

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2013-0012729 (43) 공개일자 2013년02월05일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) C09K 19/52 (2006.01) G02F 1/13 (2006.01) (21) 출원번호 10-2011-0074066 (22) 출원일자 2011년07월26일 심사청구일자 2011년07월26일	(71) 출원인 경희대학교 산학협력단 경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교) (72) 발명자 최석원 경기도 용인시 기흥구 예현로 15, SK아파트 106동 102호 (서천동) 허성택 서울특별시 양천구 중앙로27길 19, 101호 (신정동) (74) 대리인 특허법인다나	

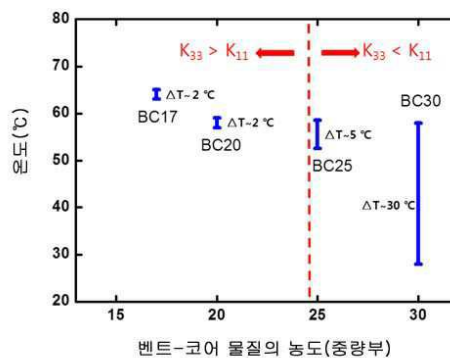
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 열적 안정성이 우수한 블루 페이즈 I 액정의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 열적 안정성이 우수한 블루 페이즈 I 액정을 제조하는 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 호스트 네마틱 액정에 첨가하는 벤트-코어 물질의 혼합 비율을 조절하여 탄성상수 K_{33} 이 K_{11} 보다 낮도록 제어함으로써 열적 안정성이 우수한 블루 페이즈 I 액정을 제조할 수 있다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 I090901

부처명 경기도

연구사업명 국제공동연구사업

연구과제명 차세대 Flexible Display 핵심 재료부품 연구

주관기관 경희대학교산학협력단

연구기간 2010.10.01 ~ 2011.09.30

특허청구의 범위

청구항 1

호스트 네마틱 액정으로부터 블루 페이즈 I 액정을 제조함에 있어서,

상기 호스트 네마틱 액정의 탄성상수를 하기 수학적 식 1과 같이 제어하는 단계를 포함하는 열적 안정성이 우수한 블루 페이즈 I 액정의 제조방법:

[수학적 식 1]

$$\frac{K_{33}}{K_{11}} < 0.5$$

상기 식에서,

K_{33} 은 굽힘 프랭크 탄성상수(bend Frank elasticity constant)이고,

K_{11} 은 변집 프랭크 탄성상수(splay Frank elasticity constant)를 나타낸다.

청구항 2

제1항에 있어서,

호스트 네마틱 액정은 봉상 형태, 밴드 형태, T자 형태, 또는 이들의 혼합 액정인 열적 안정성이 우수한 블루 페이즈 I 액정의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

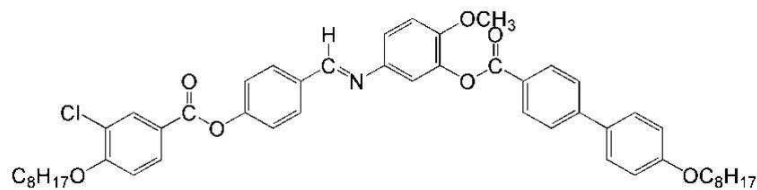
탄성상수는 호스트 네마틱 액정 100 중량부에 대하여 27 내지 50 중량부의 벤트-코어(bent-core) 물질을 추가하여 제어하는 열적 안정성이 우수한 블루 페이즈 I 액정의 제조방법.

