

(19)대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.⁸

G02B 3/12 (2006.01)

G02B 3/14 (2006.01)

(11) 공개번호

10-2006-0013655

(43) 공개일자

2006년02월13일

(21) 출원번호 10-2005-7021610

(22) 출원일자 2005년11월14일

번역문 제출일자 2005년11월14일

(86) 국제출원번호 PCT/IB2004/050639

(87) 국제공개번호

WO 2004/102253

국제출원일자 2004년05월12일

국제공개일자

2004년11월25일

(30) 우선권주장

03101328.7

2003년05월14일

유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인

코닌클리케 필립스 일렉트로닉스 엔.브이.
네덜란드왕국, 아인트호펜, 그로네보르스베그 1

(72) 발명자

쿠이페 스테인
네덜란드 5656 아아 아인트호펜, 프로페써 홀스틀란 6
헨드릭스 베르나르두스 에이치. 더블유.
네덜란드 5656 아아 아인트호펜, 프로페써 홀스틀란 6

(74) 대리인

이화익

심사청구 : 없음

(54) 가변 형상 렌즈

요약

가변 렌즈(100; 200; 220; 240; 250; 300; 350)는 챔버(125)와, 상기 챔버(125)를 통과하여 연장되는 광축(90)을 구비한다. 챔버(125)는 광축(90)을 횡단하여 연장되는 메니스커스(150) 상에 접촉하고 있는 제1 유체(130)와 제2 유체(140)를 포함한다. 메니스커스(150)의 주변은 챔버(125)의 내면(120) 상에 고정 배치된다. 유체(130, 140)는 실질적으로 혼합불가능하고 서로 다른 굴절률을 갖는다. 펌프(110)는 챔버(125) 내부에 포함된 유체(130, 140)의 각각의 관련 분량을 변경함으로써 메니스커스(150)의 형상을 제어가능하게 변경하도록 배치된다.

대표도

도 3a

색인어

가변 렌즈, 메니스커스, 유체

명세서

기술분야

본 발명은 가변 렌즈, 그러한 렌즈를 포함하는 광학 장치, 및 그러한 렌즈와 그러한 장치를 제조하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

렌즈는 하나 또는 그 이상의 빛의 파장을 포커싱(집광 혹은 발산)할 수 있는 장치이다. 빛이라는 말은 가시적인 전자기 방사선 및 전자기 방사선의 다른 파장들을 포함하는 것으로 해석된다.

가변(혹은 조절 가능한) 렌즈는 하나 또는 그 이상의 렌즈 특성들이 제어 가능하게 조절될 수 있으며, 예를 들면 초점 길이 혹은 렌즈의 위치가 변경될 수 있는 렌즈이다.

DE 19710668은 도 1a 및 도 1b에 도시한 바와 같이 가변 렌즈계(40)에 대해서 기술한다. 이 렌즈계(40)는 유체(44)로 채워진 탄성막(resilient membrane; 42)을 구비한다. 이 탄성막 내부의 유체(44)의 압력은 펌프(pump; 46)에 의해 제어된다. 점선은 렌즈계(40)의 광축(90)을 나타낸다. 이 탄성막(42)은 가변 렌즈로서 작용하며, 그 렌즈의 형상(그리고 배율)은 유체(44)의 압력에 의존하여 변한다. 도 1a는 저압에서의 유체(44)를 나타내며, 탄성막(42)은 양면 오목 렌즈를 형성한다.

그러한 렌즈계는 많은 단점을 갖는다. 탄성막 표면의 움직임으로 인해, 좋은 광학 특성을 유지하는 것이 어려우며, 진동에 영향을 받기 쉽다. 또한 기계적 피로에 영향을 받기 쉽다. 이 렌즈의 형상 제어는 유체(44)의 압력 및 중력 둘 다에 의존할 뿐만 아니라, 탄성막(42)의 탄성에도 의존한다. 그 결과, 시간이 지나 탄성막(42)의 탄성이 변하면, 원하는 렌즈 형상의 범위를 얻는 것은 문제가 있을 수 있다. 부가적으로, 가요성 막은 보통 단단한 가스가 아니므로, 시간이 지나면 유체가 그 장치로부터 증발하게 된다.

전기습윤 장치에 근거한 가변 초점 렌즈도 공지되어 있다. 전기습윤 장치들은 전기습윤 현상을 이용하여 동작하는 장치들이다. 전기습윤에서, 3상(three-phase) 접촉각은 인가된 전압에 의해 변경된다. 3상은 2종류의 유체와 하나의 고체로 구성된다.

국제특허 WO 99/18456는 전기습윤 효과를 이용하는 가변 초점 렌즈에 대해 기술한다. 도 2는 그러한 대표적인 광학 장치의 단면도이다. 이 장치는 밀봉된 공간(92)(즉, 챔버 혹은 중공) 내에 한정된 2종류의 혼합불가능한 유체(80, 87)를 갖는다. 혼합불가능이라는 말은 2종류의 유체가 섞이지 않는다는 것을 의미한다. 제1 유체(80)는 절연체(예를 들면 실리콘 오일)이며, 제2 유체(87)는 전기 전도체(예를 들면 물과 에틸 알콜(ethyl alcohol)의 혼합물)이다. 제1 유체(80)와 제2 유체(87)는 서로 다른 굴절률을 갖는다.

전압 공급부(50)로부터의 전압은 2개의 전극(51, 52)에 인가되어, 제1 유체(87)와 전극(52) 사이에서 전기장을 생성한다(절연층(65)은 제2 전극(52)이 전도형 제2 유체와 접촉하는 것을 방지한다.).

제2 유체(87)에 인가되는 전압을 변화시킴으로써, 제1 유체(80)와 제2 유체(87) 사이의 경계면(85)의 형상이 변경되어, 경계면(85)에 의해 제공된 렌즈 기능을 변경시킨다. 도 1의 장치는 절연층(65) 상에 친수제(70)로 둘러싸여 있는 직경(D1)의 방수막(60)을 가져, 제1 유체(80)를 배치한다.

또한, 이 전기습윤 렌즈는 많은 단점을 갖는다. 예를 들면, 렌즈 형상이 가변 전압에 의해 한정되며, 그 렌즈 형상은 절연층의 어떤 비균일성에 영향을 받는다. 그 구성은 경계면(85)의 형상을 변경시키기 위해 비교적 높은 전압을 필요로 한다. 또한 절연층은 전하(특히 높은 전압)에 손상을 받기도 한다. 이 절연층이 비균일하게 충전되면, 이것은 균일하지 않은 접촉각을 유발하여, 비구형 렌즈를 생성할 것이다. 또한, 그러한 렌즈가 포지티브 배율 렌즈에서 네가티브 배율 렌즈(혹은 반대로)로 변경하는 것도 불가능하다.

본 발명의 실시예의 목적은 여기서 언급되었든 아니든 종래기술의 하나 또는 그 이상의 문제점을 해결하는 가변 렌즈를 제공하는데 있다. 또한, 본 발명의 실시예의 목적은 그러한 렌즈를 내장하는 광학 장치 및 그러한 렌즈 및 그러한 장치를 제조하는 방법을 제공하는데 있다.

발명의 상세한 설명

제1 국면에 있어서, 본 발명은 챔버와, 상기 챔버를 통과하여 연장되는 광축을 구비하고, 상기 챔버가 상기 광축을 횡단하여 연장되는 메니스커스 상에 접촉하고 있는 제1 유체 및 제2 유체를 포함하며, 상기 메니스커스의 주변이 상기 챔버의 내

면 상에 고정 배치되며, 상기 유체가 실질적으로 혼합불가능하며 서로 다른 굴절률을 갖고, 상기 챔버 내부에 포함된 상기 유체의 각각의 관련 분량을 변경함으로써 상기 메니스커스의 형상을 제어가능하게 변경하도록 배치된 적어도 하나의 펌프를 더 구비하는 가변 렌즈를 제공한다.

