



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2016년11월10일  
(11) 등록번호 10-1675130  
(24) 등록일자 2016년11월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G02B 3/14 (2006.01) G02B 3/12 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2009-0082949  
(22) 출원일자 2009년09월03일  
심사청구일자 2014년05월22일  
(65) 공개번호 10-2011-0024804  
(43) 공개일자 2011년03월09일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020090014584 A\*  
KR1020050122203 A\*  
US20030048541 A1\*  
KR1020080108249 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
삼성전자주식회사  
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
이정엽  
서울특별시 서초구 사임당로23길 58, 서초 현대3 차아파트 301동 1006호 (서초동)  
박철민  
서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 신소재공학부 금속시스템공학 (신촌동)  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인  
특허법인 신지, 유경열

전체 청구항 수 : 총 14 항

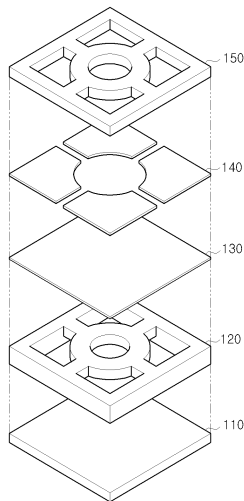
심사관 : 손병철

(54) 발명의 명칭 액체 렌즈

**(57) 요약**

가변 초점 액체 렌즈를 개시한다. 액체 렌즈는 광학 멤브레인과 광학 유체를 포함한다. 광학 멤브레인은 투명한 탄성중합체로 형성되며, 광학 유체는 적어도 광학 멤브레인의 렌즈면과 접촉하도록 소정의 공간에 채워져 있다. 그리고 광학 멤브레인과 광학 유체는 친수성과 소수성 또는 친유성과 소수성과 같이 서로 반발력을 일으키는 물질로 형성한다. 광학 유체와 광학 멤브레인 사이에 반발력이 작용하도록 함으로써, 광학 유체가 광학 멤브레인으로 흡수되거나 새어 나오는 현상을 방지할 수 있다.

**대표도 - 도1**



(72) 발명자

**최승태**

경기도 오산시 남부대로 411-15, 대우푸르지오아파트 106동 1504호 (원동)

**이승완**

경기도 수원시 영통구 매영로310번길 27, 신나무실6단지아파트 651동 1803호 (영통동)

**권중오**

경기도 수원시 영통구 매영로310번길 27, 신나무실6단지아파트 645동 104호 (영통동)

**정희준**

충청남도 천안시 동남구 일봉로 20, 성지새마을아파트 202동 204호 (신방동)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

투명한 탄성중합체로 형성되며, 렌즈면을 구비하는 광학 멤브레인; 및

상기 광학 멤브레인의 렌즈면에 접촉한 상태로 소정의 공간에 채워져 있으며, 상기 광학 멤브레인의 물질과는 반발력을 일으키는 물질로 형성된 투명한 광학 유체를 포함하고,

상기 광학 멤브레인은 폴리 다이메틸 실록산(Poly DiMethyl Siloxane, PDMS) 탄성중합체를 포함하는 재료로 형성되고, 상기 광학 유체는 DMS 오일에 포함된 메틸기의 일부가 큰 쌍극자 모멘트를 갖는 유기 기(organic group)로 치환된 극성화된 다이메틸 실록산(DiMethyl Siloxane, DMS) 오일을 포함하며,

상기 유기 기는 하이드록시기, 아미노기, 카르복실기, 불화알킬기, 및 폴리에테르기 중에서 적어도 하나를 포함하는 재료로 형성되는 액체 렌즈.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

삭제

#### 청구항 7

삭제

#### 청구항 8

삭제

#### 청구항 9

투명한 탄성중합체로 형성되며, 렌즈면을 구비하는 광학 멤브레인; 및

상기 광학 멤브레인의 렌즈면에 접촉한 상태로 소정의 공간에 채워져 있으며, 상기 광학 멤브레인의 물질과는 반발력을 일으키는 물질로 형성된 투명한 광학 유체를 포함하고,

상기 광학 멤브레인은 PDMS 탄성중합체에 포함된 메틸기의 일부가 쌍극자 모멘트를 갖는 유기 기(organic group)로 치환된 극성화된 폴리 다이메틸 실록산(Poly DiMethyl Siloxane, PDMS) 탄성중합체를 포함하는 재료로 형성된 제1 광학 멤브레인을 포함하고, 상기 광학 유체는 다이메틸 실록산(Dimethyl Siloxane, DMS) 오일을 포함하는 재료로 형성되고,

상기 유기 기는 하이드록시기, 아미노기, 카르복실기, 불화알킬기, 및 폴리에테르기 중에서 적어도 하나를 포함하는 액체 렌즈.

#### 청구항 10

삭제

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

제9항에 있어서,

상기 광학 멤브레인은 상기 제1 멤브레인의 바깥쪽에 배치되어 소수성의 물질로 형성된 제2 멤브레인을 더 포함하는 액체 렌즈.

**청구항 13**

제12항에 있어서,

상기 제2 광학 멤브레인은 소수성의 폴리 다이메틸 실록산(Poly DiMethyl Siloxane, PDMS) 탄성중합체로 형성되는 액체 렌즈.

**청구항 14**

제13항에 있어서,

상기 극성화된 폴리 다이메틸 실록산(PDMS) 탄성중합체는 PDMS 탄성중합체에 포함된 메틸기의 일부가 쌍극자 모멘트를 갖는 유기 기(organic group)로 치환되고,

상기 유기 기는 하이드록시기, 아미노기, 카르복실기, 불화알킬기, 및 폴리에테르기 중에서 적어도 하나를 포함하는 액체 렌즈.

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

제1항에 있어서,

상기 광학 유체는 100cP에서 2000cP 사이의 점도에서 중합도가 50이상인 DMS 오일인 액체 렌즈.

**청구항 17**

투명 기관:

구동부와 렌즈부로 구획된 내부 공간을 상기 투명 기관 상에 한정하도록 상기 투명 기관 위에 배치되어 있는 스페이스 프레임;

상기 스페이스 프레임 상에 부착되어 적어도 상기 렌즈부를 덮도록 투명한 탄성중합체로 형성된 광학 멤브레인;

상기 내부 공간에 채워지되, 상기 광학 멤브레인과는 반발력을 일으키는 물질로 형성된 투명한 광학 유체;

상기 구동부의 위치에 대응하는 상기 스페이스 프레임 위에 배치되어 상기 구동부의 광학 유체에 압력을 가하는 액츄에이터; 및

상기 액츄에이터 위에 배치되어 상기 액츄에이터를 고정시키는 고정 프레임을 포함하고,

상기 광학 멤브레인은 폴리 다이메틸 실록산(Poly DiMethyl Siloxane, PDMS) 탄성중합체를 포함하는 재료로 형성되고,

상기 광학 유체는 DMS 오일에 포함된 메틸기의 일부가 큰 쌍극자 모멘트를 갖는 유기 기(organic group)로 치환된 극성화된 다이메틸 실록산(DiMethyl Siloxane, DMS) 오일을 포함하되, 상기 유기 기는 하이드록시기, 아미노기, 카르복실기, 불화알킬기, 및 폴리에테르기 중에서 적어도 하나를 포함하는 재료로 형성되는 액체 렌즈.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

상기 렌즈부는 상기 내부 공간의 중앙 부분에 배치되고, 상기 구동부는 상기 렌즈부의 주위를 둘러싸도록 배치된 액체 렌즈.

