은 측정된 개구이고, M은 개구(d_m)에서의 지점이며, h_m은 지점(M)의 시상 높이(sagittal height) 즉, 지점(M)과 비구면 표면의 정점 사이의 높이의 차이이며, r_m 은 지점(M)에서의 등가 곡률 반경이다.

[0111] 렌즈의 광학적 구역(100)의 오목 표면(102)이 비구면 표면일 때, 5 mm 개구 및 3 mm 개구에서의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{53})는 바람직하게 1.002 이상 및 1.086 이하이다.

[0112] 렌즈의 광학적 구역(100)의 볼록 표면(101)이 비구면 표면일 때, 5 mm 개구 및 3 mm 개구에서의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{53})는 바람직하게 0.682 이상 및 0.986 이하이다.

[0113] 예 1

[0114] 도 5에 도시된 바와 같이, 이러한 예에서, 시력 교정 렌즈는 각막 콘택트 렌즈이다. 렌즈의 광학적 구역(100')의 오목 표면(102')(각막과 직접 접촉되는 표면)의 형상은 각막의 표면과 그 형상이 일치되고, 다시 말해서 구면 표면 또는 비구면 표면이 각막의 형태와 일치된다. 렌즈의 광학적 구역(100')의 볼록 표면(101')은 본 발명의 비구면 구조를 갖는다. 본 발명의 비구면 구조는 전술한 바와 같다.

[0115] 이러한 예에서, 5 mm 개구 및 3 mm 개구에서 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{53})는 바람직하게 0.682 이상 및 0.986 이하이고, 굴절력의 차이(ΔD_{53})는 0.130 D이상 및 4.779 D 이하이다.

[0116] 구체적인 예를 위해서 표 1을 참조하며, 여기에서 Rp 및 Qp는 콘택트 렌즈의 볼록 표면(각막과 직접 접촉되는 표면)의 곡률 반경 및 비구면 계수이고; Ra, Qa, A4, A6 및 A8는 각각 콘택트 렌즈의 전방측 표면의 곡률 반경, 비구면 계수 및 고차(higher-order) 비구면 계수이며; ΔD_{53} 는 5 mm 개구의 렌즈의 굴절력과 3 mm 개구의 렌즈의 굴절력 사이의 차이이고; η_{53} 은 5 mm 개구 및 3 mm 개구의 렌즈의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수이다.

표 1

각막 콘택트 렌즈의 예

[0117]

굴절률	디옵터 /D	Rp/mm	Qp	Ra/mm	Qa	A4	A6	A8	ΔD_{53}	η_{53}
1.415	-20	10.00	-0.25	19.581	2.412	5.402E-05	-3.762E-08	-1.091E-09	0.130	0.986
1.400	-30	11.166	0	76.890	291.247	2.553E-04	1.612E-06	-1.875E-07	1.690	0.835
1.400	-30	11.166	0	93.392	772.250	7.205E-04	4.236E-06	-1.721E-06	4.723	0.682
1.500	-30	10	0	27.443	31.184	5.526E-04	-5.714E-06	-2.844E-07	4.757	0.875
1.400	-30	10	0	48.019	185.239	6.685E-04	1.051E-06	-1.972E-06	4.734	0.779
1.400	-30	10	0	43.144	86.798	2.367E-04	8.245E-07	-2.729E-07	1.715	0.887
1.400	-10	10	0	13.539	1.401	9.163E-05	6.267E-07	-8.348E-11	0.714	0.982
1.400	-30	10	0	42.604	67.215	1.931E-04	2.685E-07	-9.757E-08	1.188	0.907
1.400	-10	10	0	13.512	1.277	6.053E-05	3.763E-07	3.089E-09	0.452	0.986
1.400	-30	10	0	41.966	52.149	1.393E-04	-1.554E-07	-4.106E-08	0.618	0.929
1.432	-15	5	0	6.194	0.199	3.103E-04	3.952E-06	3.853E-07	0.269	0.980
1.432	-15	7.8	0	10.859	0.664	1.035E-04	5.140E-07	1.131E-08	0.191	0.986
1.432	-30	5	0	7.970	1.175	4.929E-04	4.910E-06	1.295E-07	0.868	0.952
1.432	-30	7.8	0	17.585	2.136	2.707E-04	1.162E-06	1.410E-08	0.570	0.957

[0118]

1.432	-30	10	0	33.922	25.348	1.168E-04	-4.114E-09	-2.754E-08	0.476	0.949
1.432	-15	5	0	6.192	0.230	3.032E-04	3.710E-06	3.520E-07	0.352	0.966
1.432	-15	10	0	15.536	1.451	6.693E-05	2.190E-07	5.918E-09	0.253	0.976
1.432	-30	5	0	7.982	1.132	5.279E-04	4.478E-06	2.113E-07	1.005	0.920
1.432	-30	10	0	34.020	28.649	1.254E-04	-1.425E-07	-2.733E-08	0.623	0.909
1.432	-30	5	0	8.006	1.496	5.064E-04	3.737E-06	-9.895E-08	1.539	0.947
1.432	-30	10	0	34.391	35.500	1.763E-04	2.033E-07	-5.459E-08	1.190	0.927
1.432	-30	5	0	8.026	1.498	5.799E-04	3.795E-06	-1.053E-07	2.032	0.944
1.432	-30	10	0	34.753	42.723	2.232E-04	9.326E-07	-1.499E-07	1.723	0.911
1.432	-30	5	0	8.047	1.581	6.355E-04	2.547E-06	-1.434E-07	2.490	0.941
1.432	-30	10	0	30.107	46.095	2.828E-04	1.180E-06	-1.965E-07	2.209	0.890
1.432	-30	5	0	8.075	1.922	6.570E-04	2.717E-08	-4.791E-07	3.128	0.936
1.432	-30	10	0	35.665	69.042	3.237E-04	-4.695E-07	-5.382E-07	2.879	0.877
1.432	-30	10	0	37.482	118.917	5.157E-04	1.713E-06	-2.677E-06	4.779	0.823
1.432	-30	5	-0.25	7.985	0.952	3.945E-04	4.615E-07	-7.752E-08	1.502	0.963
1.432	-30	10	-0.25	34.219	32.089	1.536E-04	1.739E-07	-3.938E-08	0.582	0.935
1.432	-30	5	-0.25	8.017	1.008	4.586E-04	-8.108E-08	-9.179E-08	2.001	0.960
1.432	-30	10	-0.25	34.763	40.819	2.014E-04	1.339E-07	-9.593E-08	1.470	0.918
1.432	-30	5	-0.5	8.016	0.718	2.862E-04	-2.794E-06	-1.090E-07	1.981	0.974
1.432	-30	10	-0.5	34.765	37.245	1.816E-04	1.326E-07	-6.647E-08	1.712	0.925
1.432	-30	10	-1	34.770	31.281	1.385E-04	2.832E-07	-2.820E-08	1.707	0.939
1.710	-30	10	0	18.205	9.161	3.391E-04	-4.381E-06	-1.337E-07	4.739	0.934

[0119] 예 2

[0120] 이러한 예에서, 시력 교정 렌즈는 테를 가지는 안경이다. 렌즈의 광학적 구역(100)의 볼록 표면(101) 또는 오목 표면(102) 중 적어도 하나는 전술한 바와 같은 본 발명의 비구면 표면 구조를 갖는다.

[0121] 렌즈의 광학적 구역(100)의 볼록 표면(101)은 본 발명의 비구면 표면 구조를 갖는다. 구조는 예 1의 구조와 유사하다. 주변부 내의 등가 곡률 반경은 중심에서 보다 작고, 주변부 내의 표면은 구면 표면보다 가파르고, 그에 따라 표면은 셋팅된 굴절력 분포에 따라 개구의 방향으로 균일하게 변화된다.