상기 2종류의 유체 사이의 메니스커스는 렌즈로서 작용하므로, 그 렌즈의 효율적인 형상은 상기 메니스커스의 형상을 변경시킴으로써 쉽게 조절될 수 있다. 어떠한 기계적인 구성요소들도 상기 렌즈의 광학 경로 내부에 요구되지 않기 때문에, 그 광학 경로는 기계적인 마멸로부터 손상받지 않는다. 또한, 상기 렌즈 형상은 전압의 변화에 직접적으로 관련되어 있지 않으므로, 절연층 내부의 차징효과(charging effect)에 관계없이 렌즈를 만든다. 또한 그 구성(design)은 포지티브 배율 렌즈에서 네가티브 배율 렌즈(그 반대로)로 조절가능한 렌즈들이 생산되게 함으로써, 구성의 자유로움에 있어서 넓은 범위를 허용한다.

또 다른 국면에 있어서, 본 발명은 챔버와, 상기 챔버를 통과하여 연장되는 광축을 구비하고, 상기 챔버가 상기 광축을 횡단하여 연장되는 메니스커스 상에 접촉하고 있는 제1 유체 및 제2 유체를 포함하며, 상기 메니스커스의 주변이 상기 챔버의 내면 상에 고정 배치되며, 상기 유체가 실질적으로 혼합불가능하며 서로 다른 굴절률을 갖고, 상기 챔버 내부에 포함된 상기 유체의 각각의 관련 분량을 변경함으로써 상기 메니스커스의 형상을 제어가능하게 변경하도록 배치된 적어도 하나의 펌프를 더 구비하는 가변 렌즈를 포함하는 광학 장치를 제공한다.

또 다른 국면에 있어서, 본 발명은 챔버와, 상기 챔버를 통과하여 연장되는 광축을 제공하고, 상기 광축을 횡단하여 연장되며 주변이 상기 챔버의 내면 상에 고정 배치되는 메니스커스 상에 접촉하고 실질적으로 혼합불가능하며 서로 다른 굴절률을 갖는 제1 유체 및 제2 유체를 상기 챔버 내부에 배치하며, 상기 챔버 내부에 포함된 상기 유체의 각각의 관련 분량을 변경함으로써 상기 메니스커스의 형상을 제어가능하게 변경하도록 배치된 적어도 하나의 펌프를 제공하는 것을 포함하는 가변 렌즈 제조방법을 제공한다.

또 다른 국면에 있어서, 본 발명은 챔버와, 상기 챔버를 통과하여 연장되는 광축을 구비하고, 상기 챔버가 상기 광축을 횡단하여 연장되는 메니스커스 상에 접촉하고 있는 제1 유체 및 제2 유체를 포함하고, 상기 메니스커스의 주변이 상기 챔버의 내면 상에 고정 배치되며, 상기 유체가 실질적으로 혼합불가능하며 서로 다른 굴절률을 갖고, 상기 챔버 내부에 포함된 상기 유체의 각각의 관련 분량을 변경함으로써 상기 메니스커스의 형상을 제어가능하게 변경하도록 배치된 적어도 하나의 펌프를 더 구비하는 가변 렌즈를 제공하는 단계를 포함하는 광학 장치 제조방법을 제공한다.

본 발명의 다른 목적 및 이점들은 첨부된 청구항에 설명된 것과 같은 바람직한 특징들로부터 분명해질 것이다.

도면의 간단한 설명

본 발명의 보다 낫은 이해를 위해서 그리고, 본 발명의 실시예들을 실행하는 방법을 보여주기 위해서, 다음의 첨부된 개략적인 도면을 예로서 참조할 것이다.

도 1a 및 도 1b는 2개의 서로 다른 구성을 갖는 공지된 가변 렌즈의 개략적인 단면도,

도 2는 공지된 형식의 전기습윤 가변 렌즈의 개략적인 단면도,

도 3a 및 도 3b는 본 발명의 제1 실시예에 따른 가변 렌즈에 의해 제공된 같은 광학 기능 및 가변 렌즈의 개략적인 단면도,

도 4a 내지 도 4c는 본 발명의 다른 실시예에 따른 가변 렌즈의 개략적인 단면도,

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 가변 렌즈의 개략적인 단면도,

도 6은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 가변 렌즈의 개략적인 단면도,

도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 가변 렌즈의 개략적인 단면도,

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 가변 렌즈를 포함하는 광 기록매체를 스캐닝하는 장치를 나타낸 도면,

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 가변 렌즈를 포함하는 가변 초점 화상 캡처 장치를 나타낸 도면.

실시예

도 3a는 본 발명의 제1 실시예에 따른 가변 렌즈를 나타낸다. 이 렌즈(100)는 2개의 서로 다른 소자들, 즉 2종류의 유체(130, 140) 사이의 메니스커스(150)에 의해 형성된 렌즈 기능(function)과, 이 렌즈 기능의 형상을 변경하기 위해 배치된 펌프(110)로 구성되는 것으로 간주될 수 있다.

유체는 어떤 힘에 따라 그것의 형상을 바꾸고, 그 챔버의 외형에 흐르거나 그 외형에 따르며, 가스, 액체, 증기, 및 유동 가능한 액체와 고체의 혼합물을 포함하는 물질이다.

2종류의 유체(130, 140)는 실질적으로 혼합불가능하다. 즉 이 2종류의 유체는 섞이지 않는다. 이 2종류의 유체(130, 140)는 서로 다른 굴절률을 갖는다. 따라서, 이 유체가 서로 다른 굴절률을 갖기 때문에, 렌즈 기능은 이 2종류의 유체의 접촉 영역을 따라 형성된 메니스커스(150)에 의해 제공된다. 렌즈 기능은 빛의 하나 또는 그 이상의 파장을 포커싱(집광 또는 발산)하기 위한 메니스커스(150)의 역량이다. 이 특별한 실시예에서는, 유체(130)가 유체(140)보다 더 높은 굴절률을 갖는 것으로 가정한다.

이 두 종류의 유체가 렌즈(100)에 대한 중력 효과를 최소화하기 위해 실질적으로 같은 밀도를 갖는 것이 바람직하다.

이 유체(130, 140)는 챔버(125) 내부에 포함된다. 이 실시예에서는 챔버(125)가 세로로 연장되는 튜브의 형태를 취하고, 이 튜브는 내면(120)에 의해 한정된 측벽을 갖는다. 광축은 이 튜브를 통과하여 세로로 연장된다. 이 특별한 실시예에 있어서는, 이 튜브가 일정한 원형 단면을 갖는 원통형 튜브이고, 광축은 튜브 축과 공통 축을 갖는다. 부가적인 벽(121, 122)은 튜브의 단부를 가로질러 연장되어 유체를 둘러싸는 챔버(125)를 형성한다. 광축(90)을 따라 놓여 있는 챔버(125)의 벽(121, 122)의 적어도 일부는 투광성(transparent)을 갖는다. 바람직하게는, 이들 벽(121, 122) 중 하나 또는 둘 모두는 렌즈 형상으로 이루어져 있다.

2종류의 유체(130, 140) 사이의 메니스커스(150)는 렌즈(100)의 광축(90)을 횡단하여 연장된다. 횡단(transverse)이라는 말은 메니스커스(150)가 광축(90)을 가로지른다(즉, 그것이 가로질러 연장된다)는 것과, 광축(90)과 평행하지 않다는 것을 나타내며, 이 메니스커스(150)는 어떤 원하는 각도에서도 광축(90)을 횡단해도 된다. 이 메니스커스(150)의 주변(perimeter)은 튜브의 측벽(120)에 의해 한정된다.

대표적으로, 챔버(125)의 원하는 부분 내부에 유체(130, 140)를 배치하기 위해, 챔버의 서로 다른 영역이 각 유체에 대해 서로 다른 습윤도(wettability)를 가질 것이므로, 각 유체는 각각의 영역에 의해 영향을 받을 것이다. 습윤도는 영역이 유체에 의해 젖게(커버) 될 정도까지이다. 예를 들면, 유체(130)가 물이고, 유체(140)가 오일이면, 그 벽(120)의 내면은 친수성을 가져 유체(130)를 끌어당기고 유체(140)를 끌어당기지 않는다.

