



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0109014
(43) 공개일자 2019년09월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C08J 5/18 (2006.01) C08F 2/46 (2006.01)
C08F 220/30 (2006.01) C08F 220/34 (2006.01)
C08J 3/24 (2006.01) C08K 5/10 (2006.01)
C09K 19/20 (2006.01) C09K 19/24 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C08J 5/18 (2013.01)
C08F 2/46 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0030832
(22) 출원일자 2018년03월16일
심사청구일자 2018년03월16일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대 학교)
(72) 발명자
위정재
경기도 부천시 소사로170번길 81, 106동 803호 (소사본동, 한신아파트)
시바쿠마르
인천광역시 남구 한나루로477번길 77, 102호 (용현동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
네이트특허법인

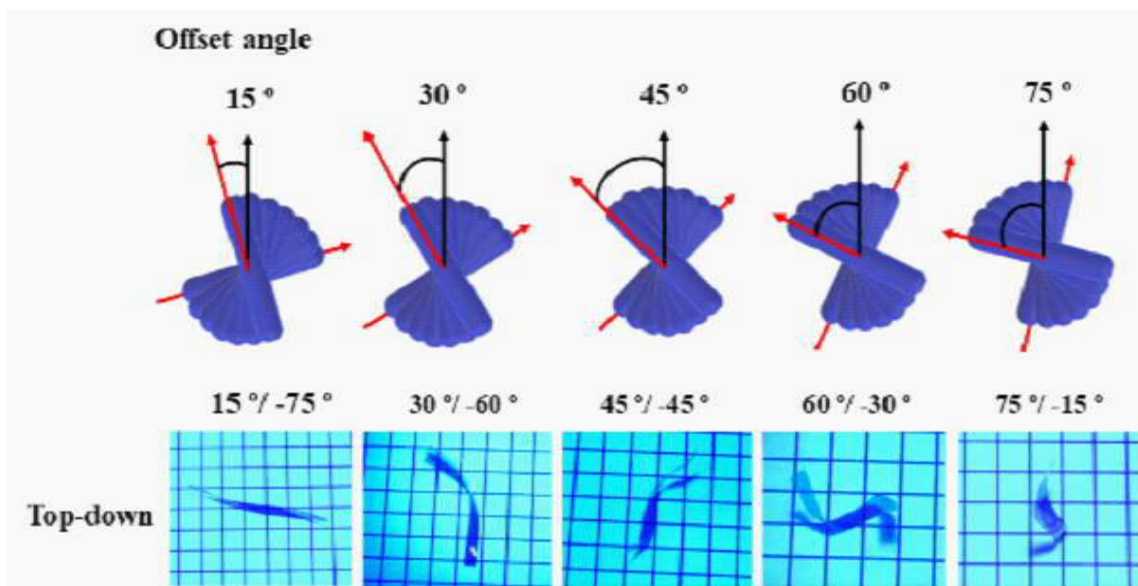
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 광기계적 구름 운동 제어가 가능한 액정 고분자 필름 및 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 메소겐 화합물, 아조벤젠 화합물 및 카이랄 도펀트를 포함하는 액정 전구체 조성물로부터 제조되는 액정 고분자 필름 및 이를 제조하는 방법에 관한 것이다. 본 발명의 액정 고분자 필름은 광 조사에 의하여 분자 기계로서 구름 운동을 구현할 수 있다. 본 발명의 액정 고분자 필름을 이용하여 소프트 로봇과 같은 움직임을 제어할 수 있는 장치의 소재로 활용될 수 있다.

대표도 - 도7



(52) CPC특허분류

C08F 220/30 (2013.01)

C08F 220/34 (2013.01)

C08J 3/24 (2013.01)

C08K 5/10 (2013.01)

C09K 19/2007 (2013.01)

C09K 19/24 (2013.01)

(72) 발명자

전지수

경상북도 김천시 삼락택지길 132, 102동 1501호 (교동, 코아루1차아파트)

김재광

경기도 부천시 범안로96번길 29, 306동 706호 (범박동, 현대힐스테이트 3단지)

육지호

서울특별시 강서구 등촌로 163, 120동 1203호 (등촌동, 등촌아이파크아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2016R1E1A2A01939365

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기초연구사업

연구과제명 종이접기 기술을 이용한 기계적 물성 가변형 초고강도 복합소재 개발

기 여 율 1/5

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2016.11.01 ~ 2017.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2016R1D1A1B03931678

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 이공학 개인기초연구지원사업

연구과제명 액정 고분자를 이용한 초소형 소프트 로봇의 비접촉식 구동

기 여 율 3/5

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2016.11.01 ~ 2019.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2017M3D1A1086841

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 원천연구개발사업

연구과제명 미래소재디스커버리사업:비등방복셀 탄성분포 구조체 기반 멀티모달광역학 제어 소재 개발

기 여 율 1/5

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2016.12.18 ~ 2018.03.17

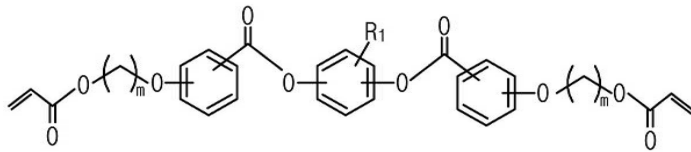
명세서

청구범위

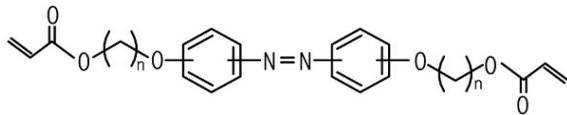
청구항 1

하기 화학식 1로 표시되는 메소겐 화합물, 하기 화학식 2로 표시되는 아조벤젠 화합물 및 하기 화학식 3으로 표시되는 카이럴 도펀트를 포함하는 액정 전구체 조성물이 경화되어 제조되는 구름 운동 가능한 액정 고분자 필름.

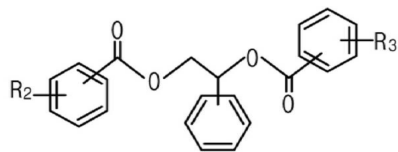
화학식 1



화학식 2



화학식 3



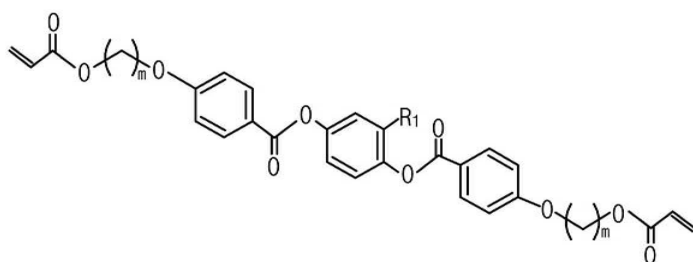
(화학식 1에서 m 은 1 내지 15의 정수이고, R_1 은 수소 또는 $C_1\sim C_{20}$ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기임; 화학식 2에서 n 은 5, 7 또는 8임; 화학식 3에서 R_2 및 R_3 은 각각 독립적으로 치환되지 않거나 $C_1\sim C_{20}$ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기로 치환된 $C_3\sim C_8$ 지환족 치환기임)

청구항 2

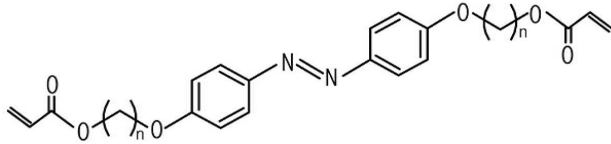
제 1항에 있어서,

상기 메소겐 화합물은 하기 화학식 4로 표시되고, 상기 아조벤젠 화합물은 하기 화학식 5로 표시되며, 상기 카이럴 도펀트는 하기 화학식 6으로 표시되는 액정 고분자 필름.

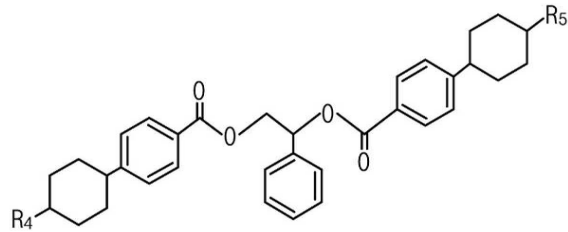
화학식 4



화학식 5



화학식 6



(화학식 4에서 R_1 과 m 은 각각 화학식 1에서 정의된 것과 동일함; 화학식 5에서 n 은 화학식 2에 정의된 것과 동일함; 화학식 6에서 R_4 및 R_5 는 각각 독립적으로 수소 또는 $C_1 \sim C_{20}$ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기임)

청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 액정 전구체 조성물은 330 내지 550 nm의 파장 영역의 광 조사에 의하여 트위스트 네마틱(twisted nematic) 상을 가지는 액정 고분자로 가교결합하는 액정 고분자 필름.

청구항 4

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

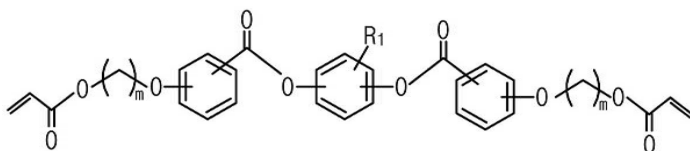
상기 액정 전구체 조성물 중에 상기 메소젠 화합물은 80 내지 95 중량%, 상기 아조벤젠 화합물은 5 내지 20 중량%, 상기 카이럴 도펀트는 0.05 내지 1 중량%의 비율로 배합된 액정 고분자 필름.

청구항 5

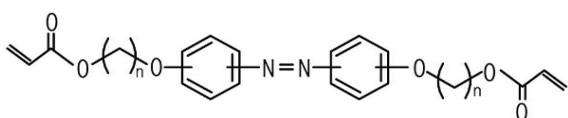
하기 화학식 1로 표시되는 메소젠 화합물, 하기 화학식 2로 표시되는 아조벤젠 화합물 및 하기 화학식 3으로 표시되는 카이럴 도펀트를 포함하는 액정 전구체 조성물을 준비하는 단계; 및

상기 액정 전구체 조성물을 광 경화시켜 액정 고분자를 합성하는 단계를 포함하는 액정 고분자 필름을 제조하는 방법.