청구항 4

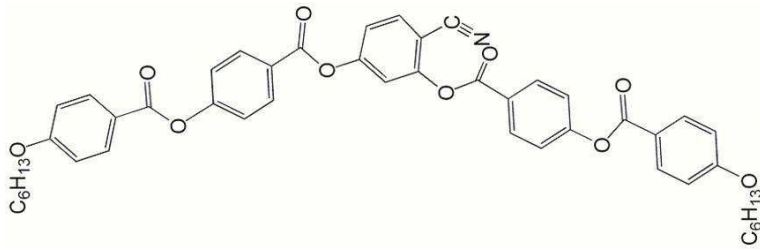
제3항에 있어서,

벤트-코어 물질은 밴드 형태 또는 T자 형태의 구조를 갖는 하기 화학식 1 내지 3로 표시되는 화합물 중 적어도 하나인 열적 안정성이 우수한 블루 페이즈 I 액정의 제조방법:

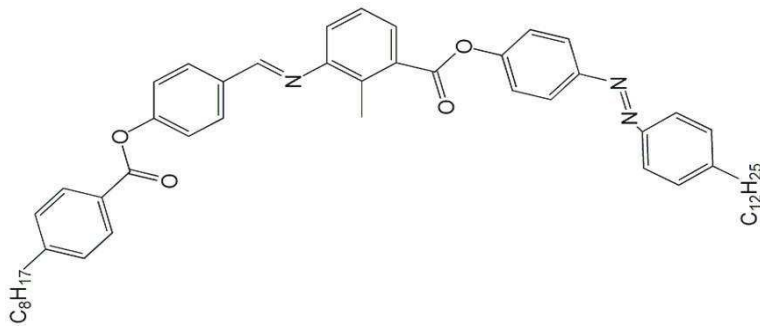
[화학식 1]



[화학식 2]



[화학식 3]



청구항 5

제3항에 있어서,

벤트-코어 물질을 함유하는 호스트 네마틱 액정 100 중량부에 대하여 5 내지 50 중량부의 키랄성 도펀트를 추가로 첨가하는 열적 안정성이 우수한 블루 페이즈 I 액정의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

블루 페이즈 I 액정은 -20℃ 내지 80℃의 온도 범위에서 안정한 열적 안정성이 우수한 블루 페이즈 I 액정의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 호스트 네마틱 액정의 탄성상수 값을 조절하여 열적 안정성이 우수한 블루 페이즈 I 액정을 제조하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근에는 블루 페이즈(블루상, blue phase)이라고 불리는 키랄성을 가진 액정이 3차원적으로 형성하는 복잡한 질서구조에 관하여 네마틱상과는 전혀 다른 광학적 성질이 있기 때문에 그 응용의 가능성이 주목받고 있다(M. Lee, S.-T. et al. J. Mater. Chem., 2010, 20, pp. 5813). 특히, 디스플레이에 관해서는 블루 페이즈가 네마틱 페이즈보다도 빠른 전기장 응답을 나타내며, 액정 패널의 기관 표면처리가 통상적인 네마틱 페이즈를 이용한 디스플레이보다도 간단하다는 점이 주목을 받고 있는 이유이다. 또한, 블루 페이즈의 기초적인 물성이 이해되고 그 응용을 위해서는 필요불가결하며, 그것을 목표로 한 연구가 활발히 추진되고 있다. 그러나 블루 페이즈가 가

지는 몇 가지 문제점 때문에 실제 응용에 많은 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제점 가운데 블루 페이즈가 디스플레이에 응용되기 위해 시급히 해결해야 할 문제점 중 등방성(isotropic, Iso) 페이즈와 키랄성네마틱(N*) 페이즈 사이의 좁은 온도 범위(대략 1°C)에서 열역학적으로 안정한 메조페이즈인 블루 페이즈를 사용 가능한 온도범위 내에 발현시킬 수 있는지에 대한 연구가 많이 진행되고 있다(P. P. Crooker, in *Chirality in Liquid Crystals* (Eds: H.-S. Kitzerow, C. Bahr), Springer, New York 2001, pp. 186-222; H. Kikuchi, *Struct. Bonding*, 2008, 128, pp. 99.). 이는 향후 적용에 대한 그들의 큰 잠재력이 빠른 광 모듈레이터 또는 조정 가능한 광자성 결정(photonic crystal)과 같은 장치를 개발하는데 유용하기 때문이다.