메니스커스(150)의 주변은 튜브의 측벽의 내면(120)과 접촉한다. 메니스커스의 주변은 그 내면(120) 상에 고정 배치된다. 다시 말해, 메니스커스(150)의 주변이 내면(120)과 접촉하고 있는 위치(151)가 고정된다. 즉 메니스커스 주변이 그 내면에 고정된다. 이 특별한 실시예에서는, 메니스커스 주변이 위치(151)에서, 예를 들면 내면(120)이 소수성에서 친수성으로 변하는 위치(151)에서 그 내면의 습윤도의 갑작스런 변화에 의해 그 내면에 고정된다.

메니스커스(150)의 형상은 2종류의 유체 사이의 압력차와 실린더의 내부 직경에 의해 결정된다. 도시된 메니스커스(150)는 (유체(130)에서 봤을 때) 볼록하다.

유체가 채워진 챔버(125)에 접속된 펌프(110)는 챔버(125)에/로부터 유체의 하나 또는 그 이상의 분량을 펌프하기 위해 배치된다.

이 특별한 예에서는, 펌프(110)가 동시에 유체(130)의 분량을 증가시키고 유체(140)의 분량을 감소시켜(그 반대로), 챔버(125) 내부에서 2종류의 유체의 같은 총 분량을 유지하기 위해 배치된다. 그 결과, 메니스커스의 주변이 내면(120)에 고정되어, 메니스커스(150)의 형상이 변경될 것이다.

예를 들면, 여분의 유체(130)가 챔버(125)에 부가되면, 메니스커스 형상이 더 볼록하게, 즉 점선(150')으로 표시된 메니스커스를 형성하도록 변해도 된다. 다른 한편으로, 여분의 유체(140)가 부가되면, 메니스커스 형상이 점선(150'')으로 표시된 것으로 변해도 된다. 즉 메니스커스가 (유체(130)에서 봤을 때) 오목하게 된다. 챔버(125) 내부의 유체의 분량을 변경시킴으로써, 메니스커스 형상이 볼록에서 평면으로, 오목으로 변경될 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다.

메니스커스 형상의 최대 곡률(curvature)은 메니스커스가 반구체(half-sphere)를 형성할 때라는 것을 예상할 수 있다. 그러나, 메니스커스의 고정 동작(pinning action)이 극복될 정도로 압력이 매우 크게 될 때, 메니스커스가 움직이는 임계 압력이 있을 것 같으므로, 메니스커스는 그 후에 위치를 옮길 것이라는 것을 알 수 있을 것이다. 그러한 임계 압력은 습윤도의 변화 정도에 의존한다.

도 3b는 유체(130)의 굴절률이 유체(140)보다 클 때, 메니스커스(150)에 의해 제공된 효율적인 광학 기능을 나타낸다. 즉 그것은 초점 길이 f 를 갖는 평철(plano convex) 렌즈(160)의 기능이다. 다시 말해, 메니스커스(150)는 평행한 빛(170)을 그 렌즈로부터 f 만큼 떨어져 있는 초점(172)으로 가져오는 렌즈(160)의 기능을 효과적으로 제공한다.

메니스커스의 형상이 변경되었을 때(즉, 도 3a에서 점선(150')으로 표시된 형상), 효율적인 광학 기능도 점선(160')으로 표시된 것으로 변한다. 메니스커스(150')가 메니스커스(150)보다 더 만곡되기 때문에, 그 렌즈는 보다 큰 배율을 가질 것이다. 즉, 그것은 짧은 초점 길이를 가져, 평행한 빛(170)을 그 렌즈로부터 짧은 거리에 있는 초점(172')으로 가져올 것이다.

도 3a에 도시된 실시예에서는, 메니스커스(150)가 그 표면의 습윤도 변화에 의해 고정 배치된다. 그러나, 다른 기술들이 메니스커스 주변의 위치를 고정시키기 위해 사용되어도 된다는 것을 알 수 있을 것이다.

예를 들면, 도 4a, 도 4b 및 도 4c는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 가변 렌즈(200, 220, 240)의 단면도를 나타낸다. 동일한 참조번호는 같은 특징을 나타낸다.

이 장치(200)의 챔버(125)는 2개의 부분(125a, 125b)을 가지고 있는 것으로 도시되어 있다. 두 부분(125a, 125b)은 원통형으로 원형 튜브인데, 각각은 일단이 폐쇄되어 있다. 이 2개의 부분(125a, 125b)은 서로 다른 원형 단면을 갖는데, 한 부분(125b)은 다른 부분보다 작다. 그 결과로서, 2개의 튜브가 결합되어 있는 곳에, 외부 모서리에 대하여 한 계단(step)이 생성된다.

이 특별한 실시예에서는, 메니스커스가 메니스커스와 접촉하는 내면(120)의 기하학적 변화에 의해 적소에 고정된다. 특히, 메니스커스의 주변은 내면(120)에서 계단을 가진 모서리(위치 151)와 접촉한다. 이 기하학적인 갑작스러운 변화는 메니스커스의 주변을 고정 배치시키는데 충분하다.

기하학적인 다른 변화들이 이 메니스커스(150)를 고정 배치하는데 사용되어도 된다는 것을 알 수 있을 것이다. 바람직하게는, 메니스커스가 접촉하고 있는 위치는 각도의 갑작스러운 변화를 건디는 표면이다. 각도의 변화가 크면 클수록(더 뾰족하거나 더 날카로운 에지 혹은 모서리), 메니스커스의 고정 동작이 커져, 메니스커스는 곡률의 반경에 있어서 더 큰 변화를 견딜 수 있게 된다.

예로서, 도 4b는 환형(annulus)(혹은 링)이 내면(120)의 일부 주위에서 연장되어 있는 장치(220)를 나타낸다. 이 환형의 평면은 광축(90)과 수직인 것이 바람직하다. 이 환형은 삼각형의 단면을 가지므로, 날카로운 모서리가 그 환형의 내면 상에 형성되어 있다. 메니스커스는 이 모서리(위치 151)와 접촉한다.

도 4c는 일반적으로 도 4b에 도시된 것과 비슷한 본 발명의 다른 실시예를 나타낸다. 이 특별한 예에 있어서, 환형은 매우 얇아서, 이 환형의 내면은 스파이크(spike)인 것이 효과적이다. 메니스커스(150)는 이 날카로운 내면(위치 151)에서 환형과 접촉한다. 기하학적인 다른 적절한 변화들은 메니스커스(150)의 위치를 고정시키는데 충분하기 때문에, 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자에게는 자명한 것이다.

바람직하게는, 메니스커스(150)가 기하학적인 변화 및 습윤도의 변화에 의해 적소에 고정될 수도 된다. 예를 들면, 도 4a, 도 4b, 및 도 4c에서, 고정(pinning) 효과는 날카로운 모서리가 위치되는 지점에서 챔버 벽의 습윤도를 갑작스럽게 변화시킴으로써 향상될 수도 있다.

챔버(125) 내부로/밖으로의 유체의 펌핑이 많은 방법, 예를 들면 기계적 펌프에 의해 행해질 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 도 5는 본 발명의 다른 실시예를 나타내는데, 여기서 펌핑은 전기습윤에 의해 행해진다.

도 5에 도시된 장치(250)에 있어서는, 2종류의 유체를 포함하는 챔버(125)를 한정하는 실린더가 친수성 물질, 예를 들면 글래스(glass)로 이루어져 있다. 이 실시예에서는 제1 유체(130)가 물이지만, 제2 유체(140)는 오일이다. 챔버(125)를 한정하는 내면(120)의 상부(122)는 소수성 층으로 코팅되어 있다. 그 결과는 물이 글래스를 적실 것이지만, 소수성 코팅

(hydrophobic coating)은 아닐 것이라는 것이다. 그 결과로서, 이 습윤도의 변화는 메니스커스(150)의 주변을 적소에 고정시킬 것이다. 메니스커스에 의해 제공된 렌즈 기능의 주위의 특성(quality)은 코팅을 증착시킬 수 있는 정확도에 의해 결정된다는 것을 알 수 있을 것이다(혹은 코팅이 모든 내면에 먼저 적용되면 제거되고, 그 후에는 선택적으로 제거됨).

예를 들면, 물질로 이루어진 층들은 선반(lathe)에 의해 혹은 리소그래피(lithographic) 기술에 의해 부분적으로 제거될 수 있다. 기하학적인 정확한 변화들은 사출 성형(injection moulding)을 포함하는 다수의 기술에 의해 획득될 수도 있다.