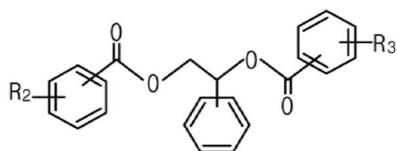
화학식 1



화학식 2



화학식 3



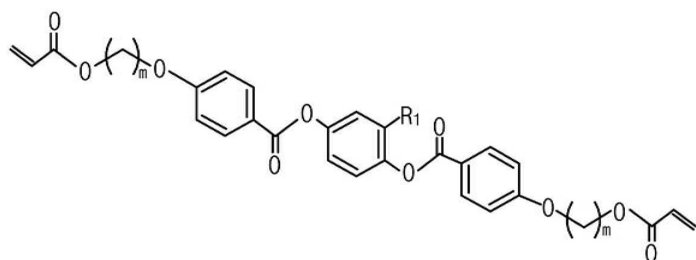
(화학식 1에서 m 은 1 내지 15의 정수이고, R_1 은 수소 또는 $C_1\sim C_{20}$ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기임; 화학식 2에서 n 은 5, 7 또는 8임; 화학식 3에서 R_2 및 R_3 은 각각 독립적으로 치환되지 않거나 직쇄 또는 측쇄의 $C_1\sim C_{20}$ 알킬기로 치환된 $C_3\sim C_8$ 지환족 치환기임)

청구항 6

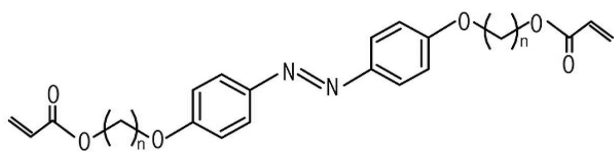
제 5항에 있어서,

상기 메소겐 화합물은 하기 화학식 4로 표시되고, 상기 아조벤젠 화합물은 하기 화학식 5로 표시되며, 상기 카이럴 도펀트는 하기 화학식 6으로 표시되는 액정 고분자 필름을 제조하는 방법.

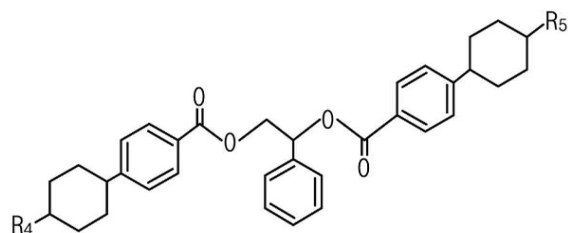
화학식 4



화학식 5



화학식 6



(화학식 4에서 R_1 과 m 은 각각 화학식 1에서 정의된 것과 동일함; 화학식 5에서 n 은 화학식 2에 정의된 것과 동일함; 화학식 6에서 R_4 및 R_5 는 각각 독립적으로 수소 또는 $C_1\sim C_{20}$ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기임)

청구항 7

제 5항 또는 제 6항에 있어서,

상기 액정 고분자를 합성하는 단계에서, 상기 액정 전구체 조성물은 330 내지 550 nm의 파장 영역의 광 조사에 의하여 트위스트 네마틱(twisted nematic) 상을 가지는 액정 고분자로 가교결합하는 액정 고분자 필름을 제조하는 방법.

청구항 8

제 5항 또는 제 6항에 있어서,

상기 액정 고분자 필름을 15 내지 20의 중량비로 절단하는 단계를 더욱 포함하는 액정 고분자 필름을 제조하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 액정 고분자 필름에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 구름 운동을 구현할 수 있는 분자 기계(molecular machine)로 작용하는 액정 고분자 필름 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 액정(Liquid Crystal)은 유동성(fluidity)과 같은 액체(liquid)의 성질과, 장거리 질서(Long range order)와 같은 결정체의 성질을 동시에 지니는, 액체와 고체의 중간 상태에 있는 물질을 말한다. 액정 분자는 막대 모양의 독특한 구조를 가지고 있기 때문에 굴절률, 유전율, 전도율, 점도 등의 물성 값이 액정 분자의 장축에 평행한 방향과 수직인 방향에 따라 서로 다르게 나타나는 이방성(anisotropy) 물질이다.

[0003] 구체적으로, 액정은 액정 분자의 장축 방향으로 진동하는 빛과 장축 방향에 수직인 방향으로 진동하는 빛의 굴절률이 상이한 광학적 이방성 물질이다. 이러한 광학적 이방성은 액정을 통과하는 빛의 편광 상태나 편광의 진동방향을 변화시킨다. 또한, 이방성 액정 분자의 장축 방향과 장축에 수직인 방향의 유전율(dielectric constant)이 상이하다. 이로 인해 액정 분자에 가해지는 전압의 세기(전계)에 따라 액정의 반응이 달라지게 되며, 결국 광학적 이방성에 의해 투과되는 빛의 양이 조절된다.

[0004] 이와 같은 액정 분자의 성질을 이용한 대표적인 응용 장치가 액정표시장치(liquid crystal display device; LCD)이다. LCD에서 휘도를 향상시키고 양호한 시야각을 확보하기 위하여 다양한 광학 필름이 사용되고 있다. 예를 들어, 액정 분자의 광학적 이방성을 이용하는 액정 고분자 필름을 채택할 때 수평 배향 액정을 사용한다. 수평 배향 액정을 이용하는 경우, 배향의 효율성을 개선하는 동시에 안정적인 배향을 유지하는 것이 중요하다. 이와 관련해서, 대한민국특허 제10-1569237호에서는 수평 배향 액정 화합물과 아민 화합물로 이루어진 액정 필름을 제안하고 있다. 하지만, 액정 분자가 가지는 독특한 성질을 고려해 볼 때, LCD와 같은 표시 장치 이외에도 액정 분자가 활용될 수 있는 방안이 모색되고 있다.

발명의 내용

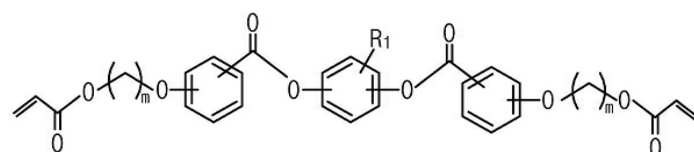
해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 광의 조사에 의하여 구름 운동을 구현할 수 있도록 설계된 액정 고분자 필름 및 그 제조 방법을 제공하고자 하는 것이다.

과제의 해결 수단

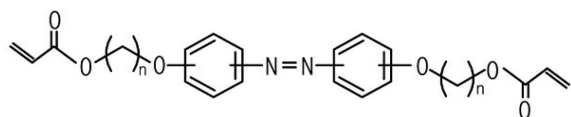
[0006] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 하기 화학식 1로 표시되는 메소겐 화합물, 하기 화학식 2로 표시되는 아조벤젠 화합물 및 하기 화학식 3으로 표시되는 카이럴 도펀트를 포함하는 액정 전구체 조성물이 경화되어 제조되는 구름 운동 가능한 액정 고분자 필름을 제공한다.

[0007] 화학식 1



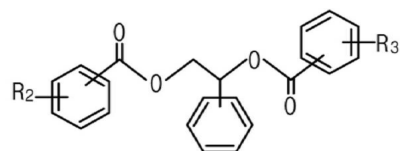
[0008]

[0009] 화학식 2



[0010]

[0011] 화학식 3

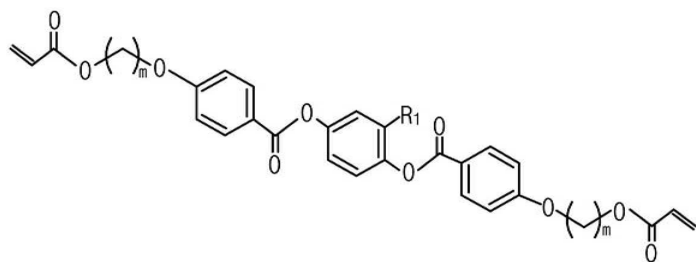


[0012]

[0013] (화학식 1에서 m 은 1 내지 15의 정수이고, R_1 은 수소 또는 $C_1\sim C_{20}$ 알킬기임; 화학식 2에서 n 은 5, 7 또는 8임; 화학식 3에서 R_2 및 R_3 은 각각 독립적으로 치환되지 않거나 $C_1\sim C_{20}$ 알킬기로 치환된 $C_3\sim C_8$ 지환족 치환기임)

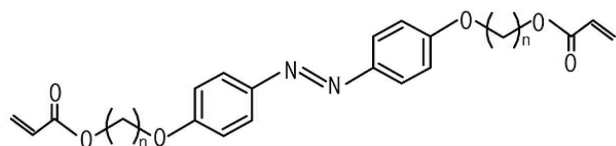
[0014] 예를 들어, 상기 메소겐 화합물은 하기 화학식 4로 표시되고, 상기 아조벤젠 화합물은 하기 화학식 5로 표시되며, 상기 카이럴 도펀트는 하기 화학식 6으로 표시될 수 있다.

[0015] 화학식 4



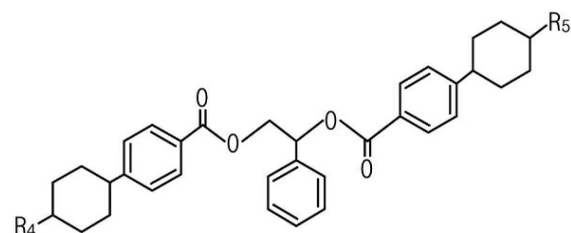
[0016]

[0017] 화학식 5



[0018]

[0019] 화학식 6



[0020]

[0021] (화학식 4에서 R_1 과 m 은 각각 화학식 1에서 정의된 것과 동일함; 화학식 5에서 n 은 화학식 2에 정의된 것과 동일함; 화학식 6에서 R_4 및 R_5 는 각각 독립적으로 수소 또는 $C_1\sim C_{20}$ 알킬기임)

[0022] 이때, 상기 액정 전구체 조성물은 330 내지 550 nm의 파장 영역의 광 조사에 의하여 트위스트 네마틱(twisted nematic) 상을 가지는 액정 고분자로 가교결합(cross-linking)할 수 있다.

