

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2012년 1월 26일 (26.01.2012)



(10) 국제공개번호
WO 2012/011695 A2

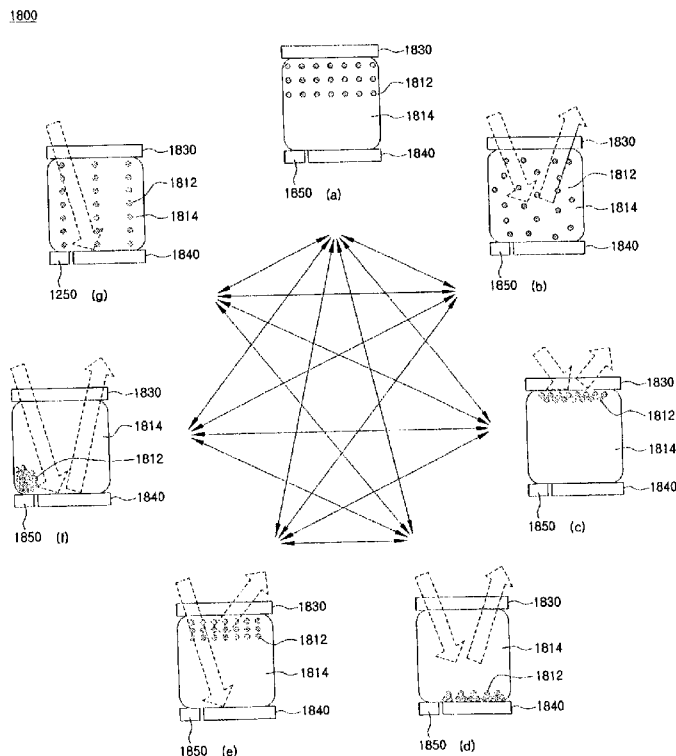
- (51) 국제특허분류: G02F 1/167 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2011/005136
- (22) 국제출원일: 2011년 7월 13일 (13.07.2011)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2010-0069531 2010년 7월 19일 (19.07.2010) KR
10-2010-0069530 2010년 7월 19일 (19.07.2010) KR
10-2010-0072061 2010년 7월 26일 (26.07.2010) KR
10-2010-0078968 2010년 8월 16일 (16.08.2010) KR
10-2010-0083545 2010년 8월 27일 (27.08.2010) KR
10-2010-0084951 2010년 8월 31일 (31.08.2010) KR
10-2011-0032798 2011년 4월 8일 (08.04.2011) KR
10-2011-0062308 2011년 6월 27일 (27.06.2011) KR
10-2011-0062289 2011년 6월 27일 (27.06.2011) KR
10-2011-0062211 2011년 6월 27일 (27.06.2011) KR
10-2011-0062195 2011년 6월 27일 (27.06.2011) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): 주식회사 나노브릭 (NANOBRICK CO.,LTD.) [KR/KR]; 경기도 수원시 영통구 이의동 906-5 차세대 첨단 융합 기술원 C 동 4층, 443-270 Gyeonggi-do (KR).
- (72) 발명자: 겸
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 주재현 (JOO, Jae Hyun) [KR/KR]; 경기도 화성시 석우동 예당마을 롯데캐슬 아파트 151-1902, 445-170 Gyeonggi-do (KR).
- (74) 대리인: 김한 (KIM, Han); 서울시 강남구 역삼동 641-3 노바빌딩 2층, 135-909 Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: DISPLAY DEVICE, DISPLAY METHOD, AND MACHINE-READABLE STORAGE MEDIUM

(54) 발명의 명칭: 표시 장치, 표시 방법 및 머신 판독 가능한 기록 매체

[Fig.18]



(57) Abstract: In a display method or device according to one embodiment of the present invention, at least two modes selected from among a photonic crystal reflection mode, a unique color reflection mode, and a transmittance tuning mode are interchangeable in a single pixel. Additionally, a machine-readable storage medium storing a computer program for executing the display method is provided.

(57) 요약서: 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 방법 또는 장치에서는 광 결정 반사 모드, 고유색 반사 모드 및 투과도 조절 모드 중 적어도 2 개의 모드가 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 구현될 수 있다. 또한, 이러한 표시 방법을 수행하는 컴퓨터 프로그램을 기록한 머신 판독 가능한 기록 매체도 제공된다.



HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) **지정국** (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,

TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

명세서

발명의 명칭: 표시 장치, 표시 방법 및 머신 판독 가능한 기록 매체 기술분야

- [1] 본 발명은 전반적으로 표시 방법 및 장치에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은 광 결정 반사 모드(photonic crystal reflection mode), 고유색 반사 모드(unique color reflection mode) 및 투과도 조절 모드(transmittance tuning mode) 중 적어도 2 개의 모드가 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 되는 구현되는 표시 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근 차세대 디스플레이에 대한 연구 및 개발이 활발하게 이루어지면서 다양한 종류의 디스플레이가 소개되고 있다. 차세대 디스플레이의 대표적인 예로서 전자 잉크(electronic-ink)를 들 수 있다. 전자 잉크는 각각 음전하 및 양전하를 갖는 특정 색(예를 들면, 각각 검은색 및 흰색)의 입자에 전기장을 인가하여 상기 특정 색을 표시하는 디스플레이로서, 전력 소모를 줄이고 플렉서블(flexible) 디스플레이를 가능하게 하는 장점을 갖고 있다. 다만, 전자 잉크에 의할 경우, 입자의 색이 특정 색으로 고정되어 있기 때문에 다양한 색을 표현하기 어렵다는 한계가 있다. 한편, 디스플레이와 함께 사용되어 디스플레이로부터 반사되거나 디스플레이로 입사되는 광을 투과 또는 차단시키는 기능을 하는 광 투과도 조절 장치가 소개된 바 있다. 종래의 광 투과도 조절 장치는 광의 투과를 제어하는 기능을 수행하는 기계적인 셔터를 포함하는 등 구조가 복잡하여 제조시간과 제조비용이 지나치게 높은 문제점이 있었다.
- [3] 따라서, 표시 영역에서 간단한 구조로 해서 다양한 색상 및/또는 투과도가 간단한 방식으로 해서 조절될 수 있는 방식이 제공될 필요가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [4] 본 발명은 다양한 색상 및/또는 투과도가 동일한 단일 화소 내에서 간단한 방식 및 구조로 해서 구현되는 표시 방법 및 장치를 제공한다.
- [5] 본 발명은 다양한 색상, 투과도, 명도 및/또는 채도가 간단한 방식 및 구조로 해서 조절될 수 있는 표시 방법 및 장치를 제공한다.
- [6] 본 발명은 입자 간격을 더욱 규칙적으로 배열시켜서 입자로부터 반사되는 광의 파장의 강도가 개선되는 표시 방법 및 장치를 제공한다.
- [7] 본 발명은 상기 표시 방법의 단계들을 수행하는 프로그램 코드를 기록한 머신 판독 가능한 기록 매체(machine readable storage medium)를 제공한다.

과제 해결 수단

- [8] 본 발명의 일 측면에 따라서, 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부에 전극을 통하여 전기장을 인가하고, 상기 전기장의 세기, 방향, 인가

회수, 인가 시간 및 인가 위치 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하되, 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된 입자들로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와, 상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러가 표시되는 제 2 모드를 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현하는 표시 방법이 제공된다.