[0122] 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 비구면 표면 구조가 렌즈의 광학적 구역(100)의 오목 표면(102) 상에 있을 때, 비구면 표면이 위치되는 표면이 음의 굴절력을 가지는 렌즈를 제공하기 때문에, 렌즈가 본 발명의 굴절력 분포와 동일한 굴절력 분포를 가지기 위해서는, 큰 개구의 렌즈에 의해서 제공되는 굴절력의 절대 값은 작은 개구에서의 굴절력보다 작아야 한다. 동일한 굴절력 제어를 달성하기 위해서, 주변부 내의 표면은 명백하게 구면 표면보다 더 편평하여야 한다.

[0123] 이러한 예에서, 5 ㎜ 개구 및 3 ㎜ 개구에서 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{53})는 바람직하게 1.002 이상 및 1.086 이하이고, 굴절력의 차이(ΔD_{53})는 0.005 D이상 및 8.849 D 이하이다.

[0124] 구체적인 예를 위해서 표 2을 참조하며, 여기에서 Rp 및 Qp는 콘택트 렌즈의 볼록 표면(각막과 직접 접촉되는 표면)의 곡률 반경 및 비구면 계수이고; Ra, Qa, A4, A6 및 A8는 각각 콘택트 렌즈의 볼록 표면의 곡률 반경, 비구면 계수 및 고차 비구면 계수이며; ΔD_{53} 는 5 ㎜ 개구의 렌즈의 굴절력과 3 ㎜ 개구의 렌즈의 굴절력 사이의 차이이고; η_{53} 은 5 ㎜ 개구 및 3 ㎜ 개구의 렌즈의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수이다.

표 2

테를 가지는 안경의 예

[0125]

굴절률	Ra	Rp	Qp	A4	A6	A8	ΔD_{53}	η_{53}
1.43	10.428	6.869	-0.727	-3.81E-04	-1.33E-06	2.85E-08	3.047	1.036
1.43	10.428	6.869	-1.000	0	0	0	1.040	1.021
1.43	10.428	6.869	-2.000	0	0	0	3.429	1.040
1.43	10.428	6.869	-5.000	0	0	0	7.939	1.086
1.50	9.773	7.000	-5.000	0	0	0	8.662	1.083
1.70	8.807	7.000	-5.000	0	0	0	8.849	1.083
1.43	8.368	5.502	0.215	-7.247E-04	-1.067E-05	-1.003E-06	0.392	1.024
1.55	7.724	5.954	-0.157	-2.029E-04	-2.378E-06	-9.978E-08	0.227	1.014
1.71	7.275	5.964	-0.123	-1.562E-04	-1.820E-06	-9.407E-08	0.225	1.011
1.71	6.203	5.996	-0.019	-2.161E-05	-1.861E-07	-2.286E-08	0.005	1.002

[0126] 물론, 테를 가지는 안경의 경우에, 렌즈의 볼록 표면 및 오목 표면 중 하나만이 본 발명의 비구면 표면 구조를 갖는다는 것을 제외하고, 렌즈의 볼록 표면 및 오목 표면 모두는 본 발명의 비구면 표면 구조일 수 있다. 상세 내용을 여기에서 반복할 필요는 없을 것이다.

[0127] 근시 주변 디포커스 및 렌즈의 비구면 표면 설계에 의해서 근시 진행을 제어하는 본 발명의 개념을 기초로, 당업자는 또한, 인간 눈의 축방향 길이의 증가를 적극적으로 촉진함으로써 인간 눈의 원시 주변 디포커스를 달성하여 원시를 치료하기 위해서, 렌즈의 반대로 수정된 제어를 통해서, 작은 개구에서의 렌즈의 절대값보다 큰, 큰 개구에서의 렌즈의 굴절력의 절대값을 만드는 것을 생각할 수 있다.

[0128] 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 양태에 따른 제어 가능한 주변 디포커스를 가지는 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하기 위한 방법은:

[0129] (1) 인간 눈의 망막의 형상, 나안의 인간 눈의 주변 디포커스의 양 또는 렌즈를 가지는 인간 눈의 주변 디포커스의 양을 검사하는 것에 의해서, 인간 눈의 근시 디포커스의 형성에 필요한 조건을 계산 및 결정하는 단계;

[0130] (2) 근시 디포커스에 대해서 획득된 조건에 따라, 개구에 따라 달라지는 시력 교정 렌즈의 굴절력 분포의 계획을 공식화하는 단계; 및

[0131] (3) 시력 교정 렌즈의 굴절력이 인간 눈에 부가된 후에, 망막 상에서의 전체 눈의 굴절력의 분포가 망막의 중앙 영역 내에서보다 주변 영역 내에서 더 크고 망막의 전방에 맺혀, 근시 디포커스를 형성하도록, 시력 교정 렌즈의 굴절력 분포의 획득된 계획에 따라 시력 교정 렌즈를 제조하는 단계를 포함한다.

[0132] 도 9에 도시된 바와 같이, B는 망막이고 C는 망막 상의 전체 눈의 굴절력의 분포 곡선이다. 망막의 형상, 나안의 인간 눈의 주변 디포커스의 양 및 렌즈를 가지는 인간 눈의 주변 디포커스의 양이 안과 테스트 장치에 의해서 측정될 수 있다.

[0133] 인간 눈의 망막의 형상은 (광 간섭성 단층촬영(OCT)과 같은) 안과 테스트 장치에 의해서 측정된다. 안과 테스트 장치는 망막을 구면 표면으로 간주하고, 망막의 형상을 망막의 곡률 반경에 의해서 측정한다.

[0134] 인간 눈의 망막의 형상은 안과 테스트 장치에 의해서 측정된다. 안과 테스트 장치는 망막을 비구면 표면으로 간주하고, 망막의 형상을 비구면 표면의 등가 곡률 반경에 의해서 측정한다. 비구면 표면의 등가 곡률 반경은 이하의 방식으로 계산되고:

[0135] $$r_m = \frac{\left(\frac{d_m}{2}\right)^2 + h_m^{\,2}}{2h_m} = \frac{(d_m)^2 + 4h_m^{\,2}}{8h_m},$$

[0136] 여기에서 d_m은 측정된 개구이고; M은 개구(d_m)에서의 지점이며; h_m은 지점(M)의 시상 높이 즉, 지점(M)과 비구면 표면의 정점 사이의 높이의 차이이며; r_m 은 지점(M)에서의 등가 곡률 반경이다.

[0137] 시력 교정 렌즈 및 인간 눈에 의해서 형성된 전체 눈의 굴절력의 분포는 이하를 충족한다:

[0138] $$\frac{1}{D_r} = \frac{1}{D_0} - r + \sqrt{R^2 - r^2},$$

[0139] 시력 교정 렌즈 및 인간 눈에 의해서 형성된 전체 눈의 굴절력의 분포는 망막의 형상과 관련하여 근시 디포커스를 유발하고, 이하를 충족한다:

[0140] $$\left|\frac{1}{D_t'}\right| < \left|\frac{1}{D_r}\right| = \left|\frac{1}{D_0} - r + \sqrt{R^2 - r^2}\right|$$

[0141] 여기에서, D_r 은 반경(r)에서 전체 눈의 굴절력이고; D_0 는 작은 개구(근축)에서의 전체 눈의 굴절력, 즉 전체 눈의 굴절력의 공칭 값이고; r은 망막 평면의 반경이며; R 은 망막의 곡률 반경 또는 등가 곡률 반경이다.

[0142] 전술한 조건 하에서, 망막 상의 전체 눈의 굴절력의 분포가 도 9에서 곡선 C로 도시되어 있다. 비구면 설계를 통해서, 렌즈의 연부에서의 굴절력과 렌즈의 중심에서의 굴절력 사이의 차이가 전술한 요건을 충족한다.

[0143] 굴절력 분포를 충족시키는 획득된 조건에 따라, 시력 교정 렌즈의 굴절력이 상이한 개구들에서 근시 디포커스 분포를 가지도록, 즉 (도 2에 도시된 바와 같이) 개구가 증가됨에 따라 굴절력이 증가되도록, 시력 교정 렌즈는 비구면 설계 방법을 이용하여 만들어진다.