**청구항 19**

제17항에 있어서,

상기 내부 공간은 상측 부분(upper portion)과 하측 부분(lower portion)으로 구분될 수 있으며, 상기 상측 부분은 상기 스페이서 프레임에 의하여 상기 구동부와 렌즈부로 구획되며, 상기 하측 부분은 하나로 연통되어 있는 액체 렌즈.

**청구항 20**

삭제

**청구항 21**

삭제

**청구항 22**

삭제

**청구항 23**

제17항에 있어서,

상기 광학 멤브레인은 PDMS 탄성중합체에 포함된 메틸기의 일부가 쌍극자 모멘트를 갖는 유기 기(organic group)로 치환된 극성화된 폴리 다이메틸 실록산(Poly DiMethyl Siloxane, PDMS) 탄성중합체를 포함하는 재료로 형성된 제1 광학 멤브레인을 포함하되, 상기 유기 기는 하이드록시기, 아미노기, 카르복실기, 불화알킬기, 및 폴리에테르기 중에서 적어도 하나를 포함하고,

상기 광학 유체는 다이메틸 실록산(Dimethyl Siloxane, DMS) 오일을 포함하는 재료로 형성되는 액체 렌즈.

**청구항 24**

삭제

**청구항 25**

삭제

**청구항 26**

제23항에 있어서,

상기 광학 멤브레인은 상기 제1 멤브레인의 바깥쪽에 배치되어 소수성의 물질로 형성된 제2 멤브레인을 더 포함하는 액체 렌즈.

**청구항 27**

삭제

**청구항 28**

제17항에 있어서,

상기 광학 유체는 100cP에서 2000cP 사이의 점도에서 중합도가 50이상인 DMS 오일인 액체 렌즈.

**청구항 29**

투명한 폴리 다이메틸 실록산(Poly DiMethyl Siloxane, PDMS) 탄성중합체로 형성되며, 렌즈면을 구비하는 광학

멤브레인; 및

상기 광학 멤브레인의 렌즈면과 접촉한 상태로 소정의 공간에 채워져 있으며, 투명한 다이메틸 실록산(DiMethyl Siloxane, DMS) 오일로 형성된 광학 유체를 포함하고,

상기 광학 멤브레인과 상기 광학 유체가 서로 반발력을 갖도록 상기 광학 멤브레인과 상기 광학 유체 중에서 어느 하나가 극성으로 수정된(polar-modified) 재료로 형성되고,

상기 광학 유체는 메틸 기의 일부가 쌍극자 모멘트를 갖는 유기 기로 치환되어 친수성을 갖는 DMS 오일로 형성되며, 상기 광학 멤브레인은 소수성의 PDMS 탄성중합체로 형성되고,

상기 유기 기는 하이드록시기, 아미노기, 카르복실기, 불화알킬기, 및 폴리에테르기 중에서 적어도 하나를 포함하는 액체 렌즈.

**청구항 30**

삭제

**청구항 31**

투명한 폴리 다이메틸 실록산(Poly DiMethyl Siloxane, PDMS) 탄성중합체로 형성되며, 렌즈면을 구비하는 광학 멤브레인; 및

상기 광학 멤브레인의 렌즈면과 접촉한 상태로 소정의 공간에 채워져 있으며, 투명한 다이메틸 실록산(DiMethyl Siloxane, DMS) 오일로 형성된 광학 유체를 포함하고,

상기 광학 멤브레인과 상기 광학 유체가 서로 반발력을 갖도록 상기 광학 멤브레인과 상기 광학 유체 중에서 어느 하나가 극성으로 수정된(polar-modified) 재료로 형성되고,

상기 광학 유체는 소수성의 DMS 오일로 형성되고, 또한 상기 광학 멤브레인은 소수성의 PDMS 탄성중합체로 형성된 외부 멤브레인과 PDMS 탄성중합체의 메틸 기의 일부가 쌍극자 모멘트를 갖는 유기 기로 치환되어 친수성을 갖는 PDMS 탄성중합체로 형성된 내부 멤브레인을 포함하고,

상기 유기 기는 하이드록시기, 아미노기, 카르복실기, 불화알킬기, 및 폴리에테르기 중에서 적어도 하나를 포함하는 액체 렌즈.

**발명의 설명**

**발명의 상세한 설명**

**기술 분야**

[0001] 광학 렌즈에 관한 것으로, 보다 구체적으로 가변 초점 액체 렌즈에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 디지털 기술이 발달함에 따라서 디지털 컨버전스(digital convergence) 현상이 급속도로 확산되고 있다. 디지털 컨버전스가 가장 활발하게 진행되고 있는 분야는 미디어와 통신 분야인데, 디지털 컨버전스 제품의 대표적인 예가 모바일 통신 기기이다. 게임, 음악 재생, 방송, 인터넷 등의 기능을 수행하기 위한 장치는 물론 디지털 카메라나 디지털 캠코더 등과 같은 촬영 장치도 모바일 통신 기기에 결합되고 있다. 이 중에서 촬영 장치는 모바일 폰 이외에도 랩탑 컴퓨터(laptop computer)나 PDA(Personal Digital Assistant) 등과 같은 다른 모바일 전자 기기에도 널리 장착되고 있다.

[0003] 촬영 장치를 구비한 모바일 전자 기기들이 소형화, 박형화, 및 보편화되고 있어서, 작고 가벼우며 저렴한 촬영 장치에 대한 요구는 증가하고 있다. 특히, 모바일 통신 기기에는 촬영 장치뿐만 아니라 다른 디지털 전자기기(예컨대, 엠프리리(MP3) 플레이어나 동영상 재생기, 디엠비(DMB) 텔레비전 등)도 함께 탑재되고 있어서, 작고 저렴한 촬영 장치에 대한 요구는 더욱 증가되고 있다. 웨이퍼-레벨 촬영 장치는 이러한 소형화, 박형화, 및 경제성 등의 요구를 충족시키기 위하여 새롭게 고안된 소형 카메라 모듈이다.

[0004] 촬상 장치가 처음 모바일 전자 기기에 부착되었을 때에는 촬상 장치의 성능에 대한 요구는 그다지 높지 않았다. 그러나 최근에는 소비자들의 다양한 요구나 취향을 충족시킬 수 있도록 촬상 장치를 구비한 모바일 전자 기기들의 종류가 다양화되고 있을 뿐만 아니라, 해상도를 비롯하여 촬상 장치의 성능에 대한 요구도 점차 높아지고 있다. 예를 들어, 초기에는 근접 거리 촬영을 60cm로 하고 이 초점 거리도 고정되어 있었지만, 최근에는 자동 초점(auto focus) 기능이나 줌(zoom) 기능, 그리고 30cm 이내에서의 근접 거리 촬영 기능 등도 촬상 장치에 구비될 것이 요청되고 있다.

[0005] 자동 초점(auto focus) 기능이나 줌(zoom) 기능, 근접 거리 촬영 기능 등을 촬상 장치에 구현하기 위해서는 렌즈의 초점 거리의 변화가 필요하다. 웨이퍼-레벨 촬상 장치에서 가변 초점이 가능하도록 제안된 한 가지 방법은 액체 렌즈(liquid lens)를 사용하는 것이다. 액체 렌즈는 투명한 광학 멤브레인(transparent optical membrane) 내에 투명한 광학 유체(transparent optical fluid)를 주입하여 광학 렌즈를 구성하는 방식이다. 보다 구체적으로, 액체 렌즈는 광학 멤브레인 내에 채워져 있는 광학 유체에 소정의 힘을 가하여 광학 멤브레인의 렌즈면의 형상, 즉 렌즈의 곡률을 변화시켜서 초점 거리를 변화시킬 수 있는 광학 렌즈이다. 이러한 액체 렌즈는 소형으로 제조가 가능하므로 웨이퍼-레벨 촬상 장치를 위한 가변 초점 광학 렌즈로 적합하다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

[0006] 웨이퍼-레벨 촬상 장치에 자동 초점 기능, 줌 기능, 및 근접 거리 촬영 기능 등을 제공할 수 있는 액체 렌즈를 제공한다.