채널(116)은 2종류의 혼합불가능한 액체(물과 기름)와 연결된다. 그 액체는 이 채널(116)을 통과하여 펌프될 수 있으며, 그 결과로서 챔버(125) 내부의 액체의 분량은 변경될 것이고, 따라서, 챔버 내부의 메니스커스(150)의 곡률 반경도 변경될 것이다.

채널(116) 내부에는 2종류의 액체 사이의 경계면을 한정하는 또 다른 메니스커스(112)가 존재한다. 전기습윤은 이 메니스커스(112)의 곡률(그리고 위치)을 변경하기 위해 이용되고, 그 결과로서 챔버(125) 내부의 유체의 분량이 변경될 것이다. 전기습윤이 전극(114)과 전극(118) 사이에 전압을 인가함으로써 수행되어, 채널(116)의 표면과 2종류의 유체(130, 14) 사이의 3상(three-phase) 접촉각이 변한다.

이 특별한 실시예에 있어서는, 채널(116)의 반경이 챔버(125)의 반경보다 훨씬 작다. 그 결과로서, 채널(116) 내부의 메니스커스(112)의 접촉각의 비교적 작은 변화는 챔버(125) 내부의 메니스커스(150)의 접촉각의 훨씬 큰 변화로 이끌 것이다. 이 채널(116)은 메니스커스(112)의 움직임 및 원하는 범위를 수용하기에 충분한 길이를 가져야 한다. 바람직하게는, 이 채널(116)은 튜브, 예를 들면 가요성 튜브, 혹은 제2 실린더(예를 들면, 큰 실린더가 도 4에 도시된 것과 비슷한 제1 실린더 주위에 위치될 수 있다)로 형성될 수 있다.

도 6은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 가변 렌즈(300)를 나타낸다. 이 특별한 실시예에 있어서는, 렌즈의 메니스커스(150)를 한정하는 2종류의 유체(130, 140)가 혼합불가능하지만, 전기습윤에 반드시 적합해야 하는 것은 아니다. 예를 들면, 제1 유체(130)가 플루오르화 오일일 수 있고, 제2 유체(140)는 탄화수소 오일일 수 있다. 플루오르화 오일은 매우 낮은 굴절률을 가져, 2종류의 유체 간에 큰 굴절률 차를 얻는 것을 가능하게 한다.

메니스커스(150)의 주변은 습윤도의 갑작스러운 변화에 의해 다시 적소에 고정된다. 챔버(125)의 내면의 상부는 탄화수소 오일(예를 들면 폴리에틸렌)에 의해 적을 수 있는 층으로 코팅되어 있으며, 그 내면의 나머지는 플루오르화 오일(예를 들면 테프론)에 의해 적을 수 있는 층으로 코팅되어 있다. 다량의 물(135)("워터 슬러그(water slug)"라고 칭함)은 채널(116) 내에 있다. 탄화 수소 오일(140)이 전기습윤에 적합하다고 가정하면, 그 채널 내의 워터 슬러그는 전기습윤에 의해 이동될 수 있으며, 이것은 그 채널 외부의 유체(130, 140)의 대응하는 이동에 의해 발생된다. 그 결과로서, 워터 슬러그(135)에 의해 제공된 펌프 동작에 의해, 큰 메니스커스(150)의 형상이 변경되어, 렌즈의 배율을 변화시켜도 된다.

그러한 렌즈(300)는 렌즈 동작에 메니스커스(150)를 제공하는 2종류의 유체가 전기습윤에 반드시 적합할 필요가 없다는 것을 나타내는 예인데, 이 2종류의 유체는 단지 혼합되지 않아야 한다. 이 예에서, 유체(130, 140) 중 하나만이 전기습윤에 적합하며, 부가적인 유체(슬러그 135)는 전기습윤 효과가 펌프로서 사용되는 것을 허용하기 위해 제공된다. 그러나, 이 유체가 또 다른 펌프 동작, 예를 들면 기계적인 펌프에 의해 이동되면, 가능한 유체의 범위는 한층 더 커지게 된다는 것을 알 수 있을 것이다. 따라서, 적절한 구성(design)은 액체의 종류 선택에 있어서 넓은 선택을 허용한다.

도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 렌즈(350)를 나타낸다. 이 렌즈(350)는 일반적으로 도 5에 도시된 렌즈(250)와 비슷하다. 그러나, 이 특별한 실시예에서는, 중앙 지주(central pillar; 124)가 챔버(125) 내부에 도입되었다. 이 지주(124)는 외부의 실린더 벽(122)과 같은 높이(예를 들면 광축(90)과 수직한 관련 위치)에서 소수성 층(122)으로 코팅되어 있다. 그 결과, 고정된 메니스커스(150)가 도넛 모양을 갖게 되었다. 현재 메니스커스는 어떠한 광학 배율도 제공하지 않지만, 구형 수차를 제공한다. 메니스커스(150)에 의해 제공된 구형 수차의 정도는 도넛 모양을 가진 메니스커스의 곡률에 의존할 것이며, 잠재적으로 넓은 범위의 구형 수차의 범위도 가능할 것이다. 그 결과로서, 그러한 렌즈는 수차 보정기로 사용될 수 있다.

이 특별한 렌즈(350)에 있어서는, 지주(124)가 원형 실린더의 형태를 취하며, 광축(90)과 공통 축을 갖는다. 그러나, 이 지주는 사실상 챔버(125) 내부에서 어떤 소망의 형상, 혹은 어떤 소망의 위치를 취할 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 지주(124)에 대한 습윤도의 변화는 내면(120)에 대한 습윤도 변화와 같은 높이에 있을 필요는 없다.

다양한 유형의 펌프가 펌프(110)로서 사용되어도 된다. 예를 들면, 국제특허 WO 02/069016은 유체가 어떻게 이동되는가의 다양한 방법, 예를 들면, 전기모세관 차압(electro-capillary differential-pressure) 전기모세관, 전기습윤, 연속 전기

습윤, 전기이동(electrophoresis), 전기삼투압(electroosmosis), 유전체이동(dielectrophoresis), 전기수력학적(electrohydrodynamic) 펌핑, 열모세관(thermocapillary), 열 팽창, 유전체 펌핑, 혹은 가변 유전체 펌핑에 대하여 기술하는데, 이들 중 어떤 것은 펌프(110)에 필요한 펌프 동작을 제공하기 위해 사용될 수 있다. 다른 한편으로, 이 펌프는 기계적인 펌프일 수 있다.

상기 실시예에서는 비록 튜브가 원형 튜브(즉, 원형의 단면을 가짐)로서 기술되었지만, 사실상 이 튜브는 어떤 원하는 단면이든, 예를 들면 정사각형, 직사각형 혹은 타원형 단면을 가질 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다.

균등하게, 상기 실시예에서는, 렌즈가 2종류의 유체로 형성되는 것으로 기술되었고, 이 유체 사이의 경계면은 렌즈 기능을 제공한다. 그러나, 사실상 이 렌즈가 어떠한 다양한 유체라도 포함할 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 예를 들면, 이 렌즈는 다량의 물에 의해 분리된 2종류의 다량의 오일을 포함할 수 있다. 그 결과로서, 2개의 메니스키(menisci)를 갖는 더블 렌즈가 생성될 것이며, 각각의 메니스키는 물과 다량의 오일 사이의 경계면에 대응한다. 2개의 메니스키의 각각은 고정될 수 있다. 유체의 각각의 분량을 변경시킴으로써(즉, 튜브 내에 포함된 물의 분량뿐만 아니라, 튜브 내에 포함된 오일의 분량을 변경시킴으로써), 2개의 메니스키에 의해 제공된 렌즈 기능 둘 모두가 제어가능하게 변경될 수 있다.

본 발명의 가변 렌즈가 렌즈를 필요로 하는 어떤 광학 장치의 일부분을 형성할 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다.