[0144] 나안의 인간 눈의 주변 디포커스의 양(ΔD1)은 (OCT, 각막 단층촬영기, 파두 수차계(wavefront aberrometer) 및 기타와 같은) 안과 테스트 장치에 의해서 측정될 수 있다. 시력 교정 렌즈에 의해서 제공되는 주변 디포커스의 양(ΔD2) 더하기 나안의 인간 눈의 주변 디포커스의 양(ΔD1)이 0 이상일 때, 인간 눈은 근시 주변 디포커스를

형성한다.

[0145] 공지된 디옵터 그리고 공지된 굴절력 분포의 시험용 렌즈가 인간 눈에 착용될 수 있다. 렌즈를 가지는 인간 눈의 주변 디포커스의 양(ΔD3)은 렌즈가 착용될 때 검사된다. 렌즈를 가지는 인간 눈의 주변 디포커스의 양(ΔD3)은 안과 테스트 장치에 의해서 측정될 수 있다. 렌즈를 가지는 인간 눈의 주변 디포커스의 양(ΔD3)이 0 보다 클 때, 이는, 시험적 렌즈의 디포커스의 양이 인간 눈이 근시 주변 디포커스를 가지기 위한 조건을 충족시킨다는 것을 나타내고, 시력 교정 렌즈는 그에 따라 제조될 수 있다. 렌즈를 가지는 인간 눈의 주변 디포커스의 양(ΔD3)이 0 이하일 때, 이는, 렌즈의 디포커스의 양이 여전히 원시 주변 디포커스의 상태의 인간 눈에 있다는 것, 그리고 인간 눈의 근시 주변 디포커스를 달성하기 위해서 렌즈의 디포커스의 양이 증가될 필요가 있다는 것을 나타낸다.

[0146] 렌즈의 주변 디포커스의 양은, 맞춤형 시력 교정을 달성하기 위해서, 환자 자체의 생리적인 조건 및 근시 제어의 범위를 위한 요건에 따라 증가되거나 감소될 수 있다.

[0147] 단계(2)에서 획득된 굴절력 분포 계획에 따라, 시력 교정 렌즈의 굴절력이 상이한 개구들에서 근시 디포커스 분포를 가지도록, 즉 개구가 증가됨에 따라 굴절력이 증가되도록, 시력 교정 렌즈는 비구면 설계 방법을 이용하여 만들어진다. 비구면 표면의 표현(도 3에 도시된 바와 같이, D는 구면 표면 곡선이고, E는 비구면 표면 곡선이다)은 다음과 같고:

[0148] $$Z(y)=\frac{cy^2}{1+\sqrt{1-(1+Q)c^2y^2}}+\sum_{i=2}^{5}A_{2i}\bullet y^{2i}$$

[0149] 여기에서, Z(y)는 평면(YZ) 상의 시력 교정 렌즈의 비구면 표면의 곡선의 표현이고, c는 광학적 부분의 기본 구면 표면의 곡률 반경의 역수이고, y는 곡선 상의 임의 지점으로부터 가로좌표 축(Z)까지의 수직 거리이고, Q는 비구면 계수이고; A_{2i} 는 비구면 고차항 계수이며, 그리고 비구면 표면 상의 지점은 가로좌표 축(Z)을 중심으로 하는 회전 대칭 변경을 통해서 곡선으로부터 얻어진다.

[0150] Q 값 및 시력 교정 렌즈의 비구면 계수의 조정을 통해서, 시력 교정 렌즈의 표면은 상이한 반경방향 부분들에서 상이한 등가 곡률들을 나타내고, 등가 곡률은 광학적 구역 전체를 통해서 균일하게 그리고 연속적으로 변화되며, 그에 따라 시력 교정 렌즈는, 상이한 개구들에서, 근시 디포커스의 굴절력 분포에 맞춰 적응된 굴절력을 가지며, 주변 영역 내의 굴절력은 중앙 영역 내의 굴절력보다 크다.

[0151] 이는 비구면 표면의 형상을 제어하기 위한 방법을 더 포함한다. 방법은 (도 4에 도시된 바와 같이) 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)에 의해서 설명된다.

[0152] $$\eta_{mn}=\frac{r_m}{r_n}$$

[0153] η은 상이한 개구들(d_m 및 d_n)에서의 r의 비율이고, m > n이다.

[0154] 구면 표면의 경우에, η = 1이고; 중심에서보다 주변부에서 더 편평한 비구면 표면의 경우에, η > 1이며; 중심에서보다 주변부에서 더 가파른 비구면 표면의 경우에, η < 1이다. 각각의 개구에서의 비구면 표면의 등가 곡률 반경은 등가 곡률 반경의 환산 계수의 제어를 통해서 설계되고, 그에 의해서 렌즈의 굴절력 분포가 근시 주변 디포커스의 요건을 충족시킬 수 있게 한다.

[0155] 이는 공기 중의 상이한 개구들에서의 렌즈의 굴절력의 차이를 이용하여 표현된다.

[0156] $$\Delta D_{m,n}=D_m-D_n$$

[0157] 이는 m의 개구 및 n의 개구에서의 렌즈의 굴절력 사이의 차이를 나타내고, m > n이다.

[0158] 본 발명은 또한, 눈의 외측에 착용되는 시력 교정 렌즈, 각막굴절교정술 렌즈 및 안구내 렌즈를 포함하는, 비구면 시력 교정 렌즈를 제공한다. 비구면 시력 교정 렌즈는 본 발명의 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하기 위한 방법을 이용하여 제조된다.

[0159] 본 발명은 또한, 근시 진행을 제어 및 지연시키기 위해서 근시 주변 디포커스를 이용하는 진단 및 치료 방법을 제공한다. 진단 및 치료 방법은 본 발명의 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하기 위한 방법에서 제조된 비구면 시

력 교정 렌즈의 이용에 의해서 실현된다.

[0160] 예 3

[0161] 이러한 예에서, 시력 교정 렌즈는 눈의 외측에 착용되는 (테를 가지는 안경과 같은) 시력 교정 렌즈이다.

[0162] 도 10에 도시된 바와 같이, 이러한 예에서, 테를 가지는 안경의 기존 피팅 방법, RGP에 더하여, 이는 본 발명의 제어 가능한 주변 디포커스를 가지는 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하는 방법을 더 포함하고, 그러한 방법은:

[0163] (1) 인간 눈의 망막의 형상, 나안의 인간 눈의 주변 디포커스의 양 또는 렌즈를 가지는 인간 눈의 주변 디포커스의 양을 검사하는 것에 의해서, 인간 눈의 근시 디포커스의 형성에 필요한 조건을 계산 및 결정하는 단계;

[0164] (2) 근시 디포커스에 대해서 획득된 조건에 따라, 개구에 따라 달라지는 시력 교정 렌즈의 굴절력 분포의 계획을 공식화하는 단계; 및

[0165] (3) 시력 교정 렌즈의 굴절력이 인간 눈에 부가된 후에, 망막 상에서의 전체 눈의 굴절력의 분포가 망막의 중앙 영역 내에서보다 주변 영역 내에서 더 크고 망막의 전방에 맺혀, 근시 디포커스를 형성하도록, 시력 교정 렌즈의 굴절력 분포의 획득된 계획에 따라 시력 교정 렌즈를 제조하는 단계를 포함한다.

[0166] 나머지 내용은 전술한 것과 동일하고, 그에 따라 여기에서 반복하지 않는다.

[0167] 예 4

[0168] 이러한 예에서, 시력 교정 렌즈는 각막굴절교정술 렌즈이다.