[0023] 예시적인 실시형태에서, 상기 액정 전구체 조성물 중에 상기 메소겐 화합물은 80 내지 95 중량%, 상기 아조벤젠 화합물은 5 내지 20 중량%, 상기 카이럴 도펀트는 0.05 내지 1 중량%의 비율로 배합될 수 있다.

[0024] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 본 발명은 상기 화학식 1, 예를 들어, 상기 화학식 4로 표시되는 메소겐

화합물, 상기 화학식 2, 예를 들어, 상기 화학식 5로 표시되는 아조벤젠 화합물 및 상기 화학식 3, 예를 들어, 상기 화학식 6으로 표시되는 카이럴 도펀트를 포함하는 액정 전구체 조성물을 준비하는 단계; 및 상기 액정 전구체 조성물을 경화시켜 액정 고분자 필름을 제조하는 단계를 포함하는 액정 고분자 필름을 제조하는 방법을 제공한다.

[0025] 예를 들어, 상기 액정 고분자를 합성하는 단계에서, 상기 액정 전구체 조성물에 300 내지 550 nm 파장 영역의 광이 조사되어 광 경화가 수행될 수 있다.

[0026] 선택적인 실시형태에서, 상기 액정 고분자 필름을 15 내지 20의 종횡비(aspect ratio)로 절단하는 단계를 더욱 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0027] 본 발명에 따라, 네마틱 액정 분자로 거동하는 메소겐 화합물과, 액정 분자로서 거동하지 않는 아조벤젠 화합물과, 카이럴 도펀트로 이루어진 전구체 조성물을 경화시킨 액정 고분자 필름은 광 조사에 의하여 특정한 방향으로의 구름 운동을 구현할 수 있다.

[0028] 각각의 성분 배합 비율 및/또는 액정 고분자 필름을 절단하는 공정을 조절하여, 액정 고분자 필름의 회전 방향 등을 조절할 수 있다. 본 발명에 따른 액정 고분자 필름은 분자 기계(molecular machine)로 작용할 수 있으며, 예를 들어, 소프트 로봇(soft robot)을 구현하기 위한 소재로서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따라 제조된 액정 고분자 필름의 구름 운동 메커니즘을 개략적으로 보여주는 모식도이다.

도 2는 본 발명의 예시적인 실시형태에 따라 구름 운동이 가능한 액정 고분자 필름을 제조하는 과정을 개략적으로 나타낸 순서도이다.

도 3은 본 발명의 예시적인 실시예에 따라 고분자 액정 필름을 제조하는데 사용된 아조벤젠 화합물을 구성하는 알킬렌 연결기(스페이서)의 탄소 개수에 따른 열 분석 결과(상단)와, 메소겐 화합물에 대한 열 분석 결과(하단)를 나타낸 그래프이다.

도 4는 본 발명의 예시적인 실시예에 따라 트위스트 네마틱 모드가 구현되어 구름 운동이 가능한 액정 고분자 필름에 사용된 아조벤젠 화합물을 구성하는 스페이서의 탄소 개수에 따른 액정 고분자 필름의 모듈러스를 측정한 결과를 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 예시적인 실시예에 따라 트위스트 네마틱 모드가 구현되어 구름 운동이 가능한 액정 고분자 필름에 사용된 아조벤젠 화합물을 구성하는 스페이서의 탄소 개수에 따른 액정 고분자 필름의 가교 밀도를 측정한 결과를 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 예시적인 실시예에 따라 종횡비(aspect ratio; AR)를 달리하여 절단한 액정 고분자 필름의 구름 운동 상태를 보여주는 사진이다.

도 7은 본 발명의 예시적인 실시예에 따라 트위스트 네마틱 모드가 구현된 액정 고분자 필름의 주축 방향과 고분자 액정의 배향 방향 각도에 따른 액정 고분자 필름의 구름 운동 상태를 보여주는 사진이다.

도 8은 본 발명의 예시적인 실시예에 따라 전구체 조성물로부터 액정 고분자 필름을 제조할 때, 핫-플레이트의 온도에 따른 액정 고분자 필름의 온도를 열 화상 카메라를 이용하여 촬영한 결과를 나타낸 그래프이다.

도 9는 본 발명의 예시적인 실시예에 따라 트위스트 네마틱 모드가 구현되어 구름 운동이 가능한 액정 고분자 필름에 사용된 아조벤젠 화합물을 구성하는 스페이서의 탄소 개수에 따른 액정 고분자 필름의 온도에 따른 구름 속도를 측정한 결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하, 필요한 경우에 첨부하는 도면을 참조하면서 본 발명을 설명한다.

[0031] 본 발명은 분자 기계(molecular machine)로 기능할 수 있도록 구름 운동을 구현함으로써, 예를 들어 소프트 로봇(soft robot)용 소재로 활용될 수 있는 액정 고분자 필름 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

[0032] 종래의 로봇 기술은 관절을 중심으로 기계적 구동을 하기 때문에 곡선을 만들기 위해서는 많은 관절이 필요하다. 하지만 현실에서 보이는 다양한 생물체들은 복잡하고 부드러운 곡선 움직임을 보여주기 때문에 기존의 로봇 기술로 이를 구현하기는 매우 어렵다. 소프트 로봇 기술은 부드러운 물질을 활용한 로봇 기술로 기존의 로봇에 사용되는 금속과 같은 단단한 재료 대신 고분자(polymer), 고무와 같은 유연하고 부드러운 재료를 이용해 제작된 로봇에 해당한다.

[0033] 소프트 로봇은 주로 유압이나 공압을 로봇의 구조에 인가하여 구조가 마치 풍선처럼 부풀어 오르는 현상을 이용해 움직임을 생성한다. 로봇을 원하는 방향과 형상으로 부풀려 의도한 움직임을 발생시키기 위해서 소프트 로봇은 주로 소재의 특성 차이를 이용한다. 현재 대다수의 소프트 로봇은 용도와 형상에 맞춰 미리 제작된 주형(mold)에 실리콘이나 우레탄 등의 고분자 화합물을 굳히고, 제작된 가-구조체들을 서로 접합하여 최종의 소프트 로봇 또는 소프트 구조체를 제작한다.

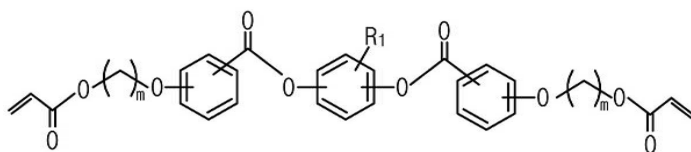
[0034] 종래의 소프트 로봇을 구동하기 위해서는 유압 및 공압을 주입하기 위한 선과 전기적 신호를 기계적 신호로 변환하기 위한 많은 회로 전선이 필요하기 때문에 로봇이 복잡한 움직임을 할 경우 선이 꼬이거나 선의 길이에 따른 물리적인 거리의 한계 때문에 움직임에 제한이 있다. 또한 소프트 로봇의 개발 과정에서 시제품을 제작 할 때, 주형의 제작 및 고분자 화합물을 굳히는 제작 과정에 있어서, 매번 새로운 주형을 제작하여야 하는 문제점이 있다.

[0035] 이에 본 발명은 빛에 의해 반복적인 움직임이 가능한 아조벤젠 기반의 분자 기계를 활용한 액정 고분자 필름을 사용한다. 이러한 액정 고분자 필름을 이용한 소프트 로봇은 무선 제어가 가능하여 선이 꼬여서 발생하는 움직임의 제한이 적다. 또한 액정 고분자 필름을 이용한 소프트 로봇은 나선 코일 모양으로 한 방향으로 안정적이고 반복적인 움직임이 가능하다.

[0036] 본 발명에 따라 구름 운동이 가능한 액정 고분자 필름은 액정 거동을 보이는 메소겐 화합물과, 단독으로는 액정 거동을 보이지 않는 아조벤젠 화합물과, 회전 이동을 제어, 구현하는 카이럴 도펀트를 포함하는 액정 전구체 조성물로부터 제조될 수 있다.

[0037] 일례로, 본 발명에 따라 액정 고분자 필름의 주요 전구체 성분인 메소겐(mesogen) 화합물은 분자축 방향으로 질서를 가지고 배열되지만 층을 형성하지 않는 네마틱 액정(nematic liquid crystal) 모드를 구현할 수 있다. 예를 들어, 트위스트 네마틱 상(twisted nematic phase)을 구현할 수 있는 메소겐 화합물을 포함하고 있기 때문에, 본 발명의 액정 고분자 필름은 트위스트 네마틱(twisted nematic) 모드를 구현할 수 있다. 액정 고분자 필름의 주요 전구체인 메소겐 화합물은 광 경화 가능한 아크릴록시기가 분자의 말단에 각각 위치하며 에스테르 링커를 통하여 연결되는 다수의 벤젠 모이어티를 가질 수 있다. 본 발명에 따른 액정 고분자의 주요 성분인 메소겐 화합물은 하기 화학식 1로 표시될 수 있다.

[0038] 화학식 1



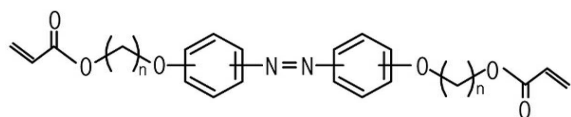
[0039]

[0040] (화학식 1에서 m은 1 내지 15의 정수이고, R₁은 수소 또는 C₁~C₂₀ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기임)

[0041] 본 발명에 따른 액정 전구체 조성물에 포함될 수 있는 아조벤젠(azo-benzene) 화합물은 자체적으로 액정 거동을 보이지는 않지만, 메소겐 화합물 및 카이럴 도펀트와 함께 배합되어 액정 고분자를 형성할 때 트위스트 액정 모드를 구현할 수 있다. 아조벤젠 화합물은 분자 기계(molecular machine)로서 넓은 파장 영역, 예를 들어 자외선 파장 대역(330 내지 500 nm)의 광을 흡수하여 시스-트랜스 또는 트랜스-시스의 광-이성화를 반복할 수 있는 화합물이다.