도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가변 초점 렌즈를 구비하는 대물 렌즈계(18)를 포함하는 광 기록매체(2)를 스캐닝하는 장치(1)를 나타낸다. 이 기록매체는 투명층(3)을 구비하고, 그 투명층의 일 측면 위에는 정보층(4)이 설치된다. 투명층에서 벗어나 있는 정보층의 측면은 보호층(5)에 의해 환경의 영향으로부터 보호된다. 장치 쪽으로 향해 있는 투명층의 측면은 입사면(6)이라고 부른다. 투명층(3)은 정보층에 대해 기계적 지지부(mechanical support)를 제공함으로써 기록매체에 대한 기관으로서 작용한다.

다른 한편으로, 투명층은 정보층을 보호하는 유일한 기능을 가질 수도 있지만, 기계적 지지부는 정보층의 다른 측면 위에 있는 층에 의해, 예를 들면 보호층(5)에 의해 혹은 또 다른 정보층 및 정보층(4)에 접속된 투명층에 의해 제공된다.

정보는 도면에는 도시되어 있는, 실질적으로 평행하게 배열된 광학적으로 검출 가능한 마크, 동심 혹은 나선형 트랙의 형태로 기록매체의 정보층(4)에 저장될 수도 있다. 그 마크들은 어떤 광학적으로 판독가능한 형태, 예를 들면 피트(pits), 또는 그들의 주변과 다른 자화방향과 반사계수를 갖는 영역(areas)의 형태를 취하고 있을 수도 있으며, 혹은 이들 형태의 결합을 취하고 있을 수도 있다.

주사장치(1)는 방사 빔(12)을 방출할 수 있는 방사원(11)을 구비한다. 방사원은 반도체 레이저일 수도 있다. 빔 스피리터(beam splitter; 13)는 발산하는 방사빔(12)을, 발산 빔(12)을 시준(collimated) 빔(15)으로 변환하는 시준(collimator) 렌즈(14)쪽으로 반사시킨다.

대물계(objective system)는 하나 또는 그 이상의 렌즈 및/또는 격자(grating)를 구비해도 된다. 대물계(18)는 광축(19)을 갖는다. 대물계(18)는 빔(17)을, 기록매체(2)의 입사면(6)에 입사되는 역 빔(20)으로 변경한다. 대물계는 방사빔이 투명층(3)의 두께를 통과하는데 적합한 구형 수차 보정을 갖는다. 역 빔(20)은 정보층(4) 상에 스폿(21)을 형성한다. 정보층(4)에 의해 반사된 방사선은 대물계(18)에 의해 실제 시준 빔(23)으로 변형되며 그리고 시준 렌즈(14)에 의해 역 빔(24)으로 변형되는 발산 빔(22)을 형성한다. 빔 스피리터(13)는 검출 시스템(25)쪽으로 역 빔(24)의 적어도 일부를 전달함으로써 포워드(forward) 및 반사된 빔을 분리한다. 검출 시스템은 방사선을 수집해서 그것을 전기 출력신호(26)로 변환시킨다. 신호 프로세서(27)는 이들 출력신호를 다양한 다른 신호들로 변환시킨다.

이들 신호 중 하나는 정보신호(28)이며, 그것의 값은 정보층(4)으로부터 판독된 정보를 나타낸다. 정보 신호는 오류 보정부(29)의 정보 처리부에 의해 처리된다. 신호 프로세서(27)로부터의 다른 신호들은 초점 오류 신호 및 방사 오류 신호(30)이다. 초점 오류 신호는 스폿(21)과 정보층(4) 간의 축의 높이 차이를 나타낸다. 방사 오류 신호는 정보층(4)의 평면에서 스폿(21)과 스폿 뒤에 있는 정보층 내의 트랙 중심 간의 거리를 나타낸다. 초점 오류 신호와 방사 오류 신호는 이들 신호를, 초점 액추에이터와 방사 액추에이터를 각각 제어하는 서보 제어신호(32)로 변환시키는 서보 회로(31)로 공급된다. 이 액추에이터들은 도면에 도시되어 있지 않다. 초점 액추에이터는 초점 방향(33)으로 대물계(18)의 위치를 제어하여 스폿(21)의 실제 위치를 제어함으로써, 그 위치가 정보층(4)의 평면과 실질적으로 일치하게 된다. 방사 액추에이터는 방사 방향(34)으로 대물 렌즈(18)의 위치를 제어하여, 스폿(21)의 방사 위치를 제어함으로써, 그 위치가 정보층(4) 내의 트랙의 중심선과 실질적으로 일치하게 된다. 도면에서 트랙은 도면의 평면과 수직한 방향으로 움직인다.

이 특별한 실시예에서는 도 8의 장치가 기록매체(2)보다 두꺼운 투명층을 갖는 제2 유형의 기록매체를 스캔하는 데도 적합하다. 이 장치는 방사 빔(12) 혹은 제2 유형의 기록매체를 스캔하기 위해 서로 다른 파장을 갖는 방사 빔을 사용해도 된다. 이 방사 빔의 NA는 이 유형의 기록매체에 적합할 수도 있다. 따라서, 대물계의 구형 수차 보상이 적합해야 한다.

예를 들면, 듀얼 레이어(dual layer) BD(Blue-ray Disc) 디스크에서는, 2개의 정보층의 깊이가 0.1mm 및 0.08mm이므로, 이들은 일반적으로 0.02mm만큼 이격되어 있다. 일 층에서 또 다른 층으로 재포커싱(refocusing)할 때, 정보층 깊이 차로 인해, 원하지 않는 200mλ 정도의 구형 수차가 발생하여, 이것을 보상할 필요가 있다. 이것은 구형 수차를 대물계(18)에 도입함으로써 달성될 수 있어, 구형 수차가 삭제된다.

본 발명의 일 실시예에 있어서는, 구형 수차가 대물계(18)에 입사된 빔(15)의 시준을 변경시킴으로써, 본 발명에 따른 가변 렌즈를 사용함으로써 대물계(18)에 도입된다. 그러한 가변 렌즈는 빔(15)의 광학 경로 내부에 여분의 장치로서 내장될 수 있으며, 또는 이 가변 렌즈는 렌즈(14)(예를 들면 렌즈(14)는 복합 렌즈이다.)의 일부분을 형성할 수 있다. 가변 렌즈 내부의 메니스커스의 형상을 변경함으로써, 빔(15)이 필요에 따라 평행한 방향에서 약간 역방향으로 혹은 발산 방향으로 변경되어, 원하는 구형 수차를 제공할 수 있다.

도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 렌즈를 포함하는 가변 초점 화상 캡처 장치(400)를 나타낸다.

이 장치(400)는 내면(120)의 원통형 튜브, 리지드(ridged) 전방 렌즈(404), 및 리지드 후방 렌즈(406)를 포함하는 복합 가변 초점 렌즈를 포함한다. 2개의 렌즈와 튜브로 둘러싸인 공간은 원통형 유체 챔버(125)를 형성한다. 이 유체 챔버(125)는 제1 및 제2 유체(130, 140)를 보유한다. 이 2종류의 유체는 메니스커(114)를 따라 접촉한다. 이 메니스커스는 이전에 설명된 것처럼, 펌프(422)에 의해 챔버에 제공된 각 유체의 분량에 의존하여, 가변 형상의 메니스커스 렌즈를 형성한다.

전방 렌즈(404)는 폴리카보네이트(polycarbonate) 또는 사이클릭 올레핀 코폴리머(cyclic olefin copolymer;COC) 등의 고굴절 플라스틱으로 이루어지며 포지티브 배율을 갖는 볼록-볼록 렌즈이다. 이 전방 렌즈의 표면 중 적어도 하나는 비구면이어서 원하는 초기 포커싱 특징을 제공한다. 후방 렌즈 부재(406)는 COC 등의 저분산성 플라스틱으로 이루어지고, 필드 플래테너(field flattener)로서 작용하는 비구면 렌즈면을 포함한다. 이 후방 렌즈 부재의 타면은 평평하고, 구면 또는 비구면이어도 된다.

섬광 조리개(416) 및 개구 조리개(418)는 렌즈의 전방에 추가된다. CMOS(Complementary Metal Oxide Silicon) 센서 어레이 등의 픽셀레이티드(pixelated) 화상 센서(420)는 상기 렌즈 뒤에 있는 센서 평면에 설치된다.

