



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0131905
(43) 공개일자 2023년09월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61F 2/16 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61F 2/1635 (2013.01)

A61F 2002/1682 (2022.05)

(21) 출원번호 10-2023-7027343

(22) 출원일자(국제) 2022년01월13일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2022년08월11일

(86) 국제출원번호 PCT/US2022/012300

(87) 국제공개번호 WO 2022/155325

국제공개일자 2022년07월21일

(30) 우선권주장

63/136,843 2021년01월13일 미국(US)

(71) 출원인

포사이트 비전6, 인크.

미국 94080 캘리포니아주 사우스 샌프란시스코 스
위트 206 쇼어라인 코트 6000

(72) 발명자

오렌 가이

미국 94080 캘리포니아주 사우스 샌프란시스코 스
위트 206쇼어라인 코트 6000

칸드로르 니콜

미국 94080 캘리포니아주 사우스 샌프란시스코 스
위트 206쇼어라인 코트 6000

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

양영준, 김윤기

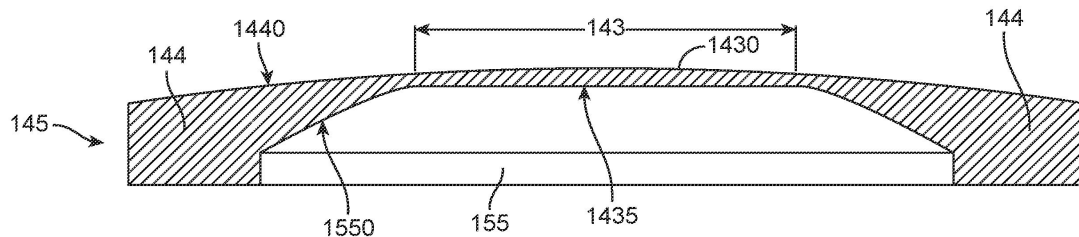
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 조절 안내 렌즈용 가변 두께 동적 멤브레인

(57) 요약

안내 렌즈는 후방 표면과 전방 표면 사이에 차등 두께 구배를 갖는 조절을 위한 형상 변화를 받도록 구성된 중앙의 동적 구역을 갖는 전방 옵틱을 갖는다. 관련 디바이스 및 방법이 제공된다.

대표도



(52) CPC특허분류

A61F 2002/1689 (2013.01)

A61F 2250/0036 (2013.01)

A61F 2250/0053 (2013.01)

(72) 발명자

클라크 매튜

미국 94080 캘리포니아주 사우스 샌프란시스코 스
위트 206쇼어라인 코트 6000

츠베트 리나

미국 94080 캘리포니아주 사우스 샌프란시스코 스
위트 206쇼어라인 코트 6000

명세서

청구범위

청구항 1

조절 안내 렌즈이며,

전방 옵틱으로서,

동적 멤브레인의 후방 표면과 전방 표면 사이에 차등 두께 구배를 갖는 동적 멤브레인을 포함하는 조절을 위해 형상 변화를 받도록 구성된 중앙의 동적 구역; 및

형상 변화에 저항하도록 구성된 정적 전방 광학 부분을 포함하는 주변 정적 구역을 포함하는, 전방 옵틱; 및

부분적으로 동적 멤브레인의 후방 표면에 의해 정의되는 유체 챔버 내에 수용된 비압축성 광학 유체를 포함하고,

제1 영역에서 유체 챔버의 압축은 조절을 위한 중앙의 동적 구역의 형상 변화를 유발하는, 조절 안내 렌즈.

청구항 2

제1항에 있어서, 동적 멤브레인의 전방 표면은 볼록하고 동적 멤브레인의 후방 표면은 평면인, 조절 안내 렌즈.

청구항 3

제2항에 있어서, 전방 표면은 동적 멤브레인의 차등 두께 구배를 제어하고 구배는 동적 멤브레인의 주연부와 중앙 사이에서 점진적으로 변화하는, 조절 안내 렌즈.

청구항 4

제2항에 있어서, 동적 멤브레인의 전방 표면은 단일 반경 또는 비구면 방정식인 볼록 곡률을 갖는, 조절 안내 렌즈.

청구항 5

제4항에 있어서, 정적 전방 광학 부분은 동적 멤브레인의 전방 표면의 볼록 곡률과 동일하거나 상이한 곡률을 갖는 전방 표면을 갖는, 조절 안내 렌즈.

청구항 6

제1항에 있어서, 동적 멤브레인의 전방 표면은 볼록하고 동적 멤브레인의 후방 표면은 볼록한, 조절 안내 렌즈.

청구항 7

제6항에 있어서, 전방 표면과 후방 표면 모두는 동적 멤브레인의 차등 두께 구배를 제어하고 구배는 동적 멤브레인의 주연부와 중앙 사이에서 신속하게 변화하는, 조절 안내 렌즈.

청구항 8

제6항에 있어서, 동적 멤브레인의 전방 표면은 단일 반경 또는 비구면 방정식인 볼록 곡률을 갖고, 동적 멤브레인의 후방 표면은 단일 반경 또는 비구면 방정식인 볼록 곡률을 갖는, 조절 안내 렌즈.

청구항 9

제8항에 있어서, 정적 전방 광학 부분은 동적 멤브레인의 전방 표면의 볼록 곡률과 동일하거나 상이한 곡률을 갖는 전방 표면을 갖는, 조절 안내 렌즈.

청구항 10

제1항에 있어서, 동적 멤브레인의 전방 표면은 볼록하고 동적 멤브레인의 후방 표면은 오목한, 조절 안내 렌즈.

청구항 11

제10항에 있어서, 전방 표면과 후방 표면 모두는 동적 멤브레인의 차등 두께 구배를 제어하고 구배는 동적 멤브레인의 주연부와 중앙 사이에서 점진적으로 변화하는, 조절 안내 렌즈.

청구항 12

제10항에 있어서, 동적 멤브레인의 전방 표면은 단일 반경 또는 비구면 방정식인 볼록 곡률을 갖고, 동적 멤브레인의 후방 표면은 단일 반경 또는 비구면 방정식인 오목 곡률을 갖는, 조절 안내 렌즈.

청구항 13

제12항에 있어서, 정적 전방 광학 부분은 동적 멤브레인의 전방 표면의 볼록 곡률과 동일하거나 상이한 곡률을 갖는 전방 표면을 갖는, 조절 안내 렌즈.

청구항 14

제1항에 있어서, 동적 멤브레인의 전방 표면은 볼록하고, 동적 멤브레인의 후방 표면은 동적 멤브레인의 주연부에서 볼록하고 동적 멤브레인의 중앙 근방에서 평면인, 조절 안내 렌즈.

청구항 15

제14항에 있어서, 전방 표면과 후방 표면 모두는 주연부 근방에서 동적 멤브레인의 차등 두께 구배를 제어하고 전방 표면만이 중앙에서 동적 멤브레인의 차등 두께 구배를 제어하며, 구배는 동적 멤브레인의 주연부와 중앙 사이에서 비선형적으로 변화하는, 조절 안내 렌즈.

청구항 16

제14항에 있어서, 동적 멤브레인의 전방 표면은 단일 반경 또는 비구면 방정식인 볼록 곡률을 갖고, 주연부 근방의 동적 멤브레인의 후방 표면은 단일 반경 또는 비구면 방정식인 오목 곡률을 갖는, 조절 안내 렌즈.

청구항 17

제16항에 있어서, 정적 전방 광학 부분은 주연부 근방의 동적 멤브레인의 전방 표면의 볼록 곡률과 동일하거나 상이한 곡률을 갖는 전방 표면을 갖는, 조절 안내 렌즈.

청구항 18

제1항에 있어서, 조절 후 동적 멤브레인의 전방 표면은 구면이고, 광학 유체는 전방 윅의 굴절률보다 높거나 동일한 굴절률을 갖는, 조절 안내 렌즈.

청구항 19

제1항에 있어서, 조절 후 동적 멤브레인의 전방 표면은 비구면이고, 광학 유체는 전방 윅의 굴절률보다 낮은 굴절률을 갖는, 조절 안내 렌즈.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 우선권 문헌에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 2021년 1월 13일자로 출원된 동시 계류 중인 미국 가출원 제63/136,843호에 대한 우선권의 이익을 주장한다. 전체 개시내용은 그 전문이 참조로 본 명세서에 포함된다.

배경 기술

[0003] 건강하고 젊은 인간의 눈은 필요에 따라 먼 거리나 가까운 거리에 있는 물체에 초점을 맞출 수 있다. 근거리 시력에서 원거리 시력으로 앞뒤로 변화하는 눈의 능력은 조절(accommodation)이라 명명된다. 조절은 섬모근(ciliary muscle)이 수축하여 수정체낭의 적도 영역에서 안정 소대 장력(resting zonular tension)을 해제할

때 발생한다. 소대 장력의 해제는, 전방 및 후방 렌즈형 표면 모두의 표면 곡률 증가와 함께 수정체의 고유 탄성이 보다 구형 또는 구면 형상으로 변경되게 한다.

[0004] 인간의 눈(10)은 각막(12), 홍채(14), 고량(16), 섬모근(18), 소대(20), 수정체낭(22) 내에 수용된 수정체(21)를 포함한다(도 1a 및 도 1c). 조절은 섬모근(18)이 수축하여 수정체낭(22)의 적도 영역에서 안정 소대 장력을 해제할 때 발생한다. 소대 장력의 해제는, 전방 렌즈형 표면(23) 및 후방 렌즈형 표면(24) 모두의 표면 곡률 증가와 함께 수정체(21)의 고유 탄성이 보다 구형 또는 구면 형상으로 변경되게 한다. 또한, 인간의 수정체는 시력 시스템에서 기능을 저하시키는 하나 이상의 이상에 시달릴 수 있다. 일반적인 수정체 이상은 일반적으로 투명한 자연 수정체 매트릭스(26)의 혼탁화인 백내장이다. 혼탁화는 노화 과정으로부터 초래될 수 있지만 유전, 당뇨병 또는 외상에 의해 유발될 수도 있다. 도 1a는 혼탁화된 수정체 핵(26)을 갖는 수정체낭(22)을 포함하는 수정체 피막을 도시한다.

[0005] 백내장 수술에서는, 환자의 불투명한 수정체를 투명한 렌즈 임플란트 또는 안내 렌즈(intraocular lens)(IOL)(30)로 교체한다. 도 1b에 도시된 종래의 낭외 백내장 수술에서, 수정체 매트릭스(26)는 섬모체(ciliary body) 및 섬모근(18)에 대한 소대 인대 연결과 함께 전방 및 후방 피막의 얇은 벽을 온전하게 남기고 제거된다. 수정체 코어는 도 1b에 예시된 바와 같이 곡선형 수정체낭 절개술을 통한 수정체 유화, 즉, 수정체낭의 전방 부분(23)의 제거에 의해 제거된다. 도 1b는 수정체낭(22) 내의 이식 직후에 종래의 3-피스 IOL(30)을 도시한다.

[0006] 유수정체(phakic) IOL의 경우에 기존 수정체의 굴절 이상을 해결하거나 위수정체(pseudophakic) 환자의 경우에 백내장 수술 후 표준 IOL의 굴절 결과를 개선하기 위해 렌즈들의 조합을 이식하는 것이 알려져 있다. 이러한 "피기백(piggyback)" IOL은 이전에 이식된 IOL 또는 자연 수정체의 전방에 위치되어 위수정체의 경우에 백내장 수술의 굴절 결과를 개선하거나 유수정체안의 경우에 눈의 굴절 상태를 변화하여 일반적으로 고도 근시를 교정할 수 있다. 일반적으로, 이러한 렌즈는 섬모 고량에 이식되며 비-조절식이다. 도 1c에 도시된 바와 같이, 섬모 고량(16)은 홍채(14)의 베이스의 후방 표면과 섬모체의 전방 표면 사이의 공간이다. 도 1c는 또한 눈의 전방 챔버(25)의 각도를 도시한다.

[0007] IOL은 통상적으로 백내장 추출 후 이식된다. 일반적으로, IOL은 절개 크기를 최소화하고 환자의 회복 시간을 개선하기 위해 실리콘이나 아크릴과 같은 절첩 가능한 재료로 제조된다. 가장 일반적으로 사용되는 IOL은 원거리 시력을 위한 단일 초점 거리를 제공하는 단일 요소 렌즈이다. 조절 안내 렌즈(accommodating intraocular lens)(AIOL)는 또한, 예를 들어 US 2009/0234449, US 2009/0292355, US 2012/0253459, US 10,258,805, 및 US 2019/0269500(이들 각각은 그 전문이 본 명세서에 참조로 포함됨)에 설명된 바와 같이 눈의 자연스러운 포커싱 능력에 의존하는 조절 가능한 초점 거리(또는 조절)를 제공하기 위해 개발되었다. AIOL은 백내장을 앓고 있지는 않지만 근시, 원시 및 노안을 교정하기 위해 안경과 콘택트렌즈에 대한 의존을 줄이려는 환자에게 유익하다. 근시, 원시, 난시의 큰 오차를 교정하기 위해 사용하는 안내 렌즈는 "유수정체 안내 렌즈"라고 명명되며 수정체를 제거하지 않고 이식된다. 일부 경우에, 백내장이 존재하지 않더라도 수정체 적출 및 교체 수술을 통해 무수정체(aphakic) IOL(유수정체 IOL이 아님)이 이식되기도 한다. 이 수술 중에, 백내장 수술과 매우 유사한 프로세스로 수정체를 추출하고 IOL로 교체한다. 백내장 수술과 같은 굴절 렌즈 교환에는 렌즈 교체가 수반되며, 렌즈 삽입을 위해 눈에 작은 절개를 하고 국소 마취를 사용해야 하며 약 30분간 지속된다.

[0008] IOL, 특히 조절 IOL은 유체 구동 메커니즘의 도움으로 조절이 달성되도록 유체 챔버에 액체를 통합할 수 있다. 렌즈의 일부에 인가되는 힘은 유체를 통해 전달되어 렌즈의 가요성 층을 변형시켜 IOL의 조절 형상 변화를 초래한다. 예를 들어, 눈의 섬모근 움직임은 AIOL의 구성요소에 의해 활용되어 형상 변화 및 조절을 하게 할 수 있다. AIOL은 눈 조직에 의해 인가되는 소량의 힘(예를 들어, 0.1-1.0 그램 힘(gf)만큼 작은 힘)의 인가 시에 옵틱의 형상 변화로 인해 원하는 범위의 굴절력(optical power) 또는 디옵터(D)를 달성할 수 있다. AIOL은 작은 힘을 활용하여 신뢰성 있는 디옵터 변화를 제공한다. 엘라스토머 재료의 가요성 층에 의해 형성된 액체 재료를 수용하기 위한 챔버는 형상을 변화시켜, 액체의 체적에 따라 렌즈의 도수를 변화시킬 수 있다. 충전 체적이 챔버 체적 이상으로 증가함에 따라, 가요성 층이 외향으로 팽윤하여 더 큰 초점 거리를 갖는 렌즈를 생성할 수 있다.

[0009] 필요한 환자에게 개선된 특성을 제공하는 형상 변화 렌즈의 개선된 가요성 층에 대한 요구가 본 기술 분야에 있다. 본 개시내용은 이것 뿐만 아니라 다른 중요한 목적에 관한 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

- [0010] 전방 옵틱을 갖는 조절 안내 렌즈가 제공된다. 전방 옵틱은 동적 멤브레인의 후방 표면과 전방 표면 사이에 차등 두께 구배를 갖는 동적 멤브레인을 갖는 조절을 위해 형상 변화를 받도록 구성된 중앙의 동적 구역을 포함한다. 전방 옵틱은 형상 변화에 저항하도록 구성된 정적 전방 광학 부분을 갖는 주변 정적 구역을 포함한다. 옵틱은 또한 부분적으로 동적 멤브레인의 후방 표면에 의해 정의되는 유체 챔버 내에 수용된 비압축성 광학 유체를 포함한다. 제1 영역에서 유체 챔버의 압축은 조절을 위한 중앙의 동적 구역의 형상 변화를 유발한다.
- [0011] 동적 멤브레인의 전방 표면은 볼록할 수 있고 동적 멤브레인의 후방 표면은 평면일 수 있다. 전방 표면은 동적 멤브레인의 차등 두께 구배를 제어할 수 있고 구배는 동적 멤브레인의 주연부와 중앙 사이에서 점진적으로 변화할 수 있다. 동적 멤브레인의 전방 표면은 단일 반경 또는 비구면 방정식인 볼록 곡률을 가질 수 있다. 정적 전방 광학 부분은 동적 멤브레인의 전방 표면의 볼록 곡률과 동일하거나 상이한 곡률을 갖는 전방 표면을 가질 수 있다. 동적 멤브레인의 전방 표면은 볼록할 수 있고 동적 멤브레인의 후방 표면은 볼록할 수 있다. 전방 표면과 후방 표면 모두는 동적 멤브레인의 차등 두께 구배를 제어할 수 있으며, 그 구배는 동적 멤브레인의 주연부와 중앙 사이에서 빠르게 변화할 수 있다. 동적 멤브레인의 전방 표면은 단일 반경 또는 비구면 방정식인 볼록 곡률을 가질 수 있다. 동적 멤브레인의 후방 표면은 단일 반경 또는 비구면 방정식인 볼록 곡률을 가질 수 있다. 정적 전방 광학 부분은 동적 멤브레인의 전방 표면의 볼록 곡률과 동일하거나 상이한 곡률을 갖는 전방 표면을 가질 수 있다. 동적 멤브레인의 전방 표면은 볼록할 수 있고 동적 멤브레인의 후방 표면은 오목할 수 있다. 전방 표면과 후방 표면 모두는 동적 멤브레인의 차등 두께 구배를 제어할 수 있고 구배는 동적 멤브레인의 주연부와 중앙 사이에서 점진적으로 변화한다. 동적 멤브레인의 전방 표면은 단일 반경 또는 비구면 방정식인 볼록 곡률을 가질 수 있다. 동적 멤브레인의 후방 표면은 단일 반경 또는 비구면 방정식인 오목 곡률을 가질 수 있다. 정적 전방 광학 부분은 동적 멤브레인의 전방 표면의 볼록 곡률과 동일하거나 상이한 곡률을 갖는 전방 표면을 가질 수 있다.
- [0012] 동적 멤브레인의 전방 표면은 볼록할 수 있고, 동적 멤브레인의 후방 표면은 동적 멤브레인의 주연부에서 볼록하고 동적 멤브레인의 중앙 근방에서 평면일 수 있다. 전방 표면 및 후방 표면 모두는 주연부 근방에서 동적 멤브레인의 차등 두께 구배를 제어할 수 있고 전방 표면만이 중앙에서 동적 멤브레인의 차등 두께 구배를 제어한다. 구배는 동적 멤브레인의 주연부와 중앙 사이에서 비선형적으로 변화될 수 있다. 동적 멤브레인의 전방 표면은 단일 반경 또는 비구면 방정식인 볼록 곡률을 가질 수 있다. 주연부 근방에서 동적 멤브레인의 후방 표면은 단일 반경 또는 비구면 방정식인 오목 곡률을 가질 수 있다. 정적 전방 광학 부분은 주연부 근방에서 동적 멤브레인의 전방 표면의 볼록 곡률과 동일하거나 상이한 곡률을 갖는 전방 표면을 가질 수 있다. 조절 후 동적 멤브레인의 전방 표면은 구면일 수 있고 광학 유체는 전방 옵틱의 굴절률보다 높거나 동일한 굴절률을 가질 수 있다. 조절 후 동적 멤브레인의 전방 표면은 비구면일 수 있고, 광학 유체는 전방 옵틱의 굴절률보다 낮은 굴절률을 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 이들 및 다른 양태는 이제 다음 도면을 참조하여 상세히 설명될 것이다. 일반적으로, 도면은 예시적이고 절대적으로 또는 상대적으로 실적으로 작성되지 않고, 예시적인 것으로 의도된다. 피쳐 및 요소의 상대적인 배치는 예시 명확성을 위해 수정된다.
- 도 1a는 혼탁화된 수정체 피막이 있는 눈의 절취 사시도이고;
- 도 1b는 곡선형 수정체낭 절개술을 이용하고 수정체 매트릭스가 전통적인 3-피스 IOL의 이식으로 제거되는 도 1a의 눈의 절취 사시도이며;
- 도 1c는 눈의 전방 각도의 단면도이고;
- 도 2a는 조절 안내 렌즈의 개략적인 상면도이며;
- 도 2b는 도 2a의 선 B-B를 따라 취한 조절 안내 렌즈의 단면도이고;
- 도 3a 내지 도 3d는 상이한 전방 옵틱 기하형상을 예시하는 도 2b의 렌즈의 단면도이며;

도 3e는 전방 윽퍽 기하형상을 예시하는 렌즈의 단면도이고;

도 3f는 비구면인 조절된 형상을 갖는 도 3e의 렌즈의 동적 멤브레인의 개략도이며;

도 3g는 전방 윽퍽 기하형상을 예시하는 렌즈의 단면도이고;

도 3h는 구면인 조절된 형상을 갖는 도 3g의 렌즈의 동적 멤브레인의 개략도이며;

도 3i-1은 액체 구성요소가 고체 구성요소보다 더 낮은 RI를 갖는 고체 및 액체 구성요소를 갖는 렌즈의 광학 품질을 평가하기 위해 광학 계측 장비를 사용하는 전방 멤브레인의 이미지이고;

도 3i-2는 렌즈의 고체 및 액체 구성요소를 통과하는 광 빔을 예시하는 도 3i-1의 개략도이며;

도 3j-1은 액체 구성요소가 고체 구성요소에 굴절률 일치되는 RI를 갖는 고체 및 액체 구성요소를 갖는 렌즈의 광학 품질을 평가하기 위해 광학 계측 장비를 사용하는 전방 멤브레인의 이미지이고;

도 3j-2는 렌즈의 고체 및 액체 구성요소를 통과하는 광 빔을 예시하는 도 3j-1의 개략도이며;

도 4a는 렌즈 구현예의 사시도를 예시하고;

도 4b는 도 4a의 렌즈의 측면도이며;

도 4c는 도 4a의 렌즈의 후방 사시도이고;

도 4d는 도 4a의 렌즈의 측면도이며;

도 4e 및 도 4f는 도 4a의 렌즈의 단면도이고;

도 4g는 렌즈의 지지 구조를 도시하는 도 4a의 렌즈의 단면도이며;

