(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년01월17일
(11) 등록번호 10-1819810
(24) 등록일자 2018년01월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 1/04 (2006.01) *C08L 83/04* (2006.01)
G02B 27/28 (2006.01) *G02B 3/14* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 1/041 (2013.01)
C08L 83/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7029097
(22) 출원일자(국제) 2014년03월18일
심사청구일자 2015년10월13일
(85) 번역문제출일자 2015년10월13일
(65) 공개번호 10-2016-0002766
(43) 공개일자 2016년01월08일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2014/055391
(87) 국제공개번호 WO 2014/147060
국제공개일자 2014년09월25일
(30) 우선권주장
13159696.7 2013년03월18일
유럽특허청(EPO)(EP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2008531070 A*
KR1020110023630 A*
JP2004500585 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
포라이트 에이에스
노르웨이, 엔 3192 호르텐, 포스트복스 163
(72) 발명자
헨릭센, 라스
노르웨이, 웬스베르크 N-3113, 플라네트베이엔 6
(74) 대리인
특허법인 대아

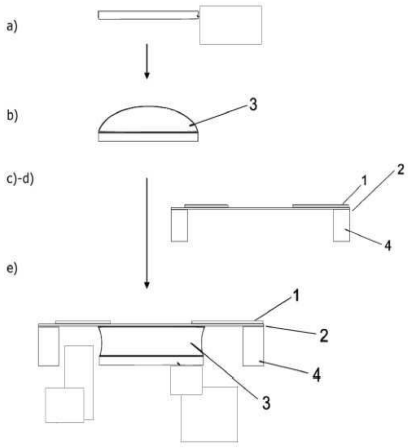
전체 청구항 수 : 총 12 항 심사관 : 정형수

(54) 발명의 명칭 **투명 광학 장치 소자**

(57) 요 약

본 발명은 변형가능한 렌즈 바디를 포함하는 투명 광학 장치 소자 및 변형가능한 렌즈 바디의 굴절률(RI)을 변화시키는 방법에 관한 것이다. 본 발명의 변형가능한 렌즈 바디는 광학 렌즈로서 유용한 향상된 기계적 안정성, 높은 굴절률, 최적의 강성도 및 전단 탄성률을 보유한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G02B 27/28 (2013.01)
G02B 3/14 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

- 하나 이상의 변형가능한 렌즈 바디(deformable lens body);

- 이 하나 이상의 변형가능한 렌즈 바디에 기계적 안정성을 제공하기 위한, 상기 하나 이상의 변형가능한 렌즈 바디의 표면에 부착된 굽힘가능한(bendable) 투명 커버 부재;

- 상기 굽힘가능한 투명 커버 부재를 바람직한 모양으로 만들기 위한 액추에이터(actuator)를 포함하고,

상기 액추에이터는 상기 굽힘가능한 투명 커버 부재의 상단면에 위치해 있고, 상기 바람직한 모양은 상기 액추에이터의 배치 패턴 및 이 액추에이터의 배치 패턴 위에 각각 인가된 전압의 크기에 의해 정해지며,

상기 하나 이상의 변형가능한 렌즈 바디는

(a) 탄성 계수가 300 Pa 초과여서, 상기 투명 광학 장치 소자의 정상 작동에서 중력적 힘에 의한 변형을 피할 수 있고;

(b) 굴절률이 1.35 이상이며;

(c) 가시광 범위의 흡광도가 상기 변형가능한 렌즈 바디의 두께 1㎜당 10% 미만이고;

상기 변형가능한 렌즈 바디가 가교결합되거나 부분 가교결합된 중합체의 중합체 망구조를 포함하고; 상기 하나 이상의 변형가능한 렌즈 바디가 전단 탄성률이 100 kPa 미만이고; 추가로 혼화성 오일 또는 오일 배합물을 함유하여, 상기 가교결합되거나 부분 가교결합된 중합체의 중합체 망구조의 굴절률을 증가시키는, 투명 광학 장치 소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 가교결합되거나 부분 가교결합된 중합체의 중합체 망구조가 가교결합되거나 또는 부분 가교결합된 폴리실록산의 중합체 망구조인 투명 광학 장치 소자.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 오일 또는 오일 배합물이 분자량이 1000 g/mol 미만인 것인 투명 광학 장치 소자.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 가교결합되거나 부분 가교결합된 중합체의 투명 중합체 망구조와 상기 오일 또는 오일 배합물 간에 굴절률 비가 0.8 내지 1 사이인 투명 광학 장치 소자.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 가교결합되거나 부분 가교결합된 중합체의 투명 중합체 망구조와 상기 오일 또는 오일 배합물 간에 굴절률 비의 차이가 0.01 내지 0.30 사이인 투명 광학 장치 소자.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 오일 또는 오일 배합물이 상기 가교결합되거나 부분 가교결합된 중합체의 투명 중합체 망구조의 굴절률보다 0.02 단위 이상 높은 굴절률을 보유하는, 투명 광학 장치 소자.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 가교결합되거나 또는 부분 가교결합된 중합체의 투명 중합체 망구조와 상기 오일 또는 오일 배합물이 동일한 액체상에 존재하는 투명 광학 장치 소자.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 오일 또는 오일 배합물이 상기 가교결합되거나 또는 부분 가교결합된 중합체의 투명 중합체 망구조에 함유되어 있는 투명 광학 장치 소자.

청구항 10

제 1 항에 있어서, 상기 오일 또는 오일 배합물의 양이 상기 가교결합되거나 또는 상기 부분 가교결합된 중합체의 투명 중합체 망구조의 0.1 내지 90 vol/vol% 범위인 투명 광학 장치 소자.

청구항 11

제 1 항에 있어서, 상기 오일 또는 오일 배합물이 해수면 기압에서 비등점이 200℃ 이상인 투명 광학 장치 소자.

청구항 12

제 1 항에 있어서, 상기 오일 또는 오일 배합물이 올리고머성 또는 중합체성 실록산으로 이루어진 그룹 중에서 선택되는 것인 투명 광학 장치 소자.

청구항 13

변형가능한 렌즈 바디의 굴절률을 변화시키는 방법으로서,

투명 중합체 망구조에 오일 또는 오일 배합물을 첨가하는 단계를 포함하고,

상기 오일 또는 오일 배합물은 분자량이 1000g/mol보다 작으며,

상기 변형가능한 렌즈 바디는 100 kPa 미만의 전단 탄성률을 보유하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 변형가능한 렌즈 바디(deformable lens body)를 포함하는 투명 광학 장치 소자에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 이러한 변형가능한 렌즈 바디를 제조하기 위한 중합체 또는 예비중합체 혼합물에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 투명한 광학 장치 소자, 예컨대 조정가능한 광학 렌즈를 제조하는데 사용되는 중합체 또는 예비중합체 혼합물의 용도에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 변형가능한 렌즈 바디의 굴절률(RI)을 변화시키는 방법 및 투명 광학 장치 소자를 제조하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 모바일 폰, 랩탑, 웹 카메라 등과 같이 항상 증가하고 있는 수의 이용분야들에서는 소형 렌즈에 대한 저가 비용 및 고 용량 해법의 요구가 증가하고 있다. 모바일폰에서만 통용되는 카메라는 수백만 가지의 렌즈 시장을 제공한다. 또한, 당해 시장에서는 이러한 소형 카메라의 해상도에 대한 요구도 높아지고 있어, 고속 자동 초점 또는 줌과 같은 최신 기능이 제공하는 조정가능한 렌즈에 대한 요구가 증가하고 있다. 본 발명은 최신 기능을 가진 조정가능한 렌즈의 연구에서 유발되는 문제들에 대한 해법에 관한 것이다.

[0003] US 20110038625는 적어도 액추에이터(actuator)와 렌즈를 포함하는 다소 복잡한 적응 렌즈(adaptive lens)를 개시하며, 여기서 렌즈는 액추에이터에 기계적으로 연결되어 있어서, 액추에이터의 전원공급(energization)이 렌즈의 초점을 조정한다. 액추에이터는 전기기계적 중합체(EMP) 층들의 다층 스택을 포함할 수 있고, 각 EMP 층을 따라 전기장을 적용하도록 설정된 전극들을 보유한다. 액추에이터는 렌즈의 초점 성질을 조정하기 위해 렌즈가 이동 및/또는 변형하도록 작동할 수 있다. 일부 예들에서, 액추에이터는 환형 형태이고, 환형의 내부 반경 내에서 렌즈를 지지한다. 다른 예들에서, 액추에이터는 변형가능한 렌즈의 표면에, 직접적으로 또는 렌즈 구조의 다른 소자를 통해 기계적으로 연결될 수 있다. 이러한 조정가능한 렌즈 어셈블리는 다른 물질들로 이루어진 여러 이동 부품을 포함한다는 점에서 다소 복잡한 것 같이 보인다. 렌즈 바디 또는 렌즈 구조 자체는 이것이 경화될 수 있는 주형(mold)을 사용해 주조하여 제조한다고 한다. 경화 시, 렌즈 구조는 주형으로부터 분리되고 렌즈 구조의 한면 또는 양면에 액추에이터가 탑재된다.

[0004] US 20110038625에서와 같이, 중합체 렌즈의 제작에서 열경화 또는 UV 경화와 함께 복제 주조(replica molding)를 사용하는 것은 꽤 일반적이며, 이때 렌즈 바디는 하나의 조각으로 제조되고, 그 후 주형에서 분리되어 원하는 장치에 종종 어떤 종류의 고착제(fixing agent)의 사용에 의해 탑재된다. 이것은 수많은 조율가능한(tuneable) 소형 렌즈의 고속 생산에는 불리한 것으로 여겨지는 불편하고 노동집약적인 기술적 방법인 것으로 생각된다.

[0005] 렌즈 어셈블리의 광학적 및 기계적 품질을 유지하면서 렌즈 어셈블리에 새로운 물질을 도입시켜야만 할 때, 아교와 같은 접착제 또는 고착제를 사용하면 여러 가지 기술적 문제에 직면한다. 예로써, 고착제는 광학적 방해를 피하기 위해 렌즈의 굴절률과 대등한 굴절률을 보유해야 한다. 또한, 고착제는 렌즈 어셈블리의 다른 부분 및 물질과 화학적, 광학적 및 기계적으로 융화성이어야 한다. 또한, 렌즈 바디 및 조정가능한 렌즈 어셈블리의 다른 부분의 탄성 및 가요성을 유지하는 것이 필수적이며, 이에 따라 고착제는 딱 어셈블리의 다른 가요성 부분만큼 유연성 및 가요성이어야 한다. 이러한 조건들이 충족되지 않는다면, 렌즈 어셈블리의 다른 부분들 간에, 예컨대 고착제, 유리 표면, 액추에이터 및/또는 렌즈 바디 간에, 즉 부적절한 강성도를 가진 모든 부분들 간에 장력(tension)이 발생할 것이다.

[0006] 고착제를 사용함으로써 직면하는 또 다른 문제점은 고착제가 일반적으로 다른 온도에 노출될 때 렌즈 어셈블리의 다른 성분들과 다른 열팽창계수를 나타내어 렌즈 어셈블리에 장력을 유발할 것인 바, 추가 성분의 열팽창이다. 특히, 열팽창의 큰 차이가 있는 물질로 제조된 혼성 물질, 예컨대 유리, 규소, 중합체 및 금속은 작업 동안, 그리고 제조(특히 최종 장치에 렌즈 어셈블리를 탑재하는 동안 고온이 사용되는 경우) 동안에 모두 다른 물질들의 열팽창의 큰 차이로 인하여 문제점에 직면할 것이다. 따라서, 특히 추가 소자들의 도입이 문제점을 증가시킬 것이다. 이와 관련하여, WO 2010/005315는 소형의 조정가능한 광학 렌즈에 열 효과를 감소시키는 방법 및 배열을 개시한다.

[0007] 고착제와 같은 추가 성분이 도입되어야 한다면, 이 또한 공정을 더 더욱 복잡하고 아마도 더 늦어지게 하는 추가 공정 단계들을 필요로 할 것이다. 또한, 고화 및 경화 시간은 원하는 광학적 및 기계적 성질을 가진 성공적인 렌즈 어셈블리를 수득하기 위해 조절되어야 한다.

[0008] 따라서, 고착제(들)의 사용이 필요없는 렌즈 어셈블리 공정이 필요하다.

[0009] 여러 다른 종류의 개선된 조정가능한 렌즈가 예컨대 다음과 같은 특허 출원들에 개발 및 기술되어 있다:

NO20064271, WO 2010/005315, WO 2008/100154 및 WO 2008/044937.