[0169] 도 11에 도시된 바와 같이, 이러한 예에서, 각막굴절교정술 렌즈의 기본 설계 방법은 기존 방법과 동일하나, 기본 곡선 구역의 표면 형상은 망막의 곡률에 의해서 결정된다. 인간 눈의 망막에 의해서 요구되는 굴절력 분포는, 개구의 증가와 함께 인간 눈의 굴절력이 증가되는 경향이 원시 주변 디포커스를 형성하기 위한 망막의 곡률보다 크도록, 그에 의해서 인간 눈의 축방향 길이의 증가를 방지하고 근시 진행을 제어하도록 보장하기 위해서, 망막의 곡률에 따라 계산된다. 각막굴절교정술 렌즈의 내부 표면(기본 곡선 구역)의 표면 형상은 인간 눈의 굴절력의 분포에 따라 설계된다. 각막굴절교정술 렌즈의 원리는 인간 눈에서의 착용 이후의 원리이기 때문에, 각막의 형상은 각막굴절교정술 렌즈의 기본 곡선 구역의 형상으로 변화된다. 그에 따라, 각막굴절교정술 렌즈의 기본 곡선 구역의 표면 형상은 광학적 기능을 실현하는 각막의 표면 형상이다.

[0170] 망막의 곡률에 따른 인간 눈의 망막에 의해서 요구되는 굴절력 분포의 계산은 본 발명의 제어 가능한 주변 디포커스를 가지는 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하기 위한 방법을 이용한다. 그러한 방법은:

[0171] (1) 인간 눈의 망막의 형상, 나안의 인간 눈의 주변 디포커스의 양 또는 렌즈를 가지는 인간 눈의 주변 디포커스의 양을 검사하는 것에 의해서, 인간 눈의 근시 디포커스의 형성에 필요한 조건을 계산 및 결정하는 단계;

[0172] (2) 근시 디포커스에 대해서 획득된 조건에 따라, 개구에 따라 달라지는 시력 교정 렌즈의 굴절력 분포의 계획을 공식화하는 단계; 및

[0173] (3) 시력 교정 렌즈의 굴절력이 인간 눈에 부가된 후에, 망막 상에서의 전체 눈의 굴절력의 분포가 망막의 중앙 영역 내에서보다 주변 영역 내에서 더 크고 망막의 전방에 맺혀, 근시 디포커스를 형성하도록, 시력 교정 렌즈의 굴절력 분포의 획득된 계획에 따라 시력 교정 렌즈를 제조하는 단계를 포함한다.

[0174] 나머지 내용은 전술한 것과 동일하고, 그에 따라 여기에서 반복하지 않는다.

[0175] 예 5

[0176] 이러한 예에서, 시력 교정 렌즈는 안구내 렌즈이다.

[0177] 안구내 렌즈는 주로 근시 굴절을 위한 패킥 안구내 렌즈(PIOL)를 지칭한다. PIOL은 인간 눈의 굴절 이상을 교정하기 위해서 인간 눈의 각막과 수정체 사이에 외과적으로 이식되는 음의 굴절률의 렌즈이다.

[0178] 안구내 렌즈는 이식 위치에 따라 전안방 유형과 후안방 유형으로 분할된다. 전안방 유형 PIOL의 후방측 표면은 일반적으로 비교적 편평하고, 전방측 표면은 굴절에 있어서 중요한 역할을 한다. 후안방 유형 PIOL의 전방측 표면은 일반적으로 비교적 편평하고, 후방측 표면은 굴절에 있어서 중요한 역할을 한다. 이들은 음의 렌즈 설계의 2개의 극단적이고 전형적인 방향을 나타낸다.

[0179] 유사하게, 본 발명의 제어 가능한 주변 디포커스를 가지는 비구면 시력 교정 렌즈를 제조하는 방법은:

[0180] (1) 인간 눈의 망막의 형상, 나안의 인간 눈의 주변 디포커스의 양 또는 렌즈를 가지는 인간 눈의 주변 디포커스의 양을 검사하는 것에 의해서, 인간 눈의 근시 디포커스의 형성에 필요한 조건을 계산 및 결정하는 단계;

[0181] (2) 근시 디포커스에 대해서 획득된 조건에 따라, 개구에 따라 달라지는 시력 교정 렌즈의 굴절력 분포의 계획을 공식화하는 단계; 및

[0182] (3) 시력 교정 렌즈의 굴절력이 인간 눈에 부가된 후에, 망막 상에서의 전체 눈의 굴절력의 분포가 망막의 중앙 영역 내에서보다 주변 영역 내에서 더 크고 망막의 전방에 맺혀, 근시 디포커스를 형성하도록, 시력 교정 렌즈의 굴절력 분포의 획득된 계획에 따라 시력 교정 렌즈를 제조하는 단계를 포함한다.

[0183] 비구면 표면 설계를 통해서, 비구면 표면은 렌즈의 광학적 구역의 표면 형상 및 곡률 반경을 제어하기 위해서 이용되며, 그에 따라 곡률 반경은 상이한 개구들에서 균일하게 변화되고, 주변부 내의 굴절력은 중심에서보다 크고, 그리고 굴절력 분포는 균일한 변화의 분포 상태 및 원시 주변 디포커스를 가지며, 그에 따라 근시 환자의 근시 진행을 제어한다.

[0184] 렌즈와 관련된 당업자는, 비구면 표면 공식에서의 비구면 계수의 상이한 조합을 이용하여 본 발명의 목적이 또한 달성될 수 있다는 것을 이해할 것이다.

[0185] 본 발명의 설계 개념을 기초로, 당업자는 또한, 인간 눈의 축방향 길이의 증가를 능동적으로 촉진하는 것에 의해서 원시를 치료하기 위해서, 본 발명에서와 반대로, 주변 디포커스 제어 아이디어 그리고 진단 및 치료 방법을 이용하여 인간 눈의 원시 주변 디포커스를 달성하는 것을 생각할 수 있을 것이다.

[0186] 도 14에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 양태에 따른 각막굴절교정술 렌즈는 렌즈(100)를 포함한다. 렌즈(100)의 기본 곡선 구역(101)(각막와 접촉되는 표면의 광학적 구역)은 비구면 표면이다. 렌즈(100)의 기본 곡선 구역(101)의 주변부 내의 등가 곡률 반경의 절대 값은 렌즈(100)의 기본 곡선 구역(101)의 중심 내의 곡률 반경의 절대 값 미만이다.

[0187] 도 3에 도시된 바와 같이, 렌즈(100)의 기본 곡선 구역(101)의 비구면 표면의 표현은 다음과 같고:

[0188] $$Z(y)=\frac{cy^2}{1+\sqrt{1-(1+Q)c^2y^2}}+\sum_{i=2}^{5}A_{2i}\bullet y^{2i}$$

[0189] 여기에서, c는 광학적 부분의 기본 구면 표면의 곡률 반경의 역수이고, y는 곡선 상의 임의 지점으로부터 가로좌표 축(Z)까지의 수직 거리이고, Q는 비구면 계수이고, A_{2i} 는 비구면 고차항 계수이며, 그리고 비구면 표면은 가로좌표 축(Z)을 중심으로 하는 회전 대칭 변경을 통해서 비구면 표면 곡선으로부터 얻어진다.

[0190] 도 4에 도시된 바와 같이, 렌즈(100)의 기본 곡선 구역(101)의 비구면 표면의 형상은 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)에 의해서 정의된다. 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)는 1 미만이다.

[0191] 환산 계수(η)는 상이한 직경들(d_m 및 d_n)에서의 렌즈의 r의 비율이고, m > n이며,

[0192] $$\eta_{mn}=\frac{r_m}{r_n}$$

[0193] 이다;

[0194] 구면 표면의 경우에, η = 1이고, 중심에서보다 주변부에서 더 편평한 비구면 표면의 경우에, η > 1이며; 중심에서보다 주변부에서 더 가파른 비구면 표면의 경우에, η < 1이다.