도 4h는 렌즈의 상이한 구성요소의 직경을 도시하는 도 4a의 렌즈의 평면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 망막에 도달하는 미광, 눈부심, 또는 의도하지 않은 반사를 회피하는 렌즈, 특히 안내 렌즈(IOL)에 양질의 광학 계를 갖는 것이 중요하다. 일반적으로, 렌즈는 광학적으로 설계된 렌즈 표면에 의해 굴절된 광이 망막에 도달 하게 한다. 렌즈 에지와 안방수(aqueous humor) 사이의 비광학 계면에서 렌즈 에지로부터의 광은 본 기술 분야 에 알려진 상업용 렌즈에서 일반적인 광시증(dysphotopsias)을 유발할 수 있다. 광시증은 환자에게 짜증이 날 수 있다. 유사하게, 렌즈 내에서 다양한 굴절률을 갖는 2개의 재료 사이의 임의의 계면은 투명한 양질의 시력 을 방해하는 방식으로 환자의 망막에 광이 도달하게 할 수 있다. 특히 렌즈의 형상이 변화되는 동안과 이후에 사용 수명 전체에 걸쳐 렌즈의 예측 가능한 형상을 유지하면 환자의 망막에 광을 적절하게 포커싱하도록 올바른 굴절력이 제공된다.
- [0015] 본 명세서에 설명된 렌즈는 섬모 조직의 움직임을 활용하여 본 명세서에서 동적 광학 멤브레인으로도 지칭되는 렌즈 본체의 벽을 근거리 시력을 위한 팽창된 형상으로 변형시킨다. 광학 유체 챔버에 대한 균일한 압력 부하 의 인가 하에 근거리 시력을 위한 원하는 광학 표면 형상으로 편향시키는 중앙에 대한 주변부 사이의 제어된 연 속적인 두께 구배를 갖는 벽 부분 또는 광학 멤브레인을 갖는 렌즈 본체가 본 명세서에 설명되어 있다.
- [0016] 도 2a 및 도 2b는 일반적으로 고체 광학 구성요소와 액체 광학 재료를 포함하는 조절 안내 렌즈의 개략적인 부 분도를 예시한다. 렌즈(100)는 정적 전방 광학 부분(144)에 의해 형성된 주변의 정적 구역에 의해 둘러싸인 동 적 멤브레인(143)에 의해 형성된 중앙의 동적 구역을 갖는 전방 윽퍽(145)을 포함할 수 있다. 전방 윽퍽(145) 의 동적 멤브레인(143)은 조절을 위해 형상 변화를 받도록 구성되는 반면 전방 윽퍽(145)의 정적 전방 광학 부 분(144)은 형상 변화에 저항하도록 구성된다. 동적 멤브레인(143)은 형상 변화 동안 멤브레인(143)의 형상 및 전체 광학 성능에 대한 정밀한 제어를 제공하도록 차등 두께 구배를 가질 수 있다. 동적 멤브레인(143)은 특정 AIOL에 대해 최상의 광학 성능을 제공하는 상이한 멤브레인 형상을 제공하기 위해 상이한 두께 구배를 갖도록 설계될 수 있다. 동적 멤브레인(143)을 가로지르는 두께 구배는 동적 멤브레인(143)의 전방(외부) 표면(1430) 및 후방(내부) 표면(1435)의 곡률에 의해 정의될 수 있고, 몇몇 구현예에서, 정적 전방 광학 부분(144)의 전방 표면(1440)의 곡률에 의해 정의될 수 있다(도 3a 참조). 동적 멤브레인(143)의 전방 표면(1430, 1440)과 후방 표면(1435)의 특정 곡률 조합은 개선된 광학 품질을 제공할 수 있다.
- [0017] 본 명세서에 사용될 때 "전방" 및 "후방"이라는 용어는 이해 및 명확성을 위한 상대적인 기준 프레임, 위치, 방

향 또는 배향을 나타내는 데 사용된다. 용어의 사용은 렌즈의 구조 및/또는 이식을 제한하도록 의도되지 않는다. 예를 들어, 눈 내의 렌즈의 배향은, 전방 유폭(145)이 눈 해부구조에 대해 렌즈(100)의 광축(A)을 따라 전방에 위치 설정될 수 있고 전방 표면이 각막을 향하고 후방 표면이 망막을 향하도록 달라질 수 있다. 그러나, 전방 유폭(145)은 눈 해부구조에 대해 후방에 위치 설정될 수 있다. 본 명세서에 사용될 때 멤브레인은, 일반적으로 IOL을 사용하는 동안 힘을 인가할 때 이동하여 렌즈 본체의 조절 형상 변화를 달성하도록 구성된 비압축성 광학 유체를 수용하는 렌즈 본체의 밀봉된 유체 챔버의 일부를 형성하는 렌즈 본체의 벽 부분을 나타낼 수 있다.

[0018] 여전히 도 2b와 관련하여, 렌즈(100)의 고체 광학 구성요소는 액체 광학 재료의 고정 체적을 수용하는 밀봉된 고정 체적 유체 챔버(155)를 생성한다. 유체 챔버(155)는 수직, 경사, 만곡 또는 그 조합일 수 있는 내부 측벽(1550)에 의해 부분적으로 정의될 수 있다. 챔버(155)의 측벽(1550)의 기하형상 및 따라서 동적 멤브레인(143) 및 정적 전방 광학 부분(144)의 기하형상은 달라질 수 있다. 고체 구성요소에 대해 선택된 기하형상은 렌즈의 챔버(155) 내에 수용될 액체 광학 재료가 고체 광학 구성요소와 동일한 굴절률 또는 상이한 굴절률을 가질 것인지의 여부에 따라 달라질 수 있으며, 이는 아래에서 더 상세히 설명될 것이다.

[0019] 전방 유폭(145)은 단일 곡률 반경 또는 상이한 반경으로 볼록한 외부 전방 대향 표면을 가질 수 있다. 전방 곡률 반경은 렌즈 본체 내의 중앙 고정 지점과 동적 멤브레인(143)의 전방 표면(1430) 사이의 거리로서 정의될 수 있다. 일정한 단일 반경 프로파일은 멤브레인(143)의 전방 표면(1430)이 중앙 지점으로부터 항상 동일한 거리에 있는 규칙적인 원호를 따르는 프로파일이다. 비구면 프로파일은 규칙적인 구면 곡선으로부터 벗어나 그 전체 형상을 정의하는 데 단일 곡률 반경을 사용할 수 없다. 예를 들어, 정적 전방 광학 부분(144)의 전방 표면(1440)은 전방 곡률 반경을 가질 수 있고 동적 멤브레인(143)의 전방 표면(1430)은 상이한 전방 곡률 반경을 가질 수 있다. 동적 멤브레인(143)의 전방 곡률 반경은 정적 전방 광학 부분(144)의 전방 곡률 반경보다 크거나, 작거나 또는 동일할 수 있다. 전방 유폭(145)의 후방 표면(1435)은 볼록, 오목, 평면, 또는 볼록/평면 또는 오목/평면의 조합일 수 있다. 전방 표면과 마찬가지로, 후방 표면(1435)은 단일 곡률 반경 또는 상이한 반경, 구면 또는 비구면 방정식인 후방 곡률 반경을 가질 수 있다. 전방 표면, 후방 표면, 또는 전방 표면과 후방 표면의 조합의 곡률 변화는 동적 멤브레인(143) 및/또는 정적 전방 광학 부분(144)에 걸쳐 차등 두께 구배를 제어할 수 있다.

[0020] 일반적으로, 전방 유폭(145)의 중앙 동적 구역의 동적 멤브레인(143)은 전방 유폭의 주연부에 있는 정적 전방 광학 부분(144)보다 실질적으로 더 얇다(도 2b 및 도 3a 내지 도 3d 참조). 전방 표면(1430) 및 후방 표면(1435) 중 하나 또는 양자 모두의 곡률로 인해, 동적 멤브레인(143)은 정적 전방 광학 부분(144) 근방의 멤브레인의 주연부와 중앙 사이에서 제어된 연속적인 두께 구배를 가질 수 있다.

[0021] 도 3a는 동적 멤브레인(143)의 전방 표면(1430) 및 정적 전방 광학 부분(144)의 전방 표면(1440) 뿐만 아니라 동적 멤브레인(143)의 후방 표면(1435)을 도시하는 전방 유폭(145)의 일 구현예의 개략도이다. 전방 표면(1430, 1440)은 볼록하고 동일한 곡률 또는 상이한 곡률을 가질 수 있다. 예를 들어, 전방 표면은 구면의 단일 반경 프로파일 또는 비구면 프로파일을 가질 수 있다. 동적 멤브레인(143)의 후방 표면(1435)은 평면일 수 있다. 이러한 구현예에서 차등 두께 구배를 제어하는 표면은 동적 멤브레인(143)의 전방 표면(1430)이며, 이 표면은 렌즈의 주변 영역으로부터 중앙을 향해 점진적인 두께 변화를 생성한다.

[0022] 비구면 표면 프로파일은 비구면 방정식을 사용하여 설계될 수 있고:

$$z(r) = \frac{r^2}{R \left(1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa) \frac{r^2}{R^2}} \right)} + \alpha_4 r^4 + \alpha_6 r^6 + \dots,$$

[0023]

[0024] 여기서, 광축은 z 방향에 있는 것으로 추정되고 Z(r)는 축으로부터 거리(r)에서 정점으로부터 표면 변위의 z-성분인 처짐이다. 계수(α_i)는 r 및 k에 의해 특정된 축 대칭 이차 곡면으로부터 표면의 편차를 설명한다. 계수(α_i)가 모두 0이면, R은 곡률 반경이고 k는 정점에서 측정된 원뿔 상수이다(여기서 r=0). 이 경우, 표면은 광축을 중앙으로 회전되는 원뿔 곡선(conic section)의 형태를 가지며, 형태는 아래 표 1에 따라 k에 의해 결정된다.

표 1

	원뿔 곡선
$\kappa < -1$	쌍곡선
$\kappa = -1$	포물선
$-1 < \kappa < 0$	타원(표면은 장구 타원체임)
$\kappa = 0$	구체
$\kappa > 0$	타원(표면은 편구 타원체임)

[0025]

[0026]

도 3b는 상이한 차등 두께 구배를 도시하는 전방 옵틱(145)의 개략도이다. 전방 표면(1430, 1440)은 볼록하고 동일한 곡률 또는 상이한 곡률을 가질 수 있다. 동적 멤브레인(143)의 후방 표면(1435)은 또한 단일 반경 또는 비구면 방정식일 수 있는 볼록 곡률일 수 있다. 전방 표면과 후방 표면 모두는 이 구현예에서 차등 두께 구배를 제어하여 렌즈의 주변 영역으로부터 중앙을 향해 급격한 두께 변화를 생성한다.

[0027]

도 3c는 또 다른 차등 두께 구배를 도시하는 전방 옵틱(145)의 개략도이다. 전방 표면(1430, 1440)은 볼록하고 동일한 곡률 또는 상이한 곡률을 가질 수 있으며 곡률은 단일 반경 또는 비구면 방정식 곡률일 수 있다. 동적 멤브레인(143)의 후방 표면(1435)은 오목 곡률일 수 있으며, 이는 단일 반경 또는 비구면 방정식일 수 있다. 전방 표면과 후방 표면 모두는 이 구현예에서 차등 두께 구배를 제어하지만, 렌즈의 주변 영역으로부터 중앙을 향해 점진적인 두께 변화를 생성한다.

[0028]

도 3d는 또 다른 차등 두께 구배를 도시하는 전방 옵틱(145)의 개략도이다. 전방 표면(1430, 1440)은 볼록하고 동일한 곡률 또는 상이한 곡률을 가질 수 있으며 곡률은 단일 반경 또는 비구면 방정식 곡률일 수 있다. 동적 멤브레인(143)의 후방 표면(1435)은 주연부에서 볼록하고 중앙에서 평면일 수 있다. 주연부에서 전방 및 후방 표면 모두는 차등 두께 구배를 제어하고 전방 표면은 중앙에서만 구배를 제어한다. 이 구현예는 비선형 두께 구배를 생성한다.

[0029]

동적 멤브레인(143)의 단면 두께는 중앙에서 가장 두꺼울 수 있다. 중앙에서의 두께는 정적 전방 광학 부분(144) 근방의 주연부에서 동적 멤브레인(143)의 두께보다 5-30 미크론 더 두꺼울 수 있다. 동적 멤브레인(143)의 중앙은 50 미크론 초과 약 70 미크론 이하, 또는 약 80 미크론 이하, 또는 약 90 미크론 이하, 또는 약 100 미크론 이하, 또는 약 200 미크론 이하 및 이들 범위 사이의 임의의 값일 수 있다. 구현예에서, 동적 멤브레인(143)의 주연부는 약 50 미크론 내지 약 70 미크론인 단면 두께를 가질 수 있고 동적 멤브레인(143)의 중앙은 약 60 미크론 내지 약 80 미크론인 단면 두께를 가질 수 있다.

[0030]

정적 전방 광학 부분(144)의 단면 두께는 또한 최외측 주연부와 보다 중앙 영역 사이에서 달라질 수 있다. 도 2b는 정적 전방 광학 부분(144)의 단면 두께가 주변 영역과 동적 멤브레인(143)에 근방에서 접하는 중앙 영역 사이에서 실질적으로 균일함을 도시한다. 정적 전방 광학 부분(144)은 전방 곡률 반경을 가질 수 있어 중앙 영역에 비교하여 주연부가 약간 더 얇아진다. 도 3a는 정적 전방 광학 부분(144)의 단면 두께가 전방 곡률 반경으로 인해 주변 영역과 동적 멤브레인(143) 근방의 중앙 영역 사이에서 변화될 수 있음을 도시한다. 정적 전방 광학 부분(144)에 의해 형성되는 내향 측벽(1550)은 중앙으로 동적 멤브레인(143)을 향해 단면 두께가 테이퍼될 수 있다. 예로서, 정적 전방 광학 부분(144)의 최외측 주변 영역은 제1 단면 두께를 가질 수 있다. 정적 전방 광학 부분(144)의 이러한 주변 영역은 챔버(155)를 정의하는 실질적으로 수직 내부 측벽(1550)을 가질 수 있다. 정적 전방 광학 부분(144)의 중앙 영역은 수직으로부터 멀어지게 동적 멤브레인(143)을 향해 경사지는 내부 측벽(1550)을 가질 수 있다. 정적 전방 광학 부분(144)의 단면 두께는 중앙으로 동적 멤브레인(143)의 단면 두께에 근접하여 감소한다.

[0031]

동적 멤브레인(143)의 직경은 달라질 수 있고 챔버(155)를 형성하는 측벽(1550)의 기하형상에 따라 상이할 수 있다. 전술하고 도 2b에 도시된 바와 같이, 정적 전방 광학 부분(144)에 의해 형성된 내부 측벽(1550)은 측벽(1550)과 동적 멤브레인(143)의 내부 표면 사이의 각도가 약 90도가 되도록 실질적으로 수직(후방 대 전방)일 수 있다. 동적 멤브레인(143)의 직경은 챔버(155)의 직경과 실질적으로 동일할 수 있으며, 예를 들어 약 2.5 mm 내지 약 3.1 mm, 또는 약 2.0 mm 내지 약 4.0 mm일 수 있다. 다른 구현예에서, 정적 전방 광학 부분(144)에 의해 형성되는 내부 측벽(1550)은 약 50 내지 500 미크론의 높이를 갖는 챔버(155)의 제1 부분을 생성하는 제1의 더 주변 영역에서 실질적으로 수직일 수 있고 정적 전방 광학 부분(144)에 의해 형성되는 내부 측벽(1550)은 약 100 내지 600 미크론의 높이를 갖는 챔버(155)의 제2 부분을 생성하는 제2의 더 중앙 영역에서 경

사지거나 각형성될 수 있다(도 3a 참조). 이러한 구현예에서 측벽(1550)과 동적 멤브레인(143)의 내부 표면 사이의 각도는 90도보다 크고, 예컨대 약 130도 내지 약 170도일 수 있다. 정적 전방 광학 부분(144)의 경사진 내부 표면은 정적 전방 광학 부분(144)의 벽이 수직인 챔버(155)의 제1 부분의 직경보다 더 작은 동적 멤브레인(143)의 직경을 초래할 수 있다. 예를 들어, 동적 멤브레인 직경은 약 3.5 mm 내지 약 5.0 mm일 수 있는 챔버(155)의 제1 부분의 직경에 비교하여 약 1.7 mm 내지 약 3.0 mm일 수 있다.

[0032] 정적 전방 광학 부분(144)은 최외측 주연부에서 전방-대-후방 두께가 약 300 미크론 내지 700 미크론일 수 있다. 이와 달리, 동적 멤브레인(143)은 더 얇을 수 있다. 몇몇 구현예에서, 동적 멤브레인(143)은 가장 두꺼운 지점에서 약 80 미크론 이하, 또는 약 90 미크론 이하, 또는 약 100 미크론 이하, 또는 150 미크론 이하, 또는 가장 두꺼운 지점에서 약 200 미크론 이하일 수 있고 이들 범위 사이의 임의의 값일 수 있다. 몇몇 구현예에서, 동적 멤브레인(143)의 중앙은 동적 멤브레인의 주연부보다 두꺼운 두께를 갖는다. 예를 들어, 동적 멤브레인(143)의 중앙은 60 미크론 초과 약 80 미크론 이하, 또는 약 90 미크론 이하, 또는 약 100 미크론 이하, 또는 약 200 미크론 이하 및 이들 범위 사이의 임의의 값일 수 있다. 동적 멤브레인의 주연부는 중앙보다 작고, 예를 들어 10 내지 약 30 미크론만큼 더 얇아질 수 있다. 다른 구현예에서, 동적 멤브레인(143)의 주연부는 중앙보다 두꺼운 두께를 갖는다. 또 다른 구현예에서, 중앙과 주연부는 그 사이의 멤브레인(143)의 영역보다 두껍다.

[0033] 챔버(155), 동적 멤브레인(143), 및 정적 전방 광학 부분(144)의 기하형상은 렌즈의 고체 구성요소(예를 들어, 실리콘 엘라스토머) 및 액체 구성요소(예를 들어, 실리콘 오일)의 굴절률(RI)과 조합하여 설계될 수 있다. 형상 변화시 동적 멤브레인(143)의 외부 형상은 비구면일 수 있으며 단일 곡률 반경을 갖지 않는다(도 3e 및 도 3f 참조). 오히려, 곡소 곡률 반경은 멤브레인(143)의 중앙과 멤브레인(143)의 주변 에지 사이에서 달라진다. 표면 위의 곡률 변화는 곡률이 볼록에서 오목으로 변화하는 천이 구역(1437)을 생성할 수 있다(도 3f 참조). 곡선의 오목부는 챔버 내 액체 구성요소의 굴절률이 높을수록 더 심해지는 광학 수차를 생성할 수 있다. 구성요소의 RI를 조절하여 수차를 제어할 수 있지만, 일부 수차는 너무 심해서 교정할 수 없다. 따라서, 비구면이고 형태 변화 시 곡률에 천이 구역을 통합하는 멤브레인 설계는 고체 구성요소의 RI보다 더 낮은 RI를 갖는 액체 구성요소와 함께 선호된다. 천이 구역이 통합되는 그러한 경우에, 천이 구역의 폭을 제한하는 것이 유리하다.

[0034] 다른 멤브레인 설계는 형상 변화시 실질적으로 구면이고 멤브레인(143)의 중앙과 멤브레인(143)의 주변 에지 사이에 단일 곡률 반경을 갖는 외부 형상을 가질 수 있다(도 3g 및 도 3h 참조). 액체 구성요소가 광학 품질에 영향을 미치는 고체 구성요소의 RI보다 더 낮은 RI를 가질 때 렌즈의 고체 구성요소와 액체 구성요소 사이의 내부 곡률은 발산 렌즈를 형성한다(도 3i-1 및 3i-2 참조). 도 3i-1은 액체 구성요소가 고체 구성요소보다 더 낮은 RI를 갖는 고체 및 액체 구성요소를 갖는 렌즈의 광학 품질을 평가하기 위해 광학 계측 장비를 사용하는 전방 멤브레인의 이미지이다. 흔히 변조 전달 함수(Modulation Transfer Function)(MTF)를 특징으로 하는 광학 품질은 IOLA-Multifocal Diffractive(Rotlex, 이스라엘 소재)를 사용하여 측정될 수 있다. 도 3i-1에 도시된 평행한 또는 실질적으로 평행한 선은 우수한 광학 품질을 나타내는 반면 왜곡된 이미지는 열악한 광학계를 나타낸다. 도 3i-2는 도 3i-1의 렌즈를 멤브레인(143)을 통과하고 액체 구성요소에 진입할 때 발산하는 광 빔(화살표)을 예시하는 개략도로 도시한다. 내부 곡률이 존재하지 않는 중앙 영역 근방의 광 빔(실선 화살표)은 액체 구성요소에 진입할 때 거의 영향을 받지 않는다. 내부 곡률이 존재하는 광 빔(점선 화살표)은 오일이 일치하지 않을 때 발산 렌즈를 형성하여, 광학 품질에 부정적인 영향을 미친다. 재료의 상대 굴절률은 광학 품질에 영향을 미칠 수 있다. 이와 달리, 렌즈의 고체 구성요소와 액체 구성요소 사이의 내부 곡률은 액체 구성요소가 광학 품질에 영향을 미치지 않고 고체 구성요소의 RI에 대해 굴절률 일치 또는 초과 일치될 때 렌즈 또는 수렴 렌즈를 형성하지 않는다(도 3j-1 및 3j-2 참조). 도 3j-1은 액체 구성요소가 고체 구성요소에 굴절률 일치되는 RI를 갖는 고체 및 액체 구성요소를 갖는 렌즈의 광학 품질을 평가하기 위해 광학 계측 장비를 사용하는 전방 멤브레인의 이미지이다. 도 3j-2는 도 3j-1의 렌즈를 멤브레인(143)을 통과한 다음 액체 구성요소에 진입할 때 수렴하는 광 빔(화살표)을 예시하는 개략도로 도시한다. 내부 곡률이 존재하지 않는 중앙 영역 근방의 광 빔뿐만 아니라 내부 곡률이 존재하는 광 빔은 오일이 초과 일치될 때 렌즈를 형성하지 않거나 오일이 굴절률 일치될 때 수렴 렌즈를 형성한다.

[0035] 본 명세서에 설명된 IOL은 바람직하게는 작은 절개 이식을 위해 구성된 재료로 형성된다. 렌즈의 고체 광학 구성요소는 엘라스토머 특성을 가질 수 있고, 광학적으로 투명하고, 생체적합성이며, 특정 상황에서 조절 동안 렌즈 본체가 곡률 정도를 변화하게 하기에 충분히 낮은 영률을 갖는 가요성인 연질 실리콘 폴리머로 제조될 수 있다. 일부 고체 광학 구성요소는 렌즈에 상이한 기능을 제공하기 위해 다른 고체 광학 구성요소와 상이한 영률

을 갖는다(예를 들어, 조절 동안 왜곡을 완화하는 움직이지 않는 정적 전방 광학 부분(144)과 비교하여 조절 동안 동적 멤브레인(143)의 외향 휘어짐)는 것을 이해하여야 한다. 렌즈의 고체 광학 구성요소에 적절한 재료는 실리콘(예를 들어, 알킬 실록산, 페닐 실록산, 플루오르화 실록산, 그 조합/공중합체), 아크릴(예를 들어, 알킬 아크릴레이트, 플루오로아크릴레이트, 페닐 아크릴레이트, 그 조합/공중합체), 우레탄, 엘라스토머, 플라스틱, 그 조합 등을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 양태에서, 렌즈의 고체 광학 구성요소는 본 명세서에 설명된 바와 같이 실리콘 엘라스토머로 형성된다. 고체 광학 구성요소는 본 명세서에 설명된 액체 광학 재료가 고체 광학 구성요소에 의해 완전히 캡슐화되는 본 명세서에 설명된 재료 중 하나 또는 그 조합으로 형성될 수 있다. 렌즈의 고체 광학 구성요소는 액체 광학 재료와 접촉 및/또는 수용하도록 구성된 하나 이상의 영역을 포함할 수 있다. 본 명세서에 설명된 액체 광학 재료는 렌즈 불안정성을 완화하고 광학 품질을 최적화하기 위해 고체 광학 구성요소의 재료에 대해 특별히 제형화될 수 있다. 본 명세서에서 때때로 광학 유체로 지칭되는 액체 광학 재료는 2021년 6월 15일자로 출원된 PCT 출원 제PCT/US2021/37354호에 설명된 바와 같은 플루오로실리 콘 공중합체 및 기타 액체 광학 재료를 비롯하여 다양한 공중합체 중 임의의 것을 포함할 수 있으며, 상기 출원은 그 전문이 본 명세서에 참조로 포함된다.