[0007] 광학 유체가 멤브레인으로 흡수 및 투과되는 것을 방지하여 내구성을 향상시킬 수 있으며 또한 광학적 성능이 우수한 액체 렌즈를 제공한다.

**과제 해결수단**

[0008] 일 실시예에 따른 액체 렌즈는 광학 멤브레인과 광학 유체를 포함한다. 광학 멤브레인은 투명한 탄성중합체로 형성되고 적어도 렌즈면을 갖는다. 광학 유체는 적어도 광학 멤브레인의 렌즈면과 접촉하도록 소정의 공간에 채워져 있다. 그리고 광학 멤브레인과 광학 유체는 친수성과 소수성 또는 친유성과 소수성과 같이 서로 반발력을 일으키는 물질로 형성된다.

[0009] 다른 실시예에 따른 액체 렌즈는 투명 기관, 스페이서 프레임, 광학 멤브레인, 광학 유체, 및 고정 프레임을 포함한다. 스페이서 프레임은 투명 기관 위에 배치되어 구동부와 렌즈부로 구획된 내부 공간을 투명 기관 상에 한정한다. 광학 멤브레인은 스페이서 프레임 상에 부착되어 적어도 스페이서 프레임의 렌즈부를 덮으며 투명한 탄성중합체로 형성된다. 광학 유체는 스페이서 프레임으로 한정된 내부 공간에 채워져 있는데, 광학 유체와 광학 멤브레인은 서로 간에 반발력을 일으키는 물질로 형성된다. 액츄에이터는 구동부에 대응하는 스페이서 프레임 위에 배치되어 구동부의 광학 유체에 압력을 가하며, 고정 프레임은 액츄에이터 위에 배치되어서 액츄에이터를 고정시킨다.

[0010] 또 다른 실시예에 따른 액체 렌즈는 광학 멤브레인과 광학 유체를 포함한다. 광학 멤브레인은 투명한 폴리 다이메틸 실록산(Poly DiMethyl Siloxane, PDMS)으로 형성되고 적어도 렌즈면을 갖는다. 광학 유체는 적어도 광학 멤브레인의 렌즈면과 접촉하도록 소정의 공간에 채워져 있으며, 투명한 다이메틸 실록산(DiMethyl Siloxane, DMS) 오일로 형성된다. 그리고 PDMS와 DMS 오일 중에서 어느 하나는 극성이 수정된(polar-modified) 물질이다.

**효과**

[0011] 액체 렌즈는 액츄에이터 등에 의한 구동력의 인가 여부나 그 세기를 제어하여 자동 초점 기능, 줌 기능, 및 근접 거리 촬영 기능 등을 제공할 수 있다. 특히, 액체 렌즈는 광학 유체가 광학 멤브레인으로 흡수 및 투과되는 것을 방지하여 내구성을 향상시킬 수 있으며 또한 광학 유체에 의하여 광학 멤브레인의 렌즈부가 변형되어 액체 렌즈의 광학적 성능이 열화되는 것을 방지할 수 있다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

- [0012] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다. 사용되는 용어들은 실시예에서의 기능을 고려하여 선택된 용어들로서, 그 용어의 의미는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 후술하는 실시예들에서 사용된 용어의 의미는, 본 명세서에 구체적으로 정의된 경우에는 그 정의에 따르며, 구체적인 정의가 없는 경우는 당업자들이 일반적으로 인식하는 의미로 해석되어야 할 것이다.
- [0013] 액체 렌즈(fluidic lens)는 일반적으로 광학 유체로 채워져 있는 프레임에 투명한 탄성 광학 멤브레인(transparent elastic optical membrane)이 부착되어 있는 구조를 갖는다. 액체 렌즈에 소정의 구동력을 인가하여 광학 유체의 유동을 유발하면, 유동된 광학 유체로부터 소정의 압력이 광학 멤브레인(보다 구체적으로는, 액체 렌즈의 렌즈부에 해당하는 멤브레인의 전부 또는 일 부분)의 렌즈면에 가해진다. 그리고 이 압력에 의하여 멤브레인의 렌즈면의 형상, 즉 렌즈면의 곡률을 변화시킴으로써 액체 렌즈의 초점 거리를 조절할 수 있다.
- [0014] 액체 렌즈는 단독으로 사용되거나 또는 촬상 장치의 결상 광학계에 부가되어서 사용될 수 있다. 전자의 경우에, 액체 렌즈는 자체의 초점 거리를 변화시킬 수 있지만, 후자의 경우에는 액체 렌즈를 이용하여 전체 촬상 장치의 초점 거리를 변화시킬 수가 있다. 그리고 이러한 초점 거리의 변화를 통해 자동 초점 기능, 줌 기능, 및 근접 거리 촬영 기능 등과 같은 가변 초점 기능을 촬상 장치에 구현할 수가 있다.
- [0015] 이를 위하여, 액체 렌즈에 이용되는 광학 멤브레인은 투명(transparent)하고 높은 탄성 특성을 가져야 하며, 화학적으로 안정되어야 한다. 이러한 조건을 만족시키는 물질로는 예를 들어, 폴리 다이메틸 실록산(Poly DiMethyl Siloxane, PDMS) 탄성중합체, 폴리 메틸 페닐 실록산(Poly Methyl Phenyl Siloxane, PMPS) 탄성중합체, 불소 실리콘 탄성중합체(fluro-silicone elastomer) 등과 같은 투명한 실리콘 탄성중합체(silicon elastomer), 탄화수소 탄성중합체, 폴리에테르 탄성중합체(poly ether elastomer) 또는 산화 프로필렌 탄성중합체(ptopylen oxide elastomer), 폴리에스테르 탄성중합체(poly ester elastomer) 등이 있다.
- [0016] 실리콘 탄성중합체를 포함하여 이들 탄성중합체는 일반적으로 열에 약한데, 액체 렌즈의 광학 멤브레인으로 이용되기 위해서는 가능한 유리 전이 온도(glass transition temperature, Tg)가 높아야 한다. 또한, 광학 멤브레인은 촬상 장치의 외부로 노출될 수가 있기 때문에, 점착 특성이 작아서(non-tacky) 이물질에 의한 오염이나 손상(찢어짐) 등이 발생하지 않아야 한다.
- [0017] 다만, PDMS 멤브레인을 포함하여 전술한 고분자 폴리머(탄성중합체)로 형성된 광학 멤브레인은 일반적으로 다공성(porous)이다. 액체 렌즈는 내부에 광학 유체가 채워져 있을 뿐만 아니라 소정의 구동력이 가해지면 광학 멤브레인의 렌즈면은 광학 유체의 압력을 받아서 볼록해진다(팽창한다). 그런데, 다공성 구조의 광학 멤브레인은 광학 유체에 의한 압력이 임계 압력 이상이 될 경우에, 광학 유체가 내부로 흡수되거나 또는 침투되어서 유출되는 문제가 생길 수 있다. 또는, 광학 유체의 온도가 소정의 임계치 이상이 되거나 또는 광학 유체가 광학 멤브레인과 장기간 접촉하고 있을 경우 등에는, 다공성 멤브레인으로 광학 유체가 스며드는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 전술한 탄성중합체를 액체 렌즈의 광학 멤브레인으로 사용할 경우에는, 광학 유체가 광학 멤브레인을 통해 스며들거나 투과하는 문제를 방지할 수 있어야 한다.
- [0018] 예를 들어, 폴리 다이메틸 실록산(PDMS) 탄성중합체는 전술한 여러 가지 요건들을 우수하게 충족하는 광학 멤브레인 물질의 하나이다. PDMS 멤브레인은 높은 탄성 특성과 투명도를 가지며, 낮은 표면장력과 비이온성 및 비극성 특성을 가져서 화학적으로 안정하다. PDMS 멤브레인은 저온은 물론 고온에서도 화학적으로 안정하며, 내열성, 내후성(UV, 오존), 및 산화 안정성 등을 보인다. 뿐만 아니라, PDMS 멤브레인은 실리콘 제품 중에서 유리 전이 온도(Tg)가 높으며, 점착 특성이 낮아서 이물 오염이나 점착에 의한 찢어짐 등을 방지하는데 효과적이다.
- [0019] 다음으로 액체 렌즈에 이용될 수 있는 광학 유체(optical fluid)에 관하여 설명한다.
- [0020] 액체 렌즈에 이용되는 광학 유체도 투명(transparent)해야 하며, 비휘발성(non-volatile)이고 화학적인 안정성(chemical stability)을 가져야 한다. 뿐만 아니라, 광학 유체는 다음과 같은 물리적, 화학적 특성도 추가로 구비해야 한다.
- [0021] 우선, 광학 유체는 점도(viscosity)가 낮아서 이동성(mobility)이 우수해야 한다. 액체의 점도는 액체의 유동