[0195] 비구면 표면의 곡률 반경은 통상적인 구면 표면의 곡률 반경에 의해서 표시될 수 없으나, 등가 곡률 반경에 의해서는 표현될 수 있다. 렌즈(100)의 기본 곡선 구역(101)의 등가 곡률 반경은 이하의 방식으로 계산되고,

[0196] $$r_m=\frac{\left(\frac{d_m}{2}\right)^2+h_m{}^2}{2h_m}=\frac{(d_m)^2+4h_m{}^2}{8h_m}$$

[0197] 여기에서 d_m은 측정된 개구이고; M은 개구(d_m)에서의 지점이며; h_m은 지점(M)의 시상 높이 즉, 지점(M)과 비구면

표면의 정점 사이의 높이의 차이이며; r_m 은 지점(M)에서의 등가 곡률 반경이다.

[0198] 바람직하게, 5 ㎜ 개구 및 3 ㎜ 개구의 렌즈(100)의 기본 곡선 구역(101)의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{53})는 0.67 이상 및 1 이하이다.

[0199] 더 바람직하게, 5 ㎜ 개구 및 3 ㎜ 개구의 렌즈(100)의 기본 곡선 구역(101)의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{53})는 0.67 이상 및 0.998 이하이다.

[0200] 또한 더 바람직하게, 5 ㎜ 개구 및 3 ㎜ 개구의 렌즈(100)의 기본 곡선 구역(101)의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{53})는 0.67 이상 및 0.991 이하이다.

[0201] 본 발명의 구체적인 예를 위해서, 표 3 및 표 4를 참조할 수 있고, Q, A4, A6, 및 A8은 비구면 계수이고; η_{53} 은 5 ㎜ 개구 및 3 ㎜ 개구에서의 렌즈의 등가 곡률 반경의 환산 계수이다.

표 3

각막굴절교정술 렌즈의 기본 곡선 구역의 표면 형상의 실시예

[0202]

굴절률	Q	η_{53}	곡률 반경	Q	η_{53}
9.643	0.2	0.998	5.000	2.5	0.820
9.643	0.5	0.994	10.000	5.0	0.940
9.643	1.0	0.989	7.000	0.5	0.989
6.136	0.2	0.994	7.000	3.0	0.921
6.136	1.0	0.969	8.000	3.0	0.944
6.136	3.0	0.885	5.000	0.2	0.991
6.136	5.0	0.665	5.000	0.5	0.976
6.136	4.0	0.818	5.000	0.7	0.966
5.000	1.0	0.949	5.000	2.0	0.876
5.000	1.2	0.937	5.000	2.5	0.820
5.000	1.5	0.917	5.000	2.9	0.741

표 4

각막굴절교정술 렌즈의 기본 곡선 구역의 표면 형상의 실시예

[0203]

곡률 반경	Q	A4	A6	A8	η_{53}
5.946	9.400E-02	1.604E-04	1.695E-06	2.829E-07	0.990
4.935	1.385E-01	4.806E-04	4.146E-06	9.006E-07	0.978
4.934	1.385E-01	4.702E-04	4.087E-06	8.892E-07	0.978
4.939	1.618E-01	6.567E-04	1.322E-05	8.648E-07	0.970
5.068	8.048E-03	6.610E-05	6.408E-07	2.590E-09	0.997

[0204] 당업자는, 비구면 계수의 상이한 조합을 이용하여 본 발명에서와 같은 비구면 표면 구조를 획득할 수 있다는 것을 용이하게 이해할 것이다.

[0205] 근시 주변 디포커스 및 렌즈의 비구면 표면 설계에 의해서 근시 진행을 제어하는 본 발명의 개념을 기초로, 당업자는 또한, 인간 눈의 축방향 길이의 증가를 적극적으로 촉진함으로써 인간 눈의 원시 주변 디포커스를 달성하여 원시를 치료하기 위해서, 본 발명에서와 반대로 수정된 렌즈의 기본 곡선 구역의 제어를 통해서, 작은 개구에서의 것 보다 큰 개구에서의 렌즈의 등가 곡률 반경의 절대 값을 만드는 것을 생각할 수 있다.

[0206] 도 15, 도 16, 도 17 및 도 18을 참조하면, 본 발명의 일 양태에 따른 안구내 렌즈는 렌즈의 광학적 구역(100) 및 지지 햅틱(110)을 포함한다. 렌즈의 광학적 구역(100)의 전방측 표면(101) 또는 후방측 표면(102) 중 적어도 하나가 비구면이다. 비구면 표면은 큰 렌즈의 광학적 구역(100)의 주변부 내의 등가 곡률 반경의 절대 값이 렌즈의 광학적 구역(100)의 중심 내의 곡률 반경의 절대 값보다 크게 만든다.

[0207] 도 2 및 도 19에 도시된 바와 같이, 렌즈는 셋팅된 굴절력 주변 디포커스의 양에 따라 개구의 방향으로 균일하게 변화된다. 렌즈의 굴절력은 개구가 증가됨에 따라 증가되고, 굴절력의 절대 값은 개구가 증가됨에 따라 감소된다. 안방수 내의 렌즈의 굴절력은 0 D 이하이다.

[0208] 도 19에서, A는 구면 렌즈의 굴절력의 분포 곡선이고, B는 기존 비구면 렌즈의 굴절력의 분포 곡선이며, C는 본 발명의 안구내 렌즈의 굴절력의 분포 곡선이다.

[0209] 도 3 및 도 20을 참조하면, 렌즈의 광학적 구역(100)의 비구면 표면의 표현은 다음과 같고:

[0210] $$Z(y)=\frac{cy^2}{1+\sqrt{1-(1+Q)c^2y^2}}+\sum_{i=2}^{5}A_{2i}\bullet y^{2i}$$

[0211] 여기에서, c는 광학적 부분의 기본 구면 표면의 곡률 반경의 역수이고, y는 곡선 상의 임의 지점으로부터 가로좌표 축(Z)까지의 수직 거리이고, Q는 비구면 계수이고, A_{2i} 는 비구면 고차항 계수이며, 그리고 비구면 표면은 가로좌표 축(Z)을 중심으로 하는 회전 대칭 변경을 통해서 비구면 표면 곡선으로부터 얻어진다.

[0212] 도 20에서, A'는 구면 표면 기본 곡선이고, B'는 기존 비구면 표면 기본 곡선이며, C'는 본 발명의 비구면 표면 기본 곡선이다.

[0213] 도 4에 도시된 바와 같이, 렌즈의 광학적 구역(100)의 비구면 표면의 형상은 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)에 의해서 정의된다. 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η)는 1 초과이다.

[0214] 환산 계수(η)는 상이한 개구들(d_m 및 d_n)에서의 렌즈의 r의 비율이고, m > n이며,

[0215] $$\eta_{mn}=\frac{r_m}{r_n}$$

[0216] 이다;

[0217] 구면 표면의 경우에, η = 1이고, 중심에서보다 주변부에서 더 편평한 비구면 표면의 경우에, η > 1이며; 중심에서보다 주변부에서 더 가파른 비구면 표면의 경우에, η < 1이다.

[0218] 렌즈의 광학적 구역(100)의 등가 곡률 반경은 이하의 방식으로 계산되고:

[0219] $$r_m=\frac{\left(\frac{d_m}{2}\right)^2+h_m{}^2}{2h_m}=\frac{(d_m)^2+4h_m{}^2}{8h_m}$$

[0220] 여기에서 d_m은 측정된 개구이고; M은 개구(d_m)에서의 지점이며; h_m은 지점(M)의 시상 높이 즉, 지점(M)과 비구면 표면의 정점 사이의 높이의 차이이며; r_m 은 지점(M)에서의 등가 곡률 반경이다.

[0221] 바람직하게, 4 mm 개구 및 3 mm 개구에서의 렌즈의 광학적 구역의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{43})는 1.005 이상이다.

[0222] 바람직하게, 4 mm 개구 및 3 mm 개구에서의 렌즈의 광학적 구역의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{43})는 1.002 이상 및 1.09 이하이다.

[0223] 바람직하게, 4 mm 개구 및 3 mm 개구에서의 렌즈의 광학적 구역의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 환산 계수(η_{43})는 1.01 이상 및 1.09 이하이다.