[0036] 도 4a 내지 도 4h는 고체 광학 구성요소 및 액체 광학 재료를 갖는 렌즈(100)의 구현예를 도시한다. 고체 광학 구성요소는 전술한 전방 옵틱(145) 및 후방 정적 요소(150)를 포함하는 임의의 다양한 구성요소에 의해 형성된 렌즈 본체(105)를 포함할 수 있다. 렌즈 본체(105)에 의해 정의되는 밀봉된 고정 체적 유체 챔버(155)는 액체 광학 재료의 고정 체적을 포함할 수 있다. 렌즈(100)는 전방 옵틱의 주연부에서 정적 전방 광학 부분(144)에 의해 둘러싸인 중앙의 동적 구역 또는 형상 변화 멤브레인(143)을 갖는 전방 옵틱을 포함할 수 있다. 동적 멤브레인(143)은 형상 변화를 받도록 구성되는 반면 정적 전방 광학 부분(144)은 형상 변화에 저항하거나 형상 변화를 받지 않도록 구성될 수 있다. 정적 렌즈일 수 있는 정적 요소(150)도 형상 변화를 받지 않을 수 있다. 정적 전방 광학 부분(144) 및 동적 멤브레인(143)의 단면 기하형상은 전술한 바와 같이 달라질 수 있다. 멤브레인의 단면 두께가 도면에서 균일하게 나타나는 경우, 두께는 본 명세서의 다른 곳에서 설명된 바와 같이 달라질 수 있음을 이해하여야 한다.

[0037] 렌즈 본체(105)의 적도 영역은 적어도 하나의 형상 변형 멤브레인(140)(도 4e에 가장 잘 도시됨)을 포함할 수 있다. 전방 옵틱(145), 동적 멤브레인(143), 전방 옵틱(145)의 정적 전방 광학 부분(144), 형상 변형 멤브레인(140) 및 정적 요소(150)의 내부 표면들은 집합적으로 고정 체적의 유체 챔버(155)를 형성할 수 있다. 유체 챔버(155)를 정의하는 구성요소는 고체 광학 구성요소일 수 있는 반면, 유체 챔버(155) 내에 수용되는 재료의 고정 체적은 액체 광학 재료일 수 있다. 형상 변형 멤브레인(140)은 적어도 하나의 힘 변환 아암(115)에 인접하게 위치 설정될 수 있다. 아래에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 힘 변환 아암(115)의 움직임은 형상 변형 멤브레인(140)의 움직임을 유발함으로써, 액체 광학 재료 및 유체 챔버(155)를 변형시켜 렌즈 본체(105)의 동적 멤브레인(143)의 형상 변화를 유발한다. 전방 옵틱(145)은 동적 멤브레인(143), 정적 전방 광학 부분(144), 형상 변형 멤브레인(140), 및 힘 변환 아암(115)을 포함하는 폴리머 재료의 단일 피스로서 성형될 수 있다. 따라서, 형상 변형 멤브레인(140) 및 그와 관련된 힘 변환 아암(115)은 전방 옵틱(145)의 단일 부분으로서 함께 성형될 수 있다. 임의의 다양한 렌즈 구성요소가 단일 피스로서 함께 성형될 수 있거나, 예컨대 접착제 또는 기타 접합 재료로 함께 접합될 수 있다. 렌즈는 최소한의 접착 또는 접합 표면을 가질 수 있다. 양태에서, 렌즈 구성요소 중 하나 이상은 접착제를 이용한 비화학적 접합보다는 화학적 연결에 의해 함께 결합된다.

[0038] 다시 도 4a와 관련하여, 전방 옵틱(145)은 실리콘, 폴리우레탄 또는 가요성 아크릴과 같은 광학적으로 투명하고 모듈러스가 낮은 폴리머 재료로 형성된 가요성 옵틱일 수 있다. 전방 옵틱(145)은 본 명세서의 다른 곳에서 설명된 바와 같이 외향으로 휘도록 구성된 중앙의 동적 멤브레인(143)을 둘러싸는 정적 전방 광학 부분(144)을 포함할 수 있다. 동적 멤브레인(143)은 렌즈의 광축(A)이 동적 멤브레인(143)을 통해 연장되도록 렌즈 본체(105)에 대해 위치 설정될 수 있다. 전방 옵틱(145)은 가변 두께를 가질 수 있다. 예를 들어, 동적 멤브레인(143)은 정적 전방 광학 부분(144)에 비교하여 감소된 두께를 가질 수 있다. 정적 전방 광학 부분(144)의 단면 두께에 비교하여 동적 멤브레인(143)의 더 얇은 단면 두께는 그 내부 표면에 힘을 인가할 때 상대적으로 더 쉽게 무너지게 할 수 있다. 예를 들어, 유체 챔버(155)의 변형 동안 전방 옵틱(145)의 내부 표면에 대해 증가된 힘이 인가될 때, 정적 전방 광학 부분(144)이 그 형상을 유지하는 동안 동적 멤브레인(143)은 렌즈(100)의 광축(A)을 따라 그에 동축으로 외향으로 휘어질 수 있다. 동적 멤브레인(143)은 유체 챔버(155) 내의 액체 광학 재료에 의해 전방 옵틱(145)의 내부 표면에 인가되는 압력으로 인해 무너져 외부면(예를 들어, 전방면)의 외향 휘어짐을 유발하도록 구성될 수 있다. 전방 옵틱(145)의 외부 정적 전방 광학 부분(144)은 옵틱(145)의 내부 동적 멤브레인(143)보다 더 큰 두께를 가질 수 있고 유체 챔버(155) 내의 액체 광학 재료에 의해 인가되는 이러한 내부 압력 하에서 재성형에 더 저항적일 수 있다. 전방 옵틱(145)의 외부 정적 전방 광학 부분(144)은 내부 동

적 멤브레인(143)이 근거리 시력을 위해 재성형되는 경우에도 원거리 시력 교정을 제공할 수 있다.

- [0039] 동적 멤브레인(143)은 평면형 요소가 되도록 실질적으로 일정한 두께를 가질 수 있다. 바람직하게는, 동적 멤브레인(143)은 위에서 더 상세히 설명되고 도 2b, 도 3a 내지 도 3d에 도시된 바와 같이 최외측 예지와 중앙 영역 사이에서 가변 두께를 가질 수 있다. 동적 멤브레인(143)은 선형 구배 두께, 곡선 구배 두께, 반경 또는 직각을 포함하는 단차를 갖는 2, 3 또는 그 이상의 두께를 가질 수 있다.
- [0040] 동적 멤브레인(143)은 또한 다수의 재료, 예를 들어 동적 멤브레인(143)의 중앙 근방에서 굴곡되도록 구성된 재료 및 광학 구역을 보강하고 왜곡을 제한하도록 구성된 다른 재료를 포함할 수 있다. 따라서, 전방 옵틱(145)의 동적 멤브레인(143)은 외부 정적 전방 광학 부분(144)의 재료보다 상대적으로 외향 휘어짐에 더 민감한 재료로 형성될 수 있다. 옵틱(145)의 다양한 영역은 사출 또는 압축 성형되어 상대적으로 이음매 없고 중단되지 않는 외부면을 제공할 수 있다. 영역의 재료는 일반적으로 일관될 수 있지만, 동적 멤브레인(143)은 정적 전방 광학 부분(144)보다 외향으로 더 휘게 하는 상이한 강성도 또는 탄성을 가질 수 있다.
- [0041] 전방 옵틱(145)은, 예를 들어 본 명세서에 전문이 참조로 포함되는 미국 공개 제2009/0234449호에 설명된 바와 같이, 본 명세서에 설명된 렌즈의 착용자에게 더 넓은 범위의 거리에 걸쳐 개선된 시력을 제공하기 위해 기변 다초점 능력을 갖도록 구성될 수 있다. 본 명세서에 사용될 때, "광학 구역"은 일반적으로 렌즈의 광축(A)을 둘러싸고 시력을 위해 광학적으로 투명한 렌즈 본체(105)의 영역을 지칭한다. 본 명세서에 사용될 때, "조절 구역"은 일반적으로 포커싱을 위해 형상 변화를 받을 수 있는 렌즈 본체(105)의 영역(예를 들어, 동적 멤브레인(143))을 지칭한다. 광학 구역이 교정력을 갖도록 구성되지만, 전체 광학 구역이 동일한 교정력을 가질 수는 없다. 예를 들어, 동적 멤브레인(143) 및 전방 옵틱의 정적 전방 광학 부분(144)은 각각 광학 구역 내에 위치 설정될 수 있다. 동적 멤브레인(143)은 교정력을 가질 수 있는 반면, 정적 전방 광학 부분(144)은 교정력을 갖지 않을 수 있다. 또는, 예를 들어, 동적 멤브레인(143)에 의해 정의된 직경은 굴절력을 가질 수 있고 정적 전방 광학 부분(144)은 동적 멤브레인(143)보다 크거나 작은 굴절력을 가질 수 있다. 동적 멤브레인(143)은 전체 광학 구역과 동일하거나 더 작을 수 있어 다초점 렌즈를 생성할 수 있다. 렌즈 본체(105)의 조절 구역은 전체 광학 구역보다 동일하거나 더 작을 수 있다.
- [0042] 형상 변형 멤브레인(140)은 렌즈 본체(105)의 적도 영역의 원호 길이를 따라 연장될 수 있다. 원호 길이는 개별적으로 또는 다른 형상 변형 멤브레인(140)과 조합하여 변형 멤브레인(140)의 내향(또는 외향) 움직임 시에 동적 멤브레인(143)에서 반응성 형상 변화를 유발하기에 충분할 수 있다. 조절 동안 렌즈(100)의 광축(A)을 향한 일반적으로 내향 방향으로의 형상 변형 멤브레인(140)의 움직임은 임의의 축에서 전체 광학 구역 직경에 영향을 미치지 않고 동적 멤브레인(143)의 외향 굴곡 또는 휘어짐을 유발할 수 있다.
- [0043] 형상 변형 멤브레인(140)은 이동 가능하고 렌즈 본체(105), 정적 요소(150), 및 전방 옵틱(145)에 대해 변위를 받을 수 있도록 가요성을 가질 수 있다. 예를 들어, 형상 변형 멤브레인(140)은 렌즈 본체(105) 및 전방 옵틱(145)의 정적 전방 광학 부분(144)에 대해 선택적으로 이동 가능하도록 렌즈 본체(105)의 인접 영역보다 더 가요성일 수 있다. 형상 변형 멤브레인(140)은 안정 위치를 가질 수 있다. 형상 변형 멤브레인(140)의 안정 위치는 달라질 수 있다. 양태에서, 안정 위치는 형상 변형 멤브레인(140)이 광축(A)에 평행하게 수직으로 배향된 단면 프로파일을 갖도록 전방 옵틱(145)에 평행한 평면에 대체로 수직으로 위치 설정될 때이다. 형상 변형 멤브레인(140)의 안정 위치는 또한 렌즈 본체(105)의 광축(A)에 대해 각형성될 수 있다. 하나 이상의 측면 변형 멤브레인(140)의 형상 및 상대적 배열은 렌즈에 낮은 힘, 낮은 움직임, 높은 조절 기능을 제공한다.
- [0044] 형상 변형 멤브레인(140)의 움직임은 형상 변형 멤브레인(140)에 힘을 인가할 때 제1 방향으로(예컨대, 일반적으로 렌즈 본체(105)의 광축(A)을 향해) 이동하도록 하는 압축, 접힘, 만입, 신장, 변형, 편향, 변위, 힌지 또는 다른 유형의 움직임일 수 있다.
- [0045] 형상 변형 멤브레인(140)은 각각의 힘 변환 아암(115)에 인접하게 놓이거나 아암에 결합되거나 아암과 일체로 성형된다. 하나 이상의 힘 변환 아암(115)은 렌즈 본체(105)의 조절 형상 변화를 수행하기 위해 렌즈 본체(105)에 대해 양방향으로 이동 가능하도록 섬모 구조 중 하나 이상의 움직임을 활용하도록 구성된다. 예를 들어, 본 개시내용을 임의의 특정 이론 또는 작동 모드로 제한하지 않고, 섬모근(18)은 실질적으로 환형 구조 또는 팔각근이다. 자연 상황에서, 눈이 먼 거리에 있는 물체를 보고 있는 경우, 섬모체 내의 섬모근(18)이 이완되고 섬모근(18)의 내경이 커지게 된다. 섬모 돌기는 소대(20)를 끌어당기고, 이어서 적도 둘레의 수정체 피막(22)을 끌어당긴다. 이로 인해, 자연 수정체가 평탄해지거나 덜 볼록해지며, 이는 조절 해제(disaccommodation)라고 명명된다. 조절 동안, 섬모근(18)은 수축하고(섬모 고리 직경(ciliary ring diameter), CRD) 섬모근(18)에 의해 형성된 고리의 내경은 더 작게 된다. 섬모 돌기는 소대(20)의 장력을 해제

하여, 자연 수정체가 자연의 더 볼록한 형상으로 되돌아가고 눈이 가까운 거리에 포커싱할 수 있게 한다. 섬모근(18)(또는 하나 이상의 섬모 구조)의 이러한 내향/전방 움직임은 힘 변환 아암(115)에 의해 활용되어 렌즈 본체(105)의 형상 변화를 유발할 수 있다.

[0046] 양태에서, 힘 변환 아암(115)이 섬모근 수축으로 인해 렌즈(100)의 광축(A)을 향해 내향 이동됨에 따라, 힘 변환 아암(115)은 형상 변형 멤브레인(140)의 외부 표면에 맞닿고 외부 표면에 대해 힘을 인가한다. 따라서, 형상 변형 멤브레인(140)과 힘 변환 아암(115) 사이의 접촉은 섬모근 수축 시에 힘 변환 아암(115)이 멤브레인(140)에 맞닿는 외부 표면에 대해 압박되어 이를 내향으로 압박하도록 가역적 접촉일 수 있다. 섬모근 이완 시에, 형상 변형 멤브레인(140)은 안정 위치로 복귀하고 힘 변환 아암(115)은 안정 위치로 복귀한다. 이동 가능한 구성요소(즉, 동적 멤브레인 및/또는 형상 변형 멤브레인)의 엘라스토머 특성은 힘 변환 아암(115)을 안정 위치로 복귀시킬 수 있다. 양태에서 그리고 도 4e에 가장 잘 도시된 바와 같이, 형상 변형 멤브레인(140)은 각각의 힘 변환 아암(115)에 결합되거나 일체화된다. 다른 양태에서와 같이, 섬모근 수축 시에, 힘 변환 아암(115) 및 형상 변형 멤브레인(140)은 안정 위치로부터 동적 멤브레인(143)의 형상 변화를 유발하는 대체로 내향 변위된 위치로 협력하여 이동한다. 힘 변환 아암(115) 및 관련 형상 변형 멤브레인(140)의 변위는 유체 챔버에 압축력을 인가하고 차례로 챔버를 변형시켜 동적 멤브레인(143)이 외향으로 팽윤하게 한다.

[0047] 힘 변환 아암(115) 및 관련 형상 변형 멤브레인(140)의 내향 운동은 광축(A)에 실질적으로 직교하거나 수직인 축에 대해 동축일 수 있다. 즉, 운동축과 광축 사이의 각도는 90도 플러스 또는 마이너스 약 1도, 2도, 3도, 4도, 최대 약 5도일 수 있다. 예컨대 섬모 구조에 의해 힘 변환 아암(115)에 인가되는 압축력은 광축(A)에 대해 완벽하게 직교하지 않는 반경방향 내향 운동을 초래할 수 있고 본 명세서에는 어느 정도 90도보다 크거나 작은 것으로 고려된다는 것을 이해하여야 한다. 변형 멤브레인(140)의 운동축과 광축(A) 사이의 각도는 또한 실질적으로 비직교 또는 비수직일 수 있다. 예를 들어, 변형 멤브레인(140)은 광축(A)에 직교하지 않는 축을 따라 압축될 수 있다.

[0048] 각각의 변형 멤브레인(140)의 수 및 원호 길이는 달라질 수 있고 디바이스의 전체 직경 및 두께, 내부 체적, 재료의 굴절률 등에 따라 달라질 수 있다. 일반적으로, 렌즈 본체는 렌즈에 대해 충분한 강성과 벌크를 갖고, 그에 따라 힘 변환 아암이 유체 챔버(155)의 형상을 변화하게 하도록 변형 멤브레인(들)(140)이 충분히 가요성이면서 이식 동안 취급 및 조작될 수 있다. 렌즈(100)의 전체 직경 및 두께에 따라, 형상 변형 멤브레인(140)의 원호 길이는 적어도 약 2 mm 내지 약 8 mm일 수 있다. 양태에서, 렌즈는 약 2 mm 내지 약 8 mm의 원호 길이를 갖는 단일 형상 변형 멤브레인(140)을 갖는다. 단일 형상 변형 멤브레인(140)은 동적 멤브레인(143)에서 적어도 1D, 또는 1.5D, 또는 2D, 또는 2.5D, 또는 3D 변화를 달성하기 위해 약 0.1 그램의 힘(gf)만큼 낮은 힘의 인가 시에 약 10 μm 내지 약 100 μm 를 이동하도록 설계될 수 있다. 양태에서, IOL은 각각 약 3 mm 내지 약 5 mm인 원호 길이를 갖는 2개의 반대 형상 변형 멤브레인(140)을 가질 수 있다. 형상 변형 멤브레인(140)은 동적 멤브레인(143)에서 적어도 1D 변화를 달성하기 위해 약 0.25g 힘 내지 1.0g 힘의 인가 시에 각각 약 25 μm 내지 약 100 μm 를 이동하도록 설계될 수 있다.

[0049] 형상 변형 멤브레인(140)은 어느 정도의 압축력의 인가 시에 렌즈 본체의 나머지 부분에 대해 이동하거나 접힐 수 있다. 일반적으로, IOL은 매우 낮은 힘(광축(A)을 향한 압축력의 인가 및 압축력의 해제를 포함)이 미크론 움직임이 충분한 디오퍼 변화를 유발하고 신뢰할 수 있는 광학계를 갖게 하기에 충분하도록 설계된다. 렌즈 본체(105)의 동적 멤브레인(143)의 외향 움직임을 달성하여 조절을 수행하기 위해 인가되는 압축력은 약 0.1g의 힘(gf)만큼 낮을 수 있다. 양태에서, 인가된 압축력은 약 0.1 gf 내지 약 5.0 gf 또는 약 0.25 gf 내지 약 1.0 gf 또는 약 1.0 gf 내지 약 1.5 gf일 수 있다. 조절을 달성하기 위해 인가되는 압축력에 응답하여 렌즈 본체(105)의 중앙 부분(예를 들어, 동적 멤브레인(143))에 대한 렌즈 본체(105)의 변형 가능한 영역(예를 들어, 형상 변형 멤브레인(140))의 움직임은 약 50 μm 만큼 작을 수 있다. 인가된 압축력에 응답하여 동적 멤브레인(143)에 대한 렌즈 본체의 형상 변형 멤브레인(140)의 움직임은 약 50 μm 내지 약 500 μm , 약 50 μm 내지 약 100 μm , 약 50 μm 내지 약 150 μm , 또는 약 100 μm 내지 약 150 μm 일 수 있다. 형상 변형 멤브레인(140)에서 이러한 움직임 범위(예를 들어, 50 μm 내지 100 μm)를 초래하는 인가된 압축력의 범위(예를 들어, 약 0.1 gf 내지 약 1 gf)는 적어도 $\pm 1\text{D}$ 보다 더 큰 동적 범위, 바람직하게는 약 ± 3 디오퍼(D)의 동적 범위 내에 있는 조절 능력을 갖는 본 명세서에 설명된 디바이스를 제공할 수 있다. 양태에서, 도수는 약 100-150 μm 움직임에 대해 $\pm 4\text{D}$ 내지 $\pm 6\text{D}$ 이다. 본 명세서에 설명된 디바이스는 형상 변형 멤브레인(140)의 약 100 μm 움직임에 대해 적어도 $\pm 1\text{D}$ 인 조절 범위 및 광축(A)을 향한 실질적으로 내향 방향으로 형상 변형 멤브레인(140)에 인가되는 약 적어도 0.25 gf의 압축력을 가질 수 있다. 양태에서, 디바이스는 약 50 μm 움직임에 대해 적어도 $\pm 1\text{D}$ 이고 적어도 약 1.0 gf인 조절 범위를 가질 수 있다. 양태에서, 디바이스는 약 100 μm 움직임에 대해 적어도 $\pm 3\text{D}$ 이고

적어도 약 1.0 gf인 조절 범위를 가질 수 있다. 양태에서, 디바이스는 약 50 μm 움직임에 대해 적어도 $\pm 3\text{D}$ 이고 적어도 약 0.1 gf인 조절 범위를 가질 수 있다.

[0050] 본 명세서에 설명된 미크론 움직임은 비대칭성 미크론 움직임(예를 들어, 디바이스의 한 측면으로부터)일 수 있거나 디바이스의 대향 측면으로부터의 대칭성 미크론 움직임이거나 광축에 대해 디바이스 둘레에 고르게 분포될 수 있다. 미크론 움직임이 비대칭성이든 대칭성이든, 달성된 동적 멤브레인(143)의 외향 휘어짐은 실질적으로 구면일 수 있다. 본 명세서에 설명된 미크론 움직임은 또한 형상 변형 멤브레인(140)의 전체 집합 움직임일 수 있다. 이와 같이, 렌즈(100)가 단일 형상 변형 멤브레인(140)을 포함하는 경우, 그 단일 멤브레인은 원하는 디오프터 변화(예를 들어, 적어도 1D 내지 약 3D 변화)를 달성하기 위해 원하는 미크론 움직임(예를 들어, 50 μm 내지 100 μm)이 가능하다. 렌즈(100)가 2개의 형상 변형 멤브레인(140)을 포함하는 경우, 멤브레인은 함께 적어도 1D 디오프터 변화를 달성하기 위해 50 μm 내지 100 μm 의 움직임을 달성할 수 있다. 본 명세서에 설명된 디바이스에 의해 달성된 디오프터 변화는 적어도 약 1D 내지 약 5D 또는 6D 변화일 수 있다. 양태에서, 예를 들어 황반 변성(macular degeneration)을 갖는 환자의 경우 디오프터 변화는 7D와 10D 사이일 수 있다.