[9] 본 발명의 일 측면에 따라서, 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부에 전극을 통하여 전기장을 인가하고, 상기 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 위치 및 인가 시간 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하되, 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된 입자들로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와, 상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 2 모드를 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현하는 표시 방법이 제공된다.

[10] 본 발명의 일 측면에 따라서, 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부에 전극을 통하여 전기장을 인가하고, 상기 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 위치 및 인가 시간 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하되, 상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러가 표시되는 제 1 모드와, 상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 2 모드를 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현하는 표시 방법이 제공된다.

[11] 본 발명의 일 측면에 따라서, 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부에 전극을 통하여 전기장을 인가하고, 상기 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 위치 및 인가 시간 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하되, 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된 입자들로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와, 상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러가 표시되는 제 2 모드와, 상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 3 모드를 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현하는 표시 방법이 제공된다.

[12] 일 측면에 따라서, 적어도 하나가 투명한 적어도 2 개의 서로 대향하는 전극 간에 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부와, 상기 전극에 인가되는 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간 및 인가 위치 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하는 제어부를 포함하며, 상기 제어부는 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된 입자들로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와, 상기

입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러가 표시되는 제 2 모드를 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현하는 표시 장치가 제공된다.

- [13] 일 측면에 따라서, 적어도 하나가 투명한 적어도 2 개의 서로 대향하는 전극 간에 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부와, 상기 전극에 인가되는 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간 및 인가 위치 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하는 제어부를 포함하며, 상기 제어부는 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된 입자로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와, 상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 2 모드를 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현하는 표시 장치가 제공된다.
- [14] 일 측면에 따라서, 적어도 하나가 투명한 적어도 2 개의 서로 대향하는 전극 간에 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부와, 상기 전극에 인가되는 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간 및 인가 위치 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하는 제어부를 포함하며, 상기 제어부는 상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러가 표시되는 제 1 모드와, 상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 2 모드를 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현하는 표시 장치가 제공된다.
- [15] 일 측면에 따라서, 적어도 하나가 투명한 적어도 2 개의 서로 대향하는 전극 간에 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부와, 상기 전극에 인가되는 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간 및 인가 위치 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하는 제어부를 포함하며, 상기 제어부는 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된 입자들로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와, 상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러가 표시되는 제 2 모드와, 상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 3 모드를 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현하는 표시 장치가 제공된다.
- [16] 일 측면에 따라서, 머신에 의해서 판독되어서, 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부에 전극을 통하여 전기장을 인가하고, 상기 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간 및 인가 위치 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하는 프로그램 코드가 저장된 머신 판독 가능한 기록 매체로서, 상기 프로그램 코드는 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된 입자들로부터 반사되는 광의 파장을

조절하는 제 1 모드와, 상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러가 표시되는 제 2 모드가 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현되도록 하는 머신 판독 가능한 기록 매체가 제공된다.

- [17] 일 측면에 따라서, 머신에 의해서 판독되어서, 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부에 전극을 통하여 전기장을 인가하고, 상기 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간 및 인가 위치 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하는 프로그램 코드가 저장된 머신 판독 가능한 기록 매체로서, 상기 프로그램 코드는 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된 입자로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와, 상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 2 모드가 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현되도록 하는 머신 판독 가능한 기록 매체가 제공된다.
- [18] 일 측면에 따라서, 머신에 의해서 판독되어서, 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부에 전극을 통하여 전기장을 인가하고, 상기 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간 및 인가 위치 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하는 프로그램 코드가 저장된 머신 판독 가능한 기록 매체로서, 상기 프로그램 코드는 상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러를 표시되는 제 1 모드와, 상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 2 모드가 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현하도록 하는 머신 판독 가능한 기록 매체가 제공된다.
- [19] 일 측면에 따라서, 머신에 의해서 판독되어서, 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부에 전극을 통하여 전기장을 인가하고, 상기 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간 및 인가 위치 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하는 프로그램 코드가 저장된 머신 판독 가능한 기록 매체로서, 상기 프로그램 코드는 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된 입자들로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와, 상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러를 표시되는 제 2 모드와, 상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 3 모드가 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현하도록 하는 머신 판독 가능한 기록 매체가 제공된다.
- [20] 이하의 개별 실시예들은 상기의 표시 방법, 표시 장치 및 기록 매체 모두에 적용될 수 있다.

- [21] 일 실시예에서, 상기 모드들 간의 전환은 인가되는 전기장의 세기, 방향 및 인가 위치 중 적어도 하나가 변함으로써 이루어진다.
- [22] 일 실시예에서, 직류 전기장 및 교류 전기장을 순차적 또는 동시에 혼합해서 인가한다.
- [23] 일 실시예에서, 상기 전극은 대 전극과 국부 전극으로 분할되어서 전기적으로 분리되어 있다.
- [24] 일 실시예에서, 상기 입자의 위치를 조절하기 위해서, 동일한 부호의 전하로 대전된 입자를 사용한다.
- [25] 일 실시예에서, 상기 입자의 위치를 조절하기 위해서, 용매와 유전율이 상이한 입자를 사용하고 불균일한 전기장을 상기 표시부에 인가한다.
- [26] 일 실시예에서, 광의 투과도를 조절하기 위해서, 상기 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 외에서 조절된다.
- [27] 일 실시예에서, 광의 투과도를 조절하기 위해서, 동일한 부호의 전하로 대전된 입자를 사용하고, 상기 전기장을 표시부에 국부적으로 인가하여 전기 영동(electrophoresis)에 의해 상기 입자가 국부적으로 이동된다.
- [28] 일 실시예에서, 광의 투과도를 조절하기 위해서, 용매와 상이한 유전율을 가지는 입자를 사용하고, 불균일한 전기장을 상기 표시부에 인가한다.
- [29] 일 실시예에서, 전기 유변(electrorheology)에 의해 상기 입자가 상기 전기장의 방향과 평행한 방향으로 배열되어 투과도가 조절된다.
- [30] 일 실시예에서, 상기 입자, 용매 및 용액 중 적어도 하나는 가변 전기 분극(variable electrical polarization) 특성—인가된 전기장이 변화함에 따라 유발되는 전기 분극량이 변화됨—을 갖는다.
- [31] 일 실시예에서, 상기 입자, 상기 용매, 상기 용액 중 적어도 하나는 전자 분극, 이온 분극, 계면 분극 및 회전 분극 중 어느 하나에 의하여 전기 분극되는 물질을 포함한다.
- [32] 일 실시예에서, 상기 용매는 분극 지수가 1 이상인 물질을 포함한다.
- [33] 일 실시예에서, 상기 용매는 프로필렌 카보네이트(Propylene Carbonate)를 포함한다.
- [34] 일 실시예에서, 상기 입자는 강유전체 또는 초상유전체 물질을 포함한다.
- [35] 일 실시예에서, 상기 입자는 Ti, Zr, Ba, Si, Au, Ag, Fe 중 적어도 하나의 원소를 포함하는 무기 화합물이나 탄소(Carbon)을 포함하는 유기 화합물이다.
- [36] 일 실시예에서, 상기 입자들은 동일한 부호의 전하를 가지며, 상기 전기장이 인가됨에 따라, 전기장의 세기에 비례하여 입자들에 작용하는 전기 영동력과, 상기 가변 전기 분극 특성에 의해 입자들 간에 작용하는 정전기적 인력과, 동일한 부호의 전하를 갖는 입자들 간에 작용하는 정전기적 반발력이 상호 작용하여 상기 입자 간의 간격이 특정 범위에 도달하게 되고, 상기 입자 간의 간격이 특정 범위에 도달하게 됨에 따라 상기 복수의 입자로부터 특정 파장의 광이 반사된다.