속도에 영향을 미치는데, 유동 속도가 느리면 광학 유체는 구동 신호에 대한 반응 속도가 느리며, 또한 광학 유체의 유동을 정밀하게 제어하기가 어렵다. 보다 구체적으로, 액츄에이터(actuator) 등의 가압 수단에 의하여 구동부의 광학 유체가 가압되더라도, 광학 유체의 점도가 클수록 렌즈부의 광학 유체가 렌즈면을 변형시키는데 소요되는 시간, 즉 응답 시간(response time)은 더 길어진다. 그리고 광학 유체의 점도가 크면, 실제 가해지는 압력보다도 더 많은 변형을 하는 오버슈팅(overshooting) 현상이 발생할 수 있다.

[0022] 따라서 액체 렌즈에는 가능한 낮은 점도의 광학 유체를 사용해야 한다. 다만, 요구되는 광학 유체의 점도의 구체적인 값은 액체 렌즈의 크기 및/또는 렌즈부의 변형을 발생시키기 위한 힘의 크기 등에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 렌즈면의 직경이 3mm이고 또한 렌즈면 면적의 3배의 면적을 갖는 액츄에이터에 의하여 변위가 가해질 경우에, 10ms 이하의 응답 속도를 가지면서 오버슈팅 현상이 발생하지 않기 위해서는 광학 유체의 점도는 적어도 1000cP(centi-Poise) 이하이어야 한다.

[0023] 광학 유체가 가져야 하는 다른 한 가지 특성은 액체 렌즈가 구비되는 촬상 장치(또는 이 촬상 장치를 구비한 모바일 전자 기기)의 사용 온도 범위(예컨대, -30℃ 내지 85℃ 사이)에서 안정된 특성을 보여야 한다는 것이다. 보다 구체적으로, 광학 유체는 촬상 장치의 사용 온도 범위에서 액상을 유지해야 하며, 그렇지 않을 경우에는 광학 렌즈에 손상이 생길 수가 있다. 그리고 광학 유체는 촬상 장치의 사용 온도 범위 내에서 온도의 변화에 따라서 부피나 점도의 변화가 크지 않아야 한다. 만일, 온도에 따라서 부피나 점도의 변화가 크면, 액체 렌즈의 성능이 떨어질 뿐만 아니라 정밀하게 제어하기가 어렵다.

[0024] 전술한 바와 같은 물리적, 화학적 특성을 만족시키는 광학 유체로는 실리콘 오일(silicone oil) 또는 실리콘 유체(silicone fluid)가 있다. 그리고 투명한 탄화수소계 오일, 에스테르(ester)계 오일, 에테르계 오일(ether), 과불소 폴리에테르 오일(Per Fluoro Poly Ether, PFPE) 등도 전술한 요건을 충족할 수 있다. 이 중에서 실리콘 오일이 광학 유체로 널리 이용되고 있는데, 실리콘 오일은 약 -55℃ 내지 200℃ 범위의 온도에서 액상을 가질 뿐만 아니라, 일반적으로 온도에 따른 점도의 변화도 다른 물질에 비하여 크지 않다.

[0025] 광학 유체가 가져야 하는 또 다른 한 가지 특성은 광학 멤브레인과의 관계에서 안정된 물리적, 화학적 특성을 보이는 것이다. 이러한 광학 유체의 특성은 광학 유체에 고유한 특성이라기 보다는 광학 멤브레인과의 관계에서 결정되는 상대적인 것이다. 보다 구체적으로, 광학 멤브레인으로 실리콘 탄성중합체나, 폴리에테르 탄성중합체, 또는 폴리에스테르 탄성중합체 등과 같은 다공성 재료가 이용되는 경우에, 광학 유체는 임계 온도 및/또는 임계 압력 이상의 조건에서 광학 멤브레인에 스며들거나(permeation) 또는 이를 침투(penetration)하는 현상이 생기지 않아야 한다. 뿐만 아니라, 광학 유체에 의하여 광학 멤브레인의 표면에 변형이 발생하지 않아야 하는데, 만일 광학 멤브레인으로 한정된 렌즈면의 표면에 주름(wrinkle) 등이 생기면 액체 렌즈의 광학적 성능이 떨어질 수 밖에 없다.

[0026] 광학 유체가 광학 멤브레인으로 스며들거나 침투하는 현상이 생기는 것을 방지하기 위하여, 일 실시예에 따른 액체 렌즈는 중합도가 높은 물질을 광학 유체로 사용한다. 광학 유체의 중합도가 높으면, 중합된 광학 유체의 분자 크기가 상대적으로 크기 때문에, 다공성 광학 멤브레인을 통해 광학 유체가 스며들거나 새어 나오는 현상을 물리적으로 억제할 수 있다. 예를 들어, 100cP 내지 2000cP 범위의 낮은 점도에서 중합도가 50 이상이면, 이러한 광학 유체의 흡습 및 투과 현상이 효과적으로 억제될 수 있다.

[0027] 그리고 광학 멤브레인의 표면에 변형을 일으키지 않도록 하기 위하여, 일 실시예에 따른 액체 렌즈는 서로 반발력이 생기는 특성을 갖는 물질로서 광학 유체와 광학 멤브레인을 각각 형성한다. 이 경우, 광학 유체와 광학 멤브레인 사이에 작용하는 반발력으로 인하여 광학 멤브레인의 표면에 주름 등과 같은 변형이 생기는 것을 방지하며, 그 결과 광학 멤브레인의 렌즈면의 표면이 구형의 형상을 유지할 수 있다. 광학 유체와 광학 멤브레인 사이에 반발력이 생기도록 하는 물질의 특성으로는 예컨대, 친수성(hydrophilic)과 소수성(hydrophobic) 또는 친유성(oleophilic)과 소유성(oleophobic) 등이 있다. 예를 들어, 광학 멤브레인은 소수성 특성을 갖는 실리콘 탄성중합체나 탄화수소 탄성중합체 등으로 형성하고 또한 광학 유체는 친수성 특성을 갖는 실리콘 오일, 탄화수소계 오일, 에스테르계 오일, 또는 에테르계 오일 등으로 형성하거나 또는 반대로 광학 멤브레인을 친수성 특성을 갖는 실리콘 탄성중합체, 탄화수소 탄성중합체, 폴리에테르 탄성중합체, 또는 폴리에스테르 탄성중합체로 형성하고 광학 유체는 소수성 특성을 갖는 실리콘 오일, 탄화수소계 오일, 또는 과불소 폴리에테르 오일로 형성할 경우에, 광학 유체에 의한 광학 멤브레인의 침투 및 투과 현상을 방지할 수 있다.