[0042] 액정 전구체 조성물에 포함되는 아조벤젠 화합물 역시 광 경화 가능한 아크릴록시기가 분자의 양 말단에 위치하며, 벤젠 고리에 연결된 산소 원자와 양 말단에 위치한 아크릴록시기 사이에 적절한 알킬렌 링커(하기 화학식 2에서 n으로 표시한 부분으로서 본 명세서에서 이들 알킬렌 링커에 대해서 '스페이서'라는 용어가 사용될 수 있다)를 가질 수 있다. 아조벤젠 화합물은 하기 화학식 2로 표시될 수 있다.

[0043] 화학식 2

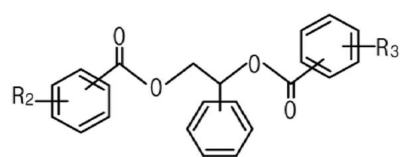


[0044]

[0045] (화학식 2에서 n은 5, 7 또는 8임)

[0046] 본 발명에 따라 제조되는 액정 고분자에 광이 조사되면 필름의 주축에 대하여 소정 각도를 이루면서 꼬이는 나선 리본(spiral ribbon) 형태로 배열될 수 있다. 이때, 카이럴 도펀트(chiral dopant)는 예를 들어 메소젠 화합물 및 아조벤젠 화합물이 트위스트 네마틱 상을 만들 때, helical pitch에서의 액정 분자의 비대칭성(chirality)을 조절한다. 본 발명에 따라 액정 전구체 조성물 중에 함유되는 카이럴 도펀트는 다수의 벤젠 모이어티 사이에 에스테르 연결기를 가지며, 양측의 벤젠 고리가 적절한 치환족 고리로 치환된 화합물일 수 있다. 카이럴 도펀트는 하기 화학식 3으로 표시될 수 있다.

[0047] 화학식 3

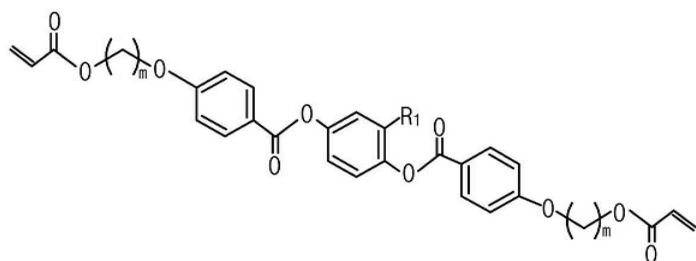


[0048]

[0049] (화학식 3에서 R₂ 및 R₃은 각각 독립적으로 치환되지 않거나 C₁~C₂₀ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기로 치환된 C₃~C₈ 지환족 치환기임)

[0050] 예시적인 실시형태에서, 화학식 1로 표시되는 메소젠 화합물 중에서도 에스테르 연결기 및 말단의 아크릴록시기를 포함하는 치환기는 각각 벤젠 고리의 파라 위치에 치환되는 것이 바람직할 수 있다. 이와 같은 구조를 가지는 메소젠 화합물은 하기 화학식 4로 표시될 수 있다.

[0051] 화학식 4



[0052]

[0053] (화학식 4에서 R₁과 m은 각각 화학식 1에서 정의된 것과 동일함)

[0054] 메소젠 화합물과 유사하게, 화학식 2로 표시되는 아조벤젠 화합물 중에서도 아조벤젠기와, 아크릴록시기로 치환된 알킬렌 링커(스페이서)는 각각 벤젠 고리의 파라 위치에 치환되는 것이 바람직하다. 이와 같은 구조를 가지는 아조벤젠 화합물은 하기 화학식 5로 표시될 수 있다.

[0055] 화학식 5



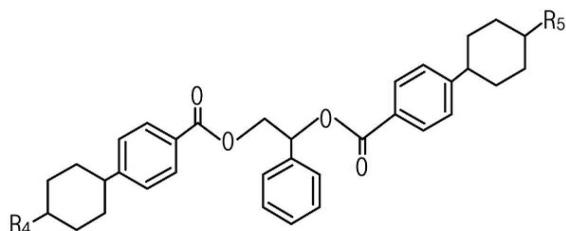
[0056]

[0057] (화학식 5에서 n은 화학식 2에 정의된 것과 동일함)

[0058] 한편, 화학식 3으로 표시되는 카이럴 도펀트 중에서 중앙에 위치한 에스테르 연결기와, 분자의 양끝에 위치하는 치환족 치환기는 벤젠 고리의 파라 위치에 연결되는 것이 바람직할 수 있다. 한편, 치환족 치환기로서 알킬기로

치환된 사이클로헥실기를 가질 수 있다. 일례로, 카이럴 도펀트는 하기 화학식 6으로 표시될 수 있다.

화학식 6



(화학식 6에서 R_4 및 R_5 는 각각 독립적으로 수소 또는 $C_1\sim C_{20}$ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기임)

하나의 예시적인 실시형태에서, 화학식 1 또는 화학식 4로 표시되는 메소젠 화합물 중에서 m 이 1 내지 10, 바람직하게는 1 내지 5 사이의 정수이고, R_1 은 $C_1\sim C_{10}$ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기, 바람직하게는 $C_1\sim C_5$ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기인 화합물이 바람직하다. 또한 화학식 6으로 표시되는 카이럴 도펀트 중에서 R_4 및 R_5 가 각각 독립적으로 $C_1\sim C_{10}$ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기, 바람직하게는 $C_1\sim C_5$ 직쇄 또는 측쇄의 알킬기인 화합물이 바람직할 수 있다.

본 발명에 따라 메소젠 화합물, 아조벤젠 화합물 및 카이럴 도펀트를 포함하는 액정 전구체 조성물로부터 제조되는 액정 고분자는 광범위한 파장 대역의 광이 조사되면, 분자 기계로서 구름 운동을 구현할 수 있다. 액정 전구체 조성물이 경화되어 각각의 구성 성분 사이에 가교결합(cross-linking)이 일어나면서 액정 고분자가 합성된다. 이때, 도 1에 개략적으로 도시한 바와 같이, 본 발명에 따른 액정 고분자 필름에 광이 조사되면, 액정 고분자 필름의 주축(장축)을 기준으로, 액정 고분자는 액정 고분자 필름의 두께 방향으로 소정의 각도(offset angle; θ)로 배향된 나선 형태의 트위스트 네마틱 상을 갖는다. 광을 지속적으로 조사하면, 액정 고분자는 소정 각도로 배향된 나선 형상을 따라 구름 운동하여 분자 기계로서 작동할 수 있다.

필요에 따라, 액정 전구체 조성물의 구성 성분의 배합 비율 등을 조절하거나, 특히 아조벤젠에 형성된 알킬렌 링커(스페이서)를 구성하는 탄소 개수(화학식 2와 3에서 n 으로 표시)를 달리하거나, 조사되는 광의 파장 및/또는 광량을 조절하는 등의 방법을 사용하여, 액정 고분자 필름의 주축에 대한 액정 고분자의 배향 각도(offset angle; θ)를 조절할 수 있다. 도 1에서는 예시적으로 액정 고분자 필름의 앞면을 기준으로 $+30^\circ$, 뒷면을 기준으로 -60° 의 각도로 액정 고분자 필름의 길이 방향으로 배향된 나선 형태를 예시하고 있다. 하지만, 액정 고분자는 액정 고분자의 주축을 기준으로 액정 고분자 필름의 길이 방향으로 대략 30 내지 60° 의 나선 각도를 가지도록 설계할 수 있다. 이 경우, 고분자 액정 필름은 광 조사에 의하여 양호한 구름 속도를 달성할 수 있다.

하나의 예시적인 실시형태에서, 액정 전구체 조성물 중에 화학식 1, 바람직하게는 화학식 4로 표시되는 메소젠 화합물은 80 내지 90 중량%, 바람직하게는 80 내지 90 중량%로 함유된다. 또한, 액정 전구체 조성물 중에 화학식 2, 바람직하게는 화학식 5로 표시되는 아조벤젠 화합물은 5 내지 20 중량%, 바람직하게는 10 내지 20 중량%로 함유된다. 아울러, 액정 전구체 조성물 중에 화학식 3, 바람직하게는 화학식 6으로 표시되는 카이럴 도펀트는 0.05 내지 1 중량%, 바람직하게는 0.05 내지 0.5 중량%로 함유된다.

액정 전구체 조성물 중에 메소젠 화합물의 함량이 80 중량% 미만이고/미만이거나, 아조벤젠 화합물의 함량이 20 중량%를 초과하는 경우, 상 분리가 일어나면서 원하는 트위스트 네마틱 상을 구현하기 어렵다. 또한, 카이럴 도펀트의 함량이 0.05 중량% 미만이면 액정 고분자의 비대칭 특성이 적어지며, 카이럴 도펀트의 함량이 1 중량%를 초과하면, 액정 고분자의 분자 방향이 필름의 두께 방향으로 앞면에서 뒷면까지 90° 회전하는 트위스트 네마틱 상이 구현되지 않고 수 차례의 나선 피치가 반복하는 카이럴 네마틱 상 또는 콜레스테릭 상이 형성될 수 있다.

한편, 액정 고분자 필름에 조사되는 광의 파장은 특별히 한정되지는 않지만, 아조벤젠이시스-트랜스 광-이성화 반응을 유도하기에 적합한 자외선 파장 대역, 예를 들어 330 내지 530 nm의 파장이 적합할 수 있다. 이때, 조사되는 광량 역시 특별히 한정되지는 않지만, 예를 들어 330 내지 390 mW/cm²의 광량이 적합할 수 있다.