[0051] 전술한 바와 같이 그리고 여전히 도 4a 내지 도 4g와 관련하여, 렌즈 본체(105)는 정적 요소(150)를 포함할 수 있다. 정적 요소(150) 및 전방 옵틱(145)은 렌즈(100)의 광축(A)을 따라 서로 반대측에 위치될 수 있다. 정적 요소(150)는, 평탄한 표면(151)이 렌즈 본체(105)의 유체 챔버(155)를 향하는 내부 표면을 형성하고 만곡 표면(152)이 눈의 유체와 접촉하도록 렌즈 본체(105) 외부에 위치 설정될 수 있다. 대안적으로, 정적 요소(150)는, 평탄한 표면(151)이 눈의 유체와 접촉하고 만곡 표면(152)이 렌즈 본체(105)의 유체 챔버(155)를 향하는 내부 표면을 형성하도록 렌즈 본체(105) 내부에 위치 설정될 수 있다.

[0052] 정적 요소(150)는 광학적으로 투명할 수 있고 렌즈(100)의 광학계에 영향을 미치지 않고 지지 기능을 제공할 수 있다. 이와 같이, 정적 요소(150)는 재료 도수를 가질 수 있고 렌즈 본체(105)에 대한 후방 지지부를 형성할 수 있다. 정적 요소(150)는 실리콘, 우레탄, 아크릴 재료, 저 모듈러스 엘라스토머, 또는 그 조합으로 형성될 수 있다. 정적 요소(150)는 정시안 상태로 교정하기 위한 정적 옵틱일 수 있거나 이를 포함할 수 있거나, 또는 무수정체 환자에 대해 적절한 도수(보통 $\pm 10\text{D}$ 내지 $\pm 30\text{D}$)를 가질 수 있다. 따라서, 정적 요소(150)는 약 $\pm 30\text{D}$ 까지 굴절력을 가질 수 없다. 렌즈(100)가 별개의 피막 렌즈(예를 들어, "피기백" 렌즈)와 함께 사용되는 경우, 도수는 눈의 광학 시스템에서 잔류 굴절 또는 다른 광학 수차를 교정하기 위해 약 -5D 내지 약 +5D 범위에 있을 수 있다. 정적 요소(150)는 평면-볼록, 볼록-평면, 볼록-볼록, 오목-볼록 또는 임의의 다른 조합일 수 있다. 정적 요소(150)(또는 후방에 위치 설정된 렌즈)는, 예를 들어 가요성 렌즈와 관련된 임의의 수차를 감소 시키거나 보상하기 위해 원환체 렌즈, 구면 렌즈, 비구면 렌즈, 회절 렌즈 또는 이 둘의 임의의 조합일 수 있다. 정적 요소(150) 및 정적 요소를 둘러싸는 유체(눈의 유체이든 유체 챔버(155) 내의 액체 광학 재료이든)의 상대 굴절률은 임의의 주어진 형상에 대한 정적 요소(150)의 도수를 결정할 것이다.

[0053] 렌즈(100)는 조립된 렌즈(100)에 기계적 안정성을 제공하기 위해 보강재 및/또는 지지부의 다양한 조합 중 임의의 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, 보강재는 전방 렌즈(145) 및/또는 정적 요소(150)의 주변 영역에 있을 수 있다. 보강재는 광학적으로 투명하거나 불투명할 수 있다. 보강 구조는 실리콘, 폴리우레탄, PMMA, PVDF, PDMS, 폴리아미드, 폴리이미드, 폴리프로필렌, 폴리카보네이트 등 또는 그 조합을 포함하지만 이에 제한되지 않는 강성 폴리머로 형성될 수 있다. 렌즈(100)의 다른 영역은 하나 이상의 보강재 또는 지지부도 포함할 수 있다. 양태에서, 하나 이상의 지지부는 지지부가 렌즈 본체(105)의 적어도 외부 부분을 둘러싸도록 유체 챔버(155) 외부에 위치 설정될 수 있다. 예를 들어, 외부 지지부는 렌즈 본체(105)의 주연부 둘레에서 연장되는 대체로 환형 요소일 수 있고 중앙 개구를 가질 수 있고, 중앙 개구를 통해 적어도 전방 옵틱(145)의 동적 멤브레인(143)이 정렬되어 동적 멤브레인(143)이 외향 변형에 이용 가능하다.

[0054] 양태에서, 렌즈(100)는 광학 왜곡을 제한하기 위해 안정화 시스템(120) 및/또는 힘 변환 아암(115)과 같은 렌즈의 다른 부분에 의해 부여된 응력으로부터 광학 요소(전방 및 후방)를 기계적으로 격리시키도록 구성된 렌즈(100)의 하나 이상의 영역 내에 위치한 하나 이상의 내부 지지부를 포함한다. 일반적으로, 내부 지지부의 재료 및/또는 구조는, 특히 렌즈(100)가 안정화 시스템(120) 또는 힘 변환 아암(115)에 의해 부여된 응력 하에 위치될 때 광학 요소를 기계적으로 격리시키기에 충분한 강성을 제공한다. 내부 지지부는 다른 렌즈 구성요소(예를 들어, 햅틱, 힘 변환 아암 등)의 움직임 중에도 광학적 왜곡을 기계적으로 격리하여 방지하거나 완화하도록 구성된 고정 피쳐(조절에 관여하지 않는 피쳐를 의미함)일 수 있다. 이들 피쳐는 렌즈가 어떤 종류의 힘이나 응력 하에 위치될 때 동적 멤브레인(143) 또는 전방 옵틱(143)과 같은 디바이스의 광학 부분에 형상 변화를 부여하지 않는 것을 보장함으로써 지지부를 제공한다. 형상 변형 멤브레인(140) 및 동적 멤브레인(143)과 같은 렌즈(100)의 다른 부분에 대한 내부 지지부의 강도는 삽입 동안 렌즈의 조작 및 취급 중에 증가된 내구성을 제공

한다.

[0055] 아래에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 내부 지지부는 렌즈 본체(105)의 유체 챔버(155) 내에 또는 이를 향하여 위치 설정될 수 있고 및/또는 고체 광학 구성요소의 하나 이상의 영역에 매립될 수 있다. 하나 이상의 내부 지지부는 전방 옵틱(145)의 외부 정적 전방 광학 부분(144)의 내부 측면 상의 또는 광학 부분 내에 매립된 두꺼운 부분일 수 있다. 하나 이상의 내부 지지부는 또한 렌즈의 하나 이상의 영역에 결합되거나 그 내부에 위치되는 별개의 구성요소일 수 있다. 하나 이상의 내부 지지부는 전방 옵틱(145)의 정적 전방 광학 부분(144)에 결합되고 및/또는 그 내부에 매립될 수 있다. 내부 지지부는 디바이스의 움직이는 부분의 의도하지 않은 움직임을 방지하기 위해 전방 옵틱(145)의 형상 변형 멤브레인(140) 또는 동적 멤브레인(143)보다 더 단단하고, 더 두껍고 및/또는 더 강성적인 재료(또는 재료들)로 형성될 수 있다. 대안적으로, 내부 지지부는 전방 옵틱(145)의 형상 변형 멤브레인(140) 또는 동적 멤브레인(143)과 동일한 재료로 제조될 수 있고 지지 구조의 기하형상으로 인해 기계적 격리 기능을 달성할 수 있다. 지지부는 실리콘, 폴리우레탄, PMMA, PVDF, PDMS, 폴리아미드, 폴리이미드, 폴리프로필렌, 폴리카보네이트 등 또는 그 조합을 포함하지만 이에 제한되지 않는 강성 폴리머로 형성될 수 있다. 예를 들어, 내부 지지부는 다수의 실리콘 또는 강성 또는 반강성 골격 인서트 가 있는 실리콘의 조합일 수 있다.

[0056] 내부 지지부는 다양한 구성, 크기, 형상, 및/또는 재료 중 임의의 것으로 형성될 수 있다. 내부 지지부는 전방 옵틱(145)의 다른 부분의 재료 내에 매립된 재료를 포함할 수 있다. 도 4e 및 도 4f의 단면도는 외부 정적 광학 부분(144) 내에 매립된 내부 지지부(110e)를 도시한다. 도 4g에 도시된 렌즈의 단면도는 유체 챔버(155) 및 복수의 연결 컬럼(112)을 드러내도록 절취된 중앙 동적 멤브레인(143)을 포함하는 전방 옵틱(145)의 상부 표면을 갖는다. 이들 연결 컬럼(112)은 전방 옵틱(145)의 일부이거나 전방 옵틱(145)과 동일한 재료로 제조될 수 있다. 이들 연결 컬럼(112)은 후방 옵틱(150)의 일부일 수 있다. 연결 컬럼(112)은 전방 옵틱(145)을 후방 옵틱에 접합하는 데 사용될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 이들 별개의 재료 컬럼은 렌즈의 광학계에 대한 지지를 제공할 수 있다. 컬럼(112) 및 매립된 지지부(110e)는 본 명세서에서 단순히 내부 지지부(110)로서 집합적으로 지칭될 수 있다.

[0057] 다시 도 4e, 도 4f 및 도 4g와 관련하여, 매립된 내부 지지부(110e)는 렌즈 본체(105)의 전방 부분의 폴리머 내에 매립된 하나 이상의 보강재 또는 다른 구성요소 또는 재료(들)를 포함할 수 있다. 예로서, 매립된 지지부(110e)는 렌즈의 다른 고체 부분의 더 부드러운 실리콘 재료에 매립된 강성 실리콘 재료일 수 있다. 매립된 지지부(110e)는 실리콘, 폴리우레탄, PMMA, PVDF, PDMS, 폴리아미드, 폴리이미드, 폴리프로필렌, 폴리카보네이트 등 또는 그 조합을 포함하지만 이에 제한되지 않는 본 명세서에 제공된 다양한 재료 중 임의의 것일 수 있다. 매립된 내부 지지부(110e)는 렌즈(100)의 중앙 길이방향 평면에 대체로 평행하게 놓이는 상대적으로 평면형 요소일 수 있다. 각각의 지지부(110)의 외부 영역은 렌즈 본체(105)의 적도 영역에 인접하게 위치 설정될 수 있고 전방 옵틱(145)의 동적 멤브레인(143)을 향해 일정 거리 내향으로 연장될 수 있다. 지지부(110e)의 외부 영역은 렌즈 본체(105)의 적도 영역에 결합되거나 적도 영역과 일체화될 수 있거나 또는 지지부(110e)의 외부 영역은 적도 영역으로부터 이격될 수 있다. 지지부(110e)는 정적 전방 광학 부분(144)의 주변 영역의 길이를 따라 연장될 수 있지만, 변형 멤브레인(140)이 적도 영역의 원호 길이를 따라 근방에서 연장되는 적도 영역으로부터 이격될 수 있다(도 4g 참조). 변형 멤브레인(140)으로부터 이 이격은, 내향 조절 움직임 동안 변형 멤브레인(140)이 지지부(110e) 또는 외부 정적 전방 광학 부분(144)에 조기에 맞닿거나 접촉하지 않도록 공차를 제공한다.

[0058] 연결 컬럼(112)은 전방 옵틱(145)의 주변 영역(154)과 일체화되고, 결합되며, 및/또는 달리 그 근방에 위치 설정되는 보강 재료(들)로 형성된 비교적 좁고 별개인 구조일 수 있다. 도 4g는 각각의 변형 멤브레인(140)의 위치 근방의 연결 컬럼(112)의 영역을 예시한다. 연결 컬럼(112)은 각각의 변형 멤브레인(140)으로부터 내향 거리를 두고 이격될 수 있다. 변형 멤브레인에 대한 이들의 위치 설정 및 이들의 상대적으로 좁은 형상은 접촉 또는 변형의 중단 위험 없이 멤브레인(140)의 움직임을 가능하게 한다. 도 4g는 연결 컬럼(112)의 각각의 영역이 서로로부터 거리를 둘 뿐만 아니라 변형 멤브레인(140)으로부터 그리고 내부 지지부(110e)가 매립된 정적 전방 광학 부분(144)으로부터 거리를 두고 이격된 한 쌍의 연결 컬럼(112)을 갖는 것을 도시한다. 제1 매립된 내부 지지부(110e)는 각각의 변형 멤브레인(140) 사이의 원호 길이를 따라 연장될 수 있고, 제2 매립된 내부 지지부(110e)는 렌즈 본체(105)의 반대측에 있는 변형 멤브레인(140) 사이의 원호 길이를 따라 연장될 수 있다. 도 4g는 연결 컬럼(112)의 각각의 영역이 2개의 연결 컬럼(112)을 갖는 것을 도시하지만, 각각의 변형 멤브레인(140) 근방에 단지 하나의 연결 컬럼(112)이 있거나 각각의 변형 멤브레인(140) 근방에 2개 초과 연결 컬럼(112)이 있을 수 있다. 일반적으로, 연결 컬럼(112)은 매립된 지지부(110e)보다 좁을 수 있다. 매립된 내부

지지부(110e)는 연결 컬럼(112)보다 대체로 더 길고, 더 넓고, 더 평탄하도록 각각의 별개의 연결 컬럼(112)보다 더 큰 원호 길이를 따라 연장할 수 있다. 그러나, 매립된 지지부(110e)는 또한 정적 전방 광학 부분(144)의 재료 내에서 더 별개의 형상을 취할 수 있고, 그에 따라 또한 세장형 지지 섹션보다는 좁은 별개의 지지점을 형성한다.

[0059] 형상 변형 멤브레인(140)에 대한 연결 컬럼(112)의 분포 및 이격은 렌즈 본체(105)의 정적 구역 근방이든 렌즈 본체(105)의 중앙 영역이든 렌즈의 움직이는 부분과의 접촉을 최소화할 수 있다. 연결 컬럼(112)의 형상은 또한 연결 컬럼(112)과 형상 변형 멤브레인(140) 사이의 접촉을 최소화하거나 제한할 수 있다. 예를 들어, 연결 컬럼(112)의 외부 영역은 적도 영역 근방에서 경사질 수 있고, 그에 따라 경사는 멤브레인(140)과 지지부의 외부 주연부 사이의 접촉을 피하면서 형상 변형 멤브레인(140)의 내향 움직임을 허용한다. 경사는 약 10-80도 사이의 각도를 갖는 단일 경사일 수 있다. 하나 이상의 지지부의 외부 영역은 경사를 포함할 필요가 없다는 것을 이해하여야 한다. 형상 변형 멤브레인(140)과 하나 이상의 연결 컬럼(112) 사이의 접촉은 경사를 통합하는 것 이외에 다른 방식으로 회피될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 연결 컬럼(112)은 접촉을 회피하기 위해 (예를 들어, 주연부를 따라 및/또는 주연부로부터 멀어지게) 형상 변형 멤브레인(140)으로부터 거리를 두고 이격될 수 있다. 연결 컬럼(112)은 또한 안정성과 지지를 제공하는 렌즈 본체의 중앙을 향해 거리를 연장하지만 일반적으로 전방 옵틱(145)의 중앙의 동적 멤브레인(143)의 바로 앞에서 멈추도록 외부 영역과 내부 영역 사이의 치수를 가질 수 있다. 도 4g에 도시된 바와 같은 몇몇 구현예에서, 연결 컬럼(112)은 변형 멤브레인(140) 근방의 렌즈 본체(105)의 적도를 따른 위치에서 정적 전방 광학 부분(144)을 대신한다. 따라서, 정적 전방 광학 부분(144)은 변형 멤브레인의 위치 사이의 렌즈 본체(105)의 섹션에서 적도 둘레로만 연장된다.

[0060] 연결 컬럼(112)은 유체 챔버(155)에 전체 형상을 제공하도록 상이한 형상 및 크기를 가질 수 있다. 구현예에서, 지지 컬럼(112)은 더 큰 연결 컬럼(112) 사이에 산재되어 있는 렌즈를 통해 전방-대-후방으로 연장되는 별개의 좁은 재료 컬럼을 포함할 수 있다. 좁은 재료 컬럼은 렌즈의 광학 구역 내부에 위치 설정될 수 있는 반면 더 큰 내부 지지부는 광학 구역 외부에 위치 설정될 수 있으며 각각은 이동 가능한 고체 구성요소로부터 멀리 위치될 수 있다. 광학 구역 외부에 위치 설정된 큰 연결 컬럼은 집합적으로 액체 구성요소를 수용하는 유체 챔버(155)에 전체 형상을 제공할 수 있다. 더 큰 내부 지지 컬럼 사이에 산재된 별개의 좁은 재료 컬럼은 더 큰 지지 컬럼에 의해 형성된 유체 챔버(155)의 이러한 큰 복도 또는 채널 내에 지지를 제공할 수 있다.

[0061] 언급한 바와 같이, 렌즈 본체(105)는 형상 변형 멤브레인(140), 전방 옵틱(145), 및 정적 요소(150)의 내향 표면에 의해 집합적으로 형성되고 액체 광학 재료의 고정 체적을 포함하는 밀봉된 고정 체적 유체 챔버(155)를 포함할 수 있다. 하나 이상의 내부 연결 컬럼(112)의 내향 표면 뿐만 아니라 정적 전방 광학 부분(144)(매립된 지지부(110e)를 가짐) 및 전방 옵틱(145)의 동적 멤브레인(143)의 내향 표면도 유체 챔버(155)의 일부를 형성한다. 따라서, 하나 이상의 연결 컬럼(112) 및 정적 전방 광학 부분(144)의 분포, 크기, 형상 및 수는 유체 챔버(155)의 전체 형상에 영향을 미친다(도 4g 참조).

[0062] 구성에 상관 없이, 내부 지지부(110)(매립된 지지부(110e) 및 연결 컬럼(112) 모두)는 조절 움직임이 요망되는 곳 이외의 렌즈(100) 영역에서 효율 감소 렌즈 움직임을 제한할 수 있다. 내부 지지부(110)는 모든 섬모 유도 압력을 중앙의 동적 멤브레인(143)을 향해 포커싱하는 기능을 한다. 내부 지지부(110)는 렌즈(100)의 동적 영역을 기계적으로 격리하고 렌즈(100)의 비동적 영역을 구조적으로 보강함으로써, 조절을 위해 원하는 곳 - 힘 변환 아암(115)의 움직임을 통한 측면 변형 멤브레인(140) 및 유체 충전된 챔버(155) 내의 증가된 압력으로부터 동적 멤브레인(143) - 에만 형상 변화를 포커싱한다. 내부 지지부(110)의 기하형상 및 강성은 유체 충전된 피막의 증가된 내부 압력 하에서 다른 렌즈 영역이 변형되는 것을 기계적으로 방지하는 역할을 한다.

[0063] 내부 지지부(110)는 불투명하거나 투명할 수 있지만 일반적으로 렌즈(100)의 이동 가능한 부분보다 더 강성적인 다양한 재료 또는 재료의 조합 중 임의의 것으로 형성될 수 있다. 양태에서, 렌즈(100)의 각각의 고체 구성요소는 동일한 재료로 형성되며, 이는 제조 관점에서 이점을 제공한다. 다양한 고체 구성요소의 재료는 동일할 수 있지만(예를 들어, 실리콘), 다양한 고체 구성요소의 기계적 특성은 구성요소가 렌즈에 대해 수행하는 기능(즉, 형상 변화 또는 힘 전달 또는 센터링 및 안정화)에 따라 특유할 수 있다. 렌즈의 하나의 고체 구성요소는 렌즈의 다른 구성요소(예를 들어, 주변 멤브레인(140)에 비교하여 내부 지지부(110))보다 더 강성일 수 있지만, 두 고체 구성요소는 동일한 재료일 수 있다. 더 강성의 고체 구성요소는 덜 강성의 고체 구성요소에 비교하여 해당 구성요소의 기하형상 및 치수 차이로 인해 더 강성일 수 있다. 이와 같이, 내부 지지부(110)와 멤브레인(140, 143)은 동일한 실리콘 재료로 형성될 수 있지만, 멤브레인(140, 143)은 내부 지지부(110)에 비교하여 두께가 상당히 감소되기 때문에, 멤브레인(140, 143)은 압축력의 인가 시에 쉽게 변형되는 반면, 내부 지지부(110)는 쉽게 변형되지 않는다. 몇몇 구현예에서, 내부 지지부(110)는 실리콘 엘라스토머(예를 들어, 실리콘

PDMS 70-90 쇼어A)일 수 있고 멤브레인(140, 143)은 실리콘 엘라스토머(예를 들어, 실리콘 PDMS 20-50 쇼어A)일 수 있다. 추가로, 내부 지지부(110)는 멤브레인(140, 143)에 비해 더 높은 강성과 강성도를 부여하는 기하 형상을 포함할 수 있다.

[0064]

유체 챔버(155) 내에 수용된 액체 광학 재료는 비압축성 액체 광학 재료일 수 있고 유체 챔버(155)의 체적은 액체 광학 재료의 체적과 실질적으로 동일할 수 있다. 이와 같이, 챔버(155) 내에 수용된 액체 광학 재료는, 렌즈(100)에 실질적인 외력이 인가되지 않을 때, 안정 상태에서 동적 멤브레인(143) 또는 변형 멤브레인(140)의 상당한 외향 휘어짐을 유발하지 않는다. 양태에서, 유체 챔버(155)는 동적 멤브레인(143)이 안정 상태에서 약간의 외향 휘어짐을 갖도록 액체 광학 재료로 약간 넘칠 수 있다. 동적 멤브레인(143)의 작은 정도의 안정 외향 휘어짐은 렌즈의 광학 인공물을 감소시킬 수 있다. 그러나, 동적 멤브레인(143)에 안정 외향 휘어짐이 얼마나 많이 존재하든지 간에, 멤브레인(143)은 조절을 제공하기 위해 형상 변형 멤브레인(140)에 압축력을 인가할 때 여전히 추가적인 외향 휘어짐을 받을 수 있다. 유체 챔버(155) 내부의 압력은 유체 챔버(155) 외부의 압력과 실질적으로 동일할 수 있다. 유체 챔버(155) 내의 액체 광학 재료는 비압축성이기 때문에, 그 형상은 챔버(155)의 형상과 함께 변형된다. 한 위치에서 챔버(155)의 변형(예를 들어, 형상 변형 멤브레인(140)의 마이크로미터 내향 움푹임)은 고정 체적 유체 챔버(155) 내에 수용된 비압축성 액체 광학 재료가 유체 챔버(155)를 형성하는 내향 표면에 대해 가압하게 한다. 유체 챔버(155)의 반응성 변형은 충분한 조절 변화를 생성하기 위해 제2 위치에서 발생한다. 전방 옵틱(145)의 동적 멤브레인(143)은 정적 전방 광학 부분(144)과 같은 전방 옵틱(145)의 다른 부분과 비교하여 (예를 들어, 상대적인 두께 및/또는 탄성으로 인해) 힘의 인가 시에 외향으로 휘어지도록 구성된다. 따라서, 형상 변형 멤브레인(140)의 내향 움푹임은 액체 광학 재료를 압박하여 챔버(155)와 함께 변형되게 하고 전방 옵틱(145)의 내향 표면에 대해 가압한다. 이는 동적 멤브레인(143)의 외부 표면의 외향 휘어짐 및 재성형을 초래하여, 광학 구역의 조절 부분이 더 볼록하게 되게 함으로써 렌즈(100)의 도수를 증가시킨다. 전술한 바와 같이, 내부 지지부(112, 110e)는 렌즈 본체(105)에 충분한 안정성을 제공하고, 그에 따라 형상 변형 멤브레인(140)에 대한 압축력의 인가는 광학계의 최소 왜곡으로 마이크로미터 움푹임을 유발한다.