- [37] 일 실시예에서, 상기 입자들은 상호 입체 장애 효과(steric effect)를 나타내고, 상기 전기장이 인가됨에 따라, 상기 가변 전기 분극 특성에 의해 입자들 간에 작용하는 정전기적 인력과, 상기 입자들 간에 작용하는 입체 장애 반발력이 상호 작용하여 상기 입자 간의 간격이 특정 범위에 도달하게 되고, 상기 입자 간의 간격이 상기 특정 범위에 도달하게 됨에 따라 상기 복수의 입자로부터 특정 파장의 광이 반사된다.
- [38] 일 실시예에서, 상기 전기장을 인가하면, 상기 입자들은 용매 내에서 3차원적으로 단거리 규칙성(short range ordering)을 가지면서 배열한다.
- [39] 일 실시예에서, 상기 전기장의 세기가 증가할수록 상기 입자로부터 반사되는 광의 파장이 짧아진다.
- [40] 일 실시예에서, 상기 입자로부터 반사되는 광의 가능한 파장 범위는 적외선, 가시광선 및 자외선 대역을 포함한다.
- [41] 일 실시예에서, 상기 입자, 상기 용매 및 상기 전극 중 적어도 하나는 안료 및, 염료 및 구조색을 갖는 물질 중 적어도 하나의 성분을 포함한다.
- [42] 일 실시예에서, 복수의 화소 각각에 전기장을 독립적으로 인가하여, 상기 복수의 화소 각각이 독립적으로 구동되도록 한다.
- [43] 일 실시예에서, 상기 입자 및 상기 용매는 광 투과성 물질에 의하여 캡슐화되거나 절연성 물질에 의하여 구획화된다.
- [44] 일 실시예에서, 상기 입자 및 상기 용매는 광 투과성 물질로 이루어진 매질 내에 산재된다.
- [45] 일 실시예에서, 상기 용액은 젤(Gel) 형태이다.
- [46] 일 실시예에서, 상기 용액은 전기장을 인가하여 특정 컬러 또는 투과도를 표시한 후에 상기 전기장을 제거하더라도 소정 시간 동안 상기 특정 컬러 또는 투과도를 유지한다.
- [47] 일 실시예에서, 그 내에서 상기 모드들 간의 전환이 이루어지는 단일 화소를 복수 개 수직 적층시키고 각 적층된 단일 화소 내에서 상기 모드가 독립적으로 구현된다.
- [48] 일 실시예에서, 그 내에서 상기 모드들 간의 전환이 이루어지는 단일 화소를 복수 개 수평으로 배열시키고 각 배열된 단일 화소 내에서 상기 모드가 독립적으로 구현된다.
- [49] 일 실시예에서, 상기 입자 또는 상기 용매에 상기 전기장을 인가한 후에 상기 전기장과 반대 방향의 전기장을 인가하여 상기 입자의 간격, 위치 또는 배열을 초기화(reset)한다.
- [50] 일 실시예에서, 상기 전기장을 인가하기 전에 상기 입자의 간격, 위치 또는 배열을 사전 설정된 간격, 위치 또는 배열로 유지하기 위하여 대기(standby) 전기장을 인가한다.
- [51] 일 실시예에서, 상기 표시부에 커패시터가 접속되어서 전압이 인가되면 상기 커패시터에 전하가 충전되도록 하고 상기 표시부에 인가되는 전압이 차단되면

- 상기 커패시터에 충전된 전하를 이용하여 상기 표시부에 전압을 인가한다.
- [52] 일 실시예에서, 표시 면적, 표시 시간 및 광 투과도 중 적어도 하나를 조절함으로써 표시되는 컬러의 명도 또는 채도를 제어한다.
- [53] 일 실시예에서, 서로 다른 부호의 전하를 갖는 제 1 및 제 2 입자에 전기장을 인가하여 상기 제 1 입자의 간격, 위치 또는 배열과 상기 제 2 입자의 간격, 위치 또는 배열이 서로 독립적으로 제어한다.
- [54] 일 실시예에서, 상기 입자 및 상기 용매에 입사되는 광을 이용하여 에너지를 발생시키고 상기 발생된 에너지를 이용하여 상기 전기장을 인가한다.
- [55] 일 실시예에서, 발광형 표시 수단을 사용하여 상기 모드를 구현하거나 발광형 표시 수단을 상기 모드와 조합하여서 사용한다.
- [56] 일 실시예에서, 상기 입자, 상기 용매 또는 상기 전극으로부터 반사되거나 상기 입자, 상기 용매 또는 상기 전극을 투과하는 광이 상기 전극에 결합된 컬러 필터를 통과하여 표시되도록 한다.
- [57] 일 실시예에서, 상기 입자 및 상기 전극은 각각 흰색 및 검은색이거나 각각 검은색 및 흰색이다.
- [58] 일 실시예에서, 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 반사되는 광의 파장을 조절하는 모드는 상기 입자들의 배열을 제어함으로써 광의 투과도를 조절하는 모드보다 그 인가되는 전압의 크기가 작다.
- [59] 일 실시예에서, 인가되는 전압이 커질수록 가변 전기 분극 특성에 의한 입자 간의 인력이 입자 간의 반발력보다 반발력을 무시할 정도로 커지게 된다.
- [60] 일 실시예에서, 상기 입자들의 배열을 제어함으로써 광의 투과도를 조절하는 모드에서는 상기 가변 전기 분극 특성에 의한 입자 간의 인력이 입자 간의 반발력보다 크도록 된다.
- [61] 일 실시예에서, 투과도 조절 모드에서, 투과도가 연속적으로 또는 아날로그 방식으로 변화될 수 있다.