[0010] WO 2010/005315에 따른 소형 조정가능한 렌즈는 특히 유익한 렌즈인 것으로 생각된다. 이 조정가능한 광학 렌즈는 부착된 투명 바닥판과 단단한 측벽에 의해 지지된 가요성 유리 표면과 경계를 이룬 공동(cavity)에 국한된 변형가능한 렌즈 바디를 포함한다. 또한, 측벽과 투명 바닥판의 가장자리 사이에 개구부(opening)와 이에 대응하는 렌즈 바디와 측벽 주위의 개구부가 존재한다. 또한, 가요성 유리 표면에는 렌즈 바디를 변형시키는 액추에이터가 배열되어 있어, 초점 길이의 조정을 가능하게 한다. 상기 언급된 렌즈 디자인은 공기에 의해 부분적으로 둘러싸인(공동의 측벽과 물리적 접촉이 없는) 가요성 중합체를 필요로 한다. 이러한 렌즈를 제조할 때 직면하는 추가 문제점은 변형가능한 중합체를 이러한 원통(편평한) 모양으로 만드는 방법이다.

[0011] 조정가능한 광학 렌즈 및 렌즈 바디를 구성하는 연성 중합체의 표면에 인접하게 위치해 있는 액추에이터 층 구조에 의해 연성 중합체가 변형되는 광학 렌즈의 제조와 관련하여 해결해야 할 많은 문제들이 있다. 특히, 제조된 렌즈는 광학 및 기계적 성질과 관련하여 특정의 엄격한 조건들을 만족시켜야 한다. 무엇보다도, 렌즈 바디는 광학 성질과 관련하여 임의의 종류의 비등방성이 렌즈 바디의 다른 방향들에서 광학 성질이 다른 렌즈를 초래할 것이기 때문에 모든 방향에서 균일, 즉 등방성이어야 한다. 따라서, 등방성 렌즈 바디는 균일한 광학 성질, 예컨대 굴절률 및 투과율을 전체 렌즈 바디를 통해 나타낼 것이다. 비등방성, 예컨대 복굴절성은 포착된 이미지에 좋지 않은 광학 품질을 초래하기 때문에 매우 바람직하지 않다. 따라서, 렌즈 바디에서 구조 결함의 부재는 분간된다. 또한, 렌즈 바디는 깨끗하고 고도로 투명성이어서 빛이 렌즈를 통해 투과할 수 있어야 한다. 렌즈 물질과 비교했을 때 굴절률이 다른, 기포를 포함한 모든 종류의 불순물은 피해야 한다. 또한, 광학 및 기계적 성질은 카메라와 같은 장치가 작동 동안에 노출될 온도들에서 비교적 안정성을 유지하는 것이 중요하다. 한 온도 범위 상에서 변화가 일어난다면, 급변, 비가역적 변화 또는 예측할 수 없는 변화는 없는 것이 중요하다. 따라서, 중합체 바디를 포함하는 렌즈는 제조 동안 고온을 견디어야 하고, 뿐만 아니라 렌즈는 -25 내지 80℃ 범위의 온도, 또는 이보다 넓은 온도 범위에서 작동할 수 있기 때문에 훨씬 낮은 온도들에서도 기능을 해야만 한다.

[0012] 해결해야 하는 추가 문제점들은 공정의 속도와 같은 상기 조정가능한 렌즈 어셈블리의 대량 생산과 관련된 어려움이다. 매년 수많은 렌즈를 비교적 저가의 전자 제품들에 이용할 수 있도록 하기에 충분한 낮은 가격으로 대량 생산할 수 있기 위해서는 제조 공정들에 꽤 엄격한 제한들을 둔다.

[0013] 따라서, 기계적 안정성이 향상된 변형가능한 렌즈 바디를 포함하는 투명 광학 장치 소자는 유익할 것이며, 특히 높은 굴절률, 최적의 강성도 및 시어 변형률(sheer modulus)을 가진 변형가능한 렌즈 바디가 유익할 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명의 목적은 조정가능한 렌즈 어셈블리에 사용하기 위해 전술한 광학 및 기계적 성질의 바람직한 조합을 보유하는 변형가능한 중합체 물질을 함유하는 투명 광학 장치 소자를 밝혀내는 것이다.

[0015] 본 발명의 또 다른 목적은 스스로 접착 성질이 있어서 임의의 종류의 고착제의 사용을 불필요하게 하는 렌즈 바디를 제공하여, 고착제와 같은 불필요한 성분들의 사용을 피하는 것이다.

[0016] 본 발명의 또 다른 목적은 조정가능한 광학 렌즈 어셈블리(assembly)를 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

[0017] 본 발명의 목적은 변형가능한 렌즈 바디의 굴절률을 변화시키는 방법을 제공하는 것이다.

[0018] 특히, 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하는 광학 렌즈로서 사용하기 위해 향상된 기계적 안정성, 높은 굴절률, 최적의 강성도 및 시어 탄성률을 보유하는 변형가능한 렌즈 바디를 제공하는 것이 본 발명의 목적이라고 볼 수 있다.

[0019] 본 발명의 또 다른 목적은 종래 기술에 대한 대안을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0020] 전술한 과제와 여러 다른 과제들은 하나 이상의 변형가능한 렌즈 바디; 이 하나 이상의 변형가능한 렌즈 바디의 표면에 부착되어 상기 하나 이상의 변형가능한 렌즈 바디에 기계적 안정성을 제공하는 굽힘가능한(bendable) 투명 커버 부재; 굽힘가능한 투명 커버 부재를 바람직한 모양으로 만들고 굽힘가능한 투명 커버 부재의 상단 표면에 위치한 액추에이터(actuator)를 제공함으로써 본 발명의 제1 관점에 따라 수득되는 것으로 생각되며, 상기

바람직한 모양은 액추에이터의 배치 패턴 및 이 액추에이터의 배치 패턴 위에 각각 인가된 전압의 크기에 의해 정해지며, 하나 이상의 변형가능한 렌즈 바디는

[0021] (a) 300Pa보다 큰 탄성 계수를 보유하여 투명 광학 장치 소자의 정상적인 작동에서 중력의 힘으로 인한 변형을 피할 수 있고,

[0022] (b) 굴절률이 1.35 이상이며;

[0023] (c) 가시 범위에서 흡광도가 변형가능한 렌즈 바디의 두께 1㎜당 10% 미만이며;

[0024] 상기 변형가능한 렌즈 바디는 가교된 또는 부분 가교된 중합체의 중합체 망구조를 포함하고; 추가로 혼화성 오일 또는 오일 배합물을 함유하여 가교된 또는 부분 가교된 중합체들의 중합체 망구조의 굴절률을 증가시킨다.

[0025] 특히, 본 발명은 비제한적으로, 바람직한 기계적 안정성을 가진 투명 광학 장치 소자를 수득하는데 유익하다. 렌즈 바디로서 사용하기 위해, 가교된 또는 부분 가교된 중합체의 중합체 망구조는 특정한 정도의 기계적 안정성을 보유해야 한다. 일반적으로, 기계적 안정성은 바람직한 화학적 조성을 가진 중합체 또는 예비중합체를 도입시킴으로써 중합체 망구조의 화학적 구조 내에 제공되고, 이에 따라 이 화학적 구조는 경화 즉시 바람직한 정도의 기계적 안정성을 제공한다. 따라서, 일반적으로 중합체 구조 자체는 렌즈 바디에 바람직한 기계적 안정성을 제공한다. 이에 반해, 본 발명의 해법은 특정한 기계적 안정성을 갖지 않지만, 굽힘가능한 투명 커버 부재의 존재를 통해 투명 광학 소자의 바람직한 기계적 안정성이 제공되는 가교된 중합체 또는 부분 가교된 중합체의 중합체 망구조의 사용에서 기인한다.

[0026] 즉, 본 발명의 해법은 변형가능한 렌즈 바디와 굽힘가능한 투명 커버 부재를 조합하는 것이며, 이러한 조합이 바람직한 기계적 안정성을 제공한다.

[0027] 액추에이터는 굽힘가능한 투명 커버 부재를 바람직한 모양으로 만드는 기능을 한다. 굽힘가능한 투명 커버 부재는 이 굽힘가능한 투명 커버 부재의 상단면에 위치한 액추에이터의 패턴 및 배치로 인해, 그리고 각각 인가된 전압의 크기로 인해 바람직한 모양으로 구부러진다. 굽힘가능한 투명 커버 부재의 성형은 부착된 변형가능한 렌즈 바디의 모양을 간접적으로 변화시킨다.

[0028] 본 발명은 최소의 인가 전압 및 전력 소비와 같은 최소 자극에 대해 고속 반응을 제공하도록 액추에이터에 대한 반응이 최적화된 투명 광학 장치 소자에 관한 것이다. 현대 디지털 카메라로 사진을 촬영할 때, 자동초점 시스템은 보통 사진의 원하는 영역이 초점 안에 있을 때까지 초점을 변화시키고 이미지 선명도를 분석하는 반복 루프를 통해 작동할 것이다. 또한, 예컨대 하나의 사진에 삽입되는 일련의 이미지를 기반으로 한 이미지 조작 기능을 제공하는 경향도 증가하고 있다.

[0029] 이 방법에서 적절한 시간 스케일은 소위 카메라의 프레임률(frame rate), 즉 초당 획득되는 사진 수이다. 자동초점(또는 이미지 조작)을 가능한 한 빠르게 맞추기 위해, 초점을 변화시키는 시간은 하나의 단일 프레임의 지속기간보다 실질적으로 짧아야 하는 것이 중요하다. 현대 카메라에서 프레임률(frame rate)은 초당 25 내지 100 프레임이 달성되기도 한다. 따라서, 액추에이터의 반응 시간은 10 밀리초 미만이 바람직하고, 특히 1 밀리초보다 낮은 반응 시간이 유리하다. 초점을 자주 빠르게 변화시킬 수 있기 위해서는, 배터리아 너무 빠르게 마모되지 않도록 전력 소비가 낮은 것이 필요할 수 있다. 1㎽ 미만으로 소모하는 액추에이터는 전력 소비가 최소인 저전력 액추에이터인 것으로 생각된다. 굽힘가능한 투명 커버 부재는 굽힘가능한 투명 커버 부재에 부착된 변형가능한 렌즈 바디의 기계적 및 구조적 강화를 제공하는 투명 물질로 제조될 수 있다. 굽힘가능한 투명 커버 부재는 유리, 무기 산화물 및 단단한 중합체 물질, 예컨대 탄산염, 아크릴레이트 및 에폭시 그룹 중에서 선택되는 투명 물질로 제조될 수 있다. 일부 양태에 따르면, 굽힘가능한 투명 커버 부재는 유리로 제조되며, 두께는 10 내지 50㎛ 범위이다. 기계적 안정성과 같은 기계적 성질과 관련하여 렌즈 바디는 렌즈가 초점을 쉽게 이동시키기에 바람직한 강성도/유연도를 보유해야 한다. 강성도(stiffness)는 적용된 힘에 대응하여 변형에 저항하는 정도인 물체의 단단함이다. 탄성 또는 점탄성 물질에서 탄성 범위의 경도는 강성도라고 알려져 있다. 경도는 힘이 적용될 때 다양한 종류의 영구적인 모양 변화에 대해 고체 물질이 얼마나 저항적인지의 척도이다. 경도는 연성(ductility), 탄성력 상수(elastic stiffness), 가소성(plasticity), 변형률(strain), 강도, 인성, 점탄성 및 점성과 같은 매개변수들과 관련이 있다.

[0030] 렌즈 바디가 너무 딱딱하면, 액추에이터에 의해 제공되는 투명 커버 부재의 굽힘 정도는 감소될 것이다. 특정한 감소는 허용될 수 있다. 하지만, 액추에이터 움직임의 감소는 가능한 한 최소화하는 것이 매우 바람직하다. 액추에이터의 최대 잠재 굽힘 강도를 이용하면 주어진 광학력의 변화를 수득하는데 필요한 힘을 최소화한다. 이것은 장치의 생산 동안 비용 및 환경 영향과 자동초점 카메라의 전력 소비를 감소시키는데 매우 유익할 것이다.

작동 강도의 감소 정도를 정량하기 위해, 25%가 넘는 손실은 실질적인 관점에서 허용될 수 없다고 말할 수 있다.

[0031] 구동(actuation) 강도 감소의 최소화만이 중요했다면, 사실상 강성도가 전혀 없는 변형가능한 렌즈 바디를 선택하는 것이 매우 유리할 것이다. 액체가 당연한 선택일 것이며, 렌즈 바디가 액체인 선행 기술이 존재한다. 하지만, 소형 광학 장치에 액체의 사용은 장치의 수명 및 유용성 면에서, 그리고 액체가 밀폐된 공동 내에 담겨있어야 한다는 사실로 인해 약간 큰 단점이 있으며, 생산 공정이 지연될 수 있다. 본 발명의 해법은 고체 물질인 변형가능한 렌즈 바디의 사용이다. 이러한 상황에서 고체 물질은 비-제로 가소성 또는 탄성 계수인 것을 의미하며, 이는 주어진 응력(stress)에 노출 시 변형에 저항적일 것이라는 것을 의미한다. 낮은 또는 특히 제로 제로 가소성 변형이고 적당한 정도의 변형에 대해 탄성 행동인 것이 바람직하다.