[0065]

렌즈 본체(105)의 유체 챔버(155) 내에 수용된 액체 광학 재료는 조절되지 않은 안정 상태 및 조절 동안 안정 동안 실질적으로 광학 구역 내에 남아 있다. 액체 광학 재료는 렌즈 본체(105) 내에 남아 있고 유체 챔버(155)의 형상 변형과 함께 형상이 변형됨으로써 동적 멤브레인(143)의 조절 형상 변화에 기여할 수 있다. 동적 멤브레인(143)의 이러한 형상 변화는 유체 챔버(155) 내에서, 예를 들어 챔버의 한 부분으로부터 다른 부분으로의 액체 광학 재료의 실제 유동 없이 발생할 수 있음을 이해하여야 한다. 오히려, 형상 변형 멤브레인(140)에 인가되는 힘은 적어도 제2 영역에서 유체 챔버(155)의 반응 변형을 유발할 수 있는 제1 영역에서 유체 챔버(155)를 변형시킨다. 유체 챔버(155)는 고정 체적을 가지며 변형 가능하다. 유체 챔버(155) 내에 수용된 액체 광학 재료는 유체 챔버(155)의 형상과 함께 그리고 그 형상에 따라 형상을 변화시킨다. 챔버(155)의 하나 이상의 부분의 내향 변형, 예를 들어 렌즈 본체(105)의 정적 구역 근방의 형상 변형 멤브레인(140)의 움푹임은 챔버(155)의 다른 부분의 반응성 외향 변형, 예를 들어 유체 챔버(155) 내부의 비압축성 액체 광학 재료가 그 내부 표면에 대해 가압하기 때문에 전방 옵틱(145)의 동적 멤브레인(143)의 외향 팽윤을 유발할 수 있다. 액체 광학 재료는 IOL의 별개의 챔버 사이에서 유동할 필요가 없으며, 오히려 유체 챔버(155)의 변화하는 형상과 함께 액체 광학 재료가 형상을 변화시켜 전방 옵틱(145)의 광학 구역의 조절 부분이 외향으로 휘어지게 하여 IOL(100)의 도수를 증가시킬 수 있다. 본 명세서의 다른 곳에서 설명된 바와 같이, 힘 변환 아암(115)(또는 비대칭성 메커니즘의 경우에 단일 힘 변환 아암(115))의 매우 작은 움직임은 동적 멤브레인(143)의 형상을 변화시키는 형상 변형 멤브레인(140)에서 즉각적이고 작은 움직임 및 충분한 디오퍼 변화를 초래한다. 이러한 매우 작은 움직임이 적어도 한 쌍의 대향하는 힘 변환 아암(115)으로 인해 대칭성이든 단일 힘 변환 아암(115)으로 인해 비대칭성이든, 달성되는 동적 멤브레인(143)의 외향 휘어짐은 구면이고 대칭성이다.

[0066]

형상 변형 멤브레인(140)은 렌즈 본체(105)에 부여된 작은 힘에 민감하다. 이는 섬모근 움직임 시에 조절 변화를 제공하는 데 유용하다. 그러나, 이는, 액체 광학 재료가 유체 챔버(155)로부터, 예를 들어 주변의 고체 광학 구성요소(153)로 이동하는 경우 바람직하지 않은 광학적 결과로 도수 변화를 유발할 수 있다. 본 명세서의 다른 곳에서 설명된 바와 같이, 액체 광학 재료는 이 재료가 접촉하게 되는 고체 광학 구성요소(153)와의 혼화성을 방지하기에 충분히 화학적으로 유사하지 않은 것이 바람직하다. 예를 들어, 액체 광학 재료가 실리콘 오일이고 밀봉된 챔버(155)가 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane)(PDMS)과 같은 화학적으로 유사한 실리콘 엘라스토머로 형성된 고체 광학 구성요소(153)에 의해 정의되는 경우, 실리콘 오일과 실리콘 엘라스토머는 혼화 가능하다. 오일은 실리콘 엘라스토머에 진입하는 경향이 있어 렌즈에서 의도하지 않은 굴절력 변화를 유발한다. 렌즈 본체의 표면 곡률은 감소함으로써(덜 볼록하거나 더 오목함) 렌즈의 도수를 감소시키고 환자에

게 불충분한 굴절력을 제공한다. 이는 또한 조절 시 필요한 경우 렌즈가 충분한 형상 변화를 받는 능력을 감소시킨다. 내부 압력이 약간만 변화되더라도 렌즈의 굴절력에 바람직하지 않은 상당한 변화가 초래될 수 있다.

[0067] 다시 도 4a 내지 도 4h와 관련하여, 렌즈(100)는 렌즈 본체(105)에 대해 앞뒤로 움직여 본 명세서의 다른 곳에서 설명된 디오프터 변화를 유발하도록 구성된 하나 이상의 힘 변환 아암(115)을 포함할 수 있다. 본 명세서에 설명된 렌즈는 섬모 구조에 대해 위치 설정된 힘 변환 아암(115) 상에 직접 인가되는 섬모체의 움직임을 렌즈의 형상 변화로 활용하는 데 특히 적합하다. 힘 변환 아암(115)은 섬모 구조에 의해 인가된 힘을 전술한 렌즈 본체(105)의 이동 가능한 부분의 형상 변화로 활용하고 변환하도록 구성된다. 각각의 힘 변환 아암(115)은 외부 접촉 부분(135) 및 렌즈 본체(105)의 주연부 또는 적도 영역에 작동식으로 결합된 내부 영역(137)을 포함할 수 있다(도 4e 참조). 각각의 힘 변환 아암(115)의 내부 영역(137)은 힘 변환 아암(115)이 이완된 형상 변형 멤브레인(140)에 대해 이동할 수 있도록 형상 변형 멤브레인(140)과 일체화되거나, 형상 변형 멤브레인(140)과 접촉하여 위치 설정되거나 형상 변형 멤브레인(140)에 인접할 수 있다. 예를 들어, 힘 변환 아암(115)은 안정 동안 멤브레인(140)으로부터 이격될 수 있고, 조절 동안 내향으로 이동되어 멤브레인(140)에 대해 맞닿아 멤브레인(140)을 내향으로 압박한 다음, 조절 해제 동안 힘의 해제 시에 멤브레인(140)으로부터 멀어지게 이동하여 내향 변형력으로부터 멤브레인(140)을 해제할 수 있다. 이와 같이, 힘 변환 아암(115)의 내부 영역(137)은 둘레의 눈 조직에 의해 조절력이 인가되는 지의 여부에 따라 형상 변형 멤브레인(140)과 가역적으로 접촉할 수 있다. 대안적으로, 각각의 힘 변환 아암(115)의 내부 영역(137)은 힘 변환 아암(115) 및 멤브레인(140)이 서로 협력하여 이동하도록 형상 변형 멤브레인(140)에 물리적으로 결합되거나 형상 변형 멤브레인(140)과 일체화될 수 있다.

[0068] 양태에서, 힘 변환 아암(115)의 내부 영역(137)은 렌즈 본체(105)의 전방 표면과 렌즈 본체(105)의 후방 표면 사이의 평면을 따라 취한 단면 두께를 가질 수 있으며, 이 단면 두께는 동일한 평면을 따라 취한 렌즈 본체(105)의 적도 영역의 단면 두께보다 좁다. 이는 힘 변환 아암(115)의 내부 영역(137)이 변형되도록 의도되지 않은 적도의 영역에 맞닿지 않고 변형 멤브레인(140)을 내향으로 일정 거리 변위시키는 것을 가능하게 할 수 있다. 그러나, 힘 변환 아암(115)의 내부 영역(137)의 단면 두께가 더 좁을 필요는 없다는 것을 이해하여야 한다. 힘 변환 아암(115)의 외부 접촉 부분(135)은 내부 영역(137)보다 더 큰 단면 두께를 가질 수 있지만 반드시 그런 것은 아니다. 그러나, 힘 변환 아암(115)의 외부 접촉 부분(135)은 또한 내부 영역(137)과 동일한 단면 두께를 가질 수 있음을 이해하여야 한다. 외부 접촉 부분(135)은 또한 라운드되거나 만곡된 윤곽을 가질 수 있다.

[0069] 힘 변환 아암(115)은, 힘 변환 아암(115)의 최외측 에지가 섬모근의 내경과 실질적으로 동일하거나 그보다 작은 제2 외경(D2)을 정의하도록 제1 외경(D1)을 정의하는 렌즈 본체(105)의 적도를 넘어 돌출한다(도 4h 참조). 제2 외경(D2)은 또한 섬모근의 내경에 비교하여 약간 과대해질 수 있다. 렌즈 본체(105)의 제1 외경(D1)은 힘 변환 아암(115)의 제2 외경(D2)보다 더 작다. 구현예에서, 제1 외경(D1)은 약 5.0 mm 내지 약 9.0 mm일 수 있고 제2 외경(D2)은 약 8.5 mm 내지 13.5 mm일 수 있다. 제1 외경(D1)은 약 6.5 mm일 수 있고 제2 외경(D2)은 약 10.2 mm 내지 11.1 mm일 수 있다.

[0070] 본 명세서에 설명된 렌즈의 힘 변환 아암(115)은 실질적으로 비원형 외부 주연부 표면을 제공하는 섬모 조직과 접촉하도록 설계된다. 따라서, 렌즈와 주변 조직 사이의 접촉 영역은, 예를 들어 수정체낭 내에 완전히 이식되도록 설계된 렌즈보다 훨씬 작다. 수정체낭 렌즈는 일반적으로 수정체낭과 360도 접촉하여 수정체낭의 구조를 지지하고 수정체낭의 전방과 후방 세그먼트 사이의 거리를 유지한다. 본 명세서에 설명된 렌즈의 각각의 힘 변환 아암(115)은 섬모 조직과 약 30도 내지 약 120도 접촉을 가질 수 있다. 2개의 힘 변환 아암(115)을 갖는 렌즈의 경우, 이는 렌즈와 섬모 조직 사이에 약 60도 내지 약 240도의 접촉을 초래한다. 몇몇 구현예에서, 렌즈의 각각의 힘 변환 아암(115)은 섬모 조직과 약 90도 접촉을 가져 전체로서 렌즈와 주변 섬모 조직 사이에 단지 약 180도 접촉을 제공한다. 힘 변환 아암(115)의 외부 접촉 부분(135)은 약 240도, 약 210도, 약 180도, 약 150도, 약 120도, 약 90도 미만에서 최소 약 60도의 외부 접촉까지 주변 섬모 조직과의 접촉을 제공할 수 있다. 힘 변환 아암(115)은, 전체로서 힘 변환 아암(115)에 의해 이루어진 접촉이 섬모 돌기의 약 1/3일 수 있도록 약 10.5 mm의 섬모 돌기 직경에 기초하여 2.5 mm의 원호를 따른 최소 접촉 및 약 6 mm의 원호를 따른 최대 접촉을 함께 가질 수 있다.

[0071] 힘 변환 아암(115)의 외부 접촉 부분(135)은 홍채의 후방측과의 접촉을 최소화하면서 섬모 조직과 접촉하도록 설계될 수 있다. 후방 챔버의 이 영역에서의 벌크성은 환자의 녹내장 위험을 증가시킬 수 있다. 구현예에서, 힘 변환 아암(115)의 전방 코너는 경사지거나 테이퍼될 수 있고, 그에 따라 아암(115)의 전방-대-후방 두께는 아암(115)과 홍채 사이의 접촉을 최소화하기 위해 아암의 더 중앙 영역에 비교하여 최외측 주연부를 향해 감소한다(도 4d 참조). 힘 변환 아암(115)은 전방 대향 표면(116)을 가질 수 있다. 힘 변환 아암(115)의 전체 전

방 대향 표면(116)은 렌즈 본체(105)의 전방 대향 표면(106)의 평면(P1) 아래 또는 후방에 남아 있을 수 있다. 힘 변환 아암(115)의 전방 코너의 경사는 도 4d에 도시된 바와 같이 아암(115)의 내부 영역의 평면(P2) 후방인 평면(P3) 내에 놓이는 아암(115)의 최외측 주연부를 초래할 수 있고 두 평면(P2, P3)은 렌즈 본체(105)의 전방 대향 표면(106)의 평면(P1) 후방에 놓일 수 있다. 렌즈 본체(105)와 아암(115)의 배열은 IOL의 최외측 주연부 영역과 홍채의 접촉을 최소화하면서 형상 변화 및 조절을 위해 IOL의 내부 영역 근방의 렌즈 본체(105)의 크기를 최대화한다. 외부 접촉 부분(135)은 상대적으로 얇은 전방-대-후방 치수를 가질 수 있다. 얇은 외부 접촉 부분(135)과 섬모체 둘레의 작은 접촉 정도의 조합은 렌즈와 눈 조직 사이의 전체 접촉 표면적을 최소화한다. 렌즈와 섬모 조직 사이의 접촉 영역은 약 0.4 mm 내지 약 0.6 mm 이하인 전방-대-후방 두께를 가질 수 있다. 렌즈와 섬모 조직 사이의 접촉 영역은 약 2.5 mm 내지 약 6.0 mm 이하인 원호 길이를 가질 수 있다. 예를 들어, 수정체낭 내 스타일 렌즈에 비교하여 이러한 더 작은 접촉 영역에도 불구하고, 본 명세서에 설명된 렌즈는 최소 레벨의 형상 변화를 달성할 수 있다.

[0072] 힘 변환 아암(115)의 접촉 부분(135)은 손상을 유발하지 않고 섬모 구조 중 하나 이상과의 연결을 개선하는 피처를 통합할 수 있다. 일반적으로, 접촉 부분(135)은 섬모 구조에 대한 관통 또는 외상 유발을 회피한다. 양태에서, 접촉 부분(135)은 조직 자체에 외상을 유발하지 않고 움직임이 전달될 수 있도록 인접한 눈 조직과 맞물리는 비외상성 표면을 제공하면서 섬모 구조를 방해할 수 있다. 외부 접촉 부분(135)은 또한 하나 이상의 오목부, 만입부, 홈, 치형부, 빗살 또는 예를 들어 섬모 돌기 또는 소대 돌기와 같은 눈 조직과의 접촉 및/또는 상호 연결을 개선하기 위한 다른 표면 피처를 갖도록 성형될 수 있다. 도 4d는 힘 변환 아암(115)의 하부 표면이 리지(179)와 같은 윤곽 형상 또는 표면 피처를 가질 수 있다는 것을 도시한다. 아암(115)은 후방 대향 표면(117)을 가질 수 있다. 렌즈 본체(105)의 적도에 더 가까운 후방 대향 표면(117)의 내부 영역은 실질적으로 평면(P4) 내에 놓이도록 실질적으로 평면형일 수 있다. 리지(179)는 렌즈 본체(105)의 적도로부터 더 멀리 떨어져 있는 아암(115)의 후방 대향 표면(117)의 외부 영역 근방에 위치 설정될 수 있다. 리지(179)는 평면(P4) 내에서 후방 대향 표면(117)의 평면형 내부 영역에 대해 후방으로 돌출할 수 있다. 이 피처는 아암(115)과 주변 조직 사이의 접촉을 개선시킨다.

[0073] 렌즈(100)는 힘 변환 아암(115)의 접촉 부분(135)이 안정 접촉 상태에 있거나 섬모근(18)의 수축 시 섬모 구조(즉, 소대, 섬모 돌기, 섬모근, 및/또는 섬모체) 중 적어도 하나와 쉽게 접촉하여 조절 및 조절 해제 동안 광학계의 형상 변화를 하게 하도록 이식될 수 있다. 바람직한 구현예에서, 렌즈(100)는 힘 변환 아암(115)의 접촉 부분(135)이 안정 접촉 상태에 놓이거나 섬모체 정점과의 접촉 준비 상태에 놓이도록 이식된다. 또 다른 바람직한 구현예에서, 렌즈(100)는 힘 변환 아암(115)의 접촉 부분(135)이 안정 상태에 놓이거나 섬모체와 접촉 준비 상태에 놓이도록 이식된다. 양태에서, 수정체(100)는 섬모 구조에 비교하여 대체로 과대해지도록 크기 설정된다. 이는 조절 동안 힘 변환 아암(115)과 섬모 구조 사이의 접촉을 보장할 수 있다. 양태에서, 렌즈는 힘 변환 아암(115)과의 섬모 접촉을 보장하기 위해 적어도 약 0.80 mm, 0.75 mm, 0.70 mm, 0.65 mm, 0.60 mm, 0.55 mm 또는 0.05 mm만큼 과대해진다. 렌즈는 과대해질 필요가 없으며 몇몇 상황에서는 렌즈의 과대함을 회피할 수 있음을 이해하여야 한다. 예를 들어, 렌즈 평면에서의 섬모 직경의 정확한 측정은 렌즈의 맞춤새가 특정 환자에게 적합하고 최적화되는 것을 보장하는 데 의존할 수 있다.

[0074] 본 명세서에 설명된 힘 변환 아암(115)은 고정 길이를 가질 수 있다. 고정 길이의 힘 변환 아암(115)은 수술 전 측정에 기초하여 각각의 환자에게 적절한 선택된 크기를 가질 수 있다. 대안적으로, 힘 변환 아암(115)의 길이는 조절 가능할 수 있다. 힘 변환 아암(115) 길이의 조절은 눈에 삽입하기 전, 삽입하는 동안 또는 삽입한 후 임의의 시간에 수행될 수 있다. 힘 변환 아암(115)의 길이 조절과 함께, 하나 이상의 섬모 구조에 대한 힘 변환 아암(115)의 위치가 달라질 수 있다. 양태에서, 힘 변환 아암(115)은 렌즈(100)의 평면에 대체로 평행하게 연장할 수 있거나 렌즈(100)의 평면에 대해 각형성될 수 있다.

[0075] 섬모근의 수축 및 렌즈(100)의 광축(A)을 향한 섬모 구조 중 하나 이상의 내향/전방 움직임은 힘 변환 아암(115)의 접촉 부분(135)에 대해 힘을 인가한다. 힘 변환 아암(115)은 변형 멤브레인(140)의 내향 움직임을 유발하기 위해 눈의 하나 이상의 움직이는 부분(예를 들어, 하나 이상의 섬모 구조)에 의해 인가되는 힘을 전달하도록 변형 멤브레인(140)에 비해 충분히 강성이다. 양태에서, 힘 변환 아암(115)은 실리콘, 폴리우레탄, PMMA, PVDF, PDMS, 폴리아미드, 폴리이미드, 폴리프로필렌, 폴리카보네이트 등 또는 그 조합과 같은 강성 폴리머일 수 있다. 양태에서, 힘 변환 아암(115)은 강성 재료로 보강될 요소일 수 있다. 예를 들어, 힘 변환 아암(115)은 실리콘 엘라스토머, 폴리우레탄, 또는 소수성 또는 친수성인 가요성 아크릴 재료와 같은 더 연질의 재료에 의해 덮인 실리콘 엘라스토머, 폴리우레탄, PMMA, PVDF, PDMS, 폴리아미드, 폴리이미드, 폴리프로필렌, 폴리카보네이트 등과 같은 내부 강성 요소를 가질 수 있다. 실리콘, 폴리우레탄, PMMA, PVDF, PDMS, 폴리아미드, 폴리이미

드, 폴리프로필렌, 폴리카보네이트에서, 힘 변환 아암(115)은 외부 접촉 부분(135)과 내부 접촉 부분(137) 사이에서 연장되는 내부 강성 요소를 포함할 수 있다. 실리콘, 폴리우레탄, PMMA, PVDF, PDMS, 폴리아미드, 폴리이미드, 폴리프로필렌, 폴리카보네이트에서, 내부 강성 요소는 외부 부분(135)과 내부 부분(137) 사이의 힘 변환 아암(115)의 부분 길이를 따라서만 연장된다. 예를 들어, 내부 강성 요소는 힘 변환 아암(115)이 섬모 구조를 손상시키지 않도록 더 연질의 비외상성 표면을 제공하기 위해 섬모 구조와 접촉하는 외부 접촉 부분(135)까지 명백하게 연장될 필요가 없다. 내부 강성 요소는 또한, 힘 변환 아암(115)에 의한 형상 변형 멤브레인(140)의 내향 움직임 시에, 힘 변환 아암(115)의 내부 강성 요소가 렌즈 본체(105) 외부에 남아 있도록 내부 접촉 부분(137)까지 명백하게 연장될 필요가 없다. 일반적으로, 힘 변환 아암(115)은 섬모 구조에 의해 힘이 인가될 때 형상을 유지하고 형상 변형 멤브레인(140)을 이동시키기 위해 그 힘을 전달할 때 접히거나 변형되지 않는 방식으로 재료로 형성되고 및/또는 크기 설정된다. 전술한 바와 같이, 형상 변형 멤브레인(140)의 움직임은 유체 챔버(155)에서 형상 변화를 유발하고, 이는 유체 챔버(155) 내에 수용된 액체 광학 재료의 형상을 변화시킨다. 액체 광학 재료가 렌즈 본체(105)의 내부 표면에 대해 가압할 때, 전방 옵틱(145)의 동적 멤브레인(143)에서 외향 휘어짐을 유발한다. 이 외향 휘어짐은 더 구면 또는 볼록 렌즈 본체(105) 형상을 초래함으로써 근거리 시력 초점에 적절한 렌즈의 도수를 증가시킨다.

[0076] 힘 변환 아암(115) 및 형상 변형 멤브레인(140)의 수는 달라질 수 있다. 렌즈(100)는 도 4e에 도시된 바와 같이 2개의 형상 변형 멤브레인(140)에 인접하게 놓인 디바이스의 대향 측면에 위치 설정된 2개의 힘 변환 아암(115)을 포함할 수 있다. 대안적으로, 렌즈(100)는 원하는 디오프터 변화를 달성하기 위해 전방 옵틱(145)의 동적 멤브레인(143)의 형상을 변화하기에 충분한 방식으로 이동 가능한 단일 힘 변환 아암(115)을 포함할 수 있다. 렌즈(100)는 또한 렌즈 본체(105) 둘레에 분포된 3개, 4개 또는 그 이상의 힘 변환 아암(115)과 같은 2개 초과 아암을 포함할 수 있다. 힘 변환 아암(115)은 렌즈(100)의 주연부 둘레에 대칭성 방식으로 또는 비대칭성 방식으로 분포될 수 있다. 힘 변환 아암(115)의 수는 형상 변형 멤브레인(140)의 수와 일치할 필요가 없다는 것을 이해하여야 한다. 예를 들어, 렌즈(100)는 렌즈 본체(105)의 적도 영역의 원호 길이를 따라 연장되는 단일 형상 변형 멤브레인(140) 및 단일 형상 변형 멤브레인(140)의 상이한 영역과 접촉하거나 이에 결합되도록 구성된 하나 초과 아암(115)을 포함할 수 있다.