펌프(422)는 화상 신호의 초점 제어 처리에 의해 유래된 초점 제어신호에 따라 렌즈를 구동하여, 무한대 내지 10cm 사이의 피사체 범위를 제공한다.

전방 렌즈 부재(404)는 튜브를 갖는 단일체로 형성되며, 이 튜브는 후방 렌즈(406)에 의해 폐쇄되어 밀봉부를 형성하는 것이 바람직하다. 제2 렌즈 부재(406)는 도 8에 도시된 것과 관련하여 연장되고, 이 렌즈 부재(406)의 평평한 후방면은 바람직하게는 45°의 각도로 각을 이룬 거울면으로 대체되어도 되어, 화상 센서(420)를 이 렌즈 아래에 설치해 그 렌즈의 치수를 감소시킨다.

전방 렌즈(404) 및 후방 렌즈(406)의 내면은 보호층으로 덮여 있어, 렌즈가 유체(130, 140)로 만들어진 물질의 비호환성을 피하기도 한다. 또한, 보호층은 반사 방지 특성을 갖기도 한다.

본 발명의 실시예에서는, 가변 렌즈의 형상이 2개의 유체 사이의 메니스커스의 형상을 제어가능하게 변경시킴으로써 쉽게 조절될 수 있다는 것을 상기 예로부터 알 수 있을 것이다. 어떠한 기계적인 구성요소들도 광학 경로 내부에 요구되지 않기 때문에, 그 광학 경로는 기계적인 마멸로부터 손상받지 않는다. 또한, 이 렌즈는 포지티브 배율과 네가티브 배율 사이에서 조절되어도 된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

가변 렌즈(100; 200; 220; 240; 250; 300; 350)에 있어서,

챔버(125)와,

상기 챔버(125)를 통과하여 연장되는 광축(90)을 구비하고,

상기 챔버가 상기 광축(90)을 횡단하여 연장되는 메니스커스(150) 상에 접촉하고 있는 제1 유체(130) 및 제2 유체(140)를 포함하며, 상기 메니스커스(150)의 주변이 상기 챔버(125)의 내면(120) 상에 고정 배치되며, 상기 유체(130, 140)가 실질적으로 혼합불가능하며 서로 다른 굴절률을 갖고,

상기 챔버(125) 내부에 포함된 상기 유체(130, 140)의 각각의 관련 분량을 변경함으로써 상기 메니스커스(150)의 형상을 제어가능하게 변경하도록 배치된 적어도 하나의 펌프(110)를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 가변 렌즈.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 메니스커스(150)의 주변은 상기 내면(120)의 적어도 하나의 특성 변화에 의해 고정 배치되는 것을 특징으로 하는 가변 렌즈.

청구항 3.

제 2 항에 있어서,

상기 변화는 상기 내면(120)의 기하학적인 변화인 것을 특징으로 하는 가변 렌즈.

청구항 4.

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서,

상기 변화는 상기 내면(120)의 습윤도의 변화인 것을 특징으로 하는 가변 렌즈.

청구항 5.

선행하는 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 펌프(110)는 전기모세관 차압 전기모세관, 전기습윤, 연속 전기습윤, 전기이동, 전기삼투압, 유전체이동, 전기수력학적 펌핑, 기계적 펌핑, 열모세관, 열 팽창, 유전체 펌핑, 혹은 가변 유전체 펌핑 중 적어도 하나를 이용하여 동작하는 것을 특징으로 하는 가변 렌즈.

청구항 6.

선행하는 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 챔버(125)는 원형, 직사각형, 또는 타원형 단면을 갖는 것을 특징으로 하는 가변 렌즈.

청구항 7.

선행하는 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 렌즈는 상기 챔버(125) 내부에서 연장되며 상기 메니스커스(150)의 주변과 접촉하는 지주(124)를 더 구비하고, 상기 메니스커스의 주변은 상기 지주의 표면 상에 고정 배치되는 것을 특징으로 하는 가변 렌즈.

청구항 8.

선행하는 청구항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 챔버(125)는 상기 광축(90)을 횡단하여 연장되는 제2 메니스커스 위에 상기 제2 유체와 접촉하고 있는 제3 유체를 더 포함하고, 상기 제2 메니스커스의 주변은 상기 챔버(125)의 내면(120) 상에 고정 배치되며, 상기 제2(140) 및 제3 유체는 실질적으로 혼합불가능하며 서로 다른 굴절률을 갖는 것을 특징으로 하는 가변 렌즈.

청구항 9.

제 8 항에 있어서,

상기 제3 유체 및 상기 제1 유체(130)는 동일한 물질인 것을 특징으로 하는 가변 렌즈.

청구항 10.

광학 장치(1; 400)에 있어서,

챔버(125)와,

상기 챔버(125)를 통과하여 연장되는 광축(90)을 구비하고,

상기 챔버(125)가 상기 광축(90)을 횡단하여 연장되는 메니스커스(150) 상에 접촉하고 있는 제1 유체(130) 및 제2 유체(140)를 포함하며, 상기 메니스커스(150)의 주변이 상기 챔버(125)의 내면(120) 상에 고정 배치되며, 상기 유체(130, 140)가 실질적으로 혼합불가능하며 서로 다른 굴절률을 갖고,

상기 챔버(125) 내부에 포함된 상기 유체(130, 140)의 각각의 관련 분량을 변경함으로써 상기 메니스커스(150)의 형상을 제어가능하게 변경하도록 배치된 적어도 하나의 펌프(110)를 더 구비하는 가변 렌즈(100; 200; 220; 240; 250; 300; 350)를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

청구항 11.

제 10 항에 있어서,

상기 장치는 광 기록매체(2)의 정보층(4)을 스캔하는 광 주사장치(1)이고, 상기 장치는 방사 빔(12, 15, 20)을 발생시키는 방사원(11)과, 상기 방사 빔(12, 15, 20)을 상기 정보층 상에 집광시키는 대물계(18)를 구비하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

청구항 12.

제 10 항에 있어서,

상기 장치는 가변 초점 화상 캡처 장치(400)인 것을 특징으로 하는 광학 장치.

청구항 13.

가변 렌즈(100; 200; 220; 240; 250; 300; 350)를 제조하는 방법에 있어서,

챔버(125)와, 상기 챔버를 통과하여 연장되는 광축(90)을 제공하고,

상기 광축(90)을 횡단하여 연장되며 주변이 상기 챔버(125)의 내면(120) 상에 고정 배치되는 메니스커스(150) 상에 접촉하며 실질적으로 혼합불가능하고 서로 다른 굴절률을 갖는 제1 유체(130) 및 제2 유체(140)를 상기 챔버(125) 내부에 배치하며,

상기 챔버(125) 내부에 포함된 상기 유체(130, 140)의 각각의 관련 분량을 변경함으로써 상기 메니스커스(150)의 형상을 제어가능하게 변경하도록 배치된 적어도 하나의 펌프(110)를 제공하는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 제조방법.

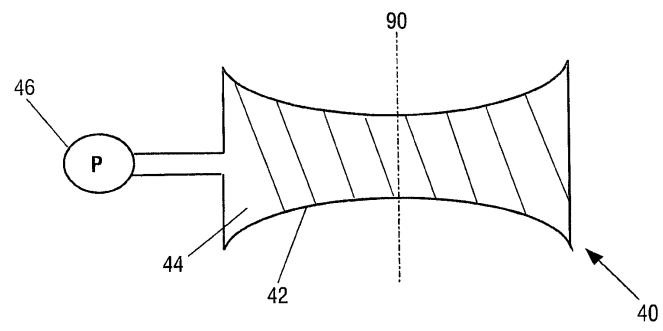
청구항 14.