발명의 효과

- [62] 본 발명에 따르면, 다양한 색상 또는 연속적인 색상 및/또는 투과도가 동일한 단일 화소 내에서 간단한 구조로 해서 구현될 수 있다.
- [63] 본 발명에 따르면, 다양한 색상, 투과도, 채도 및/또는 명도가 간단한 구조로 해서 조절될 수 있다.
- [64] 본 발명에 따르면, R,G,B의 혼색에 의한 색상(hue) 구현이 아니라 연속적인 파장의 광을 반사시킴으로써 연속적인 파장의 색상을 구현할 수 있다.
- [65] 본 발명에 따른 표시 방법은 대형 면적 표시, 간단한 표시 방법, 연속적인 색상 구현, 플렉시블한 표시 영역에서의 사용, 저 전력 소비의 표시를 동시에 충족시킬 수 있다.
- [66] 본 발명에 따르면, 시야각(viewing angle) 특성 및 반응 속도(response time)가 우수한 표시 방법 및 장치가 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [67] 본 발명의 상술한 장점, 특징 및 목적과 또 다른 장점, 특징 및 목적은 다음의 발명의 상세한 설명을 다음의 첨부 도면을 참조하여 독해하면 명백해질 것이다.
- [68] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치에 포함되는 입자의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [69] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 전기장이 인가됨에 따라 입자 또는 용매가 분극되는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [70] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 분자의 비대칭적 배치에 의한 단위 분극 특성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [71] 도 5는 상유전체, 강유전체 및 초상유전체의 이력 곡선을 나타내는 도면이다.
- [72] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 입자 또는 용매에 포함될 수 있는 페로브스카이트 구조를 갖는 물질을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [73] 도 7은 본 발명에 따른 표시 장치의 제 1 모드의 제 1 실시예에 따라 입자의 간격을 제어하는 구성을 개념적으로 나타내는 도면이다.
- [74] 도 8은 본 발명에 따른 표시 장치의 제 1 모드의 제 2 실시예에 따라 입자의 간격을 제어하는 구성을 개념적으로 나타내는 도면이다.
- [75] 도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치의 제 1 모드의 제 1 및 제 2 실시예에 따른 표시 장치의 구성을 각각 개념적으로 나타내는 도면이다.
- [76] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따라 제 1 모드의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [77] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치의 제 2 모드의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [78] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치의 제 2 모드의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [79] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치의 제 3 모드의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [80] 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따라 제 1 및 제 2 모드를 선택적으로 수행할 수 있는 표시 장치의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [81] 도 16은 본 발명의 일 실시예에 따라 제 1 및 제 3 모드를 선택적으로 수행할 수 있는 표시 장치의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [82] 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따라 제 2 및 제 3 모드를 선택적으로 수행할 수 있는 표시 장치의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [83] 도 18은 본 발명의 일 실시예에 따라 제 1, 제 2 및 제 3 모드를 선택적으로 수행할 수 있는 표시 장치의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [84] 도 19는 본 발명의 일 실시예에 따라 복수의 전극에 의하여 구동되는 표시 장치의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [85] 도 20은 본 발명의 일 실시예에 따라 표시 장치에 포함되는 입자 및 용매를

- 복수의 캡슐로 캡슐화하는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [86] 도 21은 본 발명의 일 실시예에 따라 표시 장치에 포함되는 입자 및 용매를 매질 내에 산재시키는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [87] 도 22는 본 발명의 일 실시예에 따라 광투광성 매질로 캡슐화된 용액의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [88] 도 23은 본 발명의 일 실시예에 따라 매질 내에 산재된 입자 및 용매의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [89] 도 24는 본 발명의 일 실시예에 따라 표시 장치에 포함되는 입자 및 용매를 복수의 셀로 구획화하는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [90] 도 25 및 도 26은 본 발명의 일 실시예에 따라 표시 장치가 서로 수직 방향 또는 수평 방향으로 결합되는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [91] 도 27 내지 도 29는 본 발명의 일 실시예에 따라 표시 장치에 인가되는 전압의 패턴을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [92] 도 30은 본 발명의 일 실시예에 따라 표시 장치의 복수의 전극에 연결되는 회로 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [93] 도 31은 본 발명의 일 실시예에 따라 입자로부터 반사되는 광의 표시 면적을 조절하는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [94] 도 32는 본 발명의 일 실시예에 따라 입자로부터 반사되는 광의 표시 시간을 조절하는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [95] 도 33은 본 발명의 일 실시예에 따라 광 조절층을 이용하여 명도를 조절하는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [96] 도 34 및 도 35는 본 발명의 일 실시예에 따라 광 투과도를 조절하는 광 조절층의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [97] 도 36은 본 발명의 일 실시예에 따라 광 차단율을 조절하는 광 조절층의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [98] 도 37은 본 발명의 일 실시예에 따라 서로 다른 전하를 갖는 입자를 이용하여 광결정성 디스플레이를 구현하는 표시 장치의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [99] 도 38 내지 도 40은 본 발명의 일 실시예에 따라 전극을 이루는 전극을 패터닝하는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [100] 도 41은 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치가 스페이서를 포함하는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [101] 도 42는 본 발명의 일 실시예에 따라 태양 전지부를 포함하는 표시 장치의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [102] 도 43은 본 발명에 따른 표시 장치를 발광형 표시 장치와 결합한 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [103] 도 44 내지 도 46은 본 발명의 일 실시예에 따라 전하를 갖는 입자를 전기 분극 특성을 갖는 용매에 분산시킨 상태에서 전기장을 인가하여 입자의 간격을

조절함으로써 입자로 이루어진 광결정으로부터 반사되는 광의 파장을 제어하는 제 1 모드를 구현한 실험 결과를 그래프 및 사진으로 나타내는 도면이다.

[104] 도 47 및 도 48은 본 발명의 일 실시예에 따라 전하를 갖는 입자를 서로 다른 극성 지수를 갖는 다양한 용매에 분산시킨 상태에서 전기장을 인가하여 제 1 모드를 구현하는 실험을 수행한 결과 입자로부터 반사되는 광의 파장을 그래프로 나타내는 도면이다.

[105] 도 49 및 도 50은 본 발명의 일 실시예에 따라 전하를 갖고 전기 분극 특성을 갖는 입자를 용매에 분산시킨 상태에서 전기장을 인가하여 제 1 모드를 구현하는 실험을 수행한 결과 입자로부터 반사되는 광을 그래프 및 사진으로 나타내는 도면이다.

[106] 도 51은 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치의 관찰각에 대한 의존도(즉, 표시 장치의 시야각)에 대한 실험을 수행한 결과를 나타내는 도면이다.

[107] 도 52는 본 발명의 일 실시예에 따라 제 1 및 제 2 모드 중 어느 하나의 모드를 전환 가능하게 선택적으로 수행하는 표시 장치에 대한 실험 결과를 나타내는 도면이다.

[108] 도 53 및 도 54는 본 발명의 일 실시예에 따라 제 1 및 제 3 모드 중 어느 하나의 모드를 전환 가능하게 선택적으로 수행하는 표시 장치에 대한 실험 결과를 나타내는 도면이다.

[109] 도 55a, 도 55b, 도 55c 및 도 56은 본 발명의 일 실시예에 따라 제 2 및 제 3 모드 중 어느 하나의 모드를 전환 가능하게 선택적으로 수행하는 표시 장치에 대한 실험 결과를 나타내는 도면이다.

[110] 도 57은 제 2 모드 간에서의 모드 전환 구성의 일 실시예를 나타내고 있다.

[111] 도 58은 제 3 모드 간에서의 모드 전환 구성의 일 실시예를 나타내고 있다.

[112] 도 59는 모드 구현 및 모든 전환 구현을 위한 파장, 인가 전압 및 반사도 간의 관계를 나타내는 그래프이다.