[0032] 중합체 물질은 일반적으로 점탄성이고, 즉 응력에 노출 시 탄성 및 점성 행동을 모두 저지한다. 점성 물질은 응력이 적용될 때 전단 흐름과 변형률을 시간 경과에 따라 선형으로 저항한다. 탄성 물질은 신장되면 즉시 변형하고 응력이 제거되는 즉시 원래의 상태로 빠르게 복귀한다. 점탄성 물질은 이러한 두가지 성질을 모두 가진 원소를 보유하며, 이에 따라 시간-의존적인 변형률을 나타낸다.

[0033] 탄성을 보유하고 가소성 변형은 사실상 보유하지 않도록 하기 위해, 본 발명은 변형 하에 고도의 이동성을 나타내는 중합체 분자의 물리적 또는 화학적으로 가교된 3차원적 망구조로 구성된 탄성중합체성 물질을 이용한다. 탄성중합체는 일반적으로 유리전이온도가 의도된 작동 온도 범위보다 훨씬 아래여서, 필요한 유연도 또는 탄성을 제공하면서, 가교결합으로 인해 물질이 변형 후 모양을 복원하게 한다.

[0034] 점탄성은 동적 기계적 분석, 예컨대 작은 진동 응력을 적용하고 그 결과 수득되는 변형률을 측정하여 조사할 수 있다. 순수한 탄성 물질은 응력과 변형률이 같은 상에 있어서, 서로의 반응이 즉각적이다. 순수한 점성 물질에서, 변형률은 90도 상 지연(phase lag)에 의해 응력을 지연시킨다. 점탄성 물질은 이러한 2가지 물질 유형의 중간쯤의 행동을 나타내어, 변형률의 약간의 지연을 나타낸다. 복소 동탄성률(Complex Dynamic modulus)은 진동 조건 하에 응력 대 변형률의 비로서, 예컨대 전단 하에 자유 또는 강제 진공 시험으로부터 수득되는 데이터, 즉 전단 탄성률 G로부터 계산되고, 진동성 응력 및 변형률 간의 관계를 나타내는데 사용될 수 있다:

[0035] $G = G' + iG''$

[0036] 여기서, $i^2 = -1$인 경우, G'는 탄성률, 예컨대 영률(Young's modulus)에 의존적인 저장탄성률(storage modulus)이고, G"는 점도 변수 η에 더 심하게 의존적인 손실 탄성률이다.

[0037] 점도 η는 전단 응력 또는 인장 응력에 의해 변형되는 유체 저항의 척도이다.

[0038] 인장 탄성률(tensile modulus)로도 알려지거나, 또는 탄성 계수(elastic modulus)라고도 불리는 영률은 가장 일반적인 탄성률로서, 탄성 물질의 강성도의 척도이다. 이것은 응력의 범위에서 일축(uniaxial) 변형률에 대한 일축 응력의 비로서 정의된다. 고체 역학에서, 임의의 지점에서 응력-변형률 곡선의 기울기는 접선 계수(tangent modulus)라 불린다. 응력-변형률 곡선의 초기 선형 부위의 접선 계수는 영률(E)이라 불린다. 이것은 물질의 샘플에 대해 수행된 인장 시험 동안 작도된 응력-변형률 곡선의 기울기로부터 실험적으로 측정될 수 있다.

[0039] 변형가능한 렌즈 바디가 렌즈의 초점을 변화시키기 위해 조정가능해야만 하면, 외부 자극에 의해 유도된 변형 상태(일시적 모양)로부터 본래의 모양(영구적)으로 복원하는 능력을 보유해야 한다. 따라서, 변형가능한 렌즈 바디는 응력 또는 변형률 하에 있을 때 영구적으로 변형되지 않아야 한다.

[0040] 중합체 물질에서, 전단 탄성률 G는 적당한 척도로서 종종 사용된다. 전단 탄성률은 물체 또는 물질에 전단력이 적용되면 변형되려는 물체 또는 물질의 경향의 수학적 표현이며, 전단 응력 대 전단 변형률의 비로서 정의된다.

[0041] 따라서, 렌즈 바디의 강성도/유연도는 G에 의해 정의될 수 있다.

[0042] 균일한 등방성 물질의 경우, 영률(탄성 계수) (E), 전단 탄성률(G) 및 푸아송 비(Poisson's ratio) (ν) 사이의 관계식은 다음과 같다:

[0043] $E = 2G(1+\nu)$

[0044] 탄성중합체의 경우, ν는 보통 0.5에 가까워서, 다음과 같은 간단한 관계식을 제공한다:

[0045] $E = 3G$.

[0046] 조정가능한 렌즈 어셈블리에 변형가능한 렌즈 바디로서 중합체를 적용하기 위해서는 100 kPa 보다 낮은 전단 탄

성률이 필요하다는 것을 발견했다. 특히, 전단 탄성률은 50kPa 미만, 또는 특히 10 kPa 정도로 낮은 것이 더욱 바람직하다.

[0047] 조정가능한 자동초점 카메라 렌즈에 변형가능한 렌즈 바디의 적용 시에는 최소로 필요한 강성도 또는 탄성률이 있을 것이다. 이 장치는 자동초점 카메라의 작업 수명 동안 일어날 수도 있는 중력 및 중력적 힘으로 인한 상당한 변형을 견뎌야 한다. 본 발명자들은 100 Pa보다 큰 전단 탄성률이 필요하다는 것을 관찰했다. 따라서, 탄성계수는 300 Pa인 바람직한 최솟값 이상이어야 하며, 이로써 투명 광학 장치 소자의 정상 작동 동안 중력적 힘으로 인한 변형을 피할 수 있다. 상기 관계식에 따르면, 100 Pa 내지 100 KPa 사이의 전단 탄성률의 바람직한 범위는 300 Pa과 300 KPa 사이의 바람직한 탄성 계수 범위를 제공한다.

[0048] 간단히 말해, 중합체가 너무 연성이면 구조물은 정상 작동 시 붕괴할 것이고, 너무 강성이면 렌즈는 조정가능하지 않을 것이라고 말할 수 있다.

[0049] 중합체 망구조의 경도 또는 강성도를 감소시키기 위한 연구에서, 일반적인 해법은 전단 탄성률이 감소된 중합체 망구조를 얻기 위해서 중합체 사슬에 변형을 도입시키는 것일 수 있다. 하지만, 조정가능한 렌즈는 초점 속도가 중요한 매개변수인 자동초점 시스템의 일부이므로, 시간 의존적인 점탄성 성질이 중요해지고 있다. 중합체에 더 느슨한 망구조를 만들어 중합체 시스템의 강성도 또는 탄성률을 감소시키는 시도에서, 저장 탄성률의 감소는 더 큰 손실 탄성률을 동반하고, 즉 이 중합체는 빠르게 유도된 전단력에 대해 매우 느린 반응을 나타낼 것이며, 결과적으로 느린 반응성의 조정가능한 렌즈를 산출한다.

[0050] 따라서, 일부 양태들에 따르면, 하나 이상의 변형가능한 렌즈 바디는 100 KPa 미만의 전단 탄성률을 보유한다.

[0051] 100 kPa 미만의 전단 탄성률(진동성 평행판 리오미터에서 1 내지 100 Hz 하에 측정 시)은 다음과 같은 여러 가지 방식으로 성취할 수 있다:

[0052] - a. 일작용기성 예비중합체 또는 단량체의 양이 많은 접목 공중합체를 사용하여;

[0053] b. 장쇄 분지형 예비중합체를 사용하여;

[0054] c. 반응성 기 사이에 비-화학량론적 비율을 사용하여,

[0055] 망구조에 다량의 매달린(dangling) 말단을 도입시킴으로써.

[0056] 이러한 해법들 중 전자는 낮은 저장 탄성률을 나타내지만, 비교적 높은 손실 탄성률을 나타내는 탄성중합체 물질을 제조하는 단점이 있어서, 급변하는 응력에 노출 시 행동이 다소 느린 점탄성 물질을 제공한다.

[0057] 본 발명의 해법은 중합체 망구조에 오일을 첨가하여 전단 탄성률을 감소시킨다. 이러한 오일들은 종종 가소제라 불린다. 본 발명의 해법은 혼화성이되 망구조에 공유 결합되지 않는(0 내지 90중량%가 가용해성이다) 저분자량의 오일 또는 팽창제(Mw < 10000)를 도입시킴으로써 100 KPa 미만의 전단 탄성률이 달성되는 바, 다른 해법들과 다르다. 이러한 방식으로 저장 탄성률은 감소하지만, 손실 탄성률은 실질적으로 증가하지 않아서, 렌즈 바디에 사용하기에 바람직한 정도의 유연도를 갖고, 동시에 급변하는 응력에 대해 빠른 반응을 유지하는 오일 또는 오일 배합물을 포함하는 중합체 망구조를 산출한다.

[0058] 전단 탄성률의 바람직한 값은 본 발명이 빠르게 부과된 작은 힘의 적용 시 빠른 반응 시간을 나타내는, 렌즈 바디, 예컨대 카메라용 렌즈 바디로 사용될 수 있게 한다.

[0059] 본 발명을 통해, 이 효과는 바람직한 값의 전단 탄성률을 성취하여 매우 작은 힘의 적용에 대하여 매우 빠른 반응을 하는 렌즈 바디를 제공하도록, 중합체 망구조에 오일 또는 오일 배합물을 도입시킴으로써 성취된다.

[0060] 따라서, 본 발명의 해법은 일반적으로 낮은 전단 탄성률, 또는 낮은 동적 저장 탄성률을 보유하면서, 동시에 급변하는 외부 자극 또는 응력에 대해 빠른 반응을 나타내도록 특히 낮은 손실 탄성률을 보유하는 오일을 포함한 중합체 망구조를 산출한다. 하지만, 낮은 탄성률은 상기 중합체 망구조를 렌즈 바디 자체로서 사용할 때 문제를 유발할 수 있다. 일반적으로, 렌즈 바디는 렌즈로서의 사용을 기계적으로 견딜 수 있을 정도의 경도 또는 강성도를 보유할 필요가 있다. 렌즈는 렌즈를 카메라에 통합 시 생산 또는 어셈블리 과정 동안, 및 장치의 정상 작동 동안, 적용된 힘을 견뎌내야 한다. 또한, 렌즈 표면의 스크래칭, 먼지 입자의 부착 등은 이러한 렌즈를 포함하는 카메라로 촬영한 사진의 품질에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 고도의 기계적 안정성이 필요하다. 하지만, 중합체 망구조에 오일 또는 오일 배합물을 도입시켜 렌즈 바디의 탄성률을 감소시키면, 이 물질은 너무 유연성이 되어, 이의 구조물은 렌즈로서 사용하기에는 기계적으로 견딜 수 없어진다. 환언하면, 외부 자극에 대한 반응 속도를 최대화하기 위한 연구에서, 그대로 렌즈 바디로서 작용하기에는 적합하지 않은 중합체 물질이

생산될 수 있다.

[0061] 이에, 본 발명의 해법은 하나 이상의 변형가능한 렌즈 바디의 표면에 부착된, 굽힘가능한 투명 커버 부재를 추가로 포함하는 광학 장치 소자를 제공하는 것이다. 굽힘가능한 투명 커버 부재는 변형, 충격, 취급, 스크래칭 및 먼지 입자로 인한 손상에 대하여 기계적 단단함 및 안정성을 제공할 것이다.

[0062] 또한, 본 발명의 해법은 변형가능한 렌즈 바디의 표면에 부착된 중합체 판 또는 유리 같은 판 등의 굽힘가능한 투명 커버 부재의 사용을 통해 중합체의 필수적인 기계적 안정성을 제공함으로써, 렌즈 바디로서 사용되는데 필요한 기계적 성질이 결여된 중합체 망구조를 사용하는 방식의 문제점을 해결한다. 이러한 방식에서, 렌즈 바디의 기계적 안정성은 렌즈 바디 자체에 의해 제공되는 것이 아니라, 렌즈 바디와 접촉하고 있는 굽힘가능한 투명 커버 부재에 의해 제공된다.

[0063] 따라서, 본 발명은 조성물로 인해 모양을 변화시키는 힘의 적용에 대해 최적 반응을 나타내는 렌즈 바디를 제공한다. 이 조성물은 렌즈의 기계적 안정성 조건을 충족시키지는 않기 때문에, 낮은 탄성률로 인해 렌즈 바디로서 사용될 수는 없을 것이다. 하지만, 이 문제점은 렌즈 바디의 지지체를 표면에 위치하는 렌즈 바디에, 기계적 안정성을 제공하는 굽힘가능한 투명 커버 부재를 통해 제공함으로써 해결되었다.