[0077] 렌즈(100)는 또한 안정화 시스템(120)을 포함할 수 있다. 안정화 시스템(120)은 일단 디바이스가 이식되고 형상 변화를 받으면 디바이스의 광학계의 정렬을 유지하고 디바이스의 움직임에 저항하도록 구성될 수 있다. 힘 변환 아암(115)과 달리, 안정화 시스템(120)은 렌즈(100)의 조절을 유발하지 않는다. 그리고 힘 변환 아암(115)은 안정화 시스템(120)으로부터 독립적이고 눈 내의 위치에 렌즈(100)를 고정, 센터링, 안정화 및/또는 유지하는 데 필요하지 않기 때문에, 본 명세서에 설명된 렌즈(100)는 동적 멤브레인의 디오프터 변화를 제공하기에 충분한 단일의 비대칭성 힘 변환 아암(115)을 통합할 수 있다.

[0078] 안정화 시스템(120)은 디바이스(100)의 정적 구역에 결합될 수 있으며, 예를 들어 렌즈 본체(105)의 일부로서 또는 존재하는 경우 외부 지지부에 접합, 결합 또는 성형될 수 있다. 안정화 시스템(120)은 디바이스(100)의 후방 영역에 결합될 수 있고, 그에 따라 안정화 및 수정체상의 일부, 예컨대 전방 피막과의 맞물림을 제공할 수 있다.

[0079] 안정화 시스템(120)은 달라질 수 있다. 안정화 시스템(120)은 안정화 햅틱, 정적 햅틱, 링형 요소, 플랜지 요소 또는 날개, 또는 다른 안정화 피쳐 중 하나 이상을 포함한다. 안정화 시스템(120)은 후방 단부와 같은 렌즈의 영역으로부터 외향 연장되는 하나 이상의 날개(172)를 포함할 수 있다(예를 들어, 도 4c 참조). 링형 구조(171)의 전방 표면은 날개(172)가 렌즈 본체(105)의 후방으로 연장되도록 렌즈 본체(105) 또는 정적 요소(150)의 주변 연결 표면에 결합될 수 있다. 그러나, 본 명세서에서는 안정화 시스템(120)과 렌즈 본체(105) 사이의 임의의 다양한 결합 배열이 고려된다는 것을 이해하여야 한다. 링형 구조(171) 및 날개(172)는 렌즈 본체(105)의 다른 부분에 결합되거나 일체화될 수 있다. 일반적으로, 렌즈 본체(105)에 대한 안정화 시스템(120)의 결합은 날개(172)가 렌즈 본체(105) 및 렌즈(100)의 광축(A)을 따라 힘 변환 아암(115)에 대해 후방 위치에 위치 설정될 수 있도록 한다. 추가로, 안정화 시스템(120) 및 날개(172)와 같은 그 구성요소는 힘 변환 아암(115) 및 형상 변형 멤브레인(140)의 움직임을 방해하지 않는 방식으로 렌즈 본체(105)에 결합된다. 예를 들어, 도 4a에 도시된 바와 같이, 안정화 시스템(120)은 힘 변환 아암(115)의 위치 사이에서 렌즈 본체(105)의 주연부로부터 외향 연장되는 한 쌍의 날개(172)를 포함할 수 있다. 날개(172)는 외부 높이를 가질 수 있지만, 힘 변환 아암(115)에 대해 90도 위치 설정되기 때문에 아암(115)의 조절 움직임을 방해하지 않고 안정성을 제공할 수 있다. 날개(172) 또는 링형 구조(171)에 인가된 힘은 안정화 시스템(120)에 의해 유체 챔버(155)의 변형 또는 동적 멤브레인(143)의 형상 변화를 유발하는 방식으로 렌즈(100)에 전달되지 않는다. 날개(172)는 렌즈 본체

(105) 및 힘 변환 아암(115)에 대해 후방 위치에 위치 설정될 수 있다. 날개(172)의 전방 표면은 또한 힘 변환 아암(115)과 동일한 평면에 있을 수 있다. 날개(172)의 전방이 클수록, 날개(172)는 렌즈 본체(105)를 후방 방향으로 더 푸시할 수 있다. 구현예에서, 날개(172)는 힘 변환 아암(115)의 평면 아래에 남아 있으면서 후방 방향으로 렌즈 본체(105)를 압박할 수 있다. 도 4d는 날개(172)의 내부 영역(178)에 대해 전방으로 돌출하는 외부 영역을 갖는 날개(172)를 예시한다. 날개(172)의 내부 영역(178)은, 내부 영역(178)이 렌즈 본체(105)와 힘 변환 아암(115) 모두의 후방에 있도록 힘 변환 아암(115)의 평면(P2, P3, P4, P5) 아래(또는 후방) 뿐만 아니라 렌즈 본체(105)의 평면(P1) 아래(또는 후방)에 있을 수 있다. 전방으로 돌출하는 날개(172)의 외부 영역은 렌즈 본체의 전방 표면(106)의 평면(P1) 아래 및 또한 힘 변환 아암(115)의 전방 대향 표면(116)의 평면(P2, P3) 아래에 남아 있을 수 있다. 몇몇 구현예에서, 전방으로 돌출하는 날개(172)의 외부 영역은 힘 변환 아암(115)의 전방 대향 표면(117)의 평면(P4) 위, 내부 또는 아래에 놓일 수 있다. 아암(115)의 돌출부(179)의 평면(P5)은 도 4d에 도시된 바와 같이 날개(172)의 외부 높이에 대해 후방으로 연장될 수 있다.

[0080]

날개(172)는 렌즈 본체(105)의 주연부를 따라 적어도 2개의 영역에서 링형 구조(171)의 외경을 넘어 연장될 수 있다. 날개(172)가 렌즈 본체(105)의 외경(D1)을 넘어 연장되는 적어도 2개의 영역은 날개(172)가 힘 변환 아암(115)에 대해 안정화 지지를 제공하도록 렌즈 본체(105)에 대해 배향될 수 있다. 예를 들어, 렌즈(100)가 한 쌍의 대향하는 힘 변환 아암(115)을 포함하는 경우, 날개(172)는, 날개(172)가 대향하는 힘 변환 아암(115)의 위치 사이에서 렌즈 본체(105)로부터 외향 연장되고 렌즈 본체에 의해 정의되는 외경(D1)보다 크고 힘 변환 아암(115)에 의해 정의되는 외경(D2)보다 더 작은 외경(D3)을 정의하도록 렌즈 본체(105)에 대해 배열될 수 있다 (예를 들어, 도 4h 참조). 날개(172)는 난형, 타원형, 원통형 및 자유형을 포함하는 다양한 형상 중 임의의 것을 가질 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 날개(172)는 또한 환형일 수 있고 외경(D3)은 360도를 따라 렌즈 본체(105)의 외경(D1)을 넘어 외향 연장하도록 구성될 수 있다. 대안적으로, 날개(172)는 3개, 4개, 5개 또는 그 이상의 위치와 같이 렌즈 본체(105)의 외경을 넘어 연장되는 2개 초과 위치를 가질 수 있다. 날개(172)는 렌즈(100)에 360도 지지 및 안정화를 제공할 수 있다. 렌즈 본체에 의해 정의된 외경(D1)은 수정체낭 절개술의 개구 내에 꼭 맞게 수용되도록, 예를 들어 약 5.0 mm 내지 약 9.0 mm, 바람직하게는 약 6.5 mm로 크기 설정될 수 있다. 힘 변환 아암(115)에 의해 정의된 외경(D2)은 섬모체의 움직임과 맞물리고 이를 활용하기 위해 수정체낭 외부로 연장되도록, 예를 들어 약 8.5 mm 내지 약 13.5 mm, 또는 약 10.2 mm 내지 약 11.1 mm로 크기 설정될 수 있다. 날개(172)에 의해 정의된 외경(D3)은 수정체낭 절개술의 에지를 넘어 연장하기 위해 수정체낭 내부에 수용되도록, 예를 들어 약 6.0 mm 내지 약 10.0 mm, 바람직하게는 약 7.5 mm로 크기 설정될 수 있다. 구현예에서, 제1 외경(D1)은 약 6.5 mm 사이일 수 있고, 제2 외경(D2)은 약 10.2 mm 내지 11.1 mm일 수 있으며, 제3 외경(D3)은 약 7.5 mm일 수 있다.

[0081]

전술한 바와 같이, 한 쌍의 날개(172)는 힘 변환 아암(115)의 위치에 대해 90도 회전되거나 그 사이에 위치 설정될 수 있다. 날개(172)의 최외측 에지는 채널 또는 홈(174)이 날개(172)의 내부 영역(178) 근방에 형성되도록 전방으로 돌출할 수 있다(도 4f 참조). 렌즈(100)가 눈 안에 위치 설정될 때, 날개(172)의 외부 높이는 수정체낭의 후방 대향 내부 표면(즉, 수정체낭의 전방 세그먼트)과 맞물려 렌즈(100)를 수정체낭에 대해 후방 방향으로 압박하는 것을 도울 수 있다. 추가로, 수정체낭 절개술의 에지는 홈(174) 내에 수용 및 유지될 수 있다. 양태에서, 날개(172)의 홈(174)과 렌즈 본체(105)의 후방 대향 에지 사이에 수정체낭 절개술의 에지가 포획될 수 있다. 홈(174)은 렌즈 본체(105)에 의해 정의된 외경(D1)보다 더욱 더 좁은 외경(D4)을 정의할 수 있다(도 4h 참조). 홈(174)의 존재 및 더 작은 외경(D4)은 수정체낭의 개구가 최소화될 수 있음을 의미한다. 렌즈 본체(105)의 더 큰 외경(D1)은 수정체낭의 개구 전방에 남아 있을 수 있고, 그에 따라 수정체낭의 수정체낭 절개술은 홈(174)에 의해 정의된 더 작은 외경(D4)을 둘러싸기만 하면 된다. 날개(172)에 의해 정의된 외경(D3)은 수정체낭의 개구 크기보다 클 수 있고, 그에 따라 날개(172)는 일단 IOL이 위치 설정되면 수정체낭의 개구 전방으로 미끄러지는 것이 방지된다.

[0082]

본 명세서의 다른 곳에서 설명된 바와 같이, 힘 변환 아암(115)은, 섬모 구조와 맞물리도록 크기 설정된 더 큰 외경(D2)을 형성하는 수정체낭(22) 외부로 연장하도록 구성되고, 그에 따라 섬모근 수축으로부터의 생리학적인 힘은 피막 메커니즘 또는 수정체낭(22)의 움직임과 무관한 방식으로 렌즈의 굴절력의 변화를 유발할 수 있다. 렌즈 본체(105)의 후방 단부 영역으로부터 외향으로 연장되는 날개(172)는 수정체낭 절개술 후방에서 수정체낭(22) 내부에 남아 있도록 크기 설정된 외경(D3)을 정의할 수 있는 반면, 힘 변환 아암(115)은 일반적으로 섬모 구조의 내경과 맞물리도록 수정체낭(22) 외부로 연장되도록 크기 설정된 더 큰 외경(D2)을 정의하는 렌즈 본체(105)의 적도 영역 또는 전방 단부 영역으로부터 연장된다. 날개(172)는 눈 내에서 렌즈(100)의 고정을 개선하기 위해 전방 수정체낭 절개술에 의해 형성된 수정체낭(22)의 에지의 후방 대향 표면과 맞물리도록 배열될 수 있다. 수정체낭 절개술에 의해 형성된 수정체낭(22)의 에지는 렌즈 요소(105)의 후방 표면과 날개(172)의 전방

표면 사이에 형성된 홈(174) 내에 수용될 수 있다. 홈(174)은 수정체낭(22)의 에지가 더 작은 외경(D4)과 꼭 맞게 끼워지게 하고 수정체낭(22)의 개구 전방으로 돌출할 수 있는 렌즈 본체(105)의 외경(D1)에 의해 에지를 포획하게 한다. 따라서, 렌즈 본체(105)와 홈(174)의 상대 직경은 렌즈 위치를 수정체낭 절개술과 꼭 맞게 고정하는 데 도움이 될 수 있다.

[0083] 날개(172)는 외과위가 날개(172) 후방에서 렌즈(100) 및 수정체낭(22)의 부분에 접근하게 할 뿐만 아니라 취급하는 동안 가요성을 제공하는 중단부를 가질 수 있다. 이는 외과위가 수정체낭을 세정하거나, 점탄성 물질을 제거하거나, 렌즈의 위치를 조절하거나, 외과위가 도구를 사용하여 렌즈 후방 환경을 조작하는 임의의 다른 절차가 필요한 경우에 바람직할 수 있다. 양태에서, 중단부는 날개(172)의 영역(도시되지 않음)을 통해 연장되는 하나 이상의 구멍을 포함할 수 있다. 중단부는 또한 날개(172)의 외부 주연부 근방에 하나 이상의 만입부, 또는 홈 또는 다른 피처를 포함할 수 있다. 중단부는 눈으로의 용이한 삽입을 가능하게 할 뿐만 아니라 캐놀러 또는 본 기술 분야에 알려진 다른 도구를 사용하여 수정체낭(22) 내부로부터 유체의 자연스러운 배출 및/또는 점탄성 물질의 회수를 허용할 수 있다.

[0084] 다시 도 4c와 관련하여, 렌즈(100)의 후방측에 위치 설정된 환형 안정화 구조(171)는 중앙 개구(173) 및 환형 안정화 구조(171)로부터 외향 돌출되는 한 쌍의 날개(172)를 포함할 수 있다. 양태에서, 렌즈(100)는 2개의 힘 변환 아암(115) 및 2개의 날개(172)를 통합할 수 있다. 날개(172)는 아암(115)에 대해 렌즈(100)의 원주 둘레에서 90도 회전될 수 있고, 그에 따라 2개의 힘 변환 아암(115) 사이에 위치 설정된다. 이러한 배열은 날개(172)의 외부 높이가 힘 변환 아암(115)의 운동을 방해하는 것을 방지한다. 도 4b는 힘 변환 아암(115)의 평면을 향해 상향 연장되는 날개(172)의 외부 높이의 평면을 예시하는 렌즈(100)의 측면도를 도시한다. 날개(172)의 내부 영역(178)은 아암(115)의 후방 대향 표면(117)의 평면(P4, P5)의 후방에 놓이는 평면 내에 놓일 수 있다(도 4d 참조). 날개(172)는 그 외부 주연부를 향해 전방으로 만곡될 수 있다. 날개(172)의 외부 높이의 평면은 아암(115)의 후방 대향 표면(117)의 평면(P4, P5) 후방에 놓일 수 있거나 또는 도 4d에 도시된 바와 같이 아암(115)의 후방 대향 표면(117)의 평면(P4, P5) 위로(또는 전방으로) 그리고 아암(115)의 전방 대향 표면(116)의 평면(P2, P3) 아래로(또는 후방으로) 연장될 수 있다.

[0085] 안정화 구조(171)는 후방 요소(150)의 후방 대향 표면과 같은 렌즈 본체(105)의 대응하는 표면과 맞물리도록 크기 설정되고 형상화될 수 있다. 안정화 구조(171)는 렌즈 본체(105)의 일체형 부분으로서 성형될 수 있고 별개의 구성요소일 필요가 없다는 것을 이해하여야 한다. 따라서, 구성요소의 표면이 서로 맞물리거나 접합되는 것으로 설명되는 경우, 이는 단일 피스로서 함께 성형되는 것을 포함할 수 있음을 이해하여야 한다.

[0086] 렌즈 본체(105)에 대한 안정화 구조(171)의 기하형상은 수정체낭 절개술의 에지를 포획함으로써 수정체낭 내에서 렌즈(100)의 고정을 개선할 수 있다. 날개(172)의 내부 영역(178)은 렌즈 본체(105)와 날개(172)의 내부 영역(178) 사이에 홈(174)을 형성하는 렌즈 본체(105)의 후방 대향 에지로부터 거리를 두고 분리될 수 있다(도 4b 참조). 본 명세서에 설명된 렌즈의 안정화 시스템(120)은 렌즈의 조절 구성요소(예를 들어, 힘 변환 아암(115) 및 동적 멤브레인(143))를 수정체낭 외부로 연장할 수 있으면서 눈의 수정체낭 내에 삽입하도록 구성된다. 날개(172)가 수정체낭 내에 이식되어 날개(172)의 외부 높이가 수정체낭의 전방 부분과 맞물릴 때, 수정체낭 절개술의 에지는 홈(174) 내에 수용되고 유지될 수 있다. 렌즈 본체(105)에 대한 안정화 구조(171)의 기하형상은 또한 렌즈(100)를 통한 유체 유동을 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 안정화 구조(171)와 렌즈 본체(105) 사이의 결합은 불연속적일 수 있고, 그에 따라 날개(172)의 외부 높이가 수정체낭의 전방 세그먼트의 후방 대향 표면과 맞물리고 수정체낭 절개술이 렌즈 본체(105)의 주연부(외경 D1) 둘레에 및/또는 홈(174)에 의해 정의된 보다 작은 외경(D4) 내에 꼭 맞게 끼워질 때에도 렌즈(100) 후방에 포획된 유체가 수정체낭을 빠져나가도록 허용된다. 홈(174) 근방의 렌즈 본체(105)는 렌즈 본체(105)의 측벽을 통해 연장되는 하나 이상의 구멍, 슬롯 또는 절결부(177)를 더 통합할 수 있다. 양태에서, 렌즈 본체(105)의 측벽에 있는 제1 절결부(177)는 제1 날개(172)의 내부 영역(178) 위에 위치 설정될 수 있고 렌즈 본체(105)의 측벽에 있는 제2 절결부(177)는 제2 날개(172)의 내부 영역(178) 위에 위치 설정될 수 있다(도 4b 참조). 절결부(177)는 렌즈(100)의 후방측(예를 들어, 수정체낭 내에 위치 설정됨)으로부터, 안정화 구조(171)와 후방 요소(150) 사이에서, 절결부(177)를 통해, 렌즈(100)의 전방측(예를 들어, 전방 챔버 내부에 위치 설정됨) 밖으로 유체 채널(예를 들어, 수정체낭 내의 점탄성 물질과 같은 유체의 배출을 위한)을 생성한다(도 4f의 화살표 A 참조). 따라서, 렌즈(100)는 수정체낭이 수정체낭 절개술과 꼭 맞게 끼워지는 경우에도 수정체낭과 완전히 밀봉되는 것이 방지된다. 절결부(177)의 크기는 달라질 수 있다. 양태에서, 절결부(177)의 폭은 날개(172)의 내부 영역의 폭에 접근한다. 절결부(177)는 조절 움직임 동안 렌즈(100)의 안정성에 영향을 미치지 않으면서 렌즈(100)를 통한 유체의 방해받지 않는 유동을 허용한다. 날개(172)는 전술한 바와 같이 하나 이상의 중단부 또는 구멍을 더 통합할 수 있다.

- [0087] 본 명세서에 설명된 임의의 안정화 시스템은 힘 변환 아암(115)과 동축 또는 동일 평면상에 있도록 배열되거나 힘 변환 아암(115)과 상이한 축을 따라 위치 설정될 수 있고, 그에 따라 안정화 시스템(120)은 힘 변환 아암(115)으로부터 오프셋되거나 햅틱에 대해 전술한 바와 같이 이들에 대해 각형성된다. 유사하게, 안정화 시스템(120)은, 안정화 시스템(120)의 적어도 일부가 렌즈의 평면으로부터 멀어지게 경사져 안정화 시스템의 적어도 일부가 안정화 시스템의 다른 부분과 상이한 평면 상에 안착되도록 힘 변환 아암(115)에 대해 각형성될 수 있다.
- [0088] 본 명세서에 설명된 임의의 안정화 시스템은 실리콘 엘라스토머, 폴리우레탄, PMMA, PVDF, PDMS, 폴리아미드, 폴리이미드, 폴리프로필렌, 폴리카보네이트, 또는 소수성 또는 친수성 또는 이들 재료의 임의의 조합인 가요성 아크릴 재료로부터 형성될 수 있음을 이해하여야 한다. 안정화 시스템은 삽입 및 조작을 위한 가요성을 유지하면서 안정화 기능을 제공하기 위해 더 강성의 구조로 보강된 더 연질의 본체를 가질 수 있다.
- [0089] 본 명세서에 설명된 안정화 시스템(120)의 하나 이상의 부분은 눈 내의 고정을 개선하기 위해 물림 요소를 통합할 수 있다. 양태에서, 안정화 시스템(120)은 햅틱을 포함하고, 물림 요소는 눈 내에 햅틱의 고정을 개선하기 위해 말단 단부 근방에 위치 설정될 수 있다. 안정화 햅틱은 개방형 루프, 폐쇄형 루프, 플레이트 스타일, 플레이트 루프, 모노블록 플레이트 스타일, j-루프, c-루프, 수정된 J-루프, 다중 피스, 단일 피스, 각진, 평면형, 오프셋 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 다양한 햅틱 설계 또는 햅틱 설계의 조합의 임의의 것일 수 있다. 본 명세서에서 고려되는 햅틱은 Rayner 설계 햅틱(Rayner Intraocular Lenses Ltd, 영국 이스트 서섹스 소재), NuLens 설계 햅틱(NuLens Ltd., 이스라엘 소재), Staar 렌즈 설계(Staar Surgical, 캘리포니아주 몬로비아 소재) 등을 포함할 수 있다. 양태에서, 안정화 시스템(120)은 하나 이상의 햅틱 또는 360도 날개를 포함하는 실리콘, 폴리우레탄, PMMA, PVDF, PDMS, 폴리아미드, 폴리이미드, 폴리프로필렌, 폴리카보네이트, PEEK 등과 같은 생체적합성 폴리머 또는 이러한 재료의 조합으로 형성될 수 있다. 안정화 시스템(120)은 재료로 형성되거나 절첩 가능하게 구성될 수 있다. 양태에서, 안정화 시스템(120)은 형상 기억 재료로 형성된다.
- [0090] 본 명세서에 설명된 렌즈는 내부 및/또는 외부적으로 개선된 기계적 안정성을 가지며, 이는 보다 효율적인 형상 변화를 초래한다. 형상 변화는 원하는 형상 변화로부터 멀어지게 하는 디바이스의 다른 곳에서의 왜곡 또는 팽윤을 유발하지 않고 원하는 곳에서만(즉, 형상 변형 멤브레인(140) 및 동적 멤브레인(143)에서) 발생한다는 점에서 더 효율적이다. 형상 변화의 효율은, 부분적으로, 예를 들어 렌즈(100)에 충분한 강성을 제공하여 이동 부품을 기계적으로 격리하여 디바이스의 다른 부분에서 의도하지 않은 팽윤 또는 왜곡 없이 형상 변화를 효과적이고 효율적으로 구현하도록 하는 하나 이상의 지지부로 인한 이동 부품의 기계적 격리에 기인한다. 본 명세서에 설명된 렌즈(100)의 내향 영역은 감소된 각도, 라운딩된 에지, 및 달성된 형상 변화의 효율을 개선하는 더 적은 데드 구역을 가질 수 있다. 이들 양태는 주변부에서 중앙 사이의 동적 멤브레인의 제어된 연속 두께 구배와 함께 근거리 시력을 위한 원하는 예측 가능한 광학 표면 편향을 제공한다.
- [0091] 본 명세서에 설명된 렌즈의 다양한 구성요소 및 피쳐는 임의의 다양한 조합으로 통합될 수 있다. 이와 같이, 특정 도면과 관련하여 도시된 특정 피쳐의 설명은 그 피쳐가 본 명세서에 설명된 렌즈의 다른 구현체에 통합될 수 있다는 점에서 제한하도록 의도되지 않는다. 예를 들어, 본 명세서에 설명된 렌즈는 본 명세서에 설명된 안정화 시스템의 하나 이상의 특징을 통합하는 안정화 시스템을 포함할 수 있다. 또한, 안정화 시스템 피쳐를 갖는 렌즈는, 예를 들어 힘 변환 아암(115) 또는 형상 변형 멤브레인(140)과 관련하여 설명된 임의의 다양한 피쳐와 조합될 수 있다.
- [0092] 본 명세서에 개시된 디바이스의 다양한 고체 광학 구성요소의 제조를 위한 적절한 재료 또는 재료의 조합이 전체에 걸쳐 제공된다. 다른 적절한 재료가 고려된다는 것을 이해하여야 한다. 미국 특허 공개 제2009/0234449호, 제2009/0292355호 및 제2012/0253459호(각각 전문이 참조로 본 명세서에 포함됨)는 본 명세서에 설명된 디바이스를 위한 특정 구성요소를 형성하는 데 적절한 다른 재료의 추가적인 예를 제공한다. 렌즈 본체(105)의 하나 이상의 고체 광학 구성요소는 동일한 재료로 형성된다는 점에서 서로 일체화될 수 있다. 예를 들어, 내부 지지부(110e)는 전방 옵틱(145)의 정적 전방 광학 부분(144)의 두꺼운 영역일 수 있다. 유사하게, 형상 변형 멤브레인(140)은 서로 일체화되어 원하는 기능을 제공하기 위해 두께 또는 가요성과 같은 특정 물리적 특성을 가질 수 있다. 대안적으로, 렌즈 본체(105)의 고체 광학 구성요소 중 하나 이상은 본 기술 분야에 알려진 기술에 의해 함께 결합될 수 있다. 이와 같이, 렌즈 본체(105)의 하나 이상의 고체 광학 구성요소는 동일한 재료 또는 상이한 재료로 형성될 수 있다. 지지부(110), 정적 전방 광학 부분(144), 동적 멤브레인(145), 및 형상 변형 멤브레인(140) 중 하나 이상은 실리콘, 우레탄, 가요성 아크릴, 또는 플루오로실리кон 엘라스토머와 같은 할로젠화 엘라스토머로 형성될 수 있다. 양태에서, 유체 챔버(155) 내에 수용된 액체 광학 재료는 플루오로실리кон 오일