[0003] 블루 페이즈는 이중-트위스트 실린더(double-twist cylinder, DTC) 구조를 가지며, 그들의 특이한 구조는 상기 DTC가 3차원 공간에서 자기조립하는 방법에서 기인하는 것으로 사료된다. 블루 페이즈는 승온 순서에 따라 3개의 카테고리, 즉, BPI, BPPI, 및 BPPII로 분류된다. 짝 채워진 DTC의 좌우대칭은 BPI의 경우에는 체심 입방정(body-centred cubic) 구조이고, BPPI인 경우에는 단순 입방형 구조이다. BPPII는 임의의 방향, 즉 비결정성 구조 갖는 DTC로 구성된 것으로 사료된다(D. C. Wright and N. D. Mermin, *Rev. Mod. Phys.*, 1989, 61, pp. 385; H.-S. Kitzerow and P. P. Crooker, *Phys. Rev. Lett.*, 1991, 67, pp. 2151). 블루 페이즈는 광학적으로 활성이 있고 비-복굴절이며, 그들은 가시광선 범위에서 원편광에 대한 브래그 반사를 나타낸다. 그들의 유일한 전기광학적 특징들은 그들의 잠재적 적용의 관점에서는 매력적이나, 그들이 좁은 온도 범위에서 존재한다는 사실은 향후 적용에 있어 주요 장애물이 된다. 특히, BPI의 온도 범위를 올리는 것은 실제로 필수불가결하다. 왜냐하면, BPPI가 강한 키랄성 시스템에서 관찰되지 않고, BPPII는 오히려 그것의 특성들이 모호하게 되기 때문이다.

[0004] 이러한 문제를 극복하기 위한 몇몇 성공적인 시도들이 있어왔다. Kitzerow 등은 블루 페이즈 구조를 갖는 광반응성 액정단량체를 중합하여 블루 페이즈 구조를 갖는 고분자 액정 필름을 제조하였다(*Liq. Cryst.*, 1993, 14, pp. 911). 그러나, 이 경우, 모든 구성 분자들이 고정되어 결과적으로 액정동력학이 없었다. 2002년에, Kikuchi 등이 소량의 고분자(7-8 wt%)를 도핑하여 고분자-안정화된 블루 페이즈를 개발함으로써 BPI의 온도 범위를 섭씨 몇 십도로 늘릴 수 있었다(*Nat. Mater.*, 2002, 1, pp. 64). 상기 고분자에 의해 안정화된 BPI는 높은 스피드의 전기 광학적 반응을 나타냈다. 2005년도에, Coles 등은 큰 굽힘전기학을 갖는 바이메조제닉(bimesogenic) 분자 시스템에서 매우 넓은 온도 범위를 갖는 BPI의 관찰을 보고하였다(*Nature*, 2005, 436, pp. 997). 이 경우, 블루 페이즈 격자의 반사 색은 전기장을 인가함으로써 가역적으로 조정될 수 있다. 보다 최근에는, Choi 등이 네마틱 페이즈를 갖는 벤트-코어(bent-core) 물질과 나선의 높은 헬리컬 트위스팅 파워(helical twisting power)를 갖는 몇 퍼센트의 키랄성 첨가제의 단순 혼합물에서 BPI의 온도 범위를 조사하였다. 그들은 이론 연구에서 이미 예상된 바 있는 벤트-코어 물질 시스템에서 넓은 온도 범위(15°C 이내)를 갖는 BPI의 존재를 실험적으로 확인하였다(G. P. Alexander, J. M. Yeomans, *Phys. Rev. E*, 2006, 74, pp. 061706; F. Castles, S. M. *et al.*, *Phys. Lett.*, 2010, 104, pp. 157801). 또한, 중국 연구자 그룹에서 키랄성 및 벤트-코어 액정의 혼합물에서 넓은 온도 범위, 즉 29°C의 온도 범위를 갖는 BPI를 보고한바 있다(Z. Zheng, D *et al.* *New J. Phys.*, 2010, 12, pp. 113018). 후자의 경우 벤트-코어 물질로 인한 경사결합선의 변질(K₁₁) 및 굽힘(K₃₃) 변형의 탄성 에너지 값의 감소로 설명할 수 있다(M. Nakata *et al.* *Phys. Rev. E*, 2003, 68, pp. 041710; H. Chen *et al.* *Appl. Phys. Lett.*, 2010, 97, pp. 181919).