액정 전구체 조성물은 전술한 메소젠 화합물, 아조벤젠 화합물 및 카이럴 도펀트 이외에도 광중합 개시제를 포함할 수 있다. 광중합 개시제는, 예를 들면, 광의 조사에 의하여 중합성 액정 화합물의 중합을 개시하는데, 광의 조사는, 예를 들면, 마이크로파(microwaves), 적외선(IR), 자외선(UV), X선 및 감마선 등의 전자기파나 알파-입자선(alpha-particle beam), 프로톤빔(proton beam), 뉴트론빔(neutron beam) 또는 전자선(electron beam)

과 같은 입자빔 등의 조사를 의미할 수 있다. 바람직하게는 자외선 또는 근자외선 영역의 광이 조사될 수 있다.

[0069] 광중합 개시제의 종류는 특별히 제한되지 않으며, 목적에 따라 적절한 종류가 선택 및 사용될 수 있다. 광중합 개시제로는, 벤질(비벤조일이라고도 한다), 벤조인이소부틸에테르, 벤조인이소프로필에테르, 벤조페논, 벤조일 안식향산, 벤조일안식향산메틸, 4-벤조일-4'-메틸디페닐설파이드, 벤질메틸케탈, 디메틸아미노메틸벤조에이트, 2-n-부톡시에틸-4-디메틸아미노벤조에이트, p-디메틸아미노안식향산이소아밀, 3,3'-디메틸-4-메톡시벤조페논, 메틸로벤조일포메이트, 2-메틸-1-(4-(메틸티오)페닐)-2-모르폴리노프로판-1-온, 2-벤질-2-디메틸아미노-1-(4-모르폴리노페닐)-부탄-1-온, 1-(4-도데실페닐)-2-히드록시-메틸프로판-1-온, 1-히드록시시클로헥실페닐케톤, 2-히드록시-2-메틸-1-페닐프로판-1온, 1-(4-이소프로필페닐)-2-히드록시-2-메틸프로판-1-온, 2-클로로티오키로산톤, 2,4-디에틸티오키로산톤, 2,4-디이소프로필티오키로산톤, 2,4-디메틸티오키로산톤, 이소프로필티오키로산톤 또는 1-클로로-4-프로폭시티오키로산톤 등이 예시될 수 있다. 일례로, 상업적으로 판매되고 있는 광중합 개시제, 예를 들어, "Irgacure"라는 명칭으로 판매되고 있는 광중합 개시제로서 자외선 영역 및 근자외선 영역에서 광중합 반응을 개시하는 광중합 개시제가 사용될 수 있다.

[0070] 광중합 개시제의 구체적인 비율은 특별히 제한되지 않으며, 목적에 따라서 적절한 비율이 선택될 수 있다. 예를 들면, 광중합 개시제는 액정 전구체 조성물 중에 0.5 내지 5 중량%, 바람직하게는 0.5 내지 3 중량%의 비율로 포함될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 광중합 개시제의 비율이 지나치게 낮으면, 적절한 중합이 유도되지 않을 수 있고, 반대로 지나치게 높으면, 액정 층의 형성 후에 잔존 개시제로 인해 물성이 악화될 수 있으므로, 이를 고려하여 적절한 비율이 선택될 수 있다.

[0071] 또한, 액정 전구체 조성물은 계면활성제를 추가로 포함할 수 있다. 상기에서 계면활성제로는, 예를 들면, 플루오르 카본 계열 또는 실리콘 계열의 계면활성제가 예시될 수 있다. 플루오르 카본 계열의 계면활성제로는 미국의 3M사의 플루오라드(Fluorad) FC4430, 플루오라드 FC4432, 플루오라드 FC4434 또는 미국의 Dupont사의 조닐(Zonyl) 등이 예시될 수 있으며, 실리콘 계열의 계면활성제로는 BYK-Chemie사의 BYK 등이 예시될 수 있지만, 이에 제한되는 것은 아니다. 계면활성제의 비율은 특별히 제한되지 않으며, 예를 들면, 액정 전구체 조성물 중에 0.05 내지 5 중량% 정도로 포함될 수 있다. 계면활성제의 비율이 지나치게 낮으면, 액정층의 표면 상태가 불량하게 될 수 있고, 지나치게 높으면, 계면활성제로 인한 얼룩이 발생할 수 있으므로, 이를 고려하여 적절한 비율이 선택될 수 있다.

[0072] 선택적으로, 액정 전구체 조성물은 용매를 추가로 포함할 수 있다. 용매로는, 예를 들면, 클로로포름, 디클로로메탄, 테트라클로로에탄, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 클로로벤젠 등의 할로젠화 탄화수소; 벤젠, 톨루엔, 자일렌, 메톡시 벤젠, 1,2-디메톡시벤젠 등의 방향족 탄화수소; 아세톤, 메틸에틸케톤, 사이클로헥산, 사이클로펜타논 등의 알코올; 메틸셀로솔브, 에틸셀로솔브, 부틸셀로솔브 등의 셀로솔브; 또는 디에틸글리콜 디메틸에테르(DEGDME), 디프로필렌글리콜 디메틸에테르(DPGDME)등의 에테르 등을 예시될 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 용매는 단일 용매 또는 혼합 용매의 형태로 포함될 수도 있다. 액정 전구체 조성물 내에서 용매의 비율은 특별히 제한되지 않으며, 목적하는 효과, 예를 들면, 코팅성 등을 고려하여 적절한 비율로 포함될 수 있다.

[0073] 그 외에도 액정 전구체 조성물은 필요에 따라서 공지된 첨가제, 예를 들면, 안정제 등을 추가로 포함할 수 있다.

[0074] 하나의 예시적인 실시형태에서, 고분자 액정 필름은 전술한 액정 고분자로 이루어진 단층으로 이루어질 수도 있다. 이 경우, 고분자 액정 필름은 메소겐, 아조벤젠 및 카이럴 도펀트 성분이 광 중합에 의하여 가교결합을 형성하는 단층의 고분자 액정 층으로 구성될 수 있다.

[0075] 선택적인 실시형태에서, 고분자 액정 필름은 액정 고분자 조성물이 코팅되는 적절한 기재(substrate)와, 기재와 액정 층 사이에 개재되는 배향층을 포함할 수 있다. 기재는 광학적 등방성 소재, 예를 들어 유리 또는 투명 플라스틱과 같은 투명 소재로 이루어질 수 있다. 기재로 사용될 수 있는 플라스틱 소재는 DAC(diacetyl cellulose) 또는 TAC(triacetyl cellulose)와 같은 셀룰로오스계 소재;노르보르넨 유도체 수지 기재층 등의 COP(cyclo olefin copolymer) 소재; PMMA(poly(methyl methacrylate) 등의 아크릴계 소재; PC(polycarbonate) 소재; PE(polyethylene) 또는 PP(polypropylene) 기재층 등과 같은 올레핀계 소재; PVA(polyvinyl alcohol)계 소재; PES(poly ether sulfone)계 소재; PEEK(polyetheretherketone)계 소재; PEI(polyetherimide)계 소재; PEN(polyethylenenaphthalate)계 소재; PET(polyethyleneterephthalate)계 소재 등과 같은 폴리에스테르 소재; (polyimide)계 소재; PSF(polysulfone)계 소재; PAR(polyarylate)계 소재 또는 플루오르수지계 소재 등이 예시될 수 있다. 예를 들어, 기재는 시트 또는 필름 형상일 수 있다.