발명의 실시를 위한 형태

[113] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예에 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 본 명세서 전반에 걸쳐서 사용되는 표현 "일 실시예에 따라서" 또는 "일 실시예에서"가 등장하면, 이는 특정 일 실시예에서 기술된 형상, 구조, 특성, 방식, 구성 등이 반드시 모든 실시예들에서도 동일하게 적용됨을 의미하지 않으며, 또한 특정

실시예에서 기술된 형상, 구조, 특성, 방식, 구성 등이 이 특정 실시예에서만 적용되는 것도 의미하지 않는다. 또한, 특정 실시예들에서 사용되는 형상, 구조, 특징부, 특성, 구성 등은 다른 실시예들과 서로 결합될 수 있다.

- [114] 또한, 본 명세서의 사용되는 명사의 단수형은 복수형의 존재를 배제하지 않는다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어 "포함한다" 및 "갖는다" 및 "구비한다" 및 이의 활용어는 기술된 구성 요소 또는 단계 이외의 구성 요소 또는 단계의 존재를 배제하지 않는다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 프로세스의 단계들의 순서들은 본 명세서에서 기술된 바대로만 한정되는 것이 아니라 다른 순서도 가능하다. 본 명세서에서 사용되는 서수인 "제 1, 제 2, 제 3" 등은 구성 요소 또는 모드 또는 단계를 서로 간에 구별할 뿐이지 어떠한 순서상의 의미도 부여하지 않으며, 또한 특정 모드는 제 1 모드, 제 2 모드 또는 제 3 모드로도 지칭될 있다. 가령, 본 명세서에서, 제 1 모드는 광 결정 반사 모드를 나타내지만 청구 범위에서는 제 1 모드는 광 결정 반사 모드 이외의 다른 모드가 될 수 있다. 또한, 본 명세서에서 제 2 모드는 고유색 반사 모드를 나타낼 수 있지만 청구 범위에서는 고유색 반사 모드 이외의 다른 모드가 될 수 있다. 이는 또한 제 3 모드에 대해서도 적용된다. 즉, 본 발명을 체계적으로 설명하기 위해서, 제 1 모드를 광 결정 반사 모드, 제 2 모드를 고유색 반사 모드, 제 3 모드를 투과도 조절 모드로 해서 본 명세서에서 각 모드를 설명하고 있지만 본 발명은 이러한 설명 방식에만 한정되지 않는다.

- [115] 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

- [116] 이하, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위하여, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 구성을 상세하게 설명하도록 한다.

[117] 표시 장치의 구성

- [118] 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치는 복수의 입자가 용매 내에 분산된 상태에서 전극을 통하여 전기장을 인가하고 전기장의 세기, 방향, 인가시간, 인가횟수, 인가영역 중 적어도 하나를 조절하여 입자의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어함으로써, 입자로 구성되는 광결정으로부터 반사되는 광의 컬러를 표시하는 제 1 모드(광 결정 반사 모드), 입자, 용매, 전극 등의 고유의 컬러 또는 입자의 산란에 의한 용액의 컬러를 표시하는 제 2 모드(고유색 반사 모드) 및 투과도가 제어된 광의 컬러를 표시하는(즉, 광의 투과도를 제어하는) 제 3 모드(투과도 조절 모드) 중 적어도 2 개의 모드를 표시 장치의 표시 영역 또는 표시부의 동일한 단일 화소(unit pixel) 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현할 수 있다. 이하의 설명에서도 알 수 있는 바와 같이, 단일 화소는 독립적으로 제어될 수 있는 최소의 표시 단위를 말한다. 즉, 기존의 디스플레이

방식에서는 적색의 셀, 녹색의 셀, 청색의 셀이 하나의 단일 화소를 형성할 수 있지만 이는 R,G,B 컬러의 혼색에 의해서 색상을 구현하는 방식에서의 가령 3개의 셀이 하나의 단일 화소를 형성하지만, 본 기술에서는 하나의 단일 셀 또는 단일 화소가 독립적으로 제어되어서 연속적인 색상을 구현할 수 있으므로 본 명세서에서 단일 화소란 기존의 방식과는 달리 독립적으로 제어될 수 있는 최소의 표시 단위 또는 표시 영역 또는 표시부를 의미하는 것이 주목될 필요가 있다.

[119] 입자 및 용매의 구성

[120] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치에 포함되는 입자의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

[121] 먼저, 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 입자(110)는 용매(120)에 분산되어 용액 상태로 존재할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 입자(110)는 양전하 또는 음전하를 가질 수 있다. 따라서, 입자(110)에 전기장이 인가되는 경우에 입자(110)가 갖는 전하와 전기장에 의해 발생하는 전기적 인력으로 인하여 입자(110)가 이동(즉, 전기 영동)될 수 있다. 또한, 복수의 입자(110)가 동일한 부호의 전하를 갖는 경우에는 동일한 부호의 전하로 인한 상호간의 전기적 척력(쿨롱 반발력)으로 인하여 복수의 입자(110)가 서로 접촉하지 않고 소정의 간격을 유지한 채로 배열되어 있을 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면 입자(110)는 고분자 사슬 형태 등으로 코팅되어 입자간 고분자 사슬의 무질서한 운동 등에 의한 입체장애 효과(steric effect)가 존재할 수 있다. 따라서, 입자간 입체장애 효과에 인하여 복수의 입자(110)가 서로 접촉하지 않고 소정의 간격을 유지한 채로 배열되어 있을 수 있다.

[122] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 입자(110)는, 도 2의 (a)와 같이 이중의 물질로 이루어진 코어-셀(core-shell)(112) 형태로 구성될 수 있고, 도 2 (b)와 같이 이중의 물질로 이루어진 멀티-코어(multi-core)(114) 형태로 구성될 수 있고, 도 2의 (c)와 같이 복수의 나노 입자로 이루어진 클러스터(116)로 구성될 수 있으며, 상기 기술한 전하를 갖는 전하층(118) 또는 입체장애 효과(steric effect)를 나타내는 층(118)이 이들 입자를 감싸는 구조로 구성될 수 있다. 본 발명에 의한 입자는 상기 구조에 국한되지 않으며, 코어 입자에 이중 물질을 침투 혹은 담지시킨 구조, 라즈베리(raspberry) 구조 등과 같이 다양한 입자 및 형태를 이용할 수 있으며, 역광결정 구조와 같이 공공(cavity) 구조도 사용할 수 있다.

[123] 보다 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 입자(110)는 실리콘(Si), 티타늄(Ti), 바륨(Ba), 스트론튬(Sr), 철(Fe), 니켈(Ni), 코발트(Co), 납(Pb), 알루미늄(Al), 구리(Cu), 은(Ag), 금(Au), 텅스텐(W), 몰리부덴(Mo), 아연(Zn), 지르코늄(Zr) 등의 원소나 이들을 포함하는 산화물, 질화물 등의 화합물로 이루어질 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 입자(110)는 styrene, pyridine, pyrrole, aniline, pyrrolidone, acrylate, urethane, thiophene, carbazole, fluorene, vinylalcohol, ethylene glycol, ethoxy acrylate 중 적어도 하나의 단위체를

포함하는 유기 고분자 또는 PS(polystyrene), PE(polyethylene), PP(polypropylene), PVC(polyvinyl chloride), PET(polyethylen terephthalate) 등의 고분자 물질로 이루어질 수 있다.