[0005] 몇몇 연구 그룹들이 BPI의 온도 범위의 확대에 대한 이론적 및 실험적 발견에 이바지하였으나, 호스트 네마틱 액정의 탄성상수 같은 실제적으로 평가된 물리적 변수 및 블루 페이즈의 총 온도 범위 간의 상관관계의 직접적인 실험 증거에 대한 연구는 거의 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 호스트 네마틱 액정의 탄성상수와 블루 페이즈 I 액정의 열적 안정성 간의 상관관계를 조사하여 열적 안정성이 우수한 블루 페이즈 I을 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 호스트 네마틱 액정으로부터 블루 페이즈 I 액정을 제조함에 있어서,
 [0008] 상기 호스트 네마틱 액정의 탄성상수를 하기 수학적 1과 같이 제어하는 단계를 포함하는 열적 안정성이 우수한 블루 페이즈 I 액정의 제조방법을 제공한다:

[0009] [수학적 1]

[0010]
$$\frac{K_{33}}{K_{11}} < 0.5$$

[0011] 상기 식에서,
 [0012] K_{33} 은 굽힘 프랭크 탄성상수(bend Frank elasticity constant)이고,
 [0013] K_{11} 은 변집 프랭크 탄성상수(splay Frank elasticity constant)를 나타낸다.

발명의 효과

[0014] 본 발명은 호스트 네마틱 액정의 탄성상수를 조절하여 이로부터 제조되는 블루 페이즈 I 액정의 열적 안정성을 유도할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 구체예에 사용된 벤트-코어 물질의 화학 구조를 나타낸 것이다.
 도 2는 동일한 감소된 온도($T_{N1} - 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)에서 벤트-코어 물질을 농도별로 첨가한 4 종류의 호스트 네마틱 액정에 대해 탄성상수, K_{11} 및 K_{33} 의 값을 측정한 결과이다.
 도 3은 벤트-코어 물질을 농도별로 첨가한 4 종류의 호스트 네마틱 액정에서 유래한 블루 페이즈 I 액정의 전체 온도 범위를 나타낸 것이다.
 도 4는 25 중량부의 키랄성 도펀트로 도핑된 호스트 네마틱 액정(BC30)의 전형적인 편광광학 현미경사진도로, 냉각 시($1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{분}$), 블루 페이즈 I 액정의 채색판이 보이며((a)-(e)), 24시간 동안 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 보존 후, 블루 페이즈 I 액정이 그대로 유지됨을 나타낸다(f).

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 본 발명의 구성을 구체적으로 설명한다.
 [0017] 본 발명은 호스트 네마틱 액정으로부터 블루 페이즈 I 액정을 제조함에 있어서,
 [0018] 상기 호스트 네마틱 액정의 탄성상수를 하기 수학적 1과 같이 제어하는 단계를 포함하는 열적 안정성이 우수한 블루 페이즈 I 액정의 제조방법에 관한 것이다:

[0019] [수학적 1]

[0020]
$$\frac{K_{33}}{K_{11}} < 0.5$$

[0021] 상기 식에서,

[0022] K_{33} 은 굽힘 프랭크 탄성상수(bend Frank elasticity constant)이고,

[0023] K_{11} 은 변집 프랭크 탄성상수(splay Frank elasticity constant)를 나타낸다.

[0024] 본 발명의 열적 안정성이 우수한 블루 페이즈 I 액정의 제조방법은 호스트 네마틱 액정으로부터 블루 페이즈 I 액정을 제조할 때 상기 수화식 1과 같이 상기 호스트 네마틱 액정의 탄성상수, K_{33} 이 K_{11} 의 값보다 작도록 제어하면 블루 페이즈 I 액정의 작동 온도 범위가 넓어지는 특징이 있다.