[0064] 이에, 본 발명은 한 양태에 따르면, 깨끗하고 고도로 투명하며, 등방성이고, 전단탄성률(G)이 100 kPa 미만으로 매우 유연성이며, 열 안정성이고, 만족스러운 장기간 안정성과 노화 내성을 보유하는 렌즈 바디를 제공한다. 이 특성들은 렌즈 바디의 최종 중합체의 특성들이다.

[0065] 제2 관점으로서, 본 발명은 투명하고, 열안정성이며 유연성이고 전단 탄성률이 100 kPa 미만인 변형가능한 중합체를 포함하는 조정가능한 광학 성분의 제조에 사용되는 본 발명의 예비중합체 혼합물의 용도에 관한 것이다. 본 발명의 제3 관점은 투명하고 열안정성이며 유연성이고 전단 탄성률이 100 kPa 미만인 변형가능한 렌즈 바디를 포함하는 샌드위치 구조의 조정가능한 광학 렌즈를 제조하는데 사용되는 본 발명의 예비중합체 혼합물의 용도에 관한 것이다.

[0066] 제4 관점으로서, 본 발명은 본 발명에 따라 제조되고, 측벽(액추에이터 칩)에 의해 지지된 얇은 유리 표면 위에 액추에이터를 포함하는 투명한 굽힘가능한 커버 위에 국한된 연성 및 변형가능한 렌즈 바디를 포함하고, 공동의 바닥 면을 구성하는 제2 표면이 측벽과 투명 판 가장자리 사이에 개구부가 있도록 렌즈 바디 위에 부착된 투명 판으로서 배열되어 있고, 변형가능한 렌즈 바디가 100 kPa과 같거나 그 미만인 전단 탄성률을 나타내는 것인, 샌드위치 구조의 조정가능한 광학 렌즈에 관한 것이다.

[0067] 렌즈는 정의상 빛을 굴절시키는 것이서, 예컨대 렌즈를 통해 통과하는 빛의 초점을 변화시키므로, 굴절률의 조절이 중요하다. 렌즈의 다양한 위치들에서 큰 굴절률 변화를 갖도록 렌즈 및 조정가능한 렌즈의 물리적 치수와 관련하여, 빛을 더욱 효과적으로 굴절시키기 위해서는 굴절률이 높은 것이 종종 매우 유리하다. 굴절률의 더 큰 변화는 주어진 구동에 의해 성취되기 때문에 가요성 렌즈 바디는 높은 굴절률을 갖는 것이 유리하다.

[0068] 하지만, 굴절률이 높은 중합체는 렌즈에 이용되는데 필요한 기계적 성질을 보유하지 않을 수 있다. 일부 양태에 따르면, 투명한 중합체 망구조의 가교 또는 부분 가교된 중합체와 오일 또는 오일 배합물 사이의 굴절률 비는 0.8 내지 1 사이이다.

[0069] 일부 추가 양태에 따르면, 투명한 중합체 망구조의 가교 또는 부분 가교된 중합체와 오일 또는 오일 배합물 사이의 굴절률 비의 차이는 0.01 내지 0.30 사이이다.

[0070] 또 다른 일부 양태들에 따르면, 오일 또는 오일 배합물은 굴절률이 투명한 중합체 망구조의 가교 또는 부분 가교된 중합체의 굴절률보다 최소 0.02 단위 더 높다.

[0071] 본원에서 정의되는 투명한(transparent)이란, 높은 투과율, 또는 결과적으로 낮은 흡광도인 것, 예컨대 전자기 스펙트럼의 가시광 범위에서 1㎜당 10% 미만인 흡광도를 갖는 것이다. 가시광 범위는 근적외선(N.I.R.) 및 UV 스펙트럼의 적어도 일부를 포함할 수 있다.

[0072] 본 발명은 특히, 비제한적으로 굴절률 RI가 높은 투명 광학 장치 소자를 수득하는데 유익하다.

[0073] 굴절률은 진공에서의 빛의 속도에 대한 물질에서의 빛의 속도에 대한 척도로서, 1.5의 굴절률은 예컨대 그 물질에서의 빛의 속도가 진공에서보다 50% 적다는 말과 같다. 굴절률은 실제 사용에서, 특히 광학에서 중요한 물리적 매개변수로서, 굴절률 및 반사율과 같은 효과들이 물질들의 굴절률 및 이러한 물질들의 조화(interface)에 의존적이다. 굴절률은 이론상 물질의 유전 성질과 연관이 있다. 유전 성질은 또한 화학적 화합물의 극성 및 물

질의 혼화성과도 훨씬 더 큰 상관성이 있다.

[0074] 일반적으로, 렌즈 바디의 굴절률은 렌즈 바디를 생산하는데 사용된 중합체의 RI에 의해 제한적이어서, 높은 RI를 가진 중합체가 바람직하다. 하지만, 이러한 중합체들은 일반적으로 조정가능한 광학 렌즈로서 사용되기 위한 렌즈 바디의 조건에 부합할 정도로 바람직한 성질을 보유하지는 않는다. 본 발명의 해법은 렌즈 바디, 예컨대 중합체 렌즈 또는 렌즈용 중합체 조성물의 RI를, 오일 또는 오일 배합물을 첨가하여 증가시킴으로써, 하기 수학식에 따르는 상기 중합체의 굴절률을 증가시키는 것이다:

[0075] $n = X_{\text{중합체 망구조}}\, n_{\text{중합체 망구조}} + X_{\text{오일}}\, n_{\text{오일}}$

[0076] 여기서, x는 중량 분율이고, n은 굴절률이다.

[0077] 가교 또는 부분 가교된 중합체의 중합체 망구조에 오일 또는 오일 배합물의 도입은 또한 사용된 중합체 망구조의 굴절률을 증가시키는 큰 이점이 있다.

[0078] 바람직하게는, 렌즈 바디는 굴절률이 가능한 한 높은, 예컨대 1.35 내지 1.90 범위인 것이 좋다. 따라서, 렌즈 바디의 굴절률은 적어도 1.35, 예컨대 1.35 내지 1.75 사이, 예컨대 1.35 내지 1.55 사이의 범위인 것이 좋다.

[0079] 특히 놀랍게도, 굴절률이 매우 다른 오일을 첨가하는 것이 가능한 것으로 발견되었다. 특히, 성분들 중 하나 또는 둘 모두가 중합체 물질일 때, 굴절률이 다른 두 성분의 균일한 투명 블렌드를 산출하는 것은 자명한 일이 아니다. 일부 예에서는 팽창된 중합체 망구조에 혼입시키기 위한 가소제 또는 오일로서, 3차원 망구조를 구성하는 작용기성 성분들과 가능한 한 유사한 비-작용기성 중합체 또는 오일을 선택했다. 일부 예에서는 적당한 작용기성 중합체 및 비-작용기성 중합체 또는 올리고머 오일을 선택했고, 팽창된 가교결합된 중합체의 굴절률은 0.05 단위만큼 증가했고, 이는 프리즘 또는 렌즈에 물질을 적용하는 경우 15% 만큼의 굴절률 증가와 대등한 것이다.

[0080] 일부 양태에서, 오일 또는 오일 배합물은 분자량이 1000g/mol보다 작다. 분자량이 1000g/mol보다 작은 특정 중합체들의 사용은 특정 중합체 중 하나와 비교했을 때 굴절률의 차이가 분자량이 1000g/mol 초과인 중합체보다 큰 혼화성 오일 또는 오일 배합물을 첨가할 수 있게 하는 이점을 나타낸다. 따라서, 본 발명의 해법은 선형 첨가 규칙 후에 렌즈 바디의 굴절률이 더 크게 증가하도록 한다.

[0081] 가교결합 또는 부분 가교결합된 중합체의 중합체 망구조와 오일 또는 오일 배합물은 동일한 액체상에 존재할 수 있다.

[0082] 일부 양태들에서, 오일 또는 오일 배합물은 중합체와 매우 높은 혼화성을 나타낸다. 즉, 본 발명은 원하는 RI를 성취하기 위해 혼화성 오일과 중합체의 배합물을 제공한다. 혼화성은 액체들이 여러 비율로 혼합하여 균일한 용액을 형성하는 성질이다. 즉, 혼화성 오일은 넓은 온도 범위 상에서 주어진 혼합 비로 혼합 시 균일하고 안정한 오일과 중합체의 시스템을 초래하는, 중합체와 혼합될 수 있는 오일로서 정의된다. 0 내지 100%의 혼합 비에서 완전 혼화성(full miscibility)이 일어날 수 있는 것이 좋고, 또는 2원 또는 3원 시스템에 대한 혼화성 창(window)이 있을 수 있어서, 이 범위 외에서는 상 분리가 일어난다. 이러한 상황에서, 혼화성 오일, 오일의 혼합물은 0.1 내지 10%부터 0.1 내지 90%까지의 범위인 주어진 혼화성 창 내에서 중합체 및 가교결합된 중합체와 균일한 용액을 산출하는 오일로서 정의된다. 혼합 비는 20 내지 80 vol/vol%인 것이 바람직하다.

[0083] 중합체를 혼합하거나 또는 중합체 3차원 망구조에 오일/용매/가소제를 혼입시켜 혼화성 시스템을 산출하는 것은 자명한 일이 아니다.

[0084] 특히, 중합체 블렌드들의 열역학의 여러 가지 이론적 관점들이 고려될 때에도, 혼화성에 대한 예측은 화합물의 쌍극자 모멘트, 표면 장력, 용해성 매개변수 및 다른 매개변수들을 기반으로 해도 성공하기가 어려울 수 있다.

[0085] 일부 양태들에서, 오일 또는 오일 배합물은 가교결합 또는 부분 가교결합된 중합체의 투명 중합체 망구조에 포함된다.

[0086] '포함된'이란, 여기서 중합체 망구조 내에 포함되는 것으로 정의되며, 예컨대, 중합체와 오일 또는 오일 배합물은 겔 형태로 존재할 수 있다.

[0087] 일부 양태들에서, 오일 또는 오일 배합물의 양은 상기 가교결합 또는 부분 가교결합된 중합체의 투명 중합체 망구조의 0.1 내지 90 vol/vol%, 예컨대 10 내지 80 vol/vol% 범위, 예를 들어 20 내지 70 vol/vol% 범위이다. 일부 양태들에서, 오일 또는 오일 배합물의 양은 변형가능한 렌즈 바디의 약 80 부피%를 구성한다.

[0088] 일부 추가 양태들에서, 오일 또는 오일 배합물은 해수면 기압에서 비등점이 200℃ 이상인 것이다.

[0089] 변형가능한 렌즈 바디와 조정가능한 렌즈를 포함하는 카메라 장치의 작동 온도는 -40℃ 내지 100℃만큼 광범위할 수 있다. 특히, 장시간 동안 고온 범위를 견디기 위해서는, 변형가능한 렌즈 바디의 안정성이 이러한 온도들에서 우수해야 한다. 100℃에서 1000 시간의 기간 동안 노출 후, 렌즈 바디의 투명도 또는 강성도 또는 총 중량의 변화는 5%가 넘지 않아야 한다. 저 분자량의 오일들, 예컨대 1000 gr/mol 미만이 상기 렌즈 바디의 상당 부분을 구성할 때, 이러한 오일들은 관련 온도들에서 높은 비등점과 낮은 수증기압을 나타내야 한다.

[0090] 중합체

[0091] 일부 양태들에서, 가교결합 또는 부분 가교결합된 중합체의 중합체 망구조는 가교결합 또는 부분 가교결합된 폴리실록산의 중합체 망구조이다.

[0092] 막대한 수의 중합체들 중에서, 특정 폴리실록산은 유연한 변형가능한 렌즈 바디 및 이의 제조에 유용한 것으로 밝혀졌다. 흔히 실리콘이라 불리는 폴리실록산은 부분적으로 유기 화합물이지만, 대부분의 중합체와 달리, 탄소가 없는 주쇄(backbone)를 보유하고, 대신 규소와 산소 원자들이 교대로 구성되어 있다. 대부분의 폴리실록산에서, 2개의 유기 기, 종종 메틸 또는 페닐은 각 규소 원자에 부착되어 있다. 일반적으로, 폴리실록산은 예외적으로 안정하고 불활성이다. 비닐-말단의 실록산은 유용성 및 특히 다소 잘 알려진 구조로 인해, 탄성중합체성 실리콘 망구조를 제조하는 데 일반적으로 사용된다. "비닐 말단의"란, 일반적으로 선형 중합체 분자의 각 말단에 하나의 비닐 기가 있다는 것을 의미한다. 이것은 다른 생산자들로부터 분자량이 200부터 200,000 초과 범위인 것을 입수할 수 있다. Gelest Inc. 제품인 DMS-V00 내지 DMS-V52 시리즈는 쉽게 입수할 수 있는 비닐 말단의 폴리디메틸실록산의 범위를 가리킨다. 또한, 페닐 함유 유사체도 Gelest Inc.(PVD 및 PMV 시리즈)로부터 입수할 수 있고, 디메틸 실록산과 디에틸 실록산의 공중합체도 존재한다(EDV-2025). 비닐 말단의 폴리실록산 외에, 폴리 코-(비닐메틸 디메틸) 실록산, 폴리비닐메틸실록산, 장쇄 분지형 비닐-작용기성 폴리실록산 및 다수의 비닐 말단 기를 보유하는 실세스퀴옥산(silsesquioxane)도 존재한다.