- [0076] 필요한 경우, 액정 고분자 필름은 기재와 액정 층 사이에 배향층을 추가로 포함할 수 있다. 배향층은, 액정 고분자 필름의 형성 과정에서 액정 화합물을 배향시키는 역할을 하는 층일 수 있다. 배향층으로는, 이 분야에서 공지되어 있는 통상의 배향층, 예를 들면, 임프린팅(imprinting) 방식으로 형성된 배향층, 광배향층 또는 러빙 배향층 등이 사용될 수 있다. 상기 배향층은 임의적인 구성이며, 경우에 따라서는, 기재를 직접 러빙하거나 연신하는 방식으로 배향층 없이 배향성을 부여할 수도 있다.
- [0077] 이어서, 도 2를 참조하면서 본 발명에 따른 액정 고분자 필름을 제조하는 방법에 대해서 설명한다. 액정 고분자 필름을 제조하는 방법은 액정 전구체 조성물을 준비하는 단계(S110 단계), 액정 전구체 조성물을 경화하여 액정 고분자 필름을 제조하는 단계(S120 단계) 및 필요에 따라 액정 고분자 필름을 절단하는 단계(S130 단계)를 포함한다.
- [0078] S110 단계에서 액정 전구체 조성물은 전술한 메소겐 화합물, 아조벤젠 화합물 및 카이랄 도펀트를 포함하고, 광중합 개시제, 계면활성제 등의 기능성 첨가제를 포함할 수 있다. 이들 각각의 성분의 배합 비율은 상기에서 설명하였으므로 상세한 설명은 생략한다.
- [0079] 액정 전구체 조성물은 적절한 기재 상에, 또는 선택적으로 배향층 상에 코팅하거나, 또는 액정 전구체 조성물을 가열하여 용해시킨 상태에서 기재 사이에 주입될 수 있다. 예를 들어, 액정 전구체 조성물을 가열할 때, 메소겐 화합물의 용융점과 네마틱-등방성 전이 온도 사이의 온도로 가열하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0080] 한편, 기재와 액정 층 사이에 배향층을 형성하고자 하는 경우, 배향층은 예를 들면, 폴리이미드 및/또는 폴리아마이드 등의 고분자막을 러빙 처리하거나, 광배향성 화합물을 코팅하고, 직선 편광의 조사 등을 통하여 배향 처리하는 방식 또는 나노 임프린팅 방식 등과 같은 임프린팅 방식으로 형성할 수 있다.
- [0081] 이어서, 액정 층 형태로 기재 상에 형성된 액정 고분자 조성물을 경화시켜 액정 고분자 필름을 제조한다. 일례로, 광경화 공정이 수행될 수 있는데, 대략 330 내지 500 nm 파장의 광을 사용할 수 있으며, 330 내지 390 mW/cm²의 광량이 조사될 수 있다. 광경화 공정은 예를 들어 1시간 이상, 예를 들어 1시간 내지 3시간 가량 진행될 수 있다.
- [0082] 필요한 경우, 제조된 액정 고분자 필름을 절단한다(S130 단계). 이때, 필름의 장축(주축)과 단축의 종횡비(aspect ratio, AR)를 대략 15 내지 20으로 조절하는 것이 바람직할 수 있다. 액정 고분자 필름의 종횡비가 전술한 범위보다 작은 경우에 트위스트 네마틱 상이 구현된 액정 고분자가 나선 형태를 이루지 못하면서 구름 운동이 어려울 수 있기 때문이다.
- [0083] 이하, 예시적인 실시형태를 통하여 본 발명을 설명하지만, 본 발명이 하기 실시예에 기재된 기술사상으로 한정되지 않는다.
- [0084] 실시예 1: 액정 고분자 필름 제조(n=5)
- [0085] 기재로 사용된 유리판을 아세톤과 에탄올을 이용하여 세척하였다. 배향층으로 사용되는 폴리아마이드를 유리판에 스핀코팅하고, 코팅된 면을 천을 이용하여 한 방향으로 러빙하여 배향층을 제조하였다. 스페이서와 접착제를 이용하여 유리판 2장 사이에 공간을 만든 상태로 접착하였다. 접착한 유리판을 핫플레이트 위에 놓고, 메소겐 화합물로 사용되는 물질의 용융점(T_m ; 70℃)과, 네마틱-등방성 전이 온도(nematic-isotropic transition temperature, T_{NI} ; 126℃) 사이의 온도로 가열하였다. 메소겐 화합물로서 화학식 4에서 m은 3인 4-(3-acryloyloxypropyloxy)-benzoic acid 2-methyl-1,4-phenylene ester("RM257") 88.4 중량%, 아조벤젠 화합물로서 화학식 5에서 n은 5인 4,4'-bis[5-(acryloxy)hexyloxy]azobenzene ("2Azo-5") 10 중량%, 화학식 6에서 R₄ 및 R₅가 각각 펜틸기인 카이랄 도펀트("R1011") 0.1 중량%, 및 광중합개시제인 Irgacure 784 1.5 중량%가 배합된 액정 전구체 조성물을 가열하여 용해시키고, 용해된 액정 전구체 조성물을 유리판 사이에 삽입하였다. 전구체 조성물로 유리 틀이 채워지면, 532 nm, 30 mW/cm²의 빛을 이용하여 1시간 동안 광중합 반응을 진행하였다. 중합이 완료되면 유리 틀을 열어 액정 고분자를 유리판에서 박리하고, 중합이 완료된 액정 고분자 필름을 종횡비 15로 절단하여, 필름 주축에 대하여 액정 분자의 배향 방향이 45°인 액정 고분자 필름을 제조하였다.
- [0086] 실시예 2 ~ 3: 액정 고분자 필름 제조(n=7, 8)
- [0087] 아조벤젠 화합물로 화학식 5에서 n은 7인 화합물(실시예 2, "2Azo-7"), n은 8인 화합물(실시예 3, "2Azo-8")을 사용한 것을 제외하고 실시예 1의 절차를 반복하여 액정 고분자 필름을 제조하였다.

- [0088] 비교예 1~5: 액정 고분자 필름 제조(n=1, 2, 3, 4, 6)
- [0089] 아조벤젠 화합물로 화학식 5에서 n은 1인 화합물(비교예 1, "2Azo-1"), n은 2인 화합물(비교예 2, "2Azo-2"), n은 3인 화합물(비교예 3, "2Azo-3"), n은 4인 화합물(비교예 4, "2Azo-4"), n은 6인 화합물(비교예 5, "2Azo-6")을 사용한 것을 제외하고 실시예 1의 절차를 반복하여 액정 고분자 필름을 제조하였다.
- [0090] 실험예 1: 액정 고분자 필름의 물성 측정
- [0091] 실시예 1 내지 3 및 비교예 1 내지 5에서 각각 제조된 액정 고분자 필름의 물성을 측정하였다. 실시예 1 내지 3 및 비교예 1 내지 5에서 액정 고분자 필름을 절단할 때 종횡비는 모두 15이었으며, 배향 각도는 45도이었다.
- [0092] 우선, 실시예 1-3 및 비교예 1-5에서 각각 사용한 분자 기계인 아조벤젠의 알킬렌 연결기(스페이서)의 탄소 개수(n)에 따른 열 분석과, 메소겐으로 사용한 RM257 화합물이 주요 성분인 액정 고분자의 열 분석을 수행하였다. 한편 각각의 실시예 및 비교예에서 합성된 액정 고분자를 폭 4 mm, 길이 12 mm로 잘라 동적 기계분석기(Dynamic Mechanical Analysis; DMA)를 통해 E' 과 E'' , $\tan \delta$ 를 측정한 후 $v_e = E_{\text{high}}/3RT_{\text{high}}$ (v_e : 가교도, E_{high} : 고무상 평탄 영역의 저장 탄성률, R: 이상기체상수, T_{high} : 필름의 유리전이온도 + 50℃)를 통해 필름의 가교밀도를 계산하였다. 본 실험예에 따른 액정 고분자 필름의 물성 측정 결과를 하기 표 1에 나타낸다. 또한, 열 분석 결과로도 3에, 모듈러스(MP_a) 측정 결과로도 4에, 가교밀도(V_e) 측정 결과로도 5에 각각 나타낸다.
- [0093] 도 3에 나타낸 바와 같이, 단일 물질로서 액정 상 거동을 보이지 않았던 실시예 1-3의 2Azo-5, 2Azo-7, 2Azo-8 화합물은 메소겐 및 카이럴 도펀트와 함께 사용되면 액정 상 거동을 보이는 것을 확인하였다. 반면, 비교예 1-4의 2Azo-1, 2Azo-2, 2Azo-3, 2Azo-4는 단일 물질이었을 때와 마찬가지로 액정 필름을 제조하더라도 액정 상을 보이지 않았다. 또한, 도 5에 나타낸 바와 같이 아조벤젠을 구성하는 스페이서의 길이(알킬렌 링커의 탄소 개수)가 길어질수록 액정 고분자의 가교 밀도가 감소하는 것을 확인하였다. 이에 따라, 실시예 1-3의 아조벤젠 화합물을 적용한 고분자 액정 필름은 양호한 구름 운동 속도를 발휘하였으며, 특히 탄소 개수 5개의 스페이서를 가지는 아조벤젠 화합물을 사용한 경우에 가장 빠른 구름 운동 속도를 보여주었다.

표 1

[0094] 액정 고분자 필름의 물성

	AZO(n)	T_g (℃)	T_{high} (K)	E'_{high} (MPa)	V_e (mol/dm ³)	지름	구름 속도 (mm/sec)
비교예 1	1*	-	-	-	-	-	-
비교예 2	2*	-	-	-	-	-	-
비교예 3	3*	-	-	-	-	-	-
비교예 4	4*	-	-	-	-	-	-
비교예 5	6**	101.87	424.87	97.3	9.17×10^{-9}	2.6	1.88
실시예 1	5*	97.94	420.94	107.6	10.25×10^{-9}	3	2.26
실시예 2	7*	95.57	418.57	92.37	8.85×10^{-9}	2.5	1.75
실시예 3	8*	94.27	417.27	91.2	8.77×10^{-9}	2.1	1.60
*: 액정 거동 보이지 않음; **: 액정 거동							

- [0095] 실시예 4: 액정 고분자 필름 제조(AR=15)
- [0096] 액정 고분자 필름을 절단할 때, 종횡비(AR)를 15로 하여 절단하여 실시예 1의 절차를 반복하여 액정 고분자 필름을 제조하였다.
- [0097] 실시예 5: 액정 고분자 필름 제조(AR=20)
- [0098] 액정 고분자 필름을 절단할 때, 종횡비(AR)를 20으로 한 것을 제외하고 실시예 1의 절차를 반복하여 액정 고분자 필름을 제조하였다.

[0099] 비교예 6~7: 액정 고분자 필름 제조(AR=5, 12)

[0100] 액정 고분자 필름을 절단할 때, 종횡비(AR)를 5(비교예 5), 12(비교예 6)로 한 것을 제외하고 실시예 1의 절차를 반복하여 액정 고분자 필름을 제조하였다.

[0101] 실험예 2: 종횡비에 따른 액정 고분자 필름의 구름 운동 측정

[0102] 실시예 4-5와 비교예 6-7에서 각각 제조된 액정 고분자 필름의 종횡비에 따른 구름 운동 속도를 실험예 1과 동일한 방법으로 측정하였다. 측정 결과를 하기 표 2 및 도 6에 나타낸다.

[0103] 표 2 및 도 6에 나타난 바와 같이, 종횡비가 15일 때, 액정 고분자 필름은 특유의 코일 형상을 유지하면서 가장 빠른 구름 운동 속도를 보여주었으며, 종횡비가 20일 때에는 코일 형태가 약간 무너지기는 하였으나 구름 운동이 가능하였다. 하지만, 종횡비가 5 또는 12일 경우, 액정 고분자가 코일 때 완전한 나선 한 바퀴를 형성하지 못하여 구름 운동을 못하고 멈추는 것을 확인하였다.

표 2

[0104] 종횡비에 따른 액정 고분자 필름의 구름 운동 속도

	종횡비	배향 각도(°)	지름	구름 속도(mm/sec)
비교예 6	5	45	-	0
비교예 7	12	45	-	0
실시예 4	15	45	2.2	2.2
실시예 5	20	45	1.1	2.0

[0105] 실시예 6: 액정 고분자 필름 제조(배향 각도 30° 절단)

[0106] 액정 고분자 필름을 절단할 때, 배향 각도가 필름의 전면을 기준으로 30°가 되도록 절단한 것을 제외하고 실시예 1의 절차를 반복하여 액정 고분자 필름을 제조하였다.