[0025] 상기 블루 페이즈 I 액정은 등방성 상태의 호스트 네마틱 액정을 냉각하여 제조할 수 있으나, 이에 특별히 제한하는 것은 아니다.

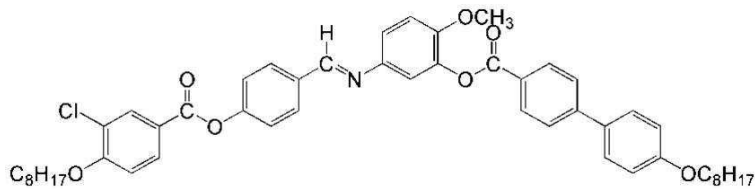
[0026] 상기 호스트 네마틱 액정은 봉상 형태, 밴드 형태, T자 형태의 구조를 갖는 액정, 또는 이들 액정의 혼합물 등을 사용할 수 있으나, 이에 특별히 제한하는 것은 아니다.

[0027] 상기 탄성상수들은 호스트 네마틱 액정에 첨가하는 벤트-코어 물질에 의해 제어될 수 있다.

[0028] 바람직하게는, 호스트 네마틱 액정 100 중량부에 대하여 27 내지 50 중량부의 벤트-코어 물질을 추가하여 제어할 수 있다. 상기 벤트-코어 물질의 함량이 상기 범위를 벗어날 경우 K_{33} 이 K_{11} 의 값을 초과하게 되어 블루 페이즈 I 액정의 작동 온도 범위는 5 °C 이내로 좁아질 수 있다.

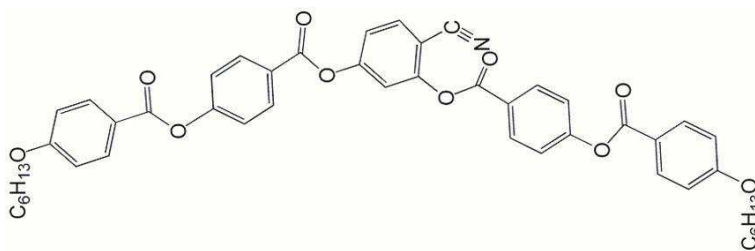
[0029] 상기 벤트-코어 물질은 밴드 형태 또는 T자 형태의 구조를 갖는 하기 화학식 1 내지 3로 표시되는 화합물 중 적어도 하나를 사용할 수 있으나, 이에 특별히 제한하는 것은 아니다:

[0030] [화학식 1]



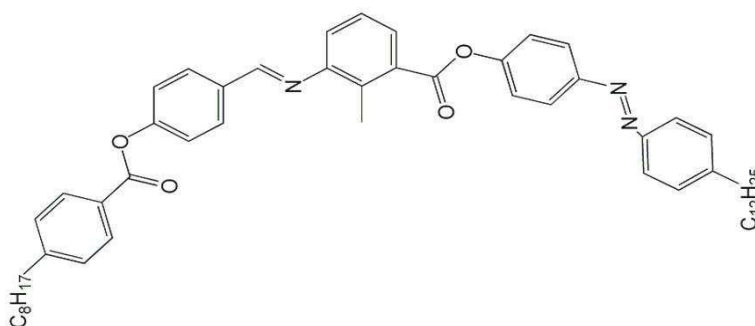
[0031]

[0032] [화학식 2]



[0033]

[0034] [화학식 3]



[0035]