광학 장치(1;400)를 제조하는 방법에 있어서,

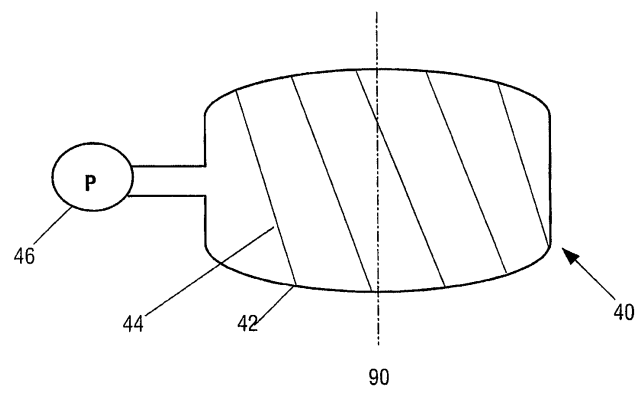
챔버(125)와, 상기 챔버(125)를 통과하여 연장되는 광축(90)을 구비하고, 상기 챔버(125)가 상기 광축(90)을 횡단하여 연장되는 메니스커스(150) 상에 접촉하고 있는 제1 유체(130) 및 제2 유체(140)를 포함하며, 상기 메니스커스(150)의 주변이 상기 챔버(125)의 내면(120) 상에 고정 배치되며, 상기 유체(130, 140)가 실질적으로 혼합불가능하고 서로 다른 굴절률을 가지며, 상기 챔버(125) 내부에 포함된 상기 유체(130, 140)의 각각의 관련 분량을 변경함으로써 상기 메니스커스(150)의 형상을 제어가능하게 변경하도록 배치된 적어도 하나의 펌프(110)를 더 구비하는 가변 렌즈(100; 200; 220; 240; 250; 300; 350)를 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 제조방법.

도면

도면1

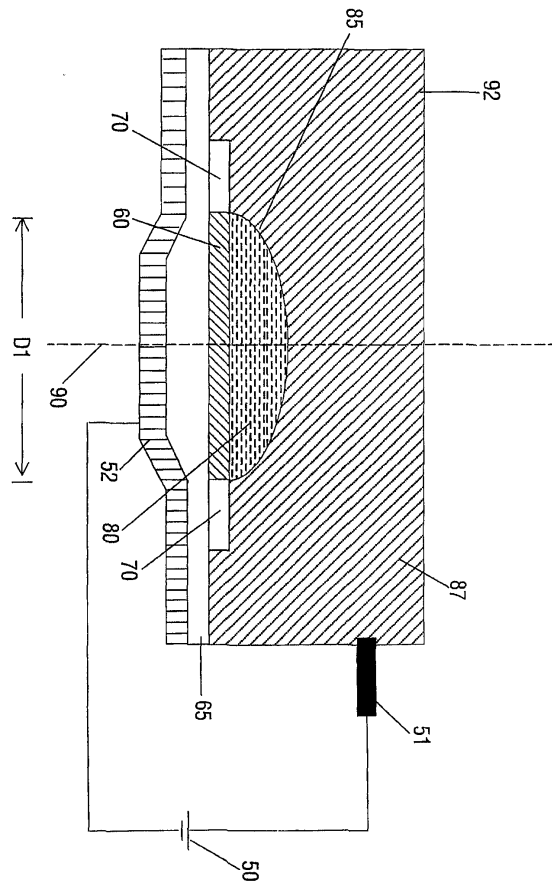


(a)

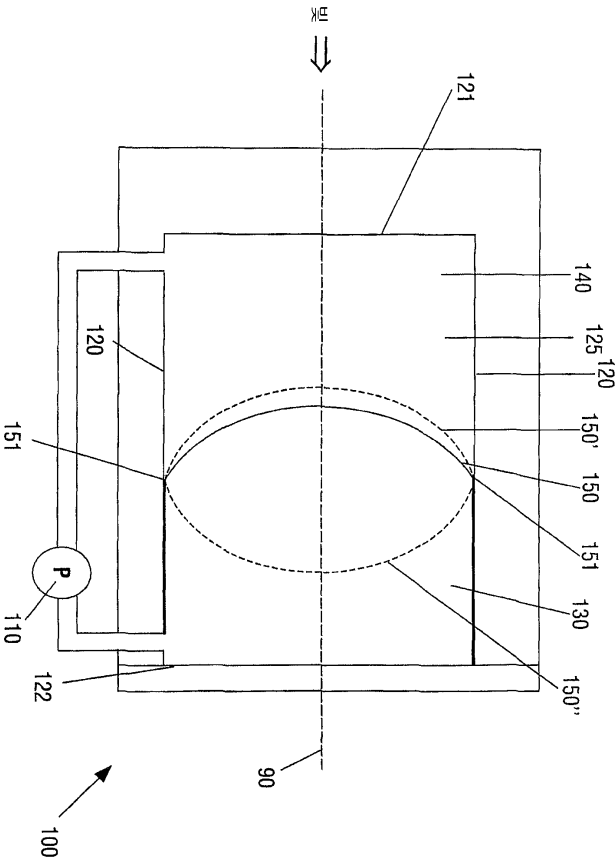


(b)