[0224] 본 발명의 몇몇 예를 위해서, 표 5를 참조한다. 표에서, 매개변수 Rp, Qp, A4, A6 및 A8를 포함하는 예의 경우에, 비구면 표면은 렌즈의 후방측 표면 상에 위치되고, Rp는 후방측 표면의 기본 구면 표면의 곡률 반경이고, Qp, A4, A6, A8는 비구면 계수이다. 매개변수 Ra, Qa, A4, A6 및 A8를 포함하는 예의 경우에, 비구면 표면은 렌즈의 전방측 표면 상에 위치되고, Ra는 전방측 표면의 기본 구면 표면의 곡률 반경이고, Qa, A4, A6, A8는 비구면 계수이다. η_{43} 은 4 mm 개구 및 3 mm 개구에서의 렌즈의 등가 곡률 반경의 환산 계수이다.

표 5

예

굴절률	Rp	Qp	A4	A6	A8	η_{43}
1.45	5.516	-0.218	-6.089E-04	-4.574E-04	3.574E-05	1.048
1.48	6.838	-3.263	-5.330E-04	-1.525E-06	6.005E-08	1.041
1.50	7.811	-3.176	-5.774E-04	1.016E-06	-1.214E-08	1.038
1.55	10.700	-3.263	-5.330E-04	-1.525E-06	6.005E-08	1.034
1.60	13.200	-3.263	-5.330E-04	-1.525E-06	6.005E-08	1.035
1.70	18.200	-3.263	-5.330E-04	-1.525E-06	6.005E-08	1.042
1.45	5.700	-5.000	0	0	0	1.053
1.45	5.700	-10.000	0	0	0	1.086
1.45	5.583	-0.302	-6.258E-04	-5.129E-06	-1.221E-07	1.016
1.50	8.116	-0.525	-1.65E-04	-9.82E-07	1.96E-08	1.008
1.55	10.634	-0.530	-7.84E-05	-6.75E-07	1.93E-08	1.005
1.70	18.170	-0.739	-7.92E-06	-4.60E-07	1.44E-08	1.002
굴절률	Ra	Qa	A4	A6	A8	η_{43}
1.45	-5.670	2.891	-4.209E-05	1.460E-03	-1.193E-04	1.037

[0225]

[0226] 본 발명의 목적에 비추어, 큰 개구에서의 렌즈의 광학적 구역(100)의 비구면 표면의 등가 곡률 반경의 절대 값은 작은 개구에서의 절대 값보다 크다. 비구면 표면이 전방측 표면 및 후방측 표면 중 어느 하나에 위치될 수 있거나, 양 표면이 비구면 표면이다.

[0227] 당업자는, 비구면 표면 공식에서 상이한 비구면 계수의 조합을 이용하여 본 발명의 목적이 또한 달성될 수 있다는 것, 그리고 렌즈의 지지 햅틱(110)의 형상이 동일한 기능을 수행할 수 있는 임의의 형상일 수 있다는 것을 이해할 것이다.

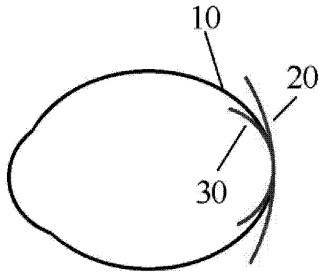
[0228] 근시 주변 디포커스 및 렌즈의 비구면 표면 설계에 의해서 근시 진행을 제어하는 본 발명의 개념을 기초로, 당업자는 또한, 인간 눈의 축방향 길이의 증가를 적극적으로 촉진함으로써 인간 눈의 원시 주변 디포커스를 달성하여 원시를 치료하기 위해서, 렌즈의 반대로 수정된 제어를 통해서, 작은 개구에서의 렌즈의 절대값보다 큰, 큰 개구에서의 렌즈의 굴절력의 절대값을 만드는 것을 생각할 수 있다.

[0229] 본 발명의 기본적인 원리, 주요 특징 및 장점을 도시하였고 전술하였다. 당업자는, 본 발명이 전술한 실시예로

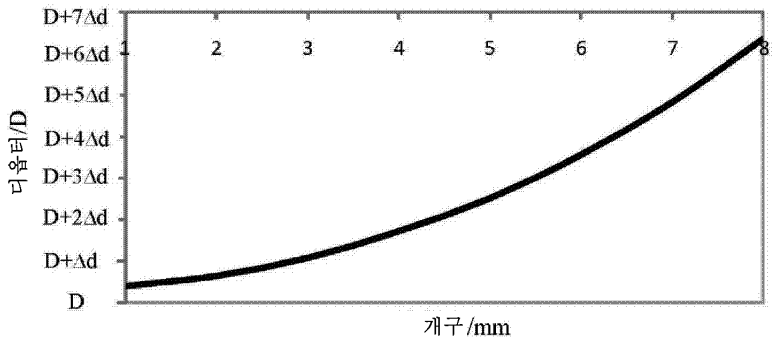
제한되지 않고, 전술한 실시예 및 설명은 단지 본 발명의 원리를 예시한다는 것을 이해하여야 한다. 본 발명의 사상 및 범위로부터 벗어나지 않고도, 본 발명은 또한 본 발명의 보호 범위에 포함되는 다양한 변화 및 수정을 가질 것이다. 본 발명의 보호 범위는 첨부된 청구항 및 그 균등물에 의해서 규정된다.