[0093] 본 발명에는 분자당 2개 이상의 비닐 기를 함유하는 비닐 함유 폴리실록산이 바람직하다. 더욱 바람직하게는, 분자당 2개 내지 5개 사이의 비닐 기를 함유하는 비닐 함유 폴리실록산이 사용될 수 있다. 이러한 비닐 함유 폴리실록산은 바람직하게는, 분자당 2 내지 5개의 비닐 기를 함유하는, 폴리디메틸 실록산, 폴리(메틸 페닐) 실록산, 폴리 co-(디메틸 디페닐) 실록산, 폴리 ter-(디메틸 디페닐 메틸페닐) 실록산으로 이루어진 그룹 중에서 선택될 수 있다.

[0094] 예컨대, 폴리디메틸실록산(PDMS)의 화학식은 $CH_3[Si(CH_3)_2O]_nSi(CH_3)_3$이며, 여기서 n은 반복 단량체 $[SiO(CH_3)_2]$ 단위의 수이다. PDMS는 광학적으로 깨끗하고, 불활성, 비독성 및 불연성인 것으로 생각된다.

[0095] 본래, Si-H 기가 분자당 2개 이상인 모든 화합물은 본 발명의 가교제로서 3차원 실리콘 망구조를 형성하는데 작용할 수 있는데, 그 이유는 이러한 기들이 칼스테드(Karstedt) 촉매와 같은 전이 금속에 의해 촉진된 비닐 기와 쉽게 반응하기 때문이다. 중합체성 가교제를 사용하는 것은, 예컨대 휘발성을 감소시키는데 종종 바람직하다. 시중에서 입수할 수 있는 적당한 시스템은 다양한 배열과 분자량의 폴리 코-(메틸 디메틸) 실록산이다; 일부 예는 HMS-031, HMS-064, HMS-301(Gelest Inc.)이다. 또한, 폴리메틸하이드로실록산의 단독중합체, 예컨대 Gelest Inc.의 HMS-991도 적용할 수 있다.

[0096] 또한, 다른 측기(예컨대, 에틸, 페닐)를 보유하는 등가의 가교제도 하이드로실릴 작용기성 공중합체 및 단독중합체로서 존재한다. 그 예로는, HES-992, HDP-111, HPM-502(Gelest Inc.c)가 있다. 또한, 비-중합체성 가교제, 예컨대 하이드로실릴 기를 3개 및 4개 보유하고 가교제로서 작용하는 공지된 특정 분자를 사용하는 것도 가능하다. 사작용기성(tetrafunctional) SiH 가교제의 몇몇 예는 테트라키스디메틸실록시 실란, 테트라키스디페닐실록시 실란 및 테트라키스디에틸실록시 실란이다. 삼작용기성 가교제의 예는, 예컨대 메틸트리스디메틸실록시실란 및 페닐트리스디메틸실록시실란이다.

[0097] 본 발명에 사용하기에 유용한 하이드라이드(hydride) 작용기를 보유하는 가교제는 분자당 평균 2개 이상의 하이드로실릴 기를 보유하는 폴리실록산과 같은 하이드로실릴-함유 단쇄 중합체이다. 더욱 바람직하게는, 이러한 하이드로실릴 함유 폴리실록산은 분자당 평균 2개 이상의 하이드로실릴 기를 함유하는, 폴리메틸실록산, 폴리메틸페닐 실록산 및 폴리 코-(디메틸 디페닐) 실록산으로 이루어진 그룹 중에서 선택될 수 있다. 특히 더욱 바람직한 하이드로실릴 함유 폴리실록산은 분자당 평균 3 내지 15개의 하이드로실릴 기를 함유하는 폴리메틸실록산, 폴리메틸페닐 실록산 및 폴리 코-(디메틸디페닐) 실록산으로 이루어진 그룹 중에서 선택될 수 있다.

[0098] 이러한 하이드로실릴 함유 폴리실록산은 수평균분자량이 300 내지 100,000, 바람직하게는 300 내지 40,000, 더욱 바람직하게는 300 내지 20,000, 가장 바람직하게는 320 내지 10,000인 것이 좋다. 이 중합체들의 다분산도

(Mw/Mn)는 1 내지 5, 바람직하게는 1 내지 3 범위인 것이 좋다.

[0099] 질적으로 양호한 렌즈 중합체를 수득하는데 중요한 또 다른 요인은 비닐 함유 폴리실록산과 하이드로실릴 함유 가교제의 비로서, 이 비가 중합체의 가교에 결정적이어서 렌즈의 유연성 및 탄성에 영향을 미칠 것이다.

[0100] 경화된 중합체에 반응성 작용기(예컨대, 비닐 또는 하이드로실릴)를 피하기 위해서는 중합체를 조제할 때 반응물들을 화학량론적 양으로 사용하는 것이 종종 바람직하다. 하지만, 이러한 반응에서 전혀 예상치 않게도, 비-화학량론적 양의 시약들을 사용하는 것이 유리하고, 특히, 과량의 비닐 기를 사용하는 것이 바람직한 경우가 있다. 바람직하게는, 예비중합체 혼합물에서 하이드로실릴 기와 비닐 기 사이의 화학량론적 비는 0.3 내지 0.9이고, 더욱 바람직하게는 0.3 내지 0.7이다. 반응 속도는 일반적으로 반응을 수행하는 종들의 농도에 다소 비례한다. 2개의 작용 기 중 하나를 과량 사용하면, 가교결합 속도가 증가하고, 렌즈 생산 시간을 단축시킨다. 놀랍게도, 본 발명자들은 조립된 조정가능한 렌즈의 광범위한 신뢰도 시험 동안 과량의 비닐 기의 존재에 대한 어떠한 부작용도 관찰하지 못했다.

[0101] 통상적으로, 하이드라이드 함유 가교제와 비닐 함유 폴리실록산의 가교, 즉 하이드로실릴화는 열 촉매를 사용하여 수행되고 있다. 비닐 기를 이용한 하이드로실릴화 반응의 공지된 촉매는 칼스테드 촉매 $Pt_2\{[(CH_2=CH)Me_2Si]_2O_3\}$이며, 이 촉매는 리간드들의 다른 변형들로도 입수용이하다. 이러한 변형들은 다른 온도에서 반응 속도에 영향을 미치고 조정하는데 바람직했다. 당해의 상황에서 통상의 칼스테드 촉매를 사용하는 것을 고려할 때의 단점은 칼스테드 촉매가 보통 5 내지 100 ppm Pt 영역(일반적으로 최종 중합체의 바람직한 가교 속도와 변색 사이의 최적화)에서 이용된다는 것이고, 더 높은 촉매 농도는 촉매 자체에 의한 고유 흡수를 제공하고 승온에서의 열 분해를 유발할 수 있었다. 조절되지 않는 변색은 물론 특정 성질을 가진 변형가능한 중합체의 형성을 고속의 재현가능한 공정으로 조절하고자 할 때 문제점이다.

[0102] 고속 중합 및 어셈블리 공정을 준비하기 위해서는 단일 제조 공정을 개시하기 전에 예비중합체 혼합물을 준비하는 것이 유리하다. 하이드로실릴화를 통해 가교결합된 실리콘 중합체, 예컨대 비닐 말단의 폴리실록산을 제조하기 위한 사전혼합된 예비중합체 혼합물은 대체로 최소 비닐 함유 폴리실록산(바람직하게는, 분자당 비닐 기가 2개 이상인 것), 하이드로실릴 함유 가교제, 예컨대 하이드로실릴 함유 폴리실록산(바람직하게는, 분자당 H-Si 기가 2개 이상인 것) 및 하이드로실릴화 반응이 일어나도록 하기에 적당한 전이금속 촉매로 이루어진다. 또한, 예비중합체 혼합물은 첨가제, 예컨대 비작용기성 실록산(0 내지 90%), 안정화 보조제(UV 안정제, 열안정제, 항미생물성 화합물), 충전제(무기 또는 유기 입자), 염료/착색제 등을 함유할 수 있다.

[0103] 또한, 특정 경우에는 2 이상의 비닐 함유 폴리실록산 및/또는 2 이상의 하이드로실릴 함유 화합물을 혼합하는 것이 유익할 수도 있다. 한 예는 사슬 신장제로서 2-작용기성 하이드로실릴 화합물을 사용하는 것이지만, 가교제로서 3 이상의 작용기성 하이드로실릴을 사용하면 예비중합체 혼합물의 점도를 낮출 수 있다.

[0104] 3가지 필수 성분들(비닐, 하이드로실릴 및 촉매)을 혼합하면, 가교결합 반응이 시작될 것이고, 이는 연속 중합체 망구조가 형성되기 전의 중대한 시간이다. 따라서, 예비중합체 혼합물은 거짓 또는 준-안정 상태라고 생각된다. 유연성 중합체를 조율가능한 렌즈용으로 실제 적용 시에는, 가교결합이 조절될 수 있는 방식으로 예비중합체 혼합물을 제조하는 것이 필요하다. 이 예비중합체 혼합물은 적당히 긴 가용시간(pot-life), 즉 관련 성분들의 혼합 후 예비중합체 혼합물이 사용될 수 있고, 동시에 승온에서 짧은 시간 내에 탄성중합체성 고체로 경화할 수 있는 꽤 긴 시간 창을 보유하는 것이 이상적이다. 실제로, 당해의 예비중합체 혼합물은 보통 6시간이 넘는 저장 안정성을 나타낼 것이다. 예비중합체 혼합물의 성분들을 혼합한 때에는 모든 성분들이 잘 혼합되는 것이 중요하다.

[0105] 예비중합체 혼합물은 혼합 후 점도가 낮고 안정성이어야 한다. 실제로, 상기 예비중합체 혼합물은 점도가 저 분자량의 출발 물질에 의해 성취될 수 있는 쉽고 빠른 취급을 위한 5000 cst 미만인 것이 좋다. 이러한 낮은 점도는 바닥 판에 소적(droplet)의 빠른 위치/침착 및 확산에 유리하다.

[0106] 게다가, 예비중합체 혼합물은 중합이 개시될 때 고속 반응이 일어나도록 하기 위해 고농도의 반응성 기를 보유해야 한다. 반응 속도(r)는 반응물의 농도, 예컨대 하이드로실릴 함유 가교제의 농도($C_{하이드로실릴}$) 및 비닐 함유 실록산의 농도($C_{비닐}$) 및 반응 상수 k에 의존적이다: $r = k \cdot C_{하이드로실릴} \cdot C_{비닐}$.

[0107] 따라서, 본 발명의 한가지 관점은 조정가능한 광학 렌즈와 같은 조정가능한 광학 성분을 제조하는데 유용한 예비중합체 혼합물에 관한 것이며, 이 예비중합체 혼합물은 분자당 2개 이상의 하이드로실릴 기를 보유하는 하이드로실릴 함유 가교제, 분자당 2개 이상의 비닐 기를 보유하는 비닐 함유 폴리실록산 및 전이금속 촉매를 함유

한다.

[0108] 한 양태에 따르면, 본 발명은 분자당 평균 2개 이상의 하이드로실릴 기를 보유하는 하이드로실릴 함유 폴리실록산, 분자당 2개 내지 5개 사이의 비닐 기를 보유하는 비닐 함유 폴리실록산 및 백금 촉매를 함유하는 예비중합체 혼합물에 관한 것이다.

[0109] 다른 양태에 따르면, 예비중합체 혼합물은 분자당 하이드로실릴 기를 평균 2개 이상 함유하는 폴리메틸실록산, 폴리메틸페닐 실록산 및 폴리 코(디메틸 디페닐) 실록산으로 이루어진 그룹 중에서 선택되는 하이드로실릴 함유 가교제; 분자당 2 내지 5개의 비닐 기를 함유하는 폴리디메틸실록산, 폴리(메틸 페닐)실록산, 폴리 co-(디메틸 디페닐)실록산, 폴리 ter-(디메틸 디페닐 메틸페닐)실록산으로 이루어진 그룹 중에서 선택되는 비닐 함유 폴리실록산, 및 백금 촉매를 함유한다.

[0110] 다른 양태에 따르면, 예비중합체 혼합물은 분자당 하이드로실릴 기를 평균 3 내지 15개 사이로 함유하는 폴리메틸실록산, 폴리메틸페닐 실록산 및 폴리 코(디메틸 디페닐) 실록산으로 이루어진 그룹 중에서 선택되는 하이드로실릴 함유 가교제; 분자당 2 내지 5개의 비닐 기를 함유하는 폴리디메틸실록산, 폴리(메틸 페닐)실록산, 폴리 co-(디메틸 디페닐)실록산, 폴리 ter-(디메틸 디페닐 메틸페닐)실록산으로 이루어진 그룹 중에서 선택되는 비닐 함유 폴리실록산, 및 백금 촉매를 함유한다.