- [124] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 입자(110)는 전하를 갖지 않는 입자 혹은 클러스터(cluster)에 전하를 갖는 물질이 코팅된 형태로서 구성될 수도 있다. 예를 들면, 탄화수소기를 갖는 유기화합물에 의하여 표면이 가공(혹은 코팅)된 입자, 카르복실산(carboxylic acid)기, 에스테르(ester)기, 아실(acyl)기를 가지는 유기 화합물에 의하여 표면이 가공(혹은 코팅)된 입자, 할로젠(F, Cl, Br, I 등) 원소를 포함하는 착화합물에 의하여 표면이 가공(코팅)된 입자, 아민(amine), 티올(thiol), 포스핀(phosphine)을 포함하는 배위화합물에 의하여 표면이 가공(코팅)된 입자, 표면에 라디칼을 형성함으로써 전하를 갖는 입자가 이에 해당될 수 있다. 이와 같이 입자(110)의 표면을 실리카, 고분자, 고분자 단량체 등의 물질로 코팅함으로써 입자(110)가 용매(120) 내에서 높은 분산성과 안정성을 갖도록 할 수 있다.
- [125] 한편, 입자(110)의 직경은 수 nm 내지 수백 μm 일 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 외부 전기장에 의해 입자 들이 일정한 거리로 배열될 때 브래그 법칙(Bragg의 Law)에 의해 입자의 굴절률 및 용매의 굴절률과 연계되어 가시광 영역의 광결정 파장대가 포함될 수 있는 입자의 크기로 설정할 수 있다.
- [126] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 입자(110)는 특정 파장의 광을 반사시킬 수 있도록, 즉 고유의 컬러를 갖도록 구성될 수 있다. 보다 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 입자(110)는 산화수 조절 또는 무기 안료, 안료 등의 코팅을 통하여 특정 컬러를 갖게 될 수 있다. 예를 들면, 본 발명에 따른 입자(110)에 코팅되는 무기 안료로는 발색단을 포함하는 Zn, Pb, Ti, Cd, Fe, As, Co, Mg, Al 등이 산화물, 유화물, 유산염의 형태로 사용될 수 있고, 본 발명에 따른 입자(110)에 코팅되는 염료로는 형광 염료, 산성 염료, 염기성 염료, 매염 염료, 황화 염료, 배트 염료, 분산 염료, 반응성 염료 등이 사용될 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 입자(110)는 특정 컬러를 표시할 수 있도록 특정 구조색(structural color)을 갖는 물질일 수도 있다. 예를 들면, 실리콘 산화물(SiO_x), 티타늄산화물(TiO_x) 등의 입자가 굴절률이 다른 매체에 일정한 간격으로 균일하게 배열된 형태로 구성되어 특정 파장의 광을 반사시키는 물질일 수 있다.
- [127] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 용매(120) 역시 특정 파장의 광을 반사시킬 수 있도록, 즉 고유의 컬러를 갖도록 구성될 수 있다. 보다 구체적으로, 본 발명에 따른 용매(120)는 무기 안료, 염료를 갖는 물질을 포함하거나 광결정에 의한 구조색을 갖는 물질을 포함할 수 있다.
- [128] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면 상기 입자 또는 용매에 형광물질, 인광물질, 발광물질 등이 적어도 하나 포함되어 본 발명의 효과를 극대화시킬 수 있다.
- [129] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 용매(120)는 입자(110)가 용매(120) 내에

균일하게 분산되어 콜로이달 안정성을 확보하기 위해서, 입자(110)가 용매(120) 내에서 안정적으로 분산 되도록 분산제 등의 첨가제를 용매에 첨가하거나, 입자(110)와 용매(120)의 비중 차이가 기설정된 값 이하일 수 있으며, 용매(120)의 점도가 기 설정된 값 이상 일 수 있으며, 입자(110)와 용매(120)로 이루어진 콜로이드 용액의 계면동전위(electrokinetic potential)(즉, 제타 전위)의 값이 기설정된 값 이상으로 높을 수 있다.

[130] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 전기장 인가시 입자(110)가 용매(120) 내에서 소정의 배열을 통해 발생하는 가시광 영역의 반사광 세기를 크게 하기 위하여, 용매(120)와 입자(110)의 굴절률 차이가 기설정된 값 이상일 수 있으며, 입자(110)의 크기는 브래그 법칙(Bragg의 Law)에 의해 입자의 굴절률 및 용매의 굴절률과 연계되어 가시광 영역의 광결정 파장대가 포함될 수 있는 입자의 크기로 설정할 수 있다.

[131] 예를 들면, 콜로이드 용액의 계면동전위의 절대값은 10mV 이상일 수 있고, 입자(110)와 용매(120)의 비중 차이는 5 이하일 수 있으며, 입자(110)와 용매(120)의 굴절률 차이는 0.3 이상일 수 있으며, 입자크기는 100nm~500nm 사이일 수 있으나 이에 국한하지는 않는다.

[132] 입자간 인력: 전기 분극 특성

[133] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 표시 장치에 포함되는 입자가 분산된 용매를 포함하는 용액은 가변 전기 분극(variable electrical polarization) 특성-전기장이 인가되면 전기 분극량이 변화함-을 가질 수 있는데, 이러한 용액의 전기 분극 특성은 용액을 구성하고 있는 입자 또는 용매 중 적어도 하나가 전기 분극 특성을 나타내거나 용액 내에서 입자와 용매의 상호작용에 의해 전기 분극 특성이 나타날 수 있다. 또한 전기 분극 특성을 나타내는 용액(입자 및 용매로 구성)은 원자 혹은 분자의 비대칭적인 전하 분포 등으로 인하여 외부 전기장이 인가됨에 따라 전자 분극, 이온 분극, 계면 분극 및 회전 분극 중 어느 하나에 의하여 전기 분극되는 물질을 포함할 수 있다.

[134] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 입자 또는 용매 또는 이들로 구성된 용액 중 적어도 하나는 전기장이 인가되면 전기 분극이 유발될 수 있으며, 인가되는 전기장의 세기 또는 방향이 변함에 따라 상기 유발된 전기 분극량이 변할 수 있다. 이렇게 전기장이 변함에 따라 전기 분극량이 변하는 특성을 가변 전기 분극 특성이라고 할 수 있을 것이다. 본 발명에 있어 전기장이 인가되었을 때에 유발되는 전기 분극량이 크면 클수록 유리한데, 그 이유는 전기장을 인가함에 따라서 입자, 용매, 용액 중의 적어도 하나의 전기분극에 의해 입자 간의 상호작용힘이 더 크게 작용하여 입자간의 간격을 더 균일하게 배열할 수 있기 때문이다.