- [0036] 또한, 본 발명의 제조방법에 있어서 호스트 네마틱 액정의 탄성상수를 제어하기 위해 벤트-코어 물질을 함유하는 호스트 네마틱 액정 100 중량부에 대하여 5 내지 50 중량부의 키랄성 도펀트를 추가로 첨가할 수 있다. 상기 범위 내일 경우 탄성상수 값은 상기 수학적 식 1을 만족한다.
- [0037] 상기 키랄성 도펀트는 헬리컬 트위스팅 파워(HTP)의 크기의 종류에 상관없이 호스트 네마틱 액정을 키랄성 네마틱으로 유도할 수 있는 물질이라면 제한 없이 사용할 수 있다. 예를 들어, BASF 사의 LC756, Merck 사의 S-811 등을 사용할 수 있다.
- [0038] 본 발명의 제조방법에 따른 블루 페이즈 I 액정은 -20℃ 내지 80℃의 온도 범위에서 안정한 것을 특징으로 한다.
- [0039] 상기 벤트-코어 물질을 네마틱 액정에 도핑함으로써 K_{33} 이 현저히 감소하며, 결함에 대한 자유에너지 값이 감소하여 블루 페이즈 I 액정의 이중-트위스트 실린더(double-twist cylinder, DTC) 구조의 안정화를 유도한다. 이러한 요인들이 블루 페이즈 I 액정의 작동 온도 범위를 넓혀 액정표시소자뿐만 아니라 빠른 광 모듈레이터, 조정 가능한 광자성 결정 등의 장치 개발에 적용할 수 있다.
- [0040] 이하, 본 발명에 따르는 실시예 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명하나, 본 발명의 범위가 하기 제시된 실시예에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0041] <실시예 1> 벤트-코어 물질이 부가된 호스트 네마틱 액정의 제조
- [0042] 다양한 농도의 도 1에 도시된 벤트-코어 물질과 공지의 네마틱 액정(NLC)의 호스트 혼합물 4 종류, 즉, 17 중량부(BC17), 20 중량부(BC20), 25 중량부(BC25), 및 30 중량부(BC30)를 제조하였다. 본 실시예에서 사용된 NLC(BYLC53XX, BaYi Space Co.)는 양성 유전 이방성($\Delta \epsilon$)을 갖는 공용 혼합물이며, 냉각 과정 동안 하기의 페이즈 순서를 나타냈다. 즉, 등방성(Iso)-(-101℃)-네마틱(N)-(-40℃)-결정(Cryst). 벤트-코어 물질은 N 페이즈를 가지고 있으며, 냉각 과정 동안 하기의 페이즈 순서를 나타냈다. 즉, Iso-(99℃)-N-(82℃)-B4-(76℃)-Cryst.
- [0043] 합성된 4개의 호스트 NLC의 구성 분획 및 상-전이 온도는 표 1에 요약하였다.

표 1

4 종류의 호스트 NLC의 구성 분획 및 상-전이 온도

	NLC (중량부)	벤트-코어 물질 (중량부)	상-전이 온도 (℃)
BC15	85	17	I-97-N
BC20	80	20	I-94-N
BC25	75	25	I-94-N
BC30	70	30	I-95-N

[0044]

[0045] <실험예 1> 호스트 네마틱 액정의 탄성상수 조사

[0046] 동일한 감소된 온도($T_{N1} - 20^\circ\text{C}$, T_{N1} : N-Iso 상전이 온도)에서 벤트-코어 물질의 농도에 따른 호스트 네마틱 액정의 탄성 상수, K_{11} 및 K_{33} 를 측정하였다. 혼합된 호스트 NLC의 탄성 상수 K_{11} 및 K_{33} 는 커패시턴스 측정을 수행하여 측정하였다. 커패시턴스 측정을 위해, 서로 반대방향의 리빙방향을 가지는 폴리이미드가 코팅된 유리 기판이 있는 샌드위치 셀을 제조하였다. 두 개의 기판 사이의 셀 갭은 볼 스페이서를 이용하여 10 μm 로 유지하였다.