[0028] 만일 광학 유체와 광학 멤브레인이 모두 동일한 특성(예컨대, 모두 소수성 물질)인 경우에는, 광학 유체와 광학

멤브레인 중에서 어느 하나(예컨대, 광학 유체)를 친수성이 되도록 그 극성화를 시킨다. 즉, 광학 유체나 광학 멤브레인의 극성을 변경한다. 예를 들어, PDMS 탄성중합체를 광학 멤브레인으로 또한 DMS 오일을 광학 유체로 사용하고자 할 경우에, 모두 소수성인 PDMS 탄성중합체나 DMS 오일 중에서 어느 하나를 친수성이 되도록 극성을 변경할 수 있다.

[0029] 소수성인 PDMS나 DMS를 극성화하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있다. 예를 들어, PDMS 탄성중합체나 DMS 오일 중에서 어느 하나에 대하여 실리콘(Si)에 결합된 메틸기의 일부를 극성을 갖는 다른 기(예컨대, 하이드록시기(-OH), 아미노기(-NH<sub>2</sub>), 카르복실기(-COOH), 불화알킬기(-CF<sub>4</sub>), 폴리에테르기(polyether group) 등과 같이 쌍극자 모멘트가 상대적으로 큰 유기 기)로 치환한다. 이 경우에, 치환되는 메틸기의 비율을 일정 비율 이상, 예컨대 20% 이상이 되도록 하면, 해당 DMS 오일 또는 PDMS 탄성중합체가 전체적으로 극성을 띠어서 친수성이 되도록 할 수 있다.

[0030] 이상에서 설명한 바와 같이, 일 실시예에 따른 액체 렌즈에서는 광학 멤브레인으로 투명(transparent)하고 높은 탄성 특성을 가지며 화학적으로 안정된 특성을 갖는 탄성중합체, 예컨대 실리콘 탄성중합체, 탄화수소 탄성중합체, 폴리에테르 탄성중합체, 또는 폴리에스테르 탄성중합체 등을 사용한다. 그리고 광학 유체로는 투명하고 비휘발성이며 촬상 장치의 사용 온도 범위에서 물리적, 화학적인 안정성을 보이며, 또한 점도가 낮아서 이동성이 우수한 물질, 예컨대 실리콘 오일, 탄화수소계 오일, 에스테르계 오일, 에테르계 오일, 폴리에테르 오일, 과불수 폴리에테르 오일 등을 사용할 수 있다. 특히, 광학 오일은 낮은 점도에서도 중합도가 큰 물질을 사용할 수 있다. 뿐만 아니라, 이러한 광학 멤브레인과 광학 유체는 어느 하나는 친수성(또는 소수성)이고 다른 하나는 소수성(또는 친유성)이 되도록 함으로써, 광학 멤브레인과 광학 유체 사이에 서로 반발력이 작용하도록 한다.

[0031] 다음으로, 전술한 일 실시예에 따른 물질을 각각 광학 유체와 광학 멤브레인으로 사용하는 액체 렌즈의 구체적인 구조 및 동작에 관해서 설명한다. 이하에서 기술되는 액체 렌즈의 구조 및 동작은 웨이퍼-레벨 촬상 장치에 구비되는 가변 초점 액체 렌즈에 관한 것으로서, 이것은 예시적인 어플리케이션이라는 것은 당업자에게 자명하다.

[0032] 도 1은 일 실시예에 따른 액체 렌즈의 구조를 보이는 분리 사시도이고, 도 2a, 도 2b, 및 도 2c는 각각 도 1의 액체 렌즈의 구조 및 동작을 보여 주는 평면도와 단면도들이다. 여기서, 도 2b와 도 2c는 도 2a의 XX' 라인을 따라 절취한 단면도인데, 도 2b는 액체 렌즈에 구동력이 가해지지 않은 상태이고, 도 2c는 액체 렌즈에 구동력이 가해진 상태이다. 도 1, 도 2a, 도 2b, 및 도 2c를 참조하면, 액체 렌즈(100)는 기관(110), 스페이스 프레임(spacer frame, 120), 광학 유체(125), 광학 멤브레인(130), 액츄에이터(140), 및 고정 프레임(150)을 포함한다.

[0033] 기관(110)은 투명한 재질로 만들어지며, 그 종류에는 특별한 제한이 없다. 예를 들어, 기관(110)은 유리 기관이나 투명한 폴리머 기관일 수 있다. 기관(110)은 액체 렌즈(100)를 촬상 장치의 다른 모듈(예컨대, 결상 광학계)에 고정시킬 수 있도록 하며 또한 스페이스 프레임(120)의 밑면으로서 기능한다. 기관(110)은 스페이스 프레임(120)과 함께 그 내부에 광학 유체(125)를 채워져 밀봉하기 위한 프레임의 일 요소로서 기능한다.

[0034] 이와 같이, 스페이스 프레임(120)과 함께 광학 멤브레인(130)의 반대쪽에는 기관(110)이 구비되어 있는 것으로 도시되어 있지만, 이것은 단지 예시적인 것이다. 예를 들어, 액체 렌즈는 광학 유체가 광학 멤브레인만으로 한정된 내부 공간에 밀봉되어 있거나, 또는 내부 공간을 한정하는 스페이스 프레임의 양쪽면에 모두 광학 멤브레인이 구비되어 있을 수도 있다.

[0035] 스페이스 프레임(120)은 광학 유체(125)가 채워질 수 있는 소정의 내부 공간을 한정한다. 스페이스 프레임(120)은 실리콘(Si) 등과 같은 불투명한 재질로 형성될 수 있는데, 여기에만 한정되는 것은 아니다. 스페이스 프레임(120)에 의하여 한정되는 내부 공간은 렌즈부와 구동부로 구획될 수 있다. 보다 구체적으로, 내부 공간의 상측 부분(upper portion)이 스페이스 프레임(120)에 의하여 렌즈부와 구동부로 구획되며, 내부 공간의 하측 부분(lower portion)은 서로 관통되어 있을 수 있다. 하측 부분에서 서로 관통된 내부 공간은 광학 유체(125)가 스페이스 프레임(120) 내에서 자유롭게 유동할 수 있도록 하기 위한 것이다.

[0036] 렌즈부는 광학 유체(125)가 채워져서 입사광이 통과하는 렌즈로서의 기능을 수행하는 부분이다. 그리고 구동부는 렌즈부를 덮고 있는 멤브레인(130)의 부분(렌즈면)의 프로파일을 변경시킬 수 있는 구동력을 전달하는 부분이다. 보다 구체적으로, 도 2c에 도시된 바와 같이, 구동부의 상측으로부터 소정의 압력(예컨대, 액츄에이터(140)에 의한 압력(F))이 가해지면, 구동부에 있는 광학 유체(125)는 렌즈부 쪽으로 이동하게 된다. 그리고,

이동한 광학 유체(125)에 의하여 렌즈부의 광학 유체의 양이 증가하면, 렌즈부는 위로 볼록하게 튀어나오는 형상(즉, 크기 d의 새그(sag)를 갖는 볼록 렌즈 형상)으로 변형된다. 여기서, 액츄에이터(140)에 의하여 구동부에 가해지는 압력을 조절하면, 렌즈부가 변형되는 형상, 즉 새그 d의 크기를 임의로 제어할 수 있다는 것은 자명하다.