[135] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 전기장이 인가됨에 따라 입자 또는 용매가 분극되는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

[136] 도 3의 (a) 및 (b)를 참조하면, 외부 전기장이 인가되지 않는 경우에 입자 또는

용매가 전기적 평형 상태를 유지하여 전기 분극 특성을 나타내지 않지만, 외부 전기장이 인가되는 경우에는 입자 또는 용매 내의 전하가 소정 방향으로 이동함에 따라 분극이 유발되어 입자 또는 용매가 분극될 수 있다. 도 3의 (c) 및 (d)는 입자 또는 용매를 구성하는 전기적으로 비대칭적인 구성요소에 의하여 단위 분극(unit polarization)이 생성되는 경우로서, 전기장을 인가하지 않은 경우에는 상기 단위 분극이 무질서하게 배열되어 전체 전기 분극은 나타나지 않거나 작은 값을 나타내지만, 외부에서 전기장이 인가되는 경우에는 단위 분극을 갖는 입자 또는 용매가 외부 전기장의 방향에 따라 소정의 방향으로 재배열될 수 있어 전체적으로 단위 분극이 없는 상태에서 전기장을 인가하는 도 3의 (b)의 경우에 비해 상대적으로 큰 전기 분극값(polarization value)을 나타낼 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 도 3 (c) 및 (d)에 표시된 단위 분극은 전자 또는 이온의 비대칭적 배치나 분자의 비대칭적 구조에서 발생할 수 있으며, 이러한 단위 분극으로 인하여 외부 전기장이 인가되지 않는 경우에도 미세한 잔류 분극값(remnant polarization value)이 나타날 수 있다.

[137] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 분자의 비대칭적 배치에 의한 단위 분극 특성을 예시적으로 나타내는 도면이다. 보다 구체적으로, 도 4는 물 분자(H_2O)의 경우를 예시적으로 나타낸 것으로, 물 분자 외에 Trichloroethylene, Carbon Tetrachloride, Di-Iso-Propyl Ether, Toluene, Methyl-t-Butyl Ether, Xylene, Benzene, DiEthyl Ether, Dichloromethane, 1,2-Dichloroethane, Butyl Acetate, Iso-Propanol, n-Butanol, Tetrahydrofuran, n-Propanol, Chloroform, Ethyl Acetate, 2-Butanone, Dioxane, Acetone, Metanol, Ethanol, Acetonitrile, Acetic Acid, Dimethylformamide, Dimethyl Sulfoxide, Propylene carbonate, N,N-Dimethylformamide, Dimethyl Acetamide, N-Methylpyrrolodone 등은 분자 구조의 비대칭성에 의해 단위 분극 특성이 나타낼 수 있으므로 본 발명에 따른 입자 또는 용매를 구성하는 물질로서 채용될 수 있을 것이다. 참고로, 물질의 분극 특성을 비교하기 위하여 사용되는 극성 지수(polarity index)는, 물(H_2O)의 분극 특성에 대비하여 해당 물질의 상대적인 분극 정도를 나타내는 지표일 수 있으며, 본 발명의 일 실시예에 따르면 용매는 극성 지수(polarity index)가 1 이상인 물질을 포함할 수 있다.

[138] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 입자 또는 용매는, 외부 전기장이 인가됨에 따라 이온 또는 원자의 전기분극이 추가 유발되어 분극량이 크게 증가하고, 외부 전기장이 인가되지 않는 경우에도 잔류 분극량이 존재하며 전기장 인가 방향에 따라 이력(hysteresis)이 남는 강유전성(ferroelectric) 물질을 포함할 수 있고, 외부 전기장이 인가됨에 따라 이온 또는 원자 분극이 추가 유발되어 분극량이 크게 증가하지만, 외부 전기장이 인가되지 않는 경우에는 잔류 분극량과 이력(hysteresis)이 남지 않는 초상유전성(superparaelectric) 물질을 포함할 수 있다. 도 5를 참조하면, 상유전성 물질(510), 강유전성 물질(520) 및 초상유전성 물질(530)의 외부 전기장에 따른 이력 곡선을 확인할 수 있다.

[139] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 입자 또는 용매는

페로브스카이트(perovskite) 구조를 갖는 물질을 포함할 수 있는데, ABO_3 와 같은 페로브스카이트 구조를 갖는 물질로서 $PbZrO_3$, $PbTiO_3$, $Pb(Zr,Ti)O_3$, $SrTiO_3$, $BaTiO_3$, $(Ba, Sr)TiO_3$, $CaTiO_3$, $LiNbO_3$ 등의 물질을 그 예로 들 수 있다.

[140] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 입자 또는 용매에 포함될 수 있는 페로브스카이트 구조를 갖는 물질을 예시적으로 나타내는 도면이다. 도 6을 참조하면, $PbZrO_3$ (또는 $PbTiO_3$)에 인가되는 외부 전기장의 방향에 따라 $PbZrO_3$ (또는 $PbTiO_3$) 내에서의 Zr(또는 Ti)(즉, ABO_3 구조에서의 B)의 위치가 변동될 수 있으며 이로 인하여 $PbZrO_3$ (또는 $PbTiO_3$) 전체의 극성이 바뀔 수 있게 된다. 따라서, 원자 혹은 이온의 이동에 의해 비대칭적 전자분포가 형성되어 단위 분극(Unit polarization)이 형성될 수 있고, 이러한 단위 분극이 존재하게 되면 전자 분극만 있는 경우에 비해 외부 전기장 인가시 더 큰 가변 전기분극값을 유발시킬 수 있다.

[141] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의하면 본 발명의 반사광 조절 및 투과도 조절 효과는 입자간 배열이 잘 될수록 극대화 될 수 있기 때문에, 미세입자가 부도체 유체에 분산되어 전기유변(ER: Electro-Rheology) 특성을 나타내는 유체 또는 더 나아가 부도체가 코팅된 강유전체 입자와 같이 극대전기유변(GER: Giant Electro-Rheology) 나타내는 유체를 이용함으로써 본 발명의 효과를 극대화할 수 있다.

[142] 또한, 전기 분극의 양상을 말하자면, 제 1 실례로서 전기장이 인가되지 않으면, 상기 용매의 각 분자 및 각 입자 중 적어도 하나는 어떠한 전기 분극량도 가지지 않지만, 전기장이 인가되면 상기 용매의 각 분자 및 각 입자 중 적어도 하나는 전기적으로 분극되며, 이로써 상기 복수의 입자의 총 전기 분극량 및 상기 용매의 총 전기 분극량 중 적어도 하나는 증가하게 될 수 있다. 제 2 실례에서는, 전기장이 인가되지 않아도, 상기 용매의 각 분자 및 각 입자 중 적어도 하나는 전기적으로 분극되어 있지만 상기 용매의 총 전기 분극량 및 상기 복수의 입자의 총 전기 분극량 중 적어도 하나는 제로가 되며, 전기장이 인가되면, 상기 복수의 입자의 총 전기 분극량 및 상기 용매의 총 전기 분극량 중 적어도 하나는 증가하게 될 수 있다. 제 3 실례로서, 전기장이 인가되지 않아도, 상기 용매의 각 분자 및 각 입자 중 적어도 하나는 전기적으로 분극되어 있어서 상기 용매의 총 전기 분극량 및 상기 복수의 입자의 총 전기 분극량 중 적어도 하나는 제로가 아닌 제 1 값을 가지며, 전기장이 인가되면, 상기 복수의 입자의 총 전기 분극량 및 상기 용매의 총 전기 분극량 중 적어도 하나는 상기 제 1 값보다 큰 제 2 값이 될 수 있다.