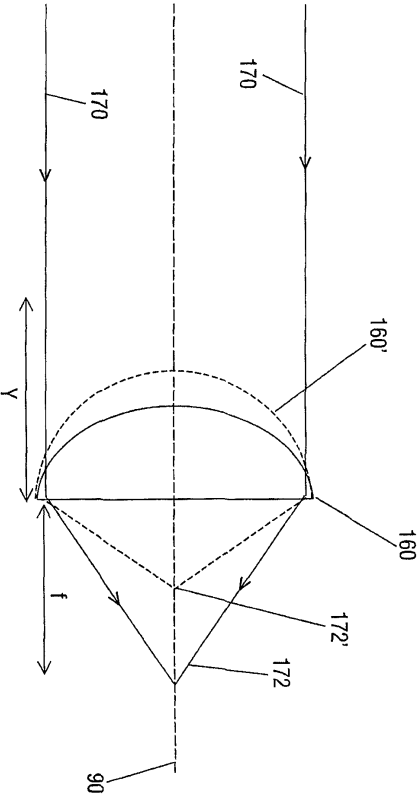
도면2



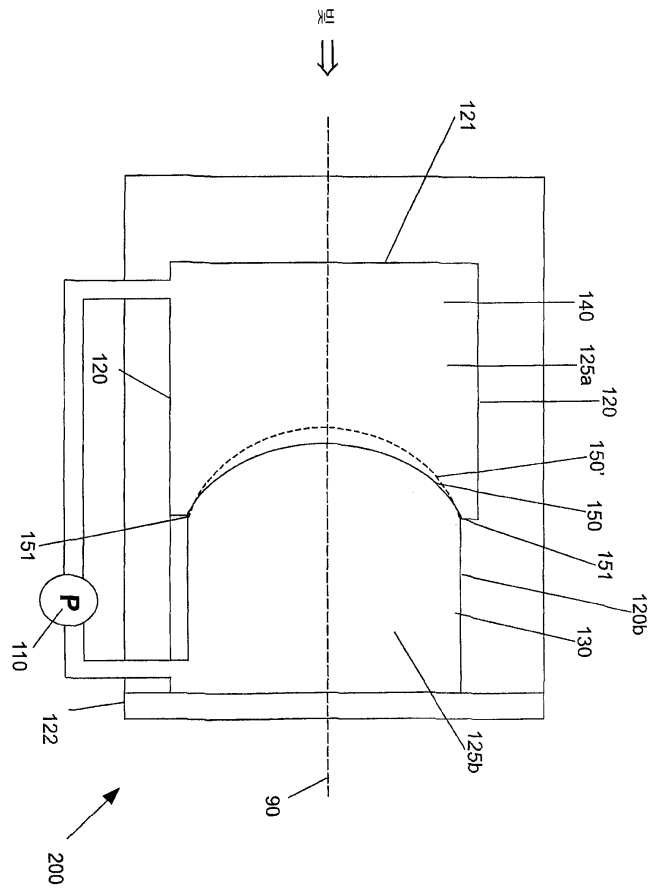
도면3a



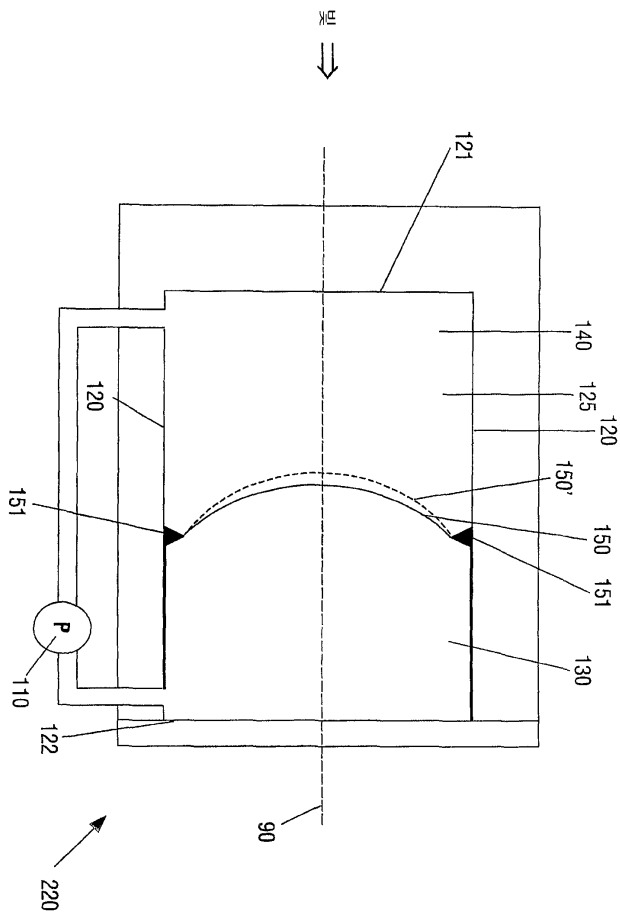
도면3b



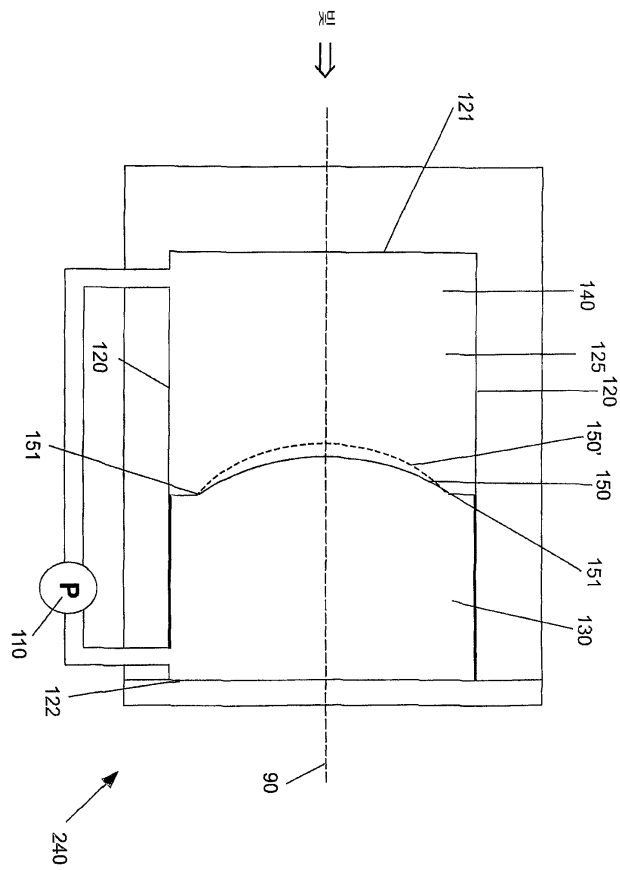
도면4a



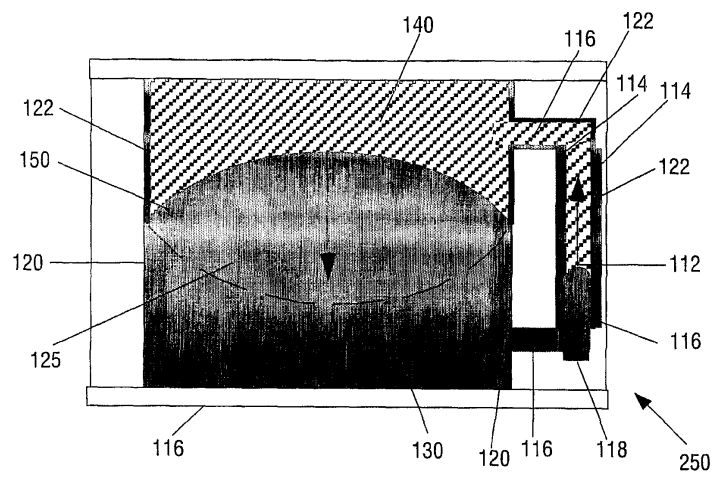
도면4b



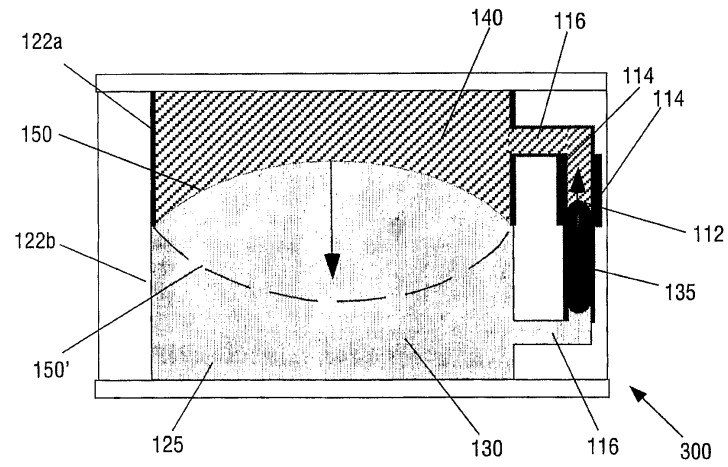
도면4c



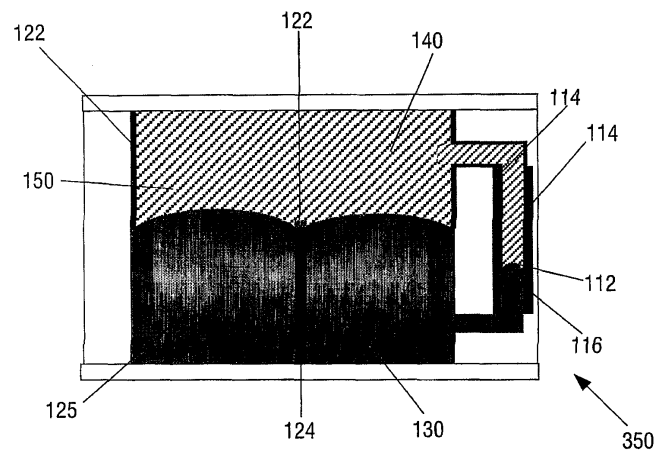
도면5



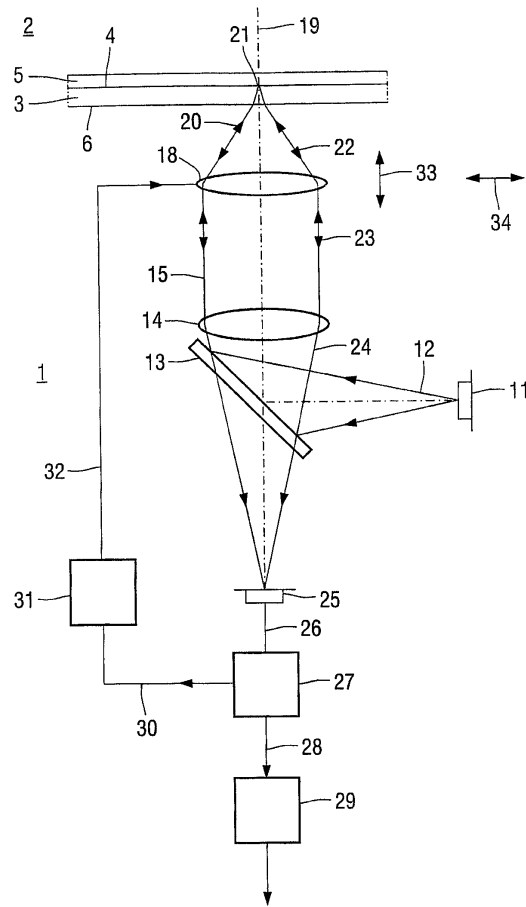
도면6



도면7



도면8



도면9