도면

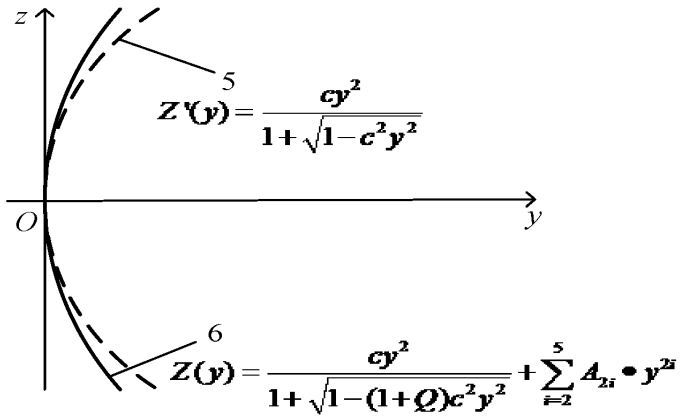
도면1



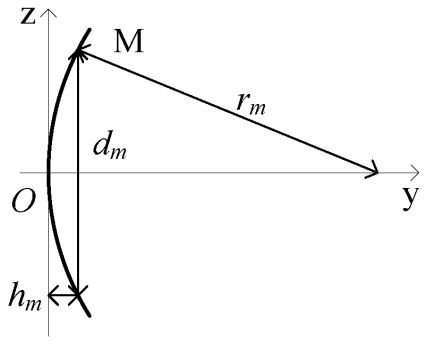
도면2



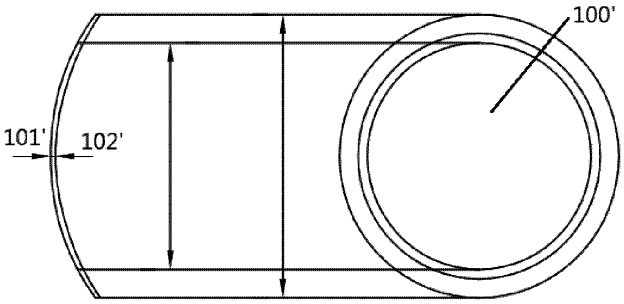
도면3



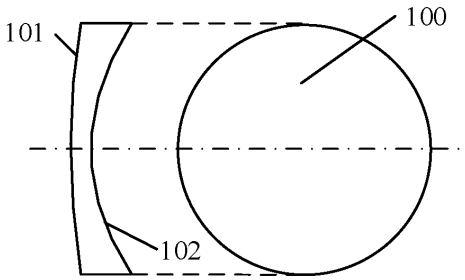
도면4



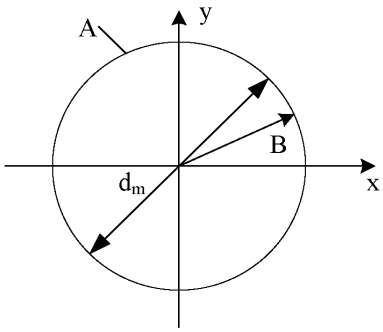
도면5



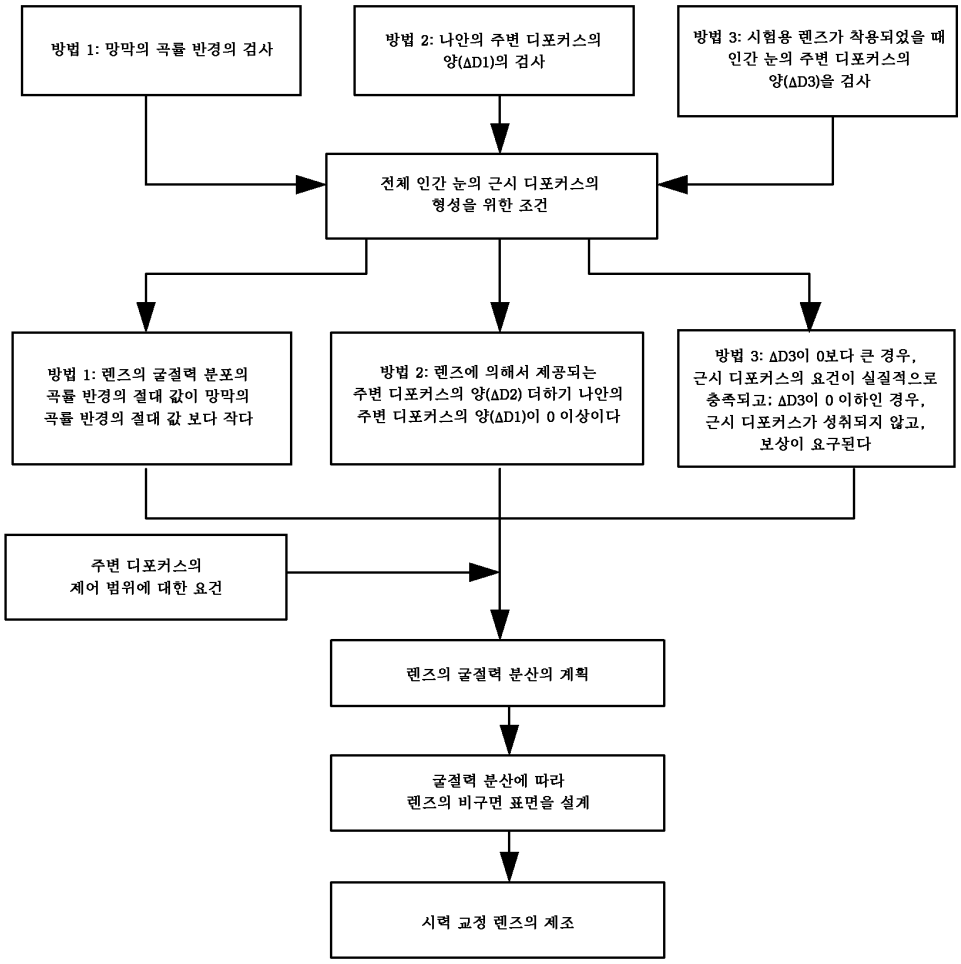
도면6



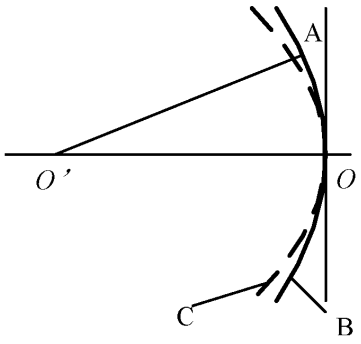
도면7



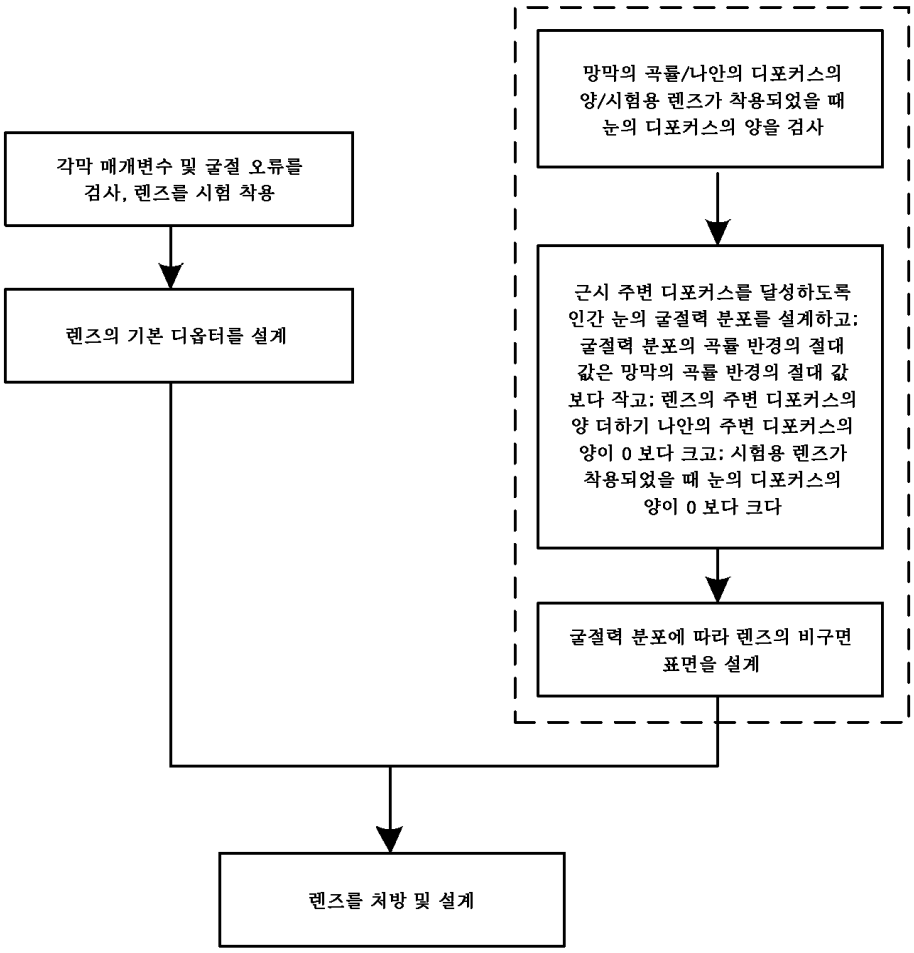
도면8


방법 1: 망막의 곡률 반경의 검사
방법 2: 나안의 주변 디포커스의 양(ΔD1)의 검사
방법 3: 시험용 렌즈가 착용되었을 때 인간 눈의 주변 디포커스의 양(ΔD3)을 검사
전체 인간 눈의 근시 디포커스의 형성을 위한 조건
방법 1: 렌즈의 굴절력 분포의 곡률 반경의 절대 값이 망막의 곡률 반경의 절대 값 보다 작다
방법 2: 렌즈에 의해서 제공되는 주변 디포커스의 양(ΔD2) 더하기 나안의 주변 디포커스의 양(ΔD1)이 0 이상이다
방법 3: ΔD3이 0보다 큰 경우, 근시 디포커스의 요건이 실질적으로 충족되고; ΔD3이 0 이하인 경우, 근시 디포커스가 성취되지 않고, 보상이 요구된다
주변 디포커스의 제어 범위에 대한 요건
렌즈의 굴절력 분산의 계획
굴절력 분산에 따라 렌즈의 비구면 표면을 설계
시력 교정 렌즈의 제조