[0047] 도 2에 나타난 바와 같이, K_{11} 및 K_{33} 의 값은 벤트-코어 물질의 농도가 증가함에 따라 다음의 성향을 나타냈다: K_{11} 이 약간 증가하는 반면, K_{33} 는 극적으로 감소하였다. 벤트-코어 물질의 농도가 증가함에 따라 호스트 NLC의 K_{33} 에서의 감소는 급침 뒤틀림과 더불어 상기 벤트-코어 물질의 구부러진 형상이 강력한 근거가 되었기

때문이다. 벤트-코어 물질을 첨가함에 따른 NLC 시스템의 K_{33} 에서의 감소는 Dodge 등에 의해 이미 보고된 바 있다. BC17의 경우, K_{33} 이 K_{11} 보다 훨씬 더 높은 반면, BC30의 경우, K_{33} 이 K_{11} 보다 훨씬 더 낮았다. 흥미롭게도, K_{11} 및 K_{33} 의 값은 BC25의 주변에 걸쳐있었다. 즉, 벤트-코어 물질의 농도가 BC25의 것 보다 더 작은 영역에서는 K_{33} 의 값이 K_{11} 보다 더 높은 반면, 벤트-코어 물질의 농도가 BC25 보다 더 높은 영역에서는 K_{33} 의 값이 K_{11} 보다 더 낮았다.

[0048] <실시예 2> 키랄성 도펀트가 부가된 호스트 네마틱 액정으로부터 블루 페이즈 I 액정의 제조 및 열적 안정성 조사

[0049] 벤트-코어 물질의 농도별로 4 종류의 호스트 NLC에서 유래한 BPI의 총 온도 범위를 측정하였다. 혼합된 호스트 NLC에 키랄성을 도입하기 위해, 25 중량부의 키랄성도펀트(S811, Merck)를 상기 실시예 1의 벤트-코어 물질이 첨가된 전체 호스트 NLC 100 중량부에 첨가하였다. 이들 혼합물들을 두 기관 상에 폴리이미드 코팅등의 러빙 처리없이 5 μm 두께의 셀에 주입하고, 편광광학현미경(polarised optical microscope, POM)으로 관찰하였다. 시료의 온도는 1 $^{\circ}\text{C}$ /분의 냉각속도로 핫 스테이지(hot stage)를 이용하여 정확히 제어하였다.

[0050] 도 3은 벤트-코어 물질의 농도 별로 4 종류의 호스트 NLC에서 유래한 BPI의 전체 온도 범위를 나타낸다. 호스트 NLC의 K_{33} 의 값이 K_{11} 보다 더 높은 BC17 및 BC20의 경우, BPI의 온도 범위는 $\sim 2^{\circ}\text{C}$ 였으며, 이는 키랄성 첨가제를 섞은 기존의 NLC와 같다. 호스트 NLC의 K_{33} 의 값이 K_{11} 보다 더 낮은 BC25의 경우, BPI의 온도 범위는 $\sim 5^{\circ}\text{C}$ 로 관찰되었다. 마지막으로, 호스트 NLC의 K_{33} 의 값이 K_{11} 보다 훨씬 더 낮은 BC30의 경우, BPI의 온도 범위는 $\sim 30^{\circ}\text{C}$ 로 관찰되었고, 이는 키랄성 첨가제와 혼합한 기존의 NLC의 값 보다 훨씬 더 넓다. 즉, K_{33} 이 K_{11} 보다 더 높은 경우, BPI는 좁은 온도 범위에서만 보였다. 일반적으로, 종래의 봉상 형태의 NLC의 경우에서 K_{33} 이 K_{11} 보다 더 높았고, K_{33} 가 감소하면, BPI의 온도 범위는 넓어진다. 마지막으로, K_{33} 이 K_{11} 보다 훨씬 더 낮은 경우, BPI의 온도 범위는 종래의 NLC의 것보다 훨씬 더 넓어지는 것으로 관찰되었다.