[0037] 스페이서 프레임(120)에 의하여 한정되는 내부 공간 중에서, 렌즈부는 액체 렌즈의 중앙 부분에 배치되고 구동부는 이 렌즈부의 주위를 둘러싸도록 배치될 수 있다. 이와 같이, 구동부가 렌즈부의 주위를 둘러싸도록 배치될 경우, 구동부에 구동력(F)이 가해지면 모든 방향으로부터 균일하게 광학 유체가 렌즈부로 유입된다. 따라서 변형되는 렌즈부의 형상은 구형에 가까운 볼록 렌즈의 형상을 가질 수 있으며, 이에 의하여 우수한 광학 성능을 갖는 가변 초점 액체 렌즈를 구현할 수 있다. 구동부는 복수의 영역으로 분할될 수 있는데, 도시된 바와 같이 렌즈부에 의하여 서로 대칭되는 4개의 영역이나 또는 다른 개수(2개, 3개, 또는 5개 이상)의 영역으로 분할될 수 있다.

[0038] 광학 유체(125)는 스페이서 프레임(120)으로 한정된 내부 공간에 채워진다. 전술한 바와 같이, 투명하고 비휘발성이며 활상 장치의 사용 온도 범위에서 물리적, 화학적인 안정성을 보이며, 또한 점도가 낮아서 이동성이 우수한 실리콘 오일, 탄화수소계 오일, 에스테르계 오일, 에테르계 오일, 폴리에테르 오일, 과불수 폴리에테르 오일 등을 광학 유체(125)로 사용할 수 있다. 다만, 본 실시예에서는 낮은 점도에서도 중합도가 크며, 광학 멤브레인(130)으로 사용되는 물질과 반발력이 작용하는 특성을 갖는 물질을 광학 유체(125)로 사용한다.

[0039] 전술한 광학 유체로 사용될 수 있는 물질들 중에서, 실리콘 오일이 광학 유체(125)로 보다 널리 이용되고 있다. 실리콘 오일은 투명하고 활상 장치의 사용 온도 범위 내에서 액상을 유지할 뿐만 아니라 물리 화학적으로 안정되어 있으며, 특히 다른 물질에 비하여 온도에 따른 점도의 변화가 작다. 실리콘 오일은 -O-Si-를 기본 단위로 하는 실록산 체인 구조, 즉  $[-O-Si-]_n$ 를 갖는다. 실리콘 오일의 종류에 따라서 실록산 체인의 실리콘(Si) 원소에 결합되는 원소나 기(group)의 종류가 달라질 수 있으며, 결합되는 원소나 기의 종류에 따라서 실리콘 오일의 특성(예컨대, 친수성인지 또는 소수성인지)도 달라질 수 있다.

[0040] 이러한 실리콘 오일로는 예컨대, 메틸 페닐 실록산(Methyl Phenyl Siloxane, MPS) 오일, 다이메틸 실록산(DiMethyl Siloxane, DMS) 오일 등이 있다. MPS 오일이나 DMS 오일은 모두 -O-Si-를 기본 단위로 하는 실록산 체인 구조를 가지고 있는데, MPS 오일은 메틸기(methyl group)와 페닐기(phenyl group)가 섞여서 Si 원소에 결합되어 있지만(메틸기와 페닐기의 함량은 달라질 수 있는데, 페닐기가 적지 않게(예컨대, 20% 이상) 포함되어 있다), DMS 오일은 Si 원소에 결합되어 있는 것은 모두 메틸기이다.

[0041] 메틸기는 다른 유기 기(예컨대, 페닐기, 비닐기, 카르복실기 등)에 비하여 분자량이 작고 쌍극자 모멘트(dipole moment)도 작다. 이로 인하여, DMS 오일은 다른 실록산 액체에 비하여 이동성(mobility)이 크다. 뿐만 아니라, DMS는 동일 점도에서 다른 실록산 오일에 비하여 중합도(degree of polymerization, 실록산 오일의 기본 단위인 -O-Si-의 개수로 표현함)가 크기 때문에, 단위 중합체의 분자량은 물론 분자 자체의 크기도 크다. 예를 들어, 500cP 점도에서, DMS 오일은 중합도가 190이지만, 페닐 함량이 44%인 MPS 오일은 중합도가 17밖에 되지 않는다. 이것은 500cP의 동일 점도에서 DMS 오일의 중합체 분자의 크기가 MPS 오일보다 10배 이상 크다는 것을 의미한다.

[0042] 이와 같이, DMS 오일은 저점도(예컨대, 1000cP 이하)에서도 다른 실록산 오일에 비하여 큰 분자 크기를 가진다. DMS 오일이 상대적으로 저점도라는 것은, 이를 이용한 액체 렌즈는 보다 빠른 응답 속도를 지원할 수 있으며, 또한 오버슈팅 현상을 방지할 수 있다는 것을 의미한다. 그리고 DMS 오일의 중합도가 상대적으로 크다는 것은, 이를 이용한 액체 렌즈는 광학 유체가 멤브레인에 스며들거나 또는 이를 침투하는 현상을 방지하거나 또는 최소화할 수 있다는 것을 의미한다.

[0043] 예를 들어, 액체 렌즈의 광학 멤브레인(130)이 PDMS로 형성되는 경우에, MPS 오일을 광학 유체로 이용하면 30 $\mu$ m 렌즈 새그(sag, '새그(sag)'는 평평한 액체 렌즈가 볼록해진 경우에 최대 볼록한 부분과 가장자리 부분과의 높이 차이를 가리킨다(도 2c의 'd'가 새그를 나타냄). 따라서 '새그'가 크면 그 만큼 광학 유체에 의하여 멤브레인에 가해지는 압력이 크다는 것을 의미한다)에서 침투 현상이 생긴다. 이것은 MPS 오일의 중합도가 낮기 때문이다. 반면, 동일한 PDMS 멤브레인을 구비한 액체 렌즈에서 MPS 오일 대신에 DMS 오일을 광학 유체로 이용하는 경우에는, 700 $\mu$ m 이상의 렌즈 새그의 압력에서도 침투 현상이 생기지 않는다. 다만, 광학 유체의 침투 현상이 생기는 구체적인 크기는 액체 렌즈의 구체적인 형상(렌즈부의 크기 및/또는 액츄에이터에 의한 가압력과 가압되는 구동부의 넓이)에 따라서 달라질 수 있다.