[0111] 다른 양태에 따르면, 분자당 비닐 기를 2 내지 5개 사이로 함유하는 폴리디메틸 실록산, 폴리(메틸 페닐)실록산, 폴리 co-(디메틸디페닐)실록산, 폴리 ter-(디메틸 디페닐 메틸페닐) 실록산으로 이루어진 그룹 중에서 선택되는 비닐 함유 폴리실록산은 비닐 말단의 폴리실록산이다.

[0112] 다른 양태에 따르면, 분자당 하이드로실릴 기를 3 내지 15개 보유하는 하이드로실릴 함유 폴리실록산도 역시 하이드로실릴 말단의 폴리실록산이다.

[0113] 본 발명의 다른 양태에 따르면, 비-화학량론적 양의 비닐 기 및 하이드로실릴 기가 예비중합체 혼합물에 사용되고, 바람직하게는 과량의 비닐 기가 사용된다. 바람직하게는, 하이드로실릴 기와 비닐 기 사이의 화학량론적 비는 0.3 내지 0.9, 더욱 바람직하게는 예비중합체 혼합물에서 0.3 내지 0.7인 것이 좋다.

[0114] 본 발명의 또 다른 양태에 따르면, 예비중합체 혼합물의 가용시간은 주위 온도에서 약 6시간이다.

[0115] 예비중합체의 경화는 조정가능한 렌즈 어셈블리를 예컨대 50℃ 내지 180℃ 또는 이보다 높은 임의의 온도의 오븐에서 1 내지 20시간(중합체 포뮬레이션에 따라) 동안 넣어 수득할 수 있다.

[0116] 각 렌즈마다 예비중합체 혼합물은 1소적(droplet)만 사용되며, 예비중합체 혼합물 1리터로부터 약 500,000 내지 1,000,000개의 렌즈가 제조될 수 있다. 따라서, 백만개의 렌즈를 생산하기 위해서는 약 1 내지 2kg의 예비중합체 혼합물만이 필요하다.

[0117] 오일

[0118] 본 발명은 가교결합된 중합체에 오일을 첨가하는 것에 관한 것이다. 본 발명의 오일은 장치가 사용되는 모든 온도에서 가교결합 중합체와 혼화성이어서, 균일하고 열역학적으로 안정한 혼합물을 산출한다. 적당한 오일은 다양한 유기산 및 무기산의 지방족 에스테르 및 방향족 에스테르, 예컨대 프탈레이트, 포스페이트, 말리에이트, 푸마레이트, 스테아레이트; 방향족 또는 지방족 탄화수소; 중합체성 또는 올리고머성 에스테르 또는 폴리에스테르; 방향족 에테르; 다양한 리간드, 예컨대 메틸, 페닐, 나프틸 및 특히 치환된 방향족 리간드, 특히 브롬 또는 요오드와 같은 무거운 원자 치환체를 보유하는 올리고머성 또는 중합체성 실록산; 중금속 원자, 예컨대 Ti, Zr, Zn, Ge, As를 함유하는 금속유기 오일로 이루어진 그룹 중에서 선택되어도 좋다.

[0119] 따라서, 일부 양태에 따르면, 오일 또는 오일 배합물은 올리고머성 또는 중합체성 실록산으로 이루어진 그룹 중에서 선택된다.

[0120] 나노입자

[0121] 일부 양태들에서, 변형가능한 렌즈 바디는 추가로 분산된 입자로서 또는 동일계에서 금속유기(metalorganic) 또는 무기 상이 산출되는 혼성 물질로서 중합체 망구조 내에 또는 투명 오일 내에 함유된, 변형가능한 렌즈 바디의 굴절률을 증가시키는데 유용한 무기 또는 금속유기 나노입자를 함유한다.

[0122] 나노입자는 평균입자크기가 10 nm 미만의 범위일 수 있다.

[0123] 나노입자는 티타늄 산화물, 지르코늄 산화물, 주석 산화물, 아연 산화물 등으로 이루어진 그룹 중에서 선택될

수 있다.

[0124] 나노입자는 변형가능한 렌즈 바디의 0 내지 50 부피%를 구성할 수 있다.

[0125] 촉매

[0126] 일부 양태들에서, 변형가능한 렌즈 바디를 구성하는 가교결합 또는 부분 가교결합된 폴리실록산의 중합체 망구조는, 분자당 평균 3 내지 15개 사이의 하이드로실릴 기를 함유하고 10 내지 25개의 단량체 단위를 보유하는 폴리메틸실록산, 폴리메틸페닐실록산 및 폴리 코(디메틸 디페닐)실록산으로 이루어진 그룹 중에서 선택되는 하이드로실릴 함유 가교제; 분자당 2 내지 5개 사이의 비닐 기를 함유하고 10 내지 40개의 반복 단량체 단위를 보유하며 하이드로실릴 기 대 비닐 기의 화학량론적 비율이 0.3 내지 0.9인, 폴리디메틸실록산, 폴리(메틸 페닐) 실록산, 폴리 co-(디메틸 디페닐)실록산, 폴리 ter-(디메틸 디페닐 메틸페닐) 실록산으로 이루어진 그룹 중에서 선택되는 비닐 함유 폴리실록산; 및 전이금속 촉매를 함유하는 점도가 5000 cSt 미만인, 액체 예비중합체 혼합물로부터 제조된다.

[0127] 일부 다른 양태들에 따르면, 전이금속 촉매는 백금 (II) 비스(아세틸아세토네이트)이다. 또 다른 일부 양태들에 따르면, 전이 금속 촉매는 칼스테드 촉매, 예컨대 Pt 1,3 디비닐-1,1,3,3-테트라메틸디실록산이다.

[0128] 일부 양태들에 따르면, 가교결합 속도 조절제, 예컨대 저해제 또는 지연제가 포뮬레이션에 포함된다. 이러한 조절제는 비닐, 알릴, 카르보닐 등과 같은 기를 하나 이상 함유하는 전자 공여 화합물의 범위 중에서 선택될 수 있다.

[0129] 투명 광학 장치 소자는 카메라 모듈, 예컨대 모바일폰 카메라, 내시경, 자동차 카메라, 랩탑, 산업상 이용분야 및 그 외 수많은 이용분야에서 렌즈로서 사용될 수 있다.

[0130] 렌즈로서 사용 시, 본 발명은 하나의 예상으로서, 간단한 자동초점 기술이 되어, 자동 또는 반자동 대량 생산 시설에서, 웨이퍼 스케일 MEMS 또는 반도체 시설 및 최신 어셈블리와 포장 기술을 이용하여 매우 낮은 가격으로 매우 다량으로 생산할 수 있는 장점이 있다.

[0131] 본 발명은 매우 짧은 시간 프레임 안에, 특히 1ms 이내에 초점을 변화시킬 수 있고, 이로써 카메라 및 랩탑 PC와 같은 휴대용 모바일 장치의 배터리 수명 시간을 연장시키는 전력을 적게 사용할 수 있는 자동초점 카메라용 등의 조정가능한 렌즈를 다량으로 생산할 수 있게 한다.

[0132] 본 발명의 제5 관점에 따르면, 변형가능한 렌즈 바디의 굴절률을 변화시키는 방법으로서,

[0133] - 투명 중합체 망구조에 오일 또는 오일 배합물을 첨가하는 단계를 포함하는 방법이 제공된다.

[0134] 변형가능한 렌즈 바디의 굴절률 변화는 투명 광학 장치 소자의 굴절률 변화로 읽을 수 있다.

[0135] 변화는 RI의 감소 또는 증가일 수 있다. 예를 들어, 오일 또는 오일 배합물보다 낮은 RI를 가진 중합체 망구조를 배합하거나, 또는 오일 또는 오일 배합물보다 높은 RI를 가진 중합체 망구조를 배합하면, RI의 변동이 성취될 수 있다.

[0136] 본 발명의 제5 관점에 따른 방법은 추가로

[0137] - 투명 중합체 망구조와 오일 또는 오일 배합물을 경화시켜, 오일 또는 오일 배합물을 포함하는 가교결합된 또는 부분 가교결합된 중합체의 투명 중합체 망구조를 제공하는 단계를 포함할 수 있다.

[0138] 일부 양태들에서, 본 발명의 제5 관점에 따른 방법은 본 발명의 제1 관점에 따른 오일 또는 오일 배합물을 이용한다.

[0139] 추가 관점에 따르면, 본 발명은 본 발명에 따라 제조된 샌드위치 구조의 조정가능한 광학 렌즈로서, 액추에이터(1)를 측벽(4)에 의해 지지된 얇은 유리 표면(2) 위에 포함하는 제1 면에 의해 경계가 지어진 공동에 국한되어 있는 유연성의 변형가능한 렌즈 바디(3)를 포함하고, 상기 공동의 바닥 면을 구성하는 제2 표면이 렌즈 바디 위에 부착된 투명 판(5)으로서 상기 측벽과 상기 투명판의 가장자리 사이에 개구부가 있도록 배열되어 있으며, 상기 변형가능한 렌즈 바디(3)가 전단 탄성률이 100 kPa 미만인 광학 렌즈에 관한 것이다.

[0140] 본 발명의 제1, 제2 및 제3 및 여타 관점들 또는 양태들은 각각 임의의 다른 관점들 및 양태들과 조합될 수 있다. 본 발명의 이러한 관점 및 다른 관점들은 이하에 설명되는 양태들로부터 분명해질 것이고 이 양태들을 참고로 하여 명확해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0141] 이제 첨부 도면을 참고로 하여 본 발명에 따른 투명 광학 장치는 더 상세하게 설명될 것이다. 도면들은 본 발명을 수행하는 한가지 방식을 도시한 것이며, 첨부된 청구항 세트의 범위에 속하는 다른 가능한 양태들에 대해 제한되는 것으로 간주하지 않아야 한다.

도 1은 투명 광학 장치 소자 및 본 발명의 한 관점에 따르는 투명 광학 장치 소자를 생산하는 여러 단계들을 도시한 것이다.

도 2는 굴절률이 더 높은 오일을 첨가함에 의한 가교결합된 폴리디메틸실록산의 굴절률 증가를 보여준다.

도 3은 굴절률이 더 높은 오일을 첨가함에 의한 가교결합된 폴리 co-(디페닐 디메틸)실록산의 굴절률 증가를 보여준다.

도 4는 굴절률이 더 높은 오일을 첨가함에 의한 가교결합된 폴리 co-(디페닐 디메틸)실록산의 굴절률 증가를 보여준다.

도 5는 고 굴절률의 오일을 첨가함에 의한 시판 광학 실리콘의 굴절률 증가를 보여준다.

도 6은 굴절률이 1.546인 다른 시판 실리콘인 OE-6450(다우 코닝)을 지시에 따라 혼합하고, 굴절률이 1.58인 다양한 양의 1,1,3,5,5-펜타페닐, 1,3,5-트리메틸-트리실록산을 첨가한 예를 도시한 것이다.

도 7은 동적 리오미터(dynamic rheometer)를 사용하여 측정한, 전단 탄성률의 함수로서의 손실 탄젠트(tan δ)를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0142] 도 1은 투명 광학 장치 소자 및 본 발명의 한 관점에 따른 투명 광학 장치 소자를 생산하는 여러 단계들(a 내지 e)을 도시한 것이다. 도 1에 예시된 투명 광학 장치 소자는 변형가능한 렌즈 바디(3), 연속성 또는 반연속성 경질 측벽(4)에 의해 지지된 얇은 가요성 유리 표면(2) 위에 배치된 액추에이터(1)를 포함한다.

[0143] 실시예 1: 폴리디메틸실록산 망구조

[0144] 도 2는 고 굴절률의 오일을 첨가함으로써 가교결합된 폴리디메틸실록산의 굴절률 증가를 도시한 것이다. 3차원의 망구조는 1.404의 굴절률을 제공하는 테트라키스(디메틸실록시)실란과 가교결합된 비닐 말단의 폴리디메틸실록산(PDMS)으로 이루어진다. 오일은 굴절률이 1.55인 1,1,5,5-테트라페닐, 1,3,3,5-테트라메틸-트리실록산(회색), 굴절률이 1.66인 2-브로모나프탈렌(바둑판무늬), 굴절률이 1.48인 저분자량의 폴리(페닐메틸)실록산 (열린 원)(생산자에 따라 분자량이 350 내지 450인 PMM-0011(Gelest))이다. 2가지 고분자량의 오일 중 약 5%만이 3차원 PDMS 망구조와 융화성이었지만, 그럼에도 불구하고 선형 첨가 규칙에 따라 굴절률을 증가시켰다. 이 수준 이상에서, 최종 중합체는 고체로 경화하지 않거나(브로모나프탈렌), 또는 오일과 중합체 망구조의 상 분리로 인해 불투명한 고체를 산출했다. 하지만, 1.48 굴절률의 폴리(페닐메틸)실록산(PMM-0011)은 0 내지 100% 전 범위에서 PDMS와 혼화성이었다. >80% 오일에서, 중합체는 너무 느슨하게 가교결합되어 반고체 또는 특히 액체 물질을 제공했다.