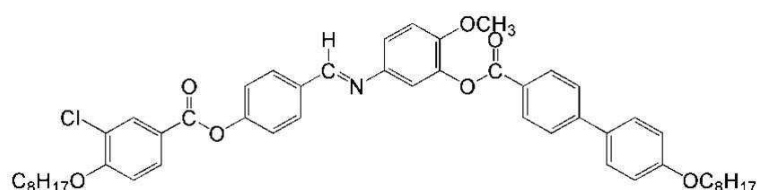
[0051] 도 4는 25 중량부의 키랄성 도펀트로 도핑된 BC30의 전형적인 편광광학 현미경사진도를 나타낸 것으로, 등방성(Iso) 페이즈를 점차적으로 냉각시키면, BPI의 전형적인 광학 구조를 대표하는 채색판이 보이며(도 4(a)-(e)), 그것의 색은 블루 페이즈(BP) 격자에 의해 반사된다.

[0052] 상기 실시예 1의 BPI의 열역학적 안정성을 확인하기 위해, 상기 셀을 24시간 동안 30°C 에서 보존한 결과, 도 4(e) 및 (f)에 나타난 바와 같이, BPI는 그대로 유지되었다. 그리하여, BPI의 온도 범위가 연장된 것은 초-냉각 탓이 아니며, 수득된 BPI는 열역학적으로 안정한 상임을 확인하였다.

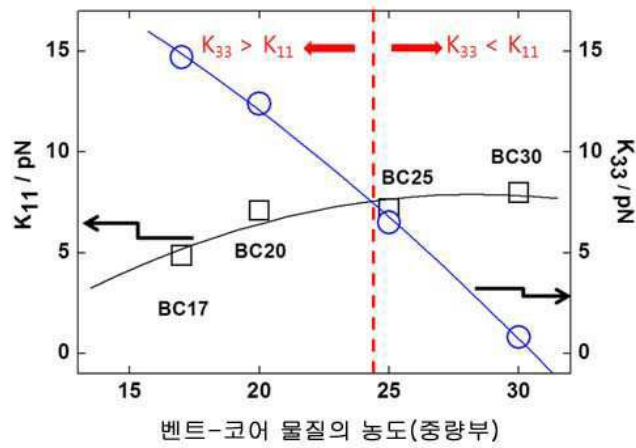
[0053] 결론적으로, 본 발명은 호스트 네마틱 액정의 탄성상수 및 그들의 BPI의 열적 안정성 간의 상관관계를 분석하였고, 종래의 네마틱 액정에 벤트-코어 물질을 첨가하면 종래의 시스템에 비해 훨씬 더 넓어진 BPI 온도 범위를 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 이 결과는 벤트-코어 물질을 종래의 네마틱 액정에 도핑하는 것은 K_{33} 에서의 현저한 감소, 결합에 대한 자유 에너지값의 감소 및 DTC의 안정화를 유도한다. 이들 요인들은 BPI의 온도 범위를 증가시킨다. 상기 실험 결과로부터, BPI의 열적 안정성은 호스트 네마틱 액정의 탄성상수의 값에 강하게 달려있음을 입증한다. 상기 안정성은 K_{33} 이 K_{11} 보다 더 작을 때 더 커진다.

도면

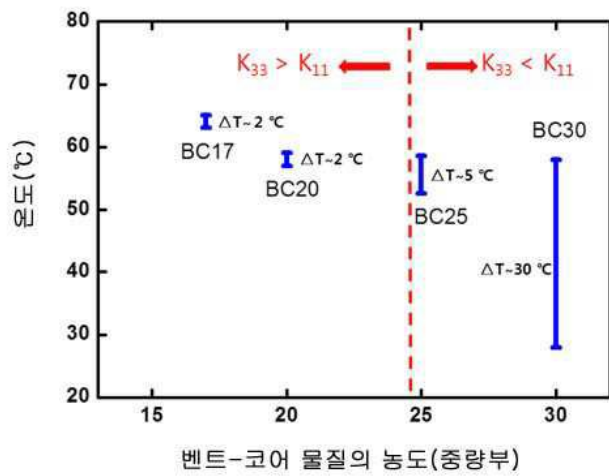
도면1



도면2



도면3



도면4