[0107] 실시예 7: 액정 고분자 필름 제조(배향 각도 45° 절단)

[0108] 액정 고분자 필름을 절단할 때, 배향 각도가 필름의 전면을 기준으로 45°가 되도록 절단한 것을 제외하고 실시예 1의 절차를 반복하여 액정 고분자 필름을 제조하였다.

[0109] 실시예 8: 액정 고분자 필름 제조(배향 각도 60° 절단)

[0110] 액정 고분자 필름을 절단할 때, 배향 각도가 필름의 전면을 기준으로 60°가 되도록 절단한 것을 제외하고 실시예 1의 절차를 반복하여 액정 고분자 필름을 제조하였다.

[0111] 비교예 8-9: 액정 고분자 필름 제조(배향 각도 15°, 75° 절단)

[0112] 액정 고분자 필름을 절단할 때, 배향 각도가 필름의 전면을 기준으로 15°(비교예 8), 75°(비교예 9)가 되도록 절단한 것을 제외하고 실시예 1의 절차를 반복하여 액정 고분자 필름을 제조하였다.

[0113] 실험예 3: 배향 각도에 따른 액정 고분자 필름의 구름 운동 측정

[0114] 실시예 6-7과, 비교예 8-9에서 각각 제조된 액정 고분자 필름의 배향 각도에 따른 구름 운동 속도를 실험예 1과 동일한 방법으로 측정하였다. 측정 결과를 하기 표 3 및 도 7에 나타낸다.

[0115] 표 3 및 도 7에 나타난 바와 같이, 액정 고분자 필름을 절단할 때, 배향 각도가 45°일 때, 구름 운동 속도가 가장 우수하였고, 배향 각도가 30° 및 60°인 경우에도 구름 운동을 보여주었다. 하지만, 배향 각도가 15°/75°인 경우에는 구름 운동을 보여주지 못하였다. 이는 본 발명에 따라 합성된 액정 고분자가 트위스트 네마틱 상으로 거동하고 있으며, 필름의 주축과 액정 분자의 배향 방향이 이루는 각도를 조절하면 분자 기계로서 구름 운동의 구동 형태가 변경될 수 있다는 것을 의미한다.

표 3

[0116] 배향 각도에 따른 액정 고분자 필름의 구름 운동 속도

	종횡비	배향 각도	지름	구름 속도(mm/sec)
비교예 8	15	15	1	0

비교예 9	15	75	5	0
실시예 6	15	30	2	1.9
실시예 7	15	45	2.2	2.4
실시예 8	15	39	3	2.2

[0117] 실험예 4: 온도 변화에 따른 액정 분자의 거동

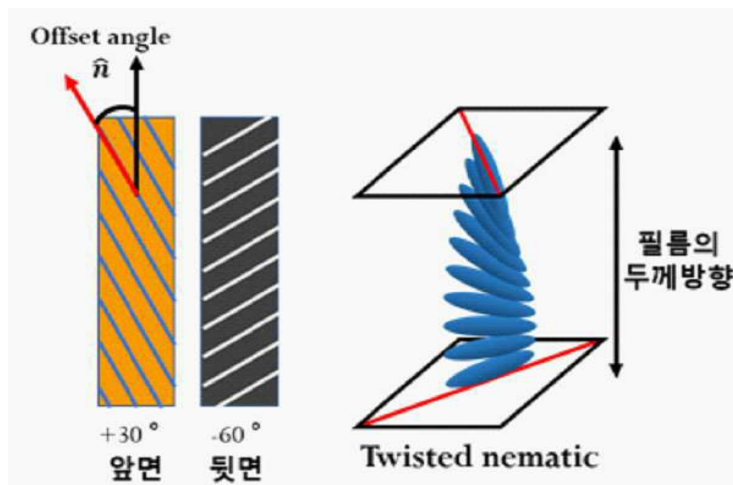
[0118] 실시예 1에서 제조한 액정 고분자의 온도 변화에 따른 거동을 평가하였다. 분자 기계로 사용된 아조벤젠 화합물은 광을 흡수하는 염료로서 빛을 받으면 온도가 증가한다. 핫-플레이트의 온도를 변화시켜 주변 온도를 조절한 뒤 광을 조사한 상태에서 실시예 1에서 합성된 액정 고분자의 온도 변화를 열 화상 카메라를 이용하여 측정하였다. 측정 결과를 도 8에 나타낸다. 온도 변화에 따라 액정 고분자의 온도 역시 변화하는 것을 확인하였다.

[0119] 다음으로 상기 실험예 1에서 구름 운동을 보이는 액정 고분자의 온도 변화에 따른 구름 운동 속도의 변화를 실험예 1과 동일한 방법으로 측정하였다. 측정 결과를 도 9에 나타낸다. 본 발명에 따라 분자 기계로 작용하는 액정 고분자 재료의 특성 상 유리전이온도를 중심으로 액정 고분자의 많은 성질이 변화한다. 도 9에 나타낸 바와 같이, 온도가 액정 고분자의 유리전이온도에 가까워 질수록 액정 고분자 필름의 구름 구동 속도가 빨라지지만, 유리전이온도에서 대략 -5°C 이상부터는 구름 구동 속도가 감소하는 것을 확인하였다.

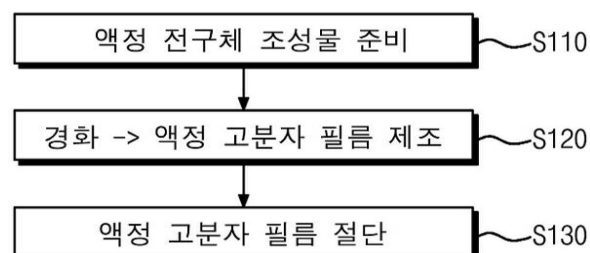
[0120] 상기에서는 본 발명의 예시적인 실시형태 및 실시예에 기초하여 본 발명을 설명하였으나, 본 발명이 상기 실시형태 및 실시예에 기재된 기술사상으로 한정되는 것은 아니다. 오히려 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 전술한 실시형태 및 실시예를 토대로 다양한 변형과 변경을 용이하게 추고할 수 있다. 하지만, 이러한 변형과 변경은 모두 본 발명의 권리범위에 속한다는 점은, 첨부하는 청구범위에서 분명하다.