일 수 있고 유체 챔버(155)를 형성하는 고체 광학 구성요소(예를 들어, 형상 변형 멤브레인(140), 정적 요소(150), 지지부(110), 정적 전방 광학 부분(144) 및 전방 옵틱(145)의 동적 멤브레인(143)의 내향 표면)은 실리콘 엘라스토머로 형성된다. 양태에서, 유체 챔버(155) 내에 수용된 액체 광학 재료는 실리콘 오일이고 유체 챔버(155)를 형성하는 고체 광학 구성요소는 플루오로실리콘 엘라스토머로 형성된다. 양태에서, 유체 챔버(155) 내에 수용된 액체 광학 재료는 페닐실리콘 오일과 같은 방향족 또는 페닐-치환된 오일이고 유체 챔버(155)를 형성하는 고체 광학 구성요소는 플루오로실리콘 엘라스토머와 같은 할로젠화 실리콘 엘라스토머로 형성된다. 렌즈의 안정성을 최적화하고 팽윤을 방지하며 최적의 굴절률을 유지하기 위한 재료 조합이 선택된다.

[0093] 양태에서, 힘 변환 아암(115)은 실리콘, 폴리우레탄, PMMA, PVDF, PDMS, 폴리아미드, 폴리이미드, 폴리프로필렌, 폴리카보네이트 등 또는 그 조합으로 형성된 강성 폴리머일 수 있다. 몇몇 구현예에서, 힘 변환 아암(115)은 PMMA로 보강된 요소일 수 있다. 양태에서, 렌즈는 후방 정적 요소(150) 및 힘 변환 아암(115)을 포함하는 모든 실리콘 재료로 형성된다. 안정화 시스템(120)은 더 강성의 실리콘으로 형성될 수 있거나 폴리이미드로 형성되거나 폴리이미드를 통합할 수 있다. 예를 들어, 안정화 햅틱 및 날개(172)는 폴리이미드일 수 있다.

[0094] 본 명세서에 설명된 렌즈는 원거리에서 근거리까지 전체 조절 범위에 걸쳐 섬모체, 섬모 돌기, 및 소대와 같은 자연 수정체에 의해 통상적으로 사용되는 눈 조직과 기계적으로 및 기능적으로 상호 작용하여 조절 및 조절 해제를 수행함으로써 굴절력을 제공할 수 있다. 본 명세서에 설명된 디바이스는, 하나 이상의 섬모 구조의 움직임을 활용하고 수정체나 움직임과 무관한 방식으로 조절 및 조절 해제를 위해 렌즈 본체의 형상 변화를 하게 하기 위해 움직임을 기능적 힘으로 변환하도록 눈에 위치 설정되도록 구성된 하나 이상의 힘 변환 아암을 포함하는 조절 메커니즘을 포함할 수 있다. 본 명세서에 설명된 렌즈는 1 디오퍼터(1D) 내지 3D 내지 최대 약 5D 또는 6D 범위의 굴절력 변화를 달성할 수 있다. 이들 조직에 의해 생성된 힘은 본 명세서에 설명된 디바이스로 기능적으로 변환되어 도수 변화가 보다 효과적으로 조절되게 한다. 본 명세서에 설명된 렌즈는, 예를 들어 수정체나 내에 위치 설정되도록 구성된 조절 메커니즘과 별개인 안정화 시스템을 더 포함할 수 있다. 본 명세서에 설명된 디바이스는 전술한 피막 섬유증으로 인해 발생하는 경향이 있는 알려진 문제를 제거한다. 본 명세서에 설명된 디바이스는 섬모근, 섬모체, 섬모 돌기, 및 소대를 포함하지만 이에 제한되지 않는 섬모 구조 중 하나 또는 조합의 움직임을 활용하도록 구성될 수 있음을 이해하여야 한다. 간결함을 위해, "섬모 구조"라는 용어는 렌즈 본체의 조절을 수행하기 위해 힘 변환 아암에 의해 움직임이 활용될 수 있는 하나 이상의 섬모 구조 중 임의의 것을 지칭하도록 본 명세서에 사용될 수 있다.

[0095] 본 명세서에 설명된 디바이스는 질병에 걸린 자연 수정체를 대체하기 위해 눈에 이식될 수 있다. 이 디바이스는 자연 수정체(유수정체 환자) 또는 이전에 환자의 수정체나 내에 이식된 안내 렌즈(위수정체 환자)의 보조물로서 이식될 수 있다. 본 명세서에 설명된 렌즈는 US 2009/0234449, US 2009/0292355, US 2012/0253459, WO 2015/148673, 및 WO 2018/081595에 설명된 안내 렌즈와 조합하여 사용될 수 있으며, 이들 문헌은 각각 그 전문이 참조로 본 명세서에 포함된다. 이와 같이, 본 명세서에 설명된 렌즈는 독립적으로 또는 소위 "피기백(piggyback)" 렌즈로서 사용될 수 있다. 피기백 렌즈는 유수정체 또는 위수정체 눈에서 잔류 굴절 오류를 교정하는 데 사용될 수 있다. 자연 수정체를 대체하는 데 사용되는 1차 렌즈는 일반적으로 더 두껍고 일반적으로 $\pm 10D$ 내지 $\pm 25D$ 범위에 있을 수 있는 도수를 갖는다. 더 두껍고 더 큰 도수 렌즈는 일반적으로 조절하지 않는다. 이와 달리, 보조 렌즈는 시스템에 상당한 굴절력을 제공할 필요가 없다. 보조 렌즈는 1차 렌즈에 비교하여 상대적으로 얇을 수 있으며 더 많은 조절을 받을 수 있다. 더 얇은 렌즈의 형상 변화 및 움직임은 일반적으로 두꺼운 1차 렌즈에 비교하여 더 쉽게 달성된다. 본 명세서에 설명된 렌즈는 독립적으로 사용될 수 있으며, 자연 수정체 또는 이식된 렌즈와 함께 피기백 렌즈로서 조합하여 사용될 필요는 없다. 본 명세서에 설명된 렌즈의 하나 이상의 구성요소는 수정체나(22) 또는 그 조합 내에서 섬모 돌기에 대해 고랑(16)에 위치 설정되도록 구성될 수 있다.

[0096] 본 명세서에 설명된 디바이스 및 시스템은 임의의 다양한 피처를 통합할 수 있다. 본 명세서에 설명된 디바이스 및 시스템의 하나의 구현예의 요소 또는 피처는 US 2009/0234449, US 2009/0292355, US 2012/0253459, WO 2015/148673, 및 WO 2018/081595에 설명된 다양한 임플란트 및 피처 뿐만 아니라 본 명세서에 설명된 디바이스 및 시스템의 다른 구현예의 요소 또는 피처와 조합하여 또는 대안적으로 통합될 수 있으며, 이들 문헌은 각각 그 전문이 참조로 본 명세서에 포함된다. 간결함을 위해, 다양한 조합이 본 명세서에서 고려되더라도 이들 각각의 조합에 대한 명시적인 설명은 생략될 수 있다. 다양한 디바이스는 다양한 여러 방법에 따라 그리고 다양한 여러 디바이스 및 시스템을 사용하여 이식, 위치 및 조절 등을 할 수 있다. 다양한 디바이스는 이식 전, 이식 중 및 이식 후 언제든지 조절될 수 있다. 다양한 디바이스가 어떻게 이식되고 위치될 수 있는 지에 대한 몇

가지 대표적인 설명이 제공되지만, 간결함을 위해 각각의 이식 또는 시스템에 대한 각각의 방법의 명시적인 설명은 생략될 수 있다.

[0097] 양태에서, 도면을 참조하여 설명이 이루어졌다. 그러나, 특정 양태는 이러한 특정 세부 사항 중 하나 이상 없이 실행되거나 다른 공지된 방법 및 구성과 함께 실행될 수 있다. 설명에서, 구현에 대한 철저한 이해를 제공하기 위해 특정 구성, 치수 및 프로세스와 같은 수많은 특정 세부 사항이 기재된다. 다른 경우에, 널리 알려진 프로세스 및 제조 기술은 설명을 불필요하게 모호하게 하지 않기 위해 특별히 상세히 설명되지 않았다. 본 명세서 전반에 걸쳐 "일 실시예", "실시예", "양태", "일 양태", "일 구현예", "구현예" 등에 대한 언급은 설명된 특정 피처, 구조, 구성 또는 특성이 적어도 하나의 실시예, 양태 또는 구현예에 포함된다는 것을 의미한다. 따라서, 본 명세서 전반에 걸쳐 다양한 위치에서 "일 실시예", "실시예", "일 양태", "양태", "일 구현예", "구현예" 등의 문구의 출현은 반드시 동일한 실시예, 양태 또는 구현예를 지칭하는 것은 아니다. 게다가, 특정 피처, 구조, 구성, 또는 특성은 하나 이상의 구현예에서 임의의 적절한 방식으로 결합될 수 있다.

[0098] 설명 전반에 걸쳐 상대적인 용어의 사용은 상대적인 위치 또는 방향 또는 배향을 나타낼 수 있으며 제한하도록 의도되지 않는다. 예를 들어, "원위"는 기준점으로부터 멀어지는 제1 방향을 나타낼 수 있다. 유사하게, "근위"는 제1 방향과 반대되는 제2 방향의 위치를 나타낼 수 있다. "전면", "측면" 및 "후면" 뿐만 아니라 "전방", "후방", "미부", "머리쪽" 등이라는 용어의 사용은 상대적인 기준 프레임을 설정하는 데 사용되며, 다양한 구현예에서 본 명세서에 설명된 디바이스 중 임의의 디바이스의 사용 또는 배향을 제한하도록 의도되지 않는다.

[0099] 단어 "약"은 본 기술 분야의 숙련자가 특정 값과 합리적으로 유사하다고 고려할 특정 값을 포함하는 값의 범위를 의미한다. 실시예에서, 약은 본 기술 분야에서 일반적으로 허용 가능한 측정값을 사용하여 표준 편차 이내를 의미한다. 실시예에서, 약은 특정된 값의 $\pm 10\%$ 까지 확장되는 범위를 의미한다. 실시예에서, 약은 특정된 값을 포함한다.

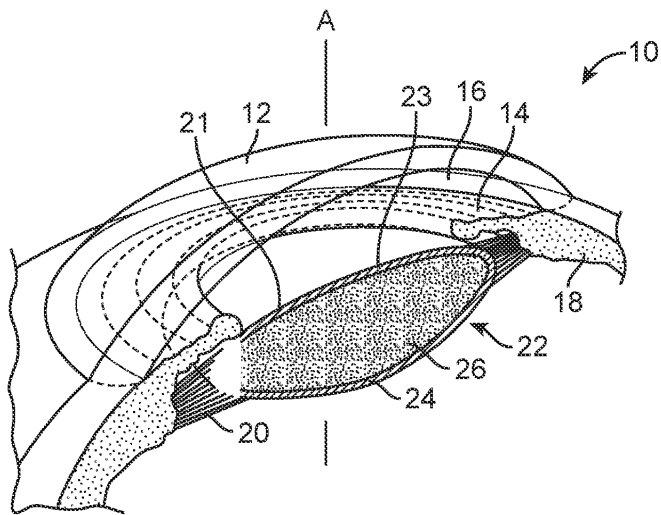
[0100] 본 명세서는 많은 세부 사항을 포함하고 있지만, 이들은 청구되는 범위 또는 청구될 수 있는 범위에 대한 제한으로서 해석되어서는 안 되고, 오히려 특정 실시예에 특정한 피처의 설명으로서 해석되어야 한다. 별개의 실시예의 문맥에서 본 명세서에 설명된 특정 피처는 단일 실시예에서 조합하여 구현될 수도 있다. 역으로, 단일 실시예의 문맥에서 설명된 다양한 피처는 또한 개별적으로 또는 임의의 적절한 하위 조합으로 다수의 실시예에서 구현될 수 있다. 더욱이, 피처가 특정 조합으로 작용하는 것으로 위에서 설명될 수 있고 심지어 초기에 그렇게 청구될 수도 있지만, 청구된 조합으로부터의 하나 이상의 피처가 일부 경우에 조합에서 제거될 수 있고, 청구된 조합은 하위 조합 또는 하위 조합의 변형에 관한 것일 수 있다. 유사하게, 작업이 도면에 특정 순서로 도시되어 있지만, 이는 바람직한 결과를 달성하기 위해 이러한 작업이 도시된 특정 순서로 또는 순차적인 순서로 수행되거나, 또는 예시된 모든 작업이 수행되는 것을 요구하는 것으로 이해되어서는 안 된다. 단지 몇 가지 예, 실시예, 양태 및 구현예가 개시된다. 설명된 예 및 구현예와 다른 구현예에 대한 변형, 수정 및 개선이 개시된 것에 기초하여 이루어질 수 있다.

[0101] 위의 설명과 청구범위에서, "~ 중 적어도 하나" 또는 "~ 중 하나 이상"과 같은 문구는 요소 또는 피처의 연결 목록 다음에 나타날 수 있다. "및/또는"이라는 용어는 2개 이상의 요소 또는 피처의 목록에서도 나타날 수 있다. 사용되는 문맥에 의해 달리 암시적으로 또는 명시적으로 모순되지 않는 한, 이러한 문구는 나열된 요소 또는 피처의 임의의 것을 개별적으로 의미하도록 또는 기재된 요소 또는 피처의 임의의 것을 다른 기재된 요소 또는 피처의 임의의 것과 조합하여 의미하도록 의도된다. 예를 들어 "A와 B 중 적어도 하나", "A와 B 중 하나 이상" 및 "A 및/또는 B"라는 문구는 각각 "A 단독, B 단독, 또는 A 및 B 함께"를 의미하도록 의도된다. 3개 이상의 항목을 포함하는 목록에 대해서도 유사한 해석이 의도된다. 예를 들어, "A, B 및 C 중 적어도 하나"; "A, B 및 C 중 하나 이상"; 및 "A, B 및/또는 C"라는 문구는 각각 "A 단독, B 단독, C 단독, A 및 B 함께, A 및 C 함께, B 및 C 함께, 또는 A 및 B 및 C 함께"를 의미하도록 의도된다.

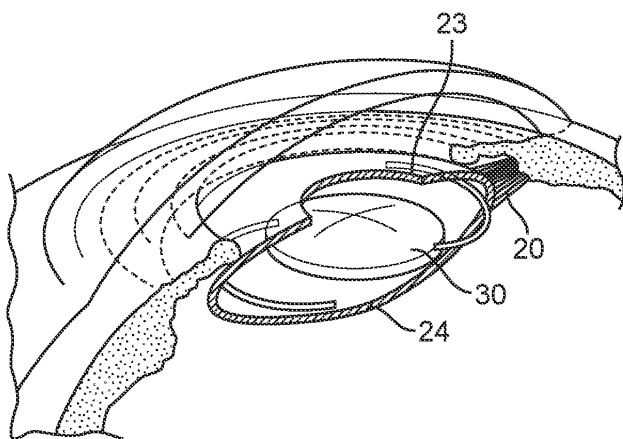
[0102] 위의 설명 및 청구범위에서 "~에 기초하여"라는 용어의 사용은 기재되지 않은 피처 또는 요소가 또한 허용될 수 있도록 "~에 적어도 부분적으로 기초하여"를 의미하도록 의도된다.