- [0044] 이와 같이, DMS 오일은 다른 실리콘 오일이나 광학 유체로서 위에서 예시한 다른 탄화수소계 오일 등에 비하여, 광학 멤브레인에 스며들거나 이를 침투하는 현상을 효과적으로 방지할 수가 있다. 다만, DMS 오일은 소수성(또는 친유성) 특성을 가지므로, 소수성(또는 친유성) 특성을 갖는 물질(예컨대, 점착 특성이 낮은 PDMS 탄성중합체)을 광학 멤브레인으로 이용할 경우에는, 광학 유체와 광학 멤브레인 사이의 친화성(모두 소수성임)으로 인하여, DMS 오일과 접촉되는 부분의 광학 멤브레인에는 주름(wrinkle)이 생기기 쉽다. 특히, DMS 오일과 PDMS 멤브레인과 같이 동일한 분자 구조를 갖는 광학 유체와 광학 멤브레인은 친화성이 크기 때문에 멤브레인의 표면에 주름이 생기기 더욱 쉽다. 이와 같이, 광학 멤브레인에 주름이 생기면 렌즈면의 표면을 거칠게 만들기 때문에, 우수한 프로파일을 갖는 구형의 렌즈를 얻기가 어려워지며, 그 결과 액체 렌즈의 광학적 성능을 떨어뜨릴 수가 있다.
- [0045] 이러한 문제를 해결하기 위한 한 가지 방법으로, 광학 유체(125)와 광학 멤브레인(130)은 서로 반발력이 작용하는 물질로 형성한다. 예를 들어, 광학 멤브레인(130)을 소수성인 PDMS 탄성중합체로 형성한다고 가정하자. 이 경우에, 광학 유체(125)는 친수성을 갖는 실리콘 오일이나 다른 친수성 물질로 형성할 수 있다. 만일, 광학 유체(125)로 저점도에서도 중합도가 큰 소수성 물질(예컨대, DMS 오일)을 사용하고자 한다면, 이 소수성 물질의 극성을 변화시킨 극성 변경 물질(polar modification material)을 광학 유체(125)로 사용할 수 있다. 예를 들어, DMS 오일의 경우에 메틸기의 일정 부분을 극성을 갖는 다른 유기 기(메틸기보다 쌍극자 모멘트가 큰 유기 기로서, 예컨대 하이드록시기, 아미노기, 카르복실기, 불화알킬기, 폴리에테르기 등)로 치환함으로써, 친수성의 DMS 오일로 변경할 수 있다.
- [0046] 도 3a는 DMS 오일의 분자 구조를 보여 주는 도면이다. 도 3a를 참조하면, DMS 오일은 실록산 체인을 구성하는 모든 실리콘 원소(Si)에 결합되어 있는 유기 기는 메틸기이며, 메틸기는 쌍극자 모멘트가 작아서 전체적으로 비극성 특성(소수성)을 갖는다. 도 3b는 도 3a의 DMS 오일을 친수성으로 만든 극성 변경 DMS 오일의 분자 구조의 일례를 보여 주는 도면이다. 도 3b를 참조하면, 친수성화된 DMS 오일은, 도 3a의 DMS 오일에서 일부 메틸기(사이드 체인(side chain)에 있는 b개의 메틸기와 엔드 체인(end chain)에 있는 하나의 메틸기)를, 상대적으로 큰 쌍극자 모멘트를 갖는 하이드록시기로 치환되어 있다. 이와 같이, DMS 오일의 경우에, 실리콘(Si)에 결합되어 있는 메틸기의 일부, 예컨대 20% 이상을 극성을 갖는 다른 유기 기로 치환하면, 전체적으로 광학 유체(125)가 친수성이 되도록 할 수 있다. 다만, 광학 유체의 극성을 변화시키기 위하여 치환해야 하는 기의 양은 치환이 이루어지는 원소나 유기 기의 종류에 따라서 달라질 수 있다.
- [0047] 계속해서 도 1 및 도 2a 내지 도 2c를 참조하면, 광학 멤브레인(130)은 스페이서 프레임(120)의 상면에 부착되어서 스페이서 프레임(120)으로 한정된 내부 공간에 광학 유체(125)를 밀봉한다. 광학 멤브레인(130)을 형성하는 물질의 종류에 대해서는 위에서 구체적으로 기술하였으므로, 이에 대한 부연 설명은 생략한다. 다만, 광학 멤브레인(130)은 그 바깥쪽 면이 외부로 노출되어 공기나 기타 이물질과 접촉할 가능성이 있으므로, 광학 멤브레인(130)은 가능한 점착 특성이 낮아야 한다(예컨대, PDMS 탄성중합체). 반면, 광학 멤브레인(130)은 그 안쪽 면은 DMS 오일 등과 같은 광학 유체(125)와 접촉을 하므로, 광학 유체(125)와는 반발력이 작용하는 특성을 가져야 한다.
- [0048] 만일, 광학 멤브레인(130)이 한 층의 막으로 형성된다면, 광학 멤브레인(130)을 형성하는 물질 자체가 이러한 두 가지 조건을 만족해야 한다. 예를 들어, 광학 멤브레인(130)으로 안정되며 점착 특성이 없는 소수성의 비극성 PDMS 탄성중합체를 사용한다면, 광학 유체(125)는 친수성의 극성화된 DMS 오일을 사용할 수 있다. 반면, 안정된 비극성 유체인 DMS 오일을 광학 유체(125)로 사용한다면, 외부 멤브레인(outer membrane)은 점착 특성이 낮은 물질(예컨대, 소수성의 비극성 PDMS 탄성중합체)로 형성하고, 내부 멤브레인(inner membrane)은 친수성의 극성화된 PDMS 탄성중합체로 형성하는, 이중 멤브레인 구조를 사용할 수도 있다.
- [0049] 이러한 광학 멤브레인(130)은 전체 평면이 하나의 시트(sheet) 형상이거나 또는 적어도 스페이서 프레임(120)의 구동부와 렌즈부를 모두 밀봉할 수 있도록 복수의 부분으로 나누어진 형상일 수 있다. 또는, 광학 멤브레인(120)은 적어도 스페이서 프레임(120)의 렌즈부는 밀봉하지만, 구동부까지 반드시 광학 멤브레인(120)에 의하여 밀봉될 필요는 없다. 예를 들어, 액츄에이터(140)가 폴리머 등으로 제조되어 광학 유체(125)가 액츄에이터(140)에 의하여 밀봉될 수 있는 경우에는, 광학 멤브레인(130)이 반드시 구동부를 덮을 필요는 없다.
- [0050] 액츄에이터(140)는 구동부에 대응하는 위치의 광학 멤브레인(130) 상에 배치된다. 구동부가 복수의 영역으로 분할된 경우에, 액츄에이터(140)도 그에 대응하는 형태로 복수 개가 배치될 수 있다. 액츄에이터(140)는 소정의 접합 수단에 의하여, 광학 멤브레인(130) 상에 접합될 수 있다. 액츄에이터(140)는 구동력이 인가되면 구동부의 광학 유체(125)에 압력을 가하여 렌즈부로 광학 유체(125)를 유입시키며, 그 결과 렌즈부의 광학 멤브레인

(130), 즉 렌즈면이 위로 볼록해지도록 한다. 이를 위하여, 도 2b 및 도 2c에 도시된 바와 같이, 액츄에이터(140)는 구동 전압이 가해지지 않으면 투명 기관(110)에 평행한 상태로 있다가 구동 전압이 가해지면 아래쪽으로 휘는 성질을 가질 수 있다. 그리고 구동 전압의 크기를 조절하면, 액츄에이터(140)가 휘는 정도도 제어 가능하다. 이러한 액츄에이터(140)는 렌즈부의 광학 유체(125)를 가압하기 위한 가압 수단의 일레이며, 액츄에이터(140) 대신에 마이크로 펌프 등을 이용하여 구동부의 광학 유체(125)를 렌즈부쪽으로 이동시킬 수도 있다.