도면

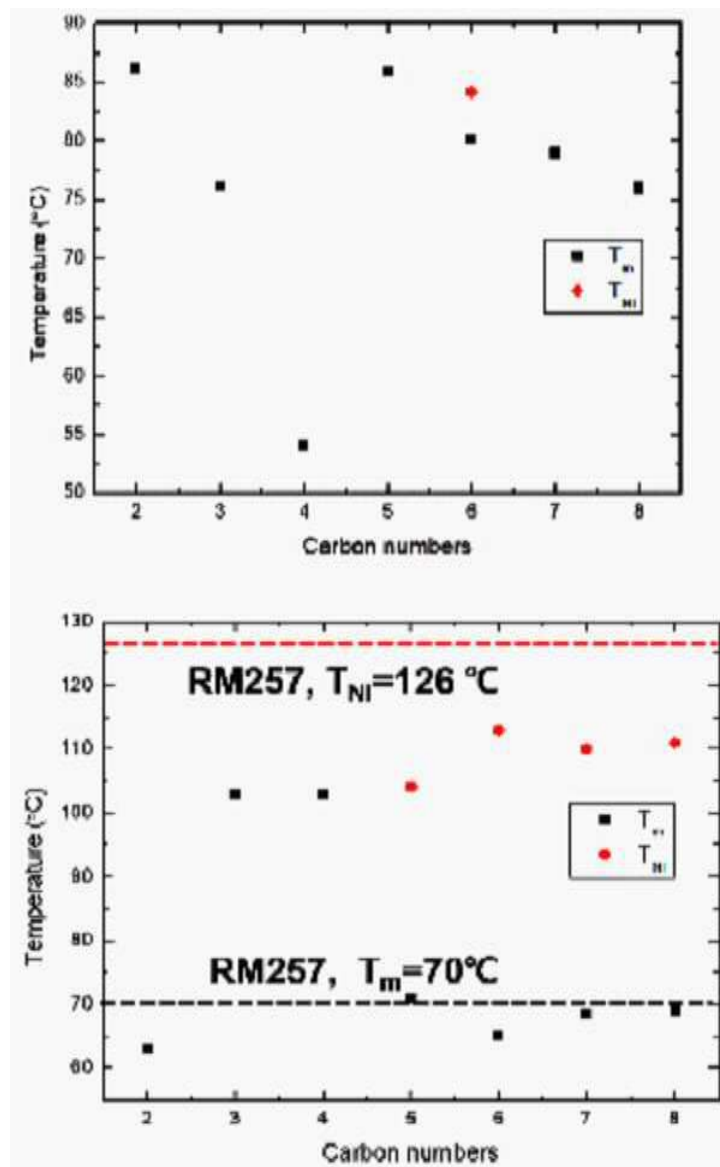
도면1



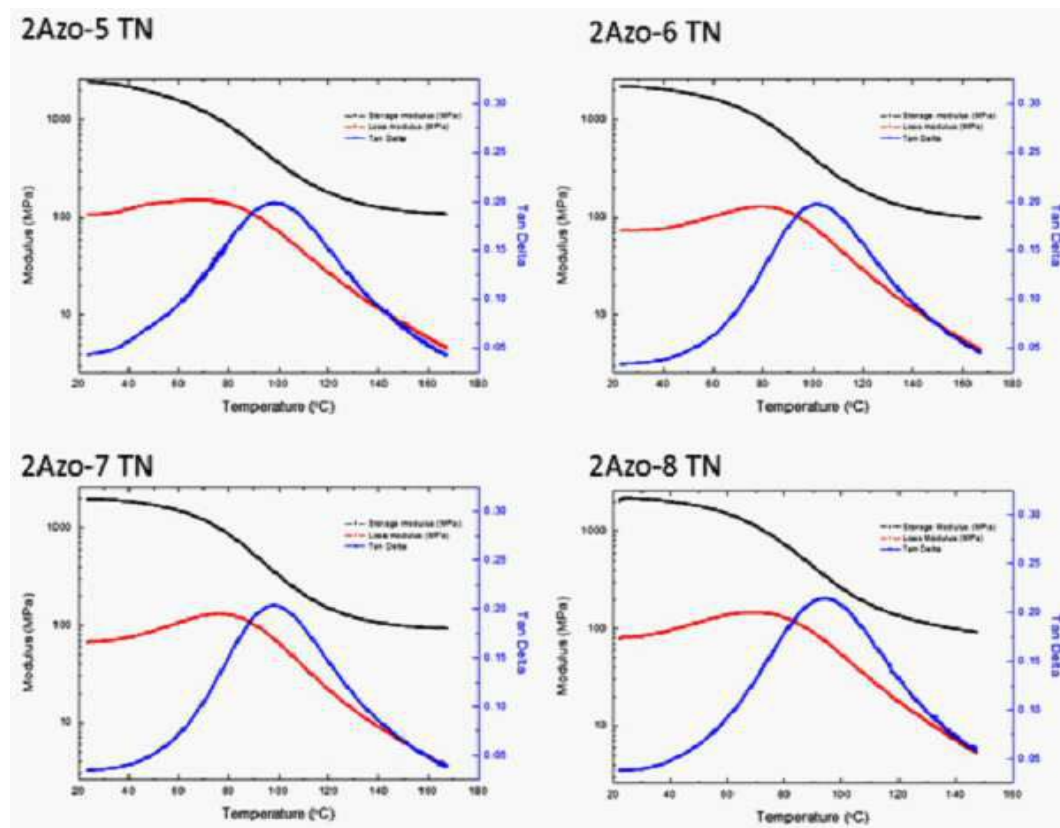
도면2



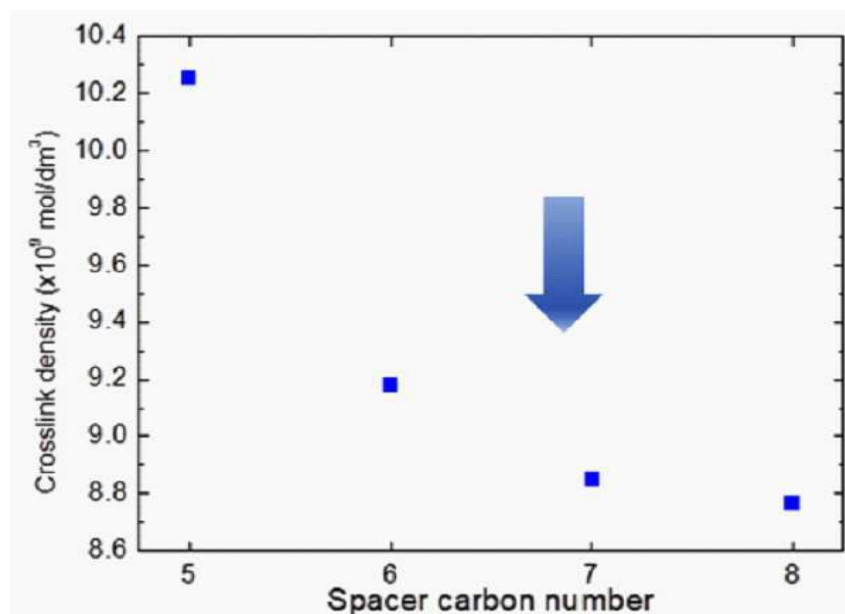
도면3



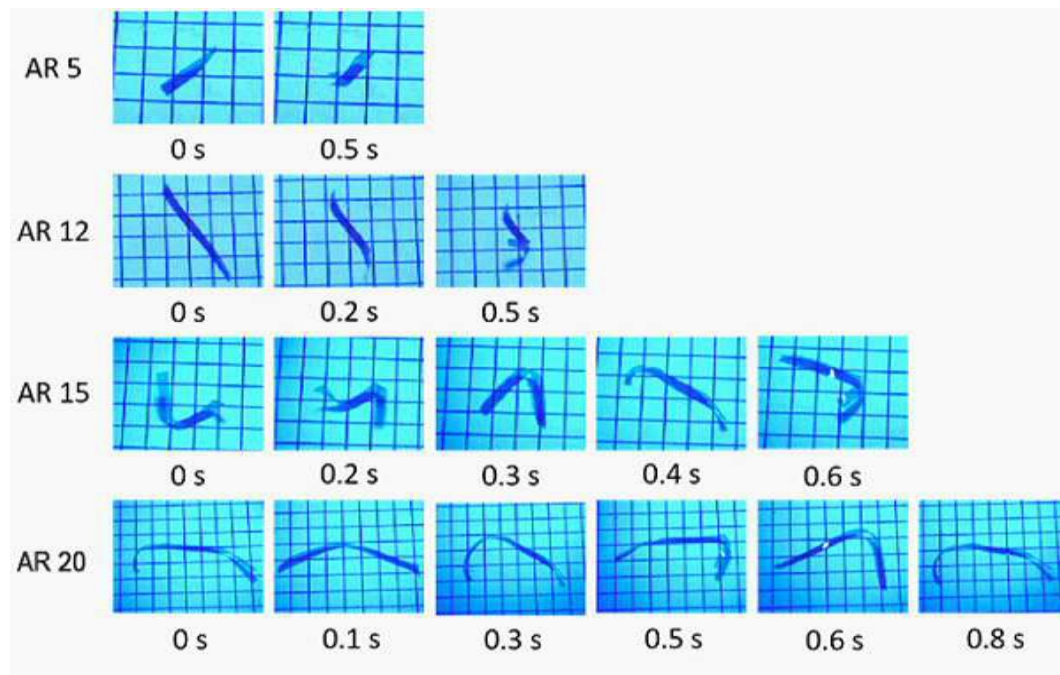
도면4



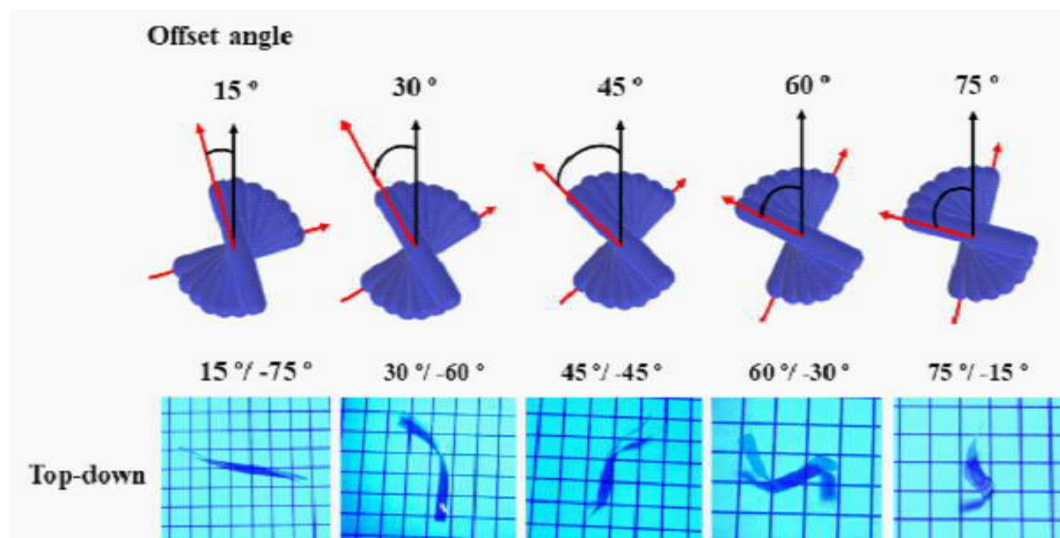
도면5



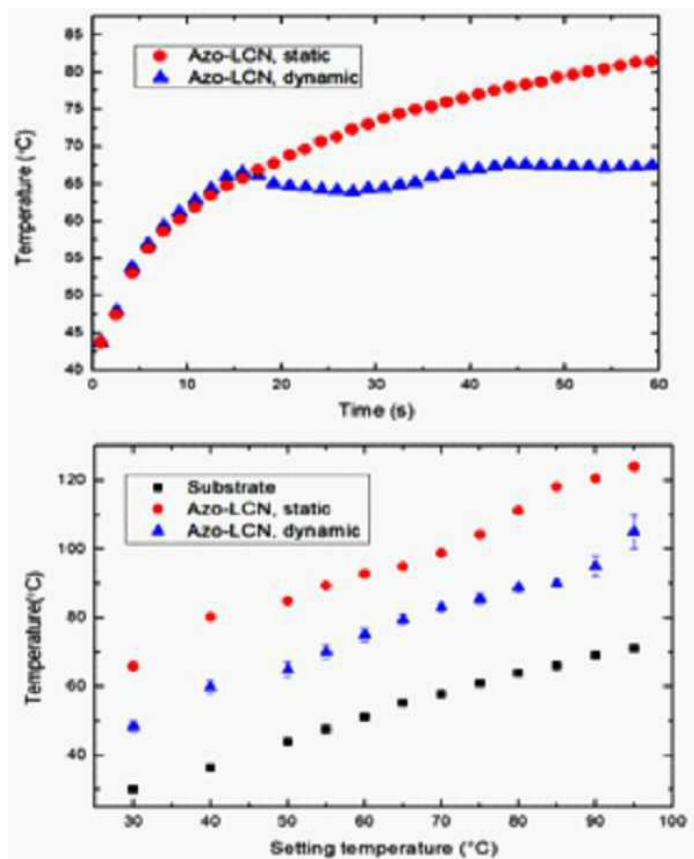
도면6



도면7



도면8



도면9