도면

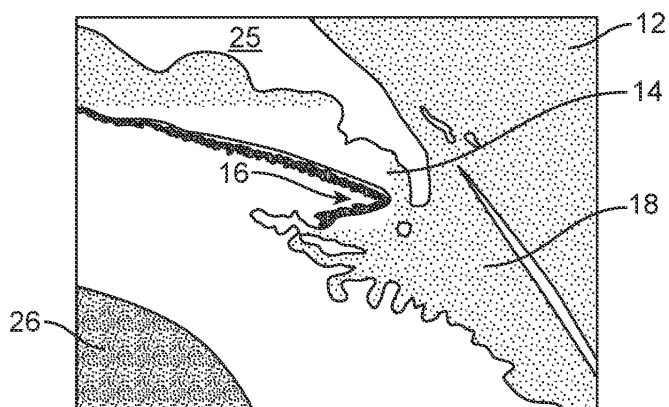
도면1a



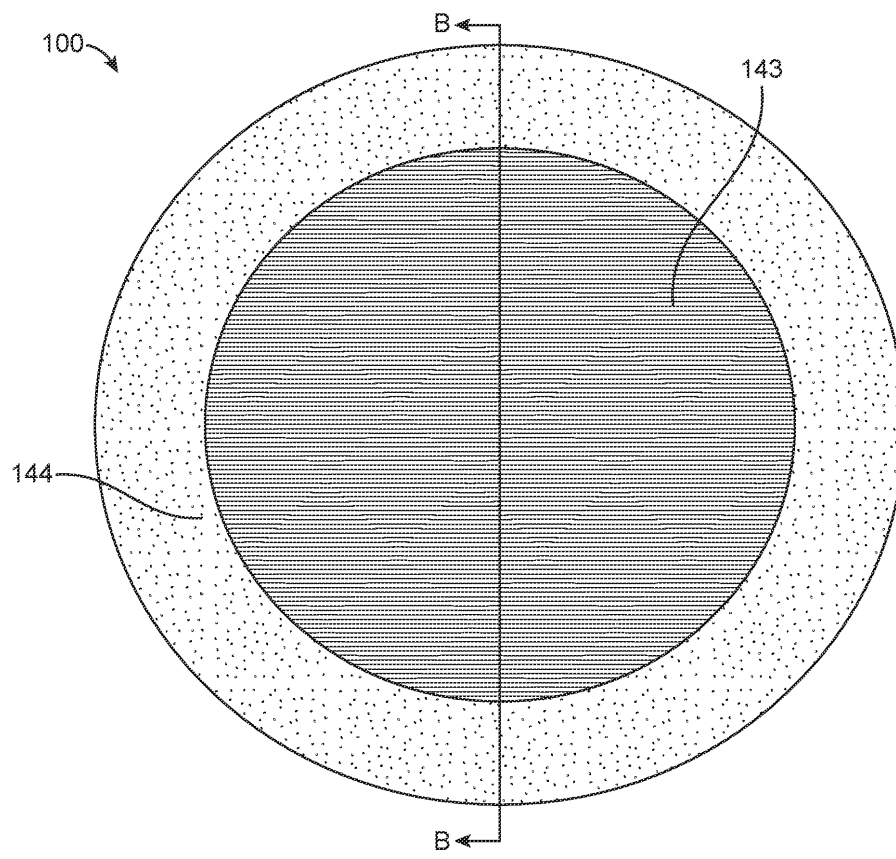
도면1b



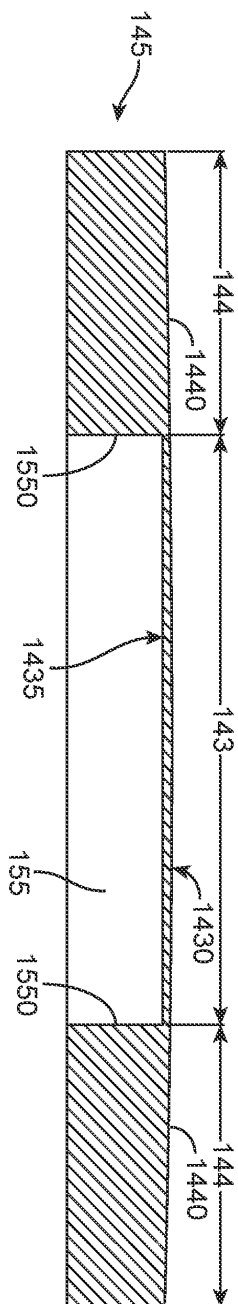
도면1c



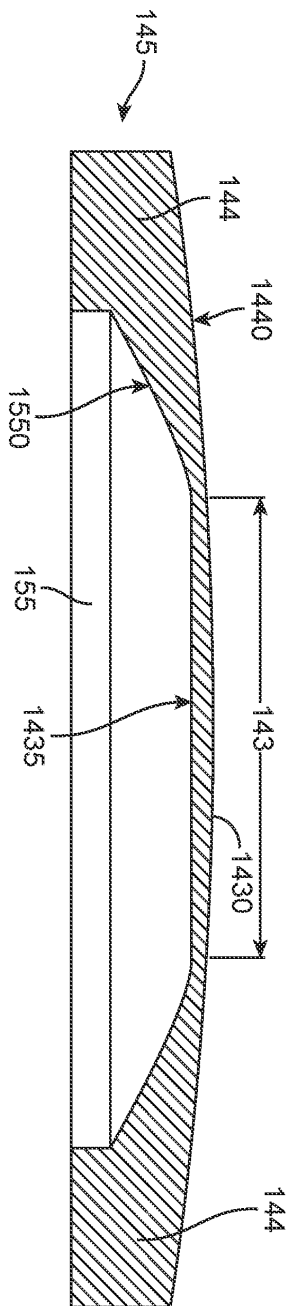
도면2a



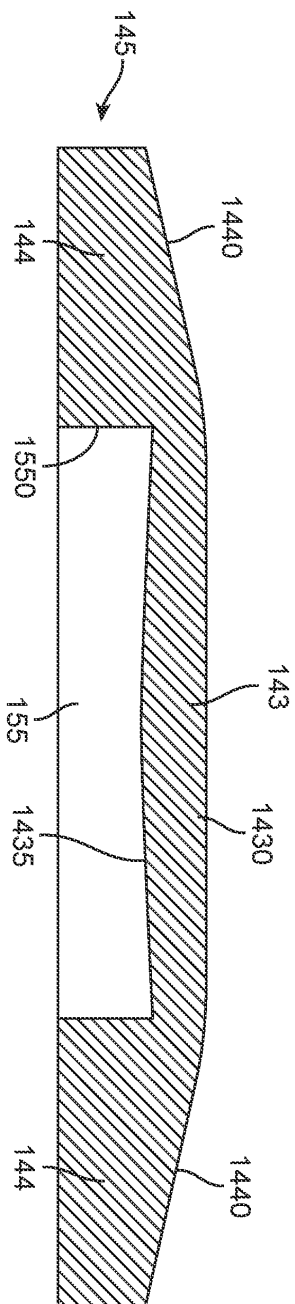
도면2b



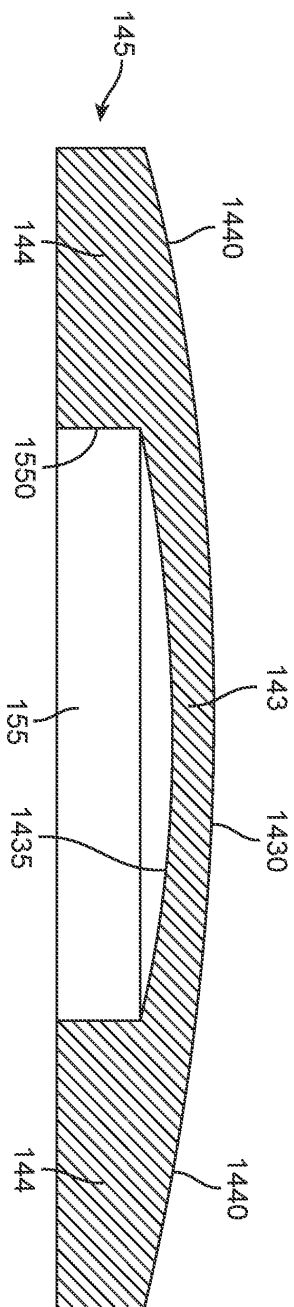
도면3a



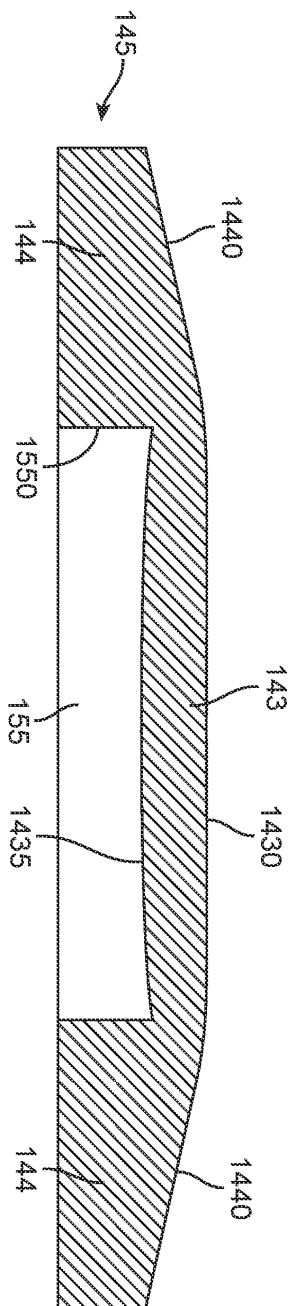
도면3b



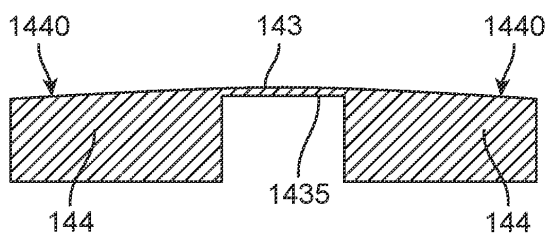
도면3c



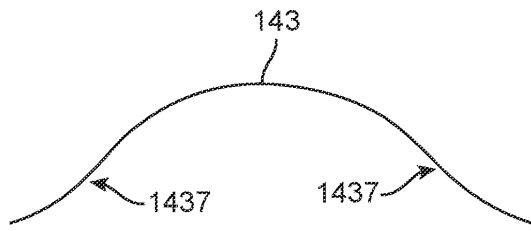
도면3d



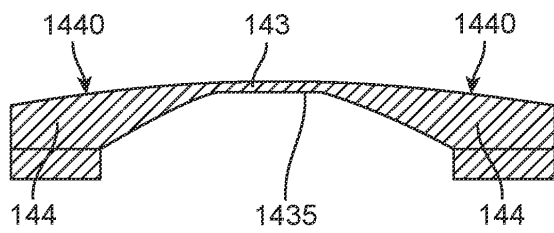
도면3e



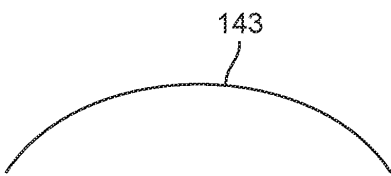
도면3f



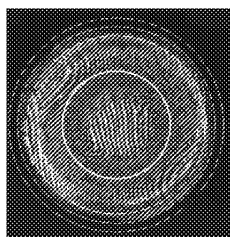
도면3g



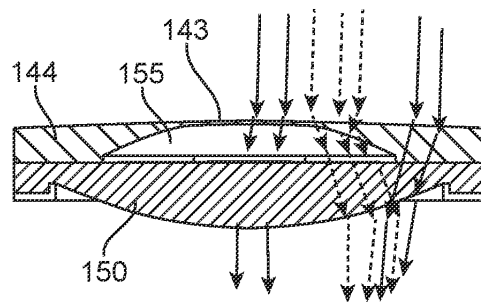
도면3h



도면3i

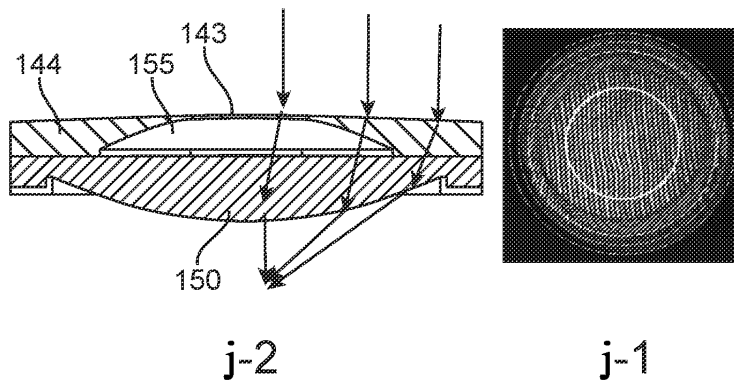


i-1

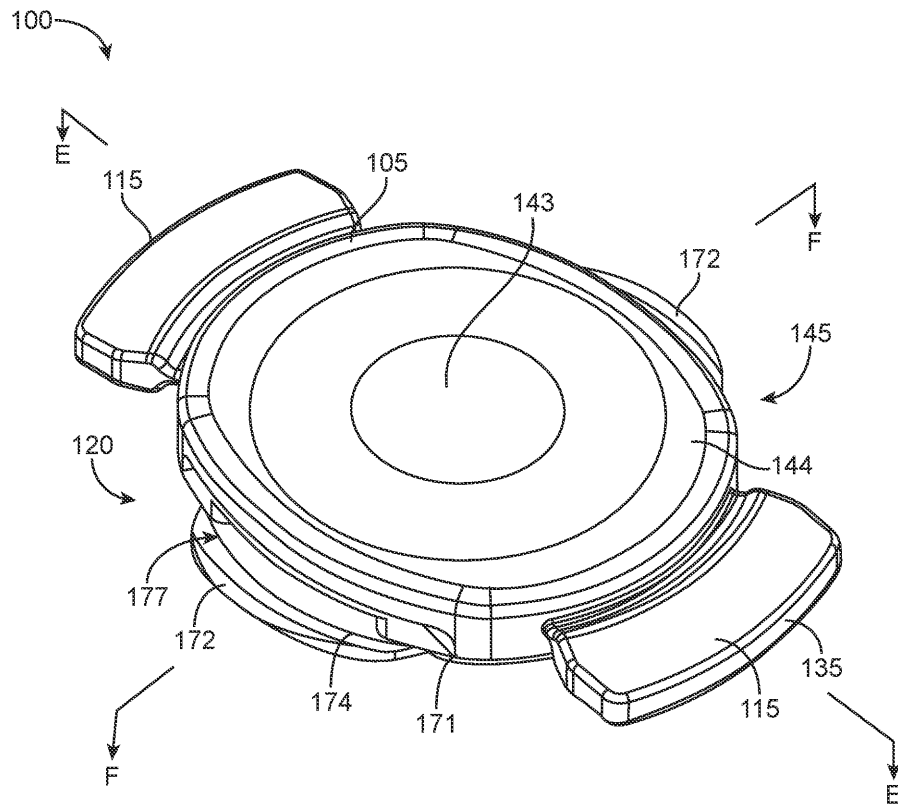


i-2

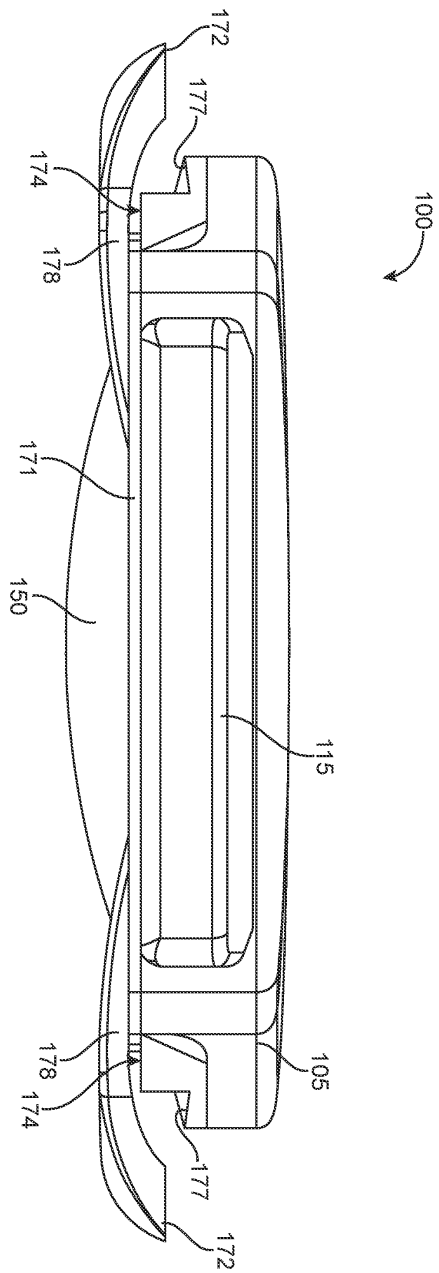
도면3j



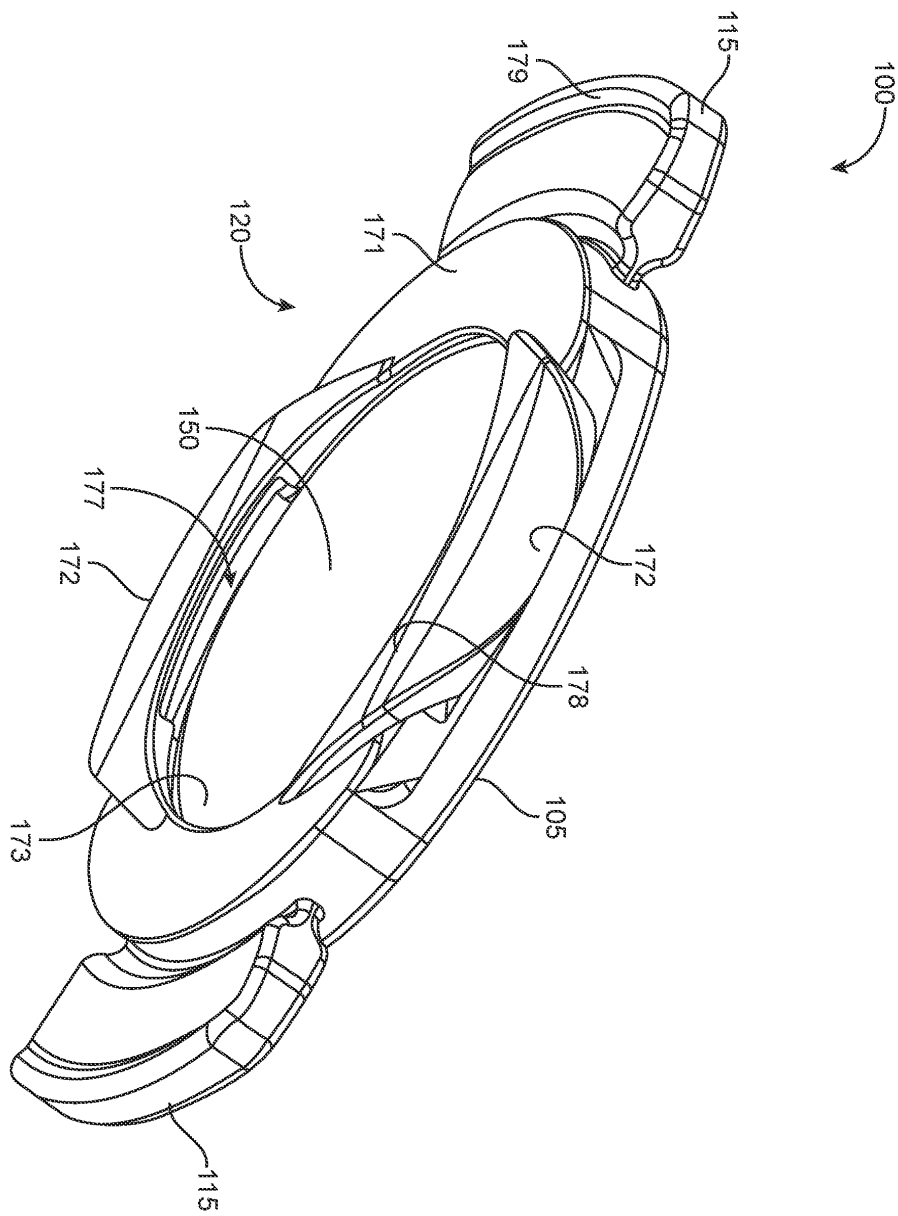
도면4a



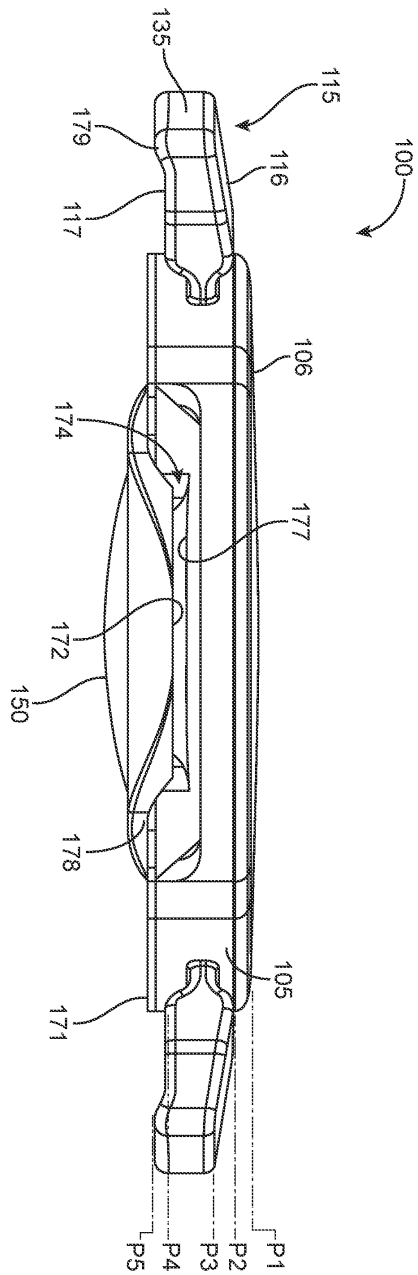
도면4b



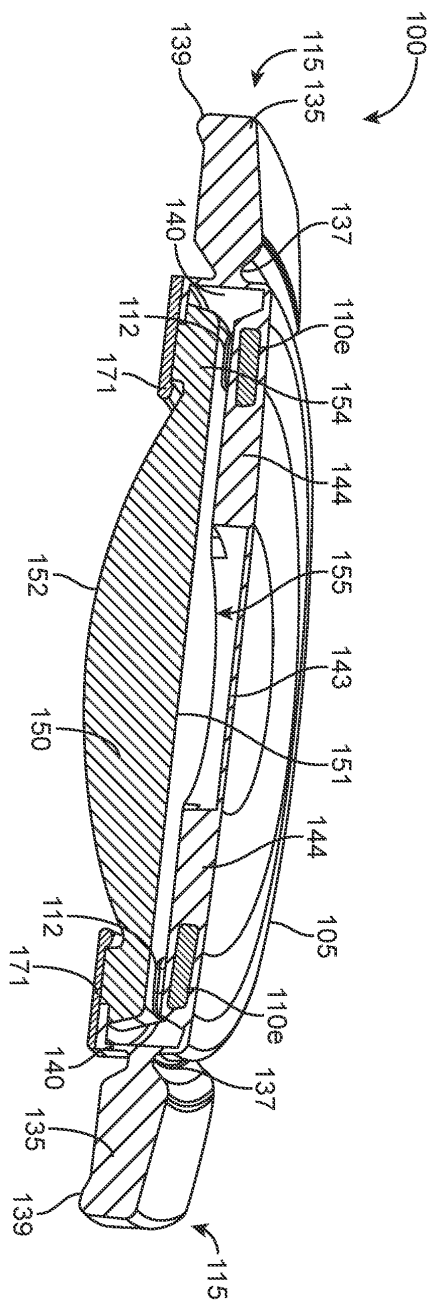
도면4c



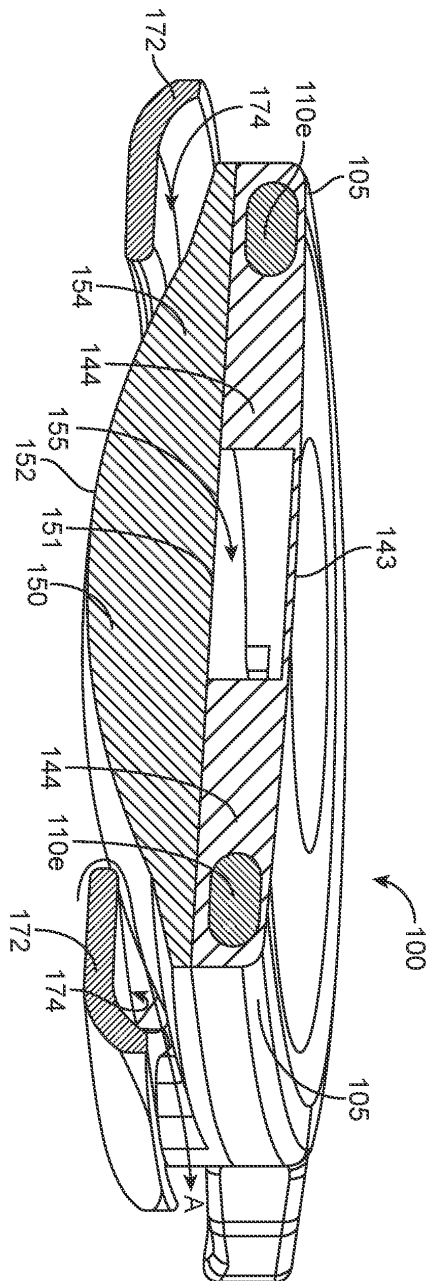
도면4d



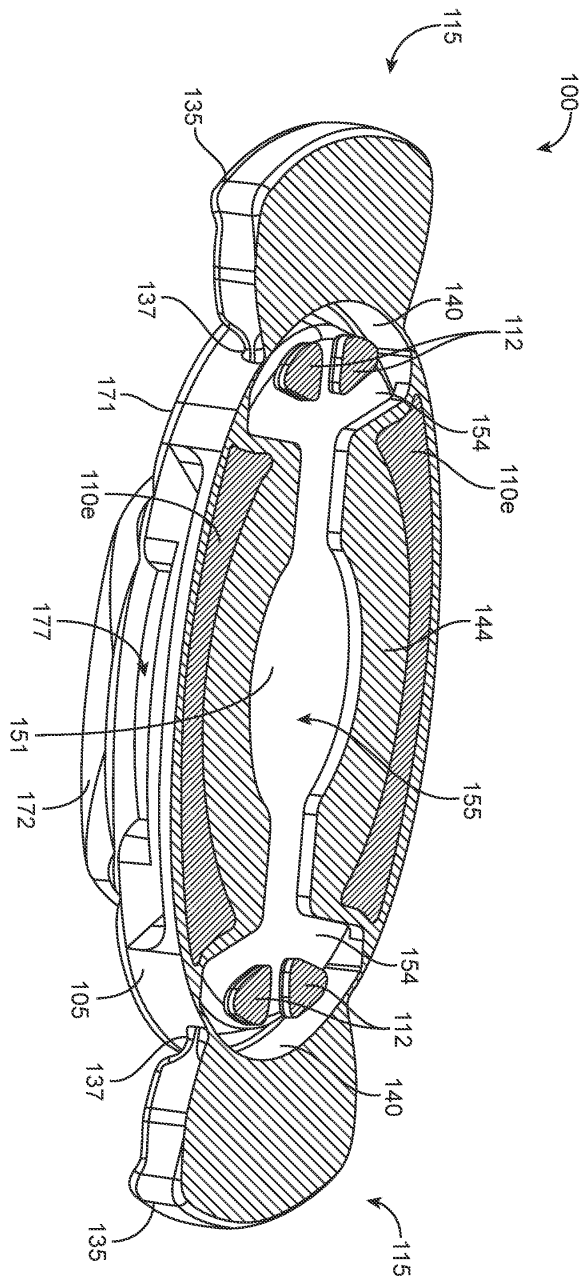
도면4e



도면4f



도면4g



도면4h