[0051] 액츄에이터(140)의 종류나 재질에는 특별한 제한이 없으며, 통상적으로 사용되고 있는 다양한 방식의 액츄에이터가 사용될 수 있다. 예를 들어, 액츄에이터(140)로는 두께가 매우 얇고 소비 전력이 작은 전기적 능동 폴리머(Electro Active Polymer, EAP)나 P(VDF-TrFE-CFE), P(VDF-TrFE-CFTE)와 같은 혼성 중합체로 제작된 원화형 강유전성(relaxor ferroelectric) 폴리머 액츄에이터가 사용될 수 있다. 다만, 도시된 바와 같이 광학 멤브레인(130)의 상부에 액츄에이터(140)가 배치되는 경우에, 내구성을 향상시키고 구동력을 효율적으로 광학 유체(125)에 전달할 수 있도록, 액츄에이터(140) 자체를 광학 멤브레인(130)과 신뢰성있는 영구적인 접합을 이룰 수 있는 물질로 형성하거나 또는 이러한 물질을 부가할 수도 있다. 예를 들어, 광학 멤브레인(130)이 실리콘 탄성 중합체로 형성되면, 폴리머 등으로 형성된 액츄에이터(140)에는 실리콘 물질이 추가적으로 도포되어 있을 수 있다.

[0052] 액츄에이터(140) 상에는 고정 프레임(150)이 배치되어서, 광학 멤브레인(130) 및/또는 액츄에이터(140)를 스페이서 프레임(120)에 단단하게 고정시킨다. 고정 프레임(150)은 적어도 렌즈부를 노출시키는 평면 형상을 가지며, 액츄에이터(140)도 노출시키는 형상이 될 수도 있다. 예를 들어, 고정 프레임(150)은 구동부와 렌즈부로 구획된 스페이서 프레임(120)의 평면 형상과 같을 수 있다. 고정 프레임(150)의 재질에는 특별한 제한이 없는데, 예를 들어 실리콘(Si) 등으로 형성할 수 있다.

[0053] 이상의 설명은 본 발명의 실시예에 불과할 뿐, 이 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상이 한정되는 것으로 해석되어서는 안된다. 본 발명의 기술 사상은 특허청구범위에 기재된 발명에 의해서만 특정되어야 한다. 따라서 본 발명의 기술 사상을 벗어나지 않는 범위에서 전술한 실시예는 다양한 형태로 변형되어 구현될 수 있다는 것은 당업자에게 자명하다.

**도면의 간단한 설명**

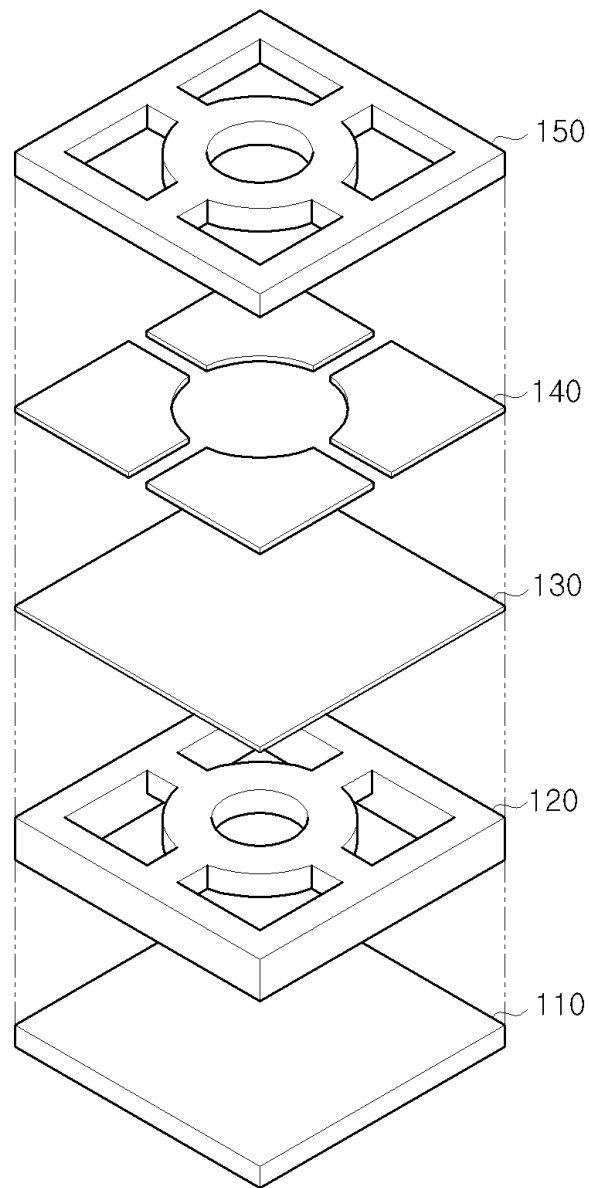
[0054] 도 1은 일 실시예에 따른 액체 렌즈의 구성을 보여 주는 분리 사시도이다.

[0055] 도 2a, 도 2b, 및 도 2c는 각각 도 1의 액체 렌즈에 대한 평면도와 단면도들로서, 도 2b는 액체 렌즈에 구동력이 가해지지 않은 경우이고, 도 2c는 액체 렌즈에 구동력이 가해진 경우이다.

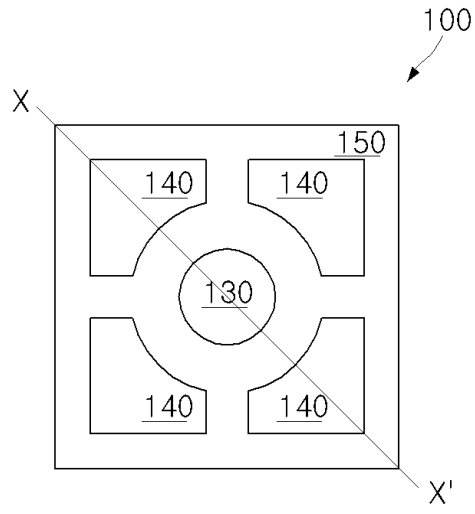
[0056] 도 3a는 소수성의 DMS 오일에 대한 분자식이며, 도 3b는 친수성으로 극성이 변경된 DMS 오일에 대한 분자식이다.

도면

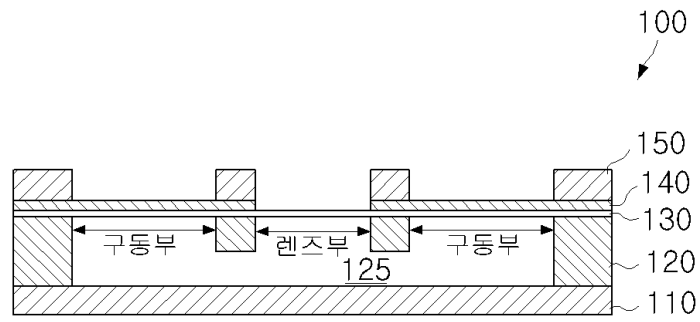
도면1



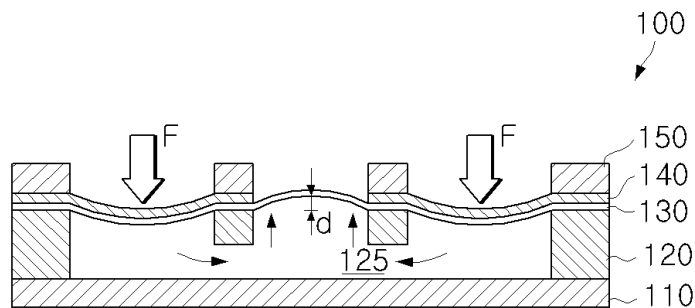
도면2a



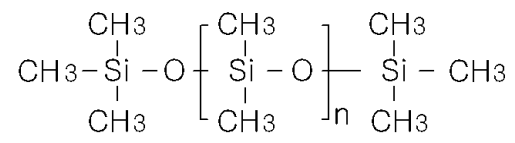
도면2b



도면2c



도면3a



도면3b