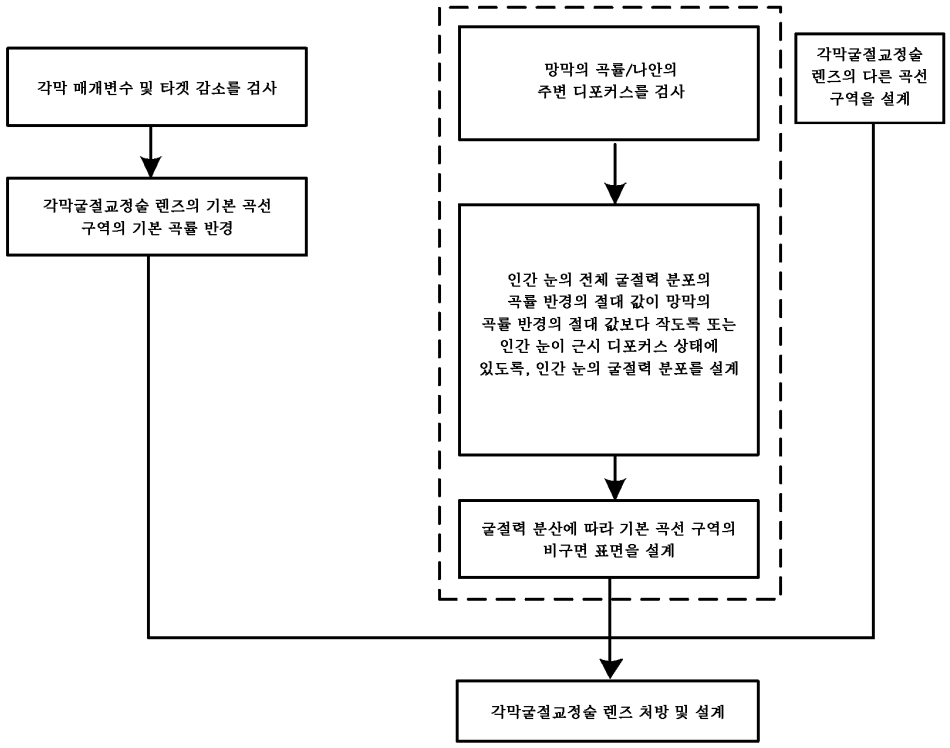
도면9


A
O'
O
C
B

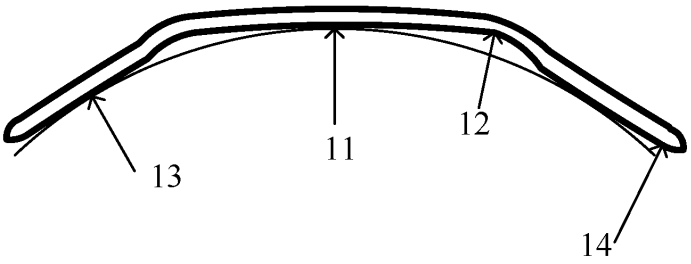
도면10


각막 매개변수 및 굴절 오류를 검사, 렌즈를 시험 착용
렌즈의 기본 디옵터를 설계
망막의 곡률/나안의 디포커스의 양/시험용 렌즈가 착용되었을 때 눈의 디포커스의 양을 검사
근시 주변 디포커스를 달성하도록 인간 눈의 굴절력 분포를 설계하고: 굴절력 분포의 곡률 반경의 절대 값은 망막의 곡률 반경의 절대 값 보다 작고: 렌즈의 주변 디포커스의 양 더하기 나안의 주변 디포커스의 양이 0 보다 크고: 시험용 렌즈가 착용되었을 때 눈의 디포커스의 양이 0 보다 크다
굴절력 분포에 따라 렌즈의 비구면 표면을 설계
렌즈를 처방 및 설계

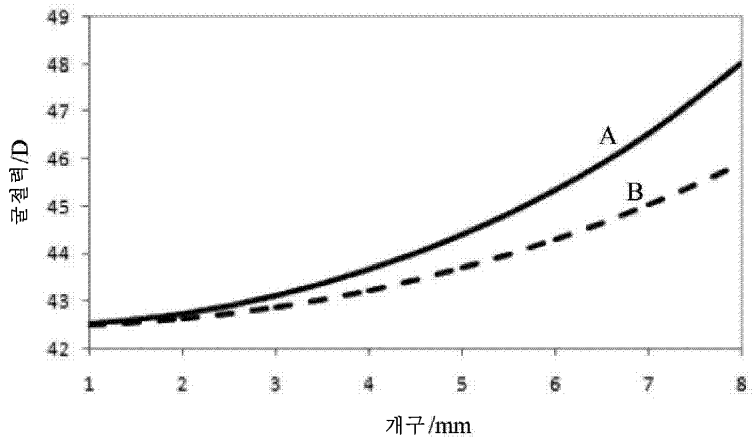
도면11



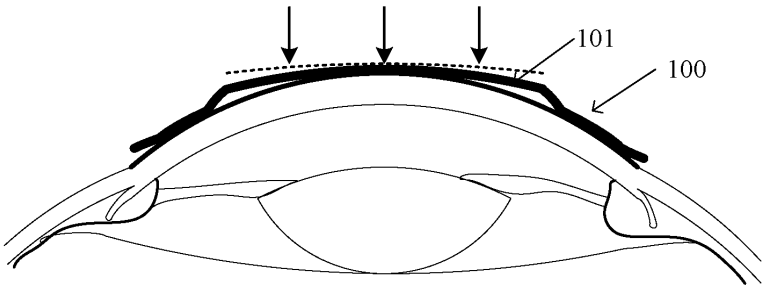
도면12



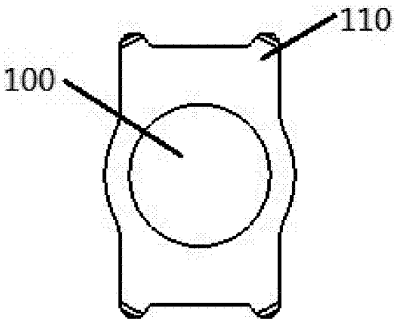
도면13



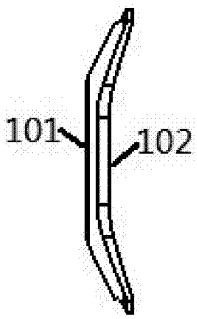
도면14



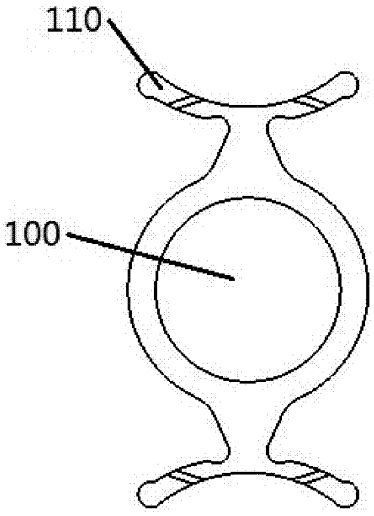
도면15



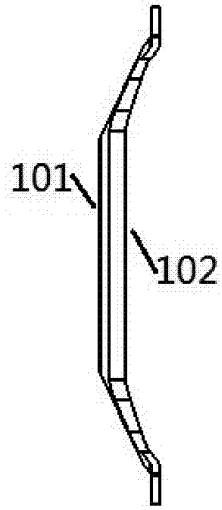
도면16



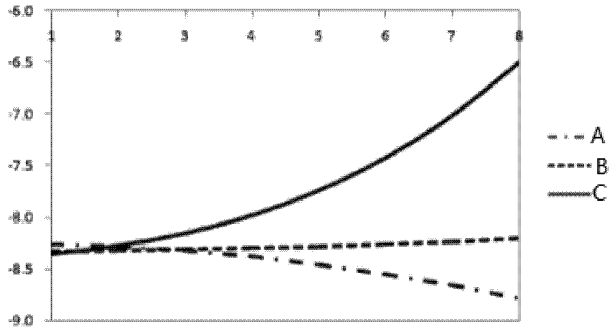
도면17



도면18



도면19



도면20