[0145] 실리콘 망구조와 비-작용기성 올리고머/중합체의 혼화성에 대한 분자량의 중요성을 입증하기 위해, 굴절률이 1.48인 것보다 고 분자량인 다른 폴리(페닐메틸)실록산을 첨가했다(PMM-0021, Gelest Inc.). 이 중합체는 굴절률이 1.52이고, 생산자에 따라 분자량이 700 내지 900이다. PDMS 망구조 내에 불과 1% 정도의 적은 오일에도, 최종 중합체는 불투명했고, 광학 이용분야에 쓸모가 없었다.

[0146] 굴절률이 1.58인 1,1,3,5,5-펜타페닐, 1,3,5-트리메틸-트리실록산을 폴리디메틸실록산 망구조에 겨우 5% 첨가해도 불투명한 고체 중합체가 산출되었다. 두 오일, 즉 이 오일과 굴절률이 1.48인 폴리(페닐메틸)실록산(PMM-0011)을 1:9의 비로 혼합하면, 폴리디메틸실록산 망구조로 50%가 넘게 실행하는 것이 가능했다. 이 중합체의 굴절률은 1.448이었고, 오로지 50%의 PMM-0011에 의해 1.440의 굴절률이 성취되었다. 이것은 최적의 오일 또는 오일 블렌드를 신중하게 선택함으로써 순수 중합체 망구조가 제공하는 것보다 높은 굴절률을 가진 혼화성 중합체를 수정 및 수득하는 것이 가능하다는 것을 보여준다.

[0147] 실시예 2 폴리-코(디페닐 디메틸) 실록산 망구조

[0148] 도 3은 굴절률이 더 높은 오일을 첨가함에 의한 가교결합된 폴리 코(디페닐 디메틸)실록산의 굴절률 증가를 보

여준다. 3차원 망구조는 1.46의 굴절률을 제공하는 테트라키스(디메틸실록시)실란과 가교결합된 비닐 말단의 폴리 코(디메틸 디페닐)실록산(약 16 몰% 디페닐)으로 이루어진다. 오일은 굴절률이 1.58인 1,1,3,5,5-펜타페닐, 1,3,5-트리메틸-트리실록산(열린 원), 굴절률이 1.55인 1,1,5,5-테트라페닐, 1,3,3,5-테트라메틸-트리실록산(바둑판무늬)이다. 약 20%의 고분자량의 오일은 3차원 PDMS 망구조와 융화성이었다. 이 수준 이상에서, 최종 중합체는 오일과 중합체 망구조의 상 분리로 인한 불투명 고체를 산출했다. 하지만, 1.55 굴절률의 오일은 0 내지 100% 전 범위에서 망구조 실리콘과 융화성이었다. >80% 오일에서, 중합체는 너무 느슨하게 가교결합되어 반고체 또는 특히 액체 물질을 제공했다.

[0149] 실시예 3: 폴리-코(디페닐 디메틸) 실록산 망구조(II)

[0150] 도 4는 굴절률이 더 높은 오일을 첨가함에 의한 가교결합된 폴리 코(디페닐 디메틸)실록산의 굴절률 증가를 보여준다. 3차원 망구조는 1.50의 굴절률을 제공하는 테트라키스(디메틸실록시)실란과 가교결합된 비닐 말단의 폴리 코(디메틸 디페닐)실록산(약 20 몰% 디페닐)으로 이루어진다. 오일은 굴절률이 1.58인 1,1,3,5,5-펜타페닐, 1,3,5-트리메틸-트리실록산(열린 원), 굴절률이 1.66인 브로모나프탈렌(바둑판무늬)이다. 1.58 굴절률의 오일은 0 내지 100% 전 범위에서 망구조 실리콘과 융화성이었다. >80% 오일에서, 중합체는 너무 느슨하게 가교결합되어 반고체 또는 특히 액체 물질을 제공했다. 굴절률의 증가는 단순 첨가 규칙을 따른다. 망구조 중합체는 20% 브로모나프탈렌의 첨가 시 융화성이었고, 이 수준 이상에서 중합체는 완전하게 경화하지 않고, 투명하게 유지되었다. 굴절률은 선형 첨가 규칙과 일치하는 수준으로 증가했다.

[0151] 실시예 4: 시판 실리콘에 고 굴절률 오일의 배합

[0152] 도 5는 고 굴절률의 오일을 첨가함에 의한 시판 광학 실리콘의 굴절률 증가를 도시한 것이다. 시판 실리콘인 LS-6257(Nusil)은 지침에 따라 혼합했고, 굴절률이 1.58인 다양한 양의 1,1,3,5,5-펜타페닐, 1,3,5-트리메틸-트리실록산을 첨가했다. 55% 이하의 오일 농도에서, 최종 중합체는 경화 후 투명하고 유연하며 안정했다. 60% 오일을 사용 시, 경화된 중합체는 약간 불투명해져서 광학 이용분야에 사용하기에는 적합하지 않았다. 굴절률은 굴절률이 1.58인 오일 55%의 수준에서 1.55에서 1.567로 증가했다. 이는 선형 첨가 규칙에 따르는 것이었다.

[0153] 도 6은 굴절률이 1.546인 다른 시판 실리콘인 OE-6450(Dow Corning)을 지침에 따라 혼합하고, 굴절률이 1.58인 다양한 양의 1,1,3,5,5-펜타페닐, 1,3,5-트리메틸-트리실록산을 첨가했다. 50% 이하의 농도에서, 최종 중합체는 점차 더욱 유연해졌고, 경화 후에도 안정하고 투명했다. 60% 오일인 경우, 중합체는 경화되지 않고 액체 상태로 남아 있었다. 굴절률은 50% 오일에 의해 선형 첨가 규칙에 따라 1.546에서 1.563으로 증가했다. OE-6450의 혼합물에 1% 테트라키스(디메틸실록시)실란을 첨가하여, 80% 정도의 많은 오일로 안정하고 투명한 고체 중합체를 제조할 수 있었고, 1.573의 굴절률을 산출했다.

[0154] 실시예 5: 탄성률이 다른 탄성중합체의 동적 점탄성 행동

[0155] 도 7은 동적 리오미터를 사용하여 측정한 전단 탄성률의 함수로서 손실 탄젠트(tan δ)를 도시한 것이다. 모든 중합체는 비닐 말단의 폴리디메틸실록산을 폴리 코(-디메틸 메틸)실록산(DMS-V22 및 HMS-151, Gelest) 및 소량의 Pt 촉매와 혼합하여 제조했다. 비닐과 하이드라이드 간에 "비-화학량론적" 비를 가진 중합체가 모두 3 내지 10중량%의 HMS-151을 가진 과잉의 비닐 기에 의해 제조되었다. 최종 전단 탄성률은 0.2 내지 210 kPa로 변동적이었다. 오일이 첨가된 중합체는 1:9 비율의 HMS-151 대 DMS-V22, 및 0 내지 89중량%의 선형 폴리디메틸실록산 오일의 첨가에 의해 제조되었다. 최종 전단 탄성률은 3 내지 200kPa로 변동적이었다. 손실 탄젠트(tan δ) vs. 전단 탄성률을 플롯팅함으로써, 특히 탄성률이 100kPa 이하로 감소할 때, 오일을 보유한 중합체들의 손실 탄젠트가, 단순히 탄성중합체성 망구조에 매달린 중합체 말단을 도입시킴으로써 탄성률이 감소할 때보다 훨씬 낮아진다는 것이 분명하게 관찰되었다. 높은 손실 탄젠트는 바로 중합체를 함유하는 렌즈의 더 느린 구동으로 해석될 것이다.

[0156] 이상, 본 발명은 특정 양태들과 관련해서 설명되었지만, 제시된 실시예에만 제한되는 것으로 간주되지 않아야 한다. 본 발명의 범위는 후속 청구항 세트에 기술된다. 청구항의 문맥에서, "포함하고" 또는 "포함하여"란 용어는 다른 가능한 요소 또는 단계들을 배제하지 않는다. 또한, 단수적 표현의 언급은 복수를 배제하는 것으로 간주되지 않아야 한다. 도면에 표시된 요소들과 관련하여 청구항에 참조부호의 사용도 역시, 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 간주되지 않아야 한다. 게다가, 다른 청구항들에 언급된 각각의 특징들은 유리하게 조합할 수도 있으며, 다른 청구항들에서 이러한 특징들의 언급은 특징들의 조합이 불가능하고 유익하지 않음을 배제하는 것은 아니다.

부호의 설명

[0157] 1: 액추에이터

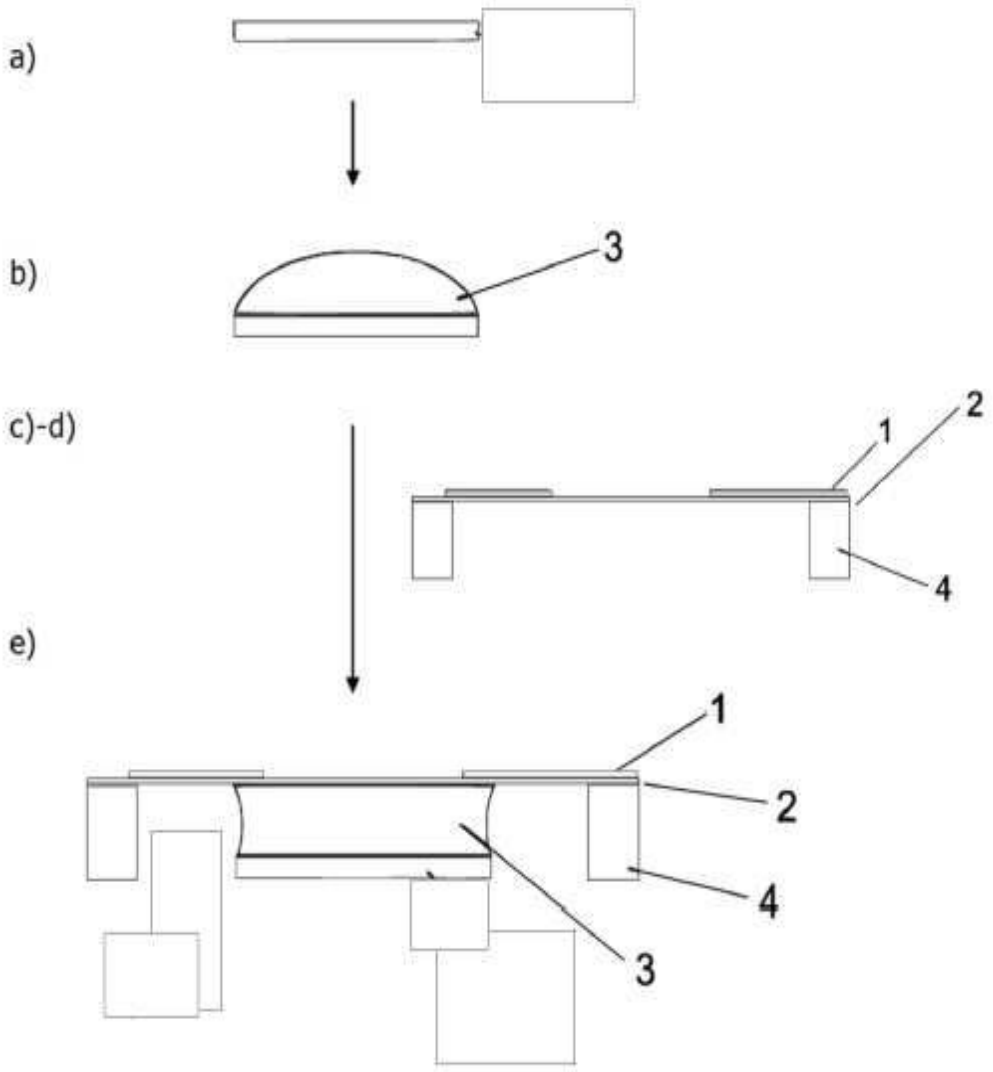
2: 가요성 유리 표면

3: 변형가능한 렌즈 바디

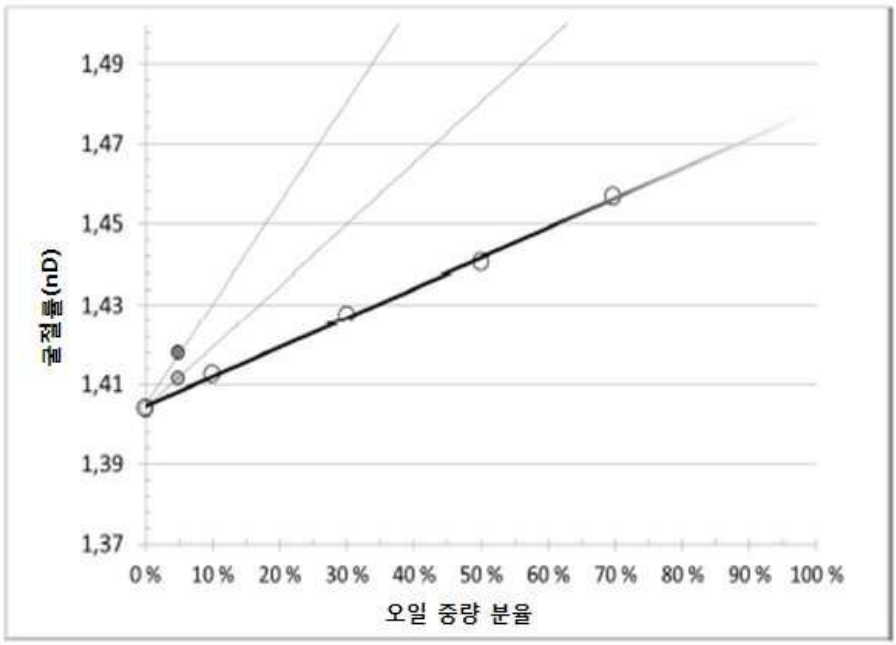
4: 측벽

도면

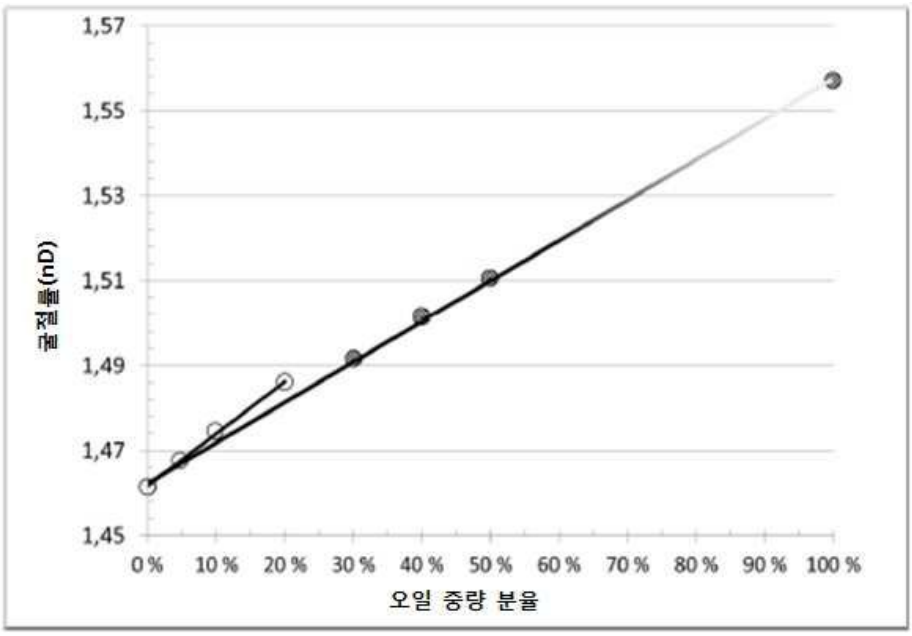
도면1



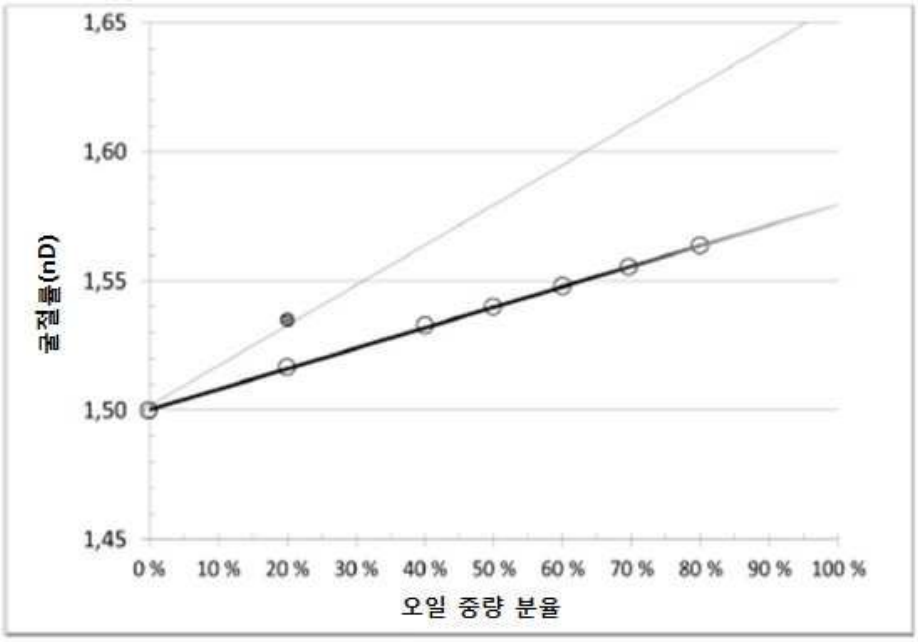
도면2


1,49
1,47
1,45
1,43
1,41
1,39
1,37
굴절률(nD)
0 %
10 %
20 %
30 %
40 %
50 %
60 %
70 %
80 %
90 %
100 %
오일 중량 분율

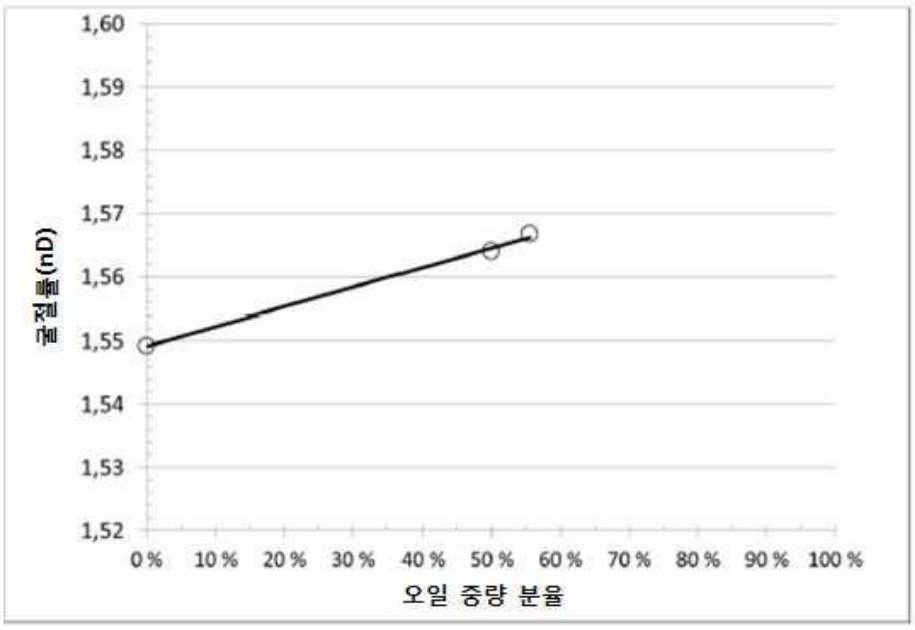
도면3


1,57
1,55
1,53
1,51
1,49
1,47
1,45
굴절률(nD)
0 %
10 %
20 %
30 %
40 %
50 %
60 %
70 %
80 %
90 %
100 %
오일 중량 분율

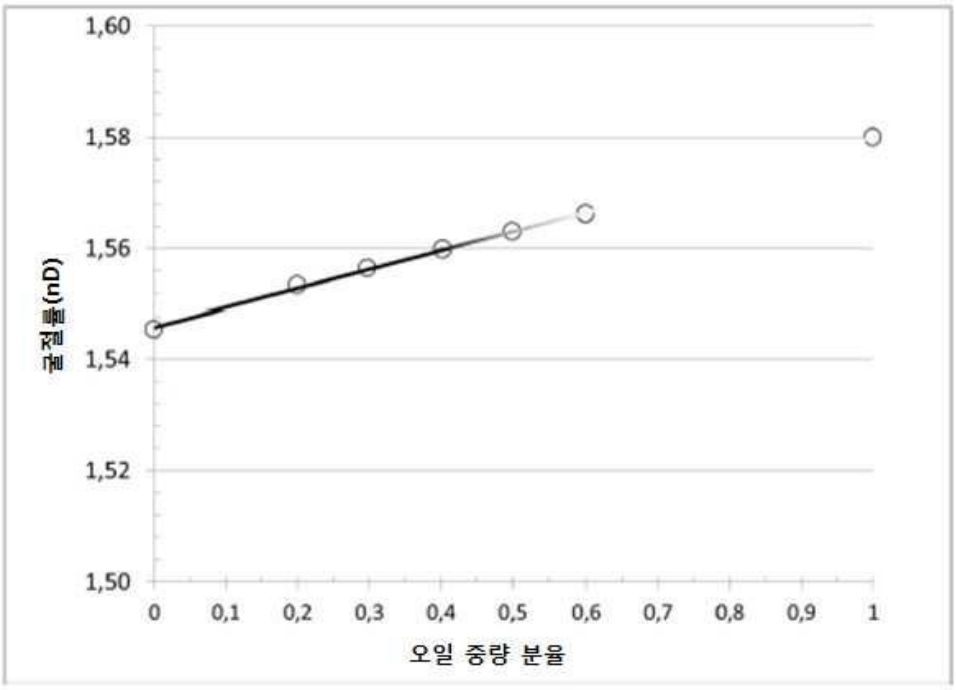
도면4


1,65
1,60
1,55
1,50
1,45
굴절률(nD)
0 %
10 %
20 %
30 %
40 %
50 %
60 %
70 %
80 %
90 %
100 %
오일 중량 분율

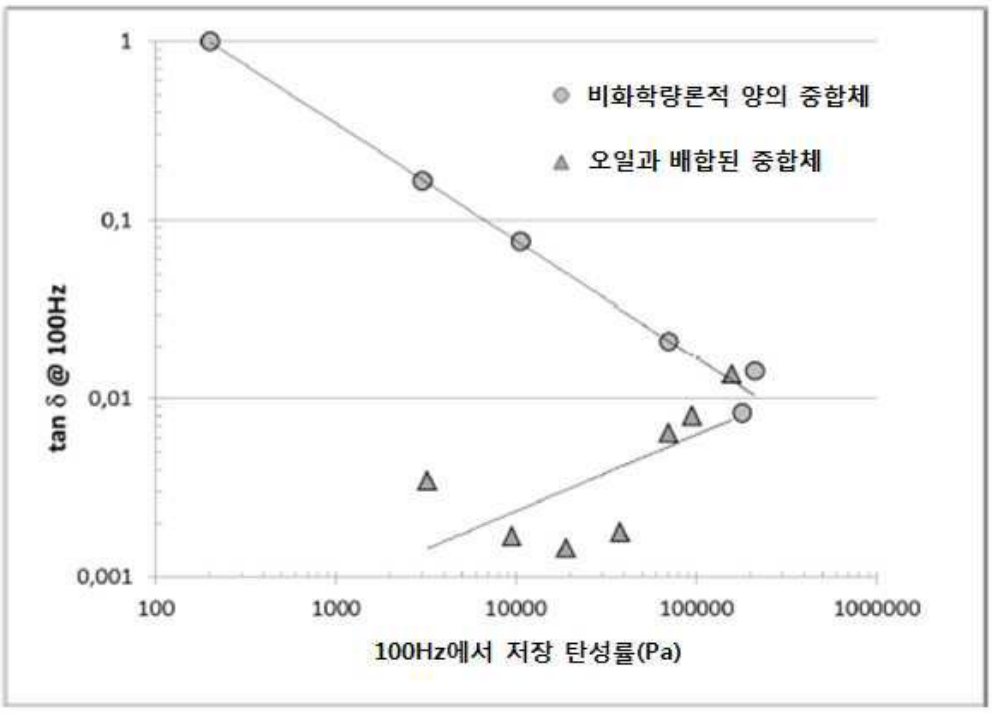
도면5


1,60
1,59
1,58
1,57
1,56
1,55
1,54
1,53
1,52
굴절률(nD)
0 %
10 %
20 %
30 %
40 %
50 %
60 %
70 %
80 %
90 %
100 %
오일 중량 분율

도면6


1,60
1,58
1,56
1,54
1,52
1,50
굴절률(nD)
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1
오일 중량 분율

도면7


1
0,1
0,01
0,001
tan δ @ 100Hz
비화학량론적 양의 중합체
오일과 배합된 중합체
100
1000
10000
100000
1000000
100Hz에서 저장 탄성률(Pa)