[143] 입자간 반발력 : 쿨롱효과 또는 입체 장애 효과

[144] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 표시 장치에 포함되는 입자 표면은 동일 부호의 전하로 대전되어 입자가 쿨롱 반발력이 형성되거나, 입자 표면에 고분자 사슬구조, 관능기(functional group), 첨가제(surfactant) 등을 이용하여 입체 구조물 등을 형성시켜 입체장애 반발력(steric hindrance repulsion)이 형성될 수 있다.

- [145] 또한 본 발명의 일 실시예에 따르면 입자간 반발력을 극대화 하기 위하여, 상기 동일한 부호의 전하로 대전되고 입체구조물 형태로 입자를 코팅하여 상기 콜롱 반발력과 입체장애 반발력을 동시에 유발 시킬 수도 있다.
- [146] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 입자는 전기분극 되는 물질을 포함하고 입자 표면처리를 통해 입자간 입체장애 반발력은 있으나 대전된 전하가 약하여 전기 영동 효과는 최소화하게 구성함으로써, 상기 입자 혹은 용액은 외부 전기장에 따라 전기 분극량이 변화되어 입자 간 국부적 인력(short range attraction)이 효과적으로 발생하고, 입자 표면 처리를 통해 형성된 입체 구조물에 의해 입자 간 국부적으로 입체 장애 반발력(short range steric hindrance repulsion)은 효과적으로 발생되나, 외부 전기장에 의한 장거리 전기 영동 힘(long range electrophoretic force)에 의해 대전된 입자가 전극으로 몰리는 현상을 최소화할 수 있다. 즉, 입자 표면에 전하가 처리되지 않아서 외부 전기장에 의해서 어느 한 전극 쪽으로 전기 영동하는 현상이 최소화될 수 있다. 이렇게 입체 장애 반발력을 주기 위해서 유기 리간드(organic ligand)를 입자 표면에 처리할 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면 대전된 입자를 사용시 상기 전기 영동에 의해 대전된 입자가 전극으로 몰리는 현상을 방지하기 위해, 직류전압이 아닌 교류전압을 조합하여 사용할 수도 있다.
- [147] 다만, 본 발명에 따른 입자 및 용매의 구성이 반드시 상기 열거한 것에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 목적을 달성할 수 있는 범위 내에서, 즉 전기장에 의하여 입자의 간격이 제어될 수 있는 범위 내에서 적절히 변경될 수 있음을 밝혀 둔다.
- [148] 가령, 본 발명의 효과를 극대화하기 위해선, 입자와 입자가 분산된 용액의 굴절률 차이를 크게 하여, 전압을 인가하지 않은 경우에는 난반사(산란)를 극대화 시켜 불투명도를 높이고, 전압을 인가하여 구조색을 발현시킬 때에는 구조색의 반사도(reflectance)를 크게 할 수 있다. 일반적으로 유체의 굴절률은 종류에 따라 큰 차이가 없기 때문에, 입자의 굴절률을 극대화하는 방법이 효과적이고, 서로 다른 물질이 두 가지 이상 결합된, 코어/셸(core/shell) 혹은 라즈베리(raspberry) 구조 등으로 제작함으로써 상기 기술한 굴절률 효과와 반발력 효과를 동시에 극대화할 수 있다.
- [149] 제 1 모드(광 결정 반사 모드)의 동작 원리 및 구성
- [150] 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치는, 복수의 입자가 용매 내에 분산된 상태에서 전극을 통하여 전기장을 인가하고 전기장의 세기, 방향, 인가횟수, 인가시간 중 적어도 하나를 조절하여 입자의 간격을 제어함으로써, 입자구조(즉, 복수의 입자가 소정의 간격을 유지함으로써 형성되는 광결정)로부터 반사되는 광의 컬러가 가변적으로 표시되도록 하는 제 1 모드를 수행할 수 있다. 이하에서는, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치의 제 1 모드의 동작 원리 및 구성에 대하여 자세히 설명하기로 한다. 본 명세서 및 청구 범위에서 때때로 제 1 모드는 광 결정 반사 모드(photonic crystal reflection mode)로 지칭될 수 있다. 한편, 본 명세서에서 전반적으로, 반사 모드(광 결정 반사 모드 및 고유색 반사

모드(후술될 것이며 제 2 모드에 대응함))에서도 역시 투과되는 광이 존재할 수 있다. 그러나, 본 발명의 실시예에서, 이러한 반사 모드에서 지배적으로 발생하는 바인 반사되는 광을 사용하기 때문에 투과되는 광의 사용에 대해서는 무시할 수 있다. 또한, 후술할 제 3 모드인 투과도 조절 모드에서 1 차적으로 지배적으로 발생하는 바는 투과되는 광이므로 이 경우 역시 1 차적으로 반사되는 광의 사용에 대해서는 무시하기로 한다. 즉, 본 명세서에서 해당 모드에서 지배적으로(predominantly) 발생하는 광을 사용하는 것이 자명하다. 또한, 상술한 바와 같이, 청구 범위에서는, 제 1 모드는 광 결정 반사 모드가 아닌 다른 모드가 될 수 있으며 이는 단지 체계적 설명을 위한 것일 뿐이므로 본 발명은 이로 한정되어서는 안 된다.

- [151] 먼저, 본 발명에 따른 표시 장치의 제 1 모드의 일 실시예에 따르면, 동일한 부호의 전하를 갖는 복수의 입자가 전기 분극 특성을 갖는 용매에 분산된 상태에서 입자 및 용매에 전기장이 인가되는 경우, 입자가 갖는 전하로 인하여 복수의 입자에는 전기장의 세기와 입자의 전하량에 비례하는 전기적 힘이 작용하게 되고 이에 따라 복수의 입자는 전기 영동(electrophoresis)되어 소정 방향으로 이동하면서 입자의 간격이 좁아지게 된다. 한편, 이와는 반대로 입자의 간격이 좁아짐에 따라 서로 동일한 부호의 전하를 갖는 복수의 입자 사이에서 발생하는 전기적 척력은 증가하게 되므로 입자의 간격이 계속하여 좁아지지는 않고 소정의 균형을 이루게 되고 이에 따라 복수의 입자는 소정의 간격을 두고 규칙적으로 배열될 수 있게 된다. 또한, 용매가 갖는 전기 분극 특성으로 인하여 전하로 대전된 입자 주위의 용매는 전기분극 되며 서로 영향력을 미치게 되며, 외부 전기장 인가시에는 외부 전기장 방향으로 용매의 전기분극이 배열되며 이로 인해 국부적으로 용매의 전기분극과 상호연계되어 있는 전하로 대전된 입자들도 외부 전기장의 방향으로 배열될 수 있다. 즉, 단위 분극된 용매는 외부에서 인가되는 전기장 및 주변의 입자가 갖는 전하에 의하여 소정의 방향으로 배열되고 이에 따라 입자를 중심으로 하여 국부적으로 형성되는 분극 영역이 형성되어 복수의 입자가 소정의 간격을 유지한 상태로 보다 규칙적이고 안정적으로 배열될 수 있게 된다. 본 발명에 따른 표시 장치의 제 1 모드의 제 1 실시예에 따르면, 외부 전기장으로 인한 전기적 힘(전기 영동력), 서로 동일한 부호의 전하를 갖는 입자 사이의 전기적 힘(쿨롱반발력) 및 분극으로 인한 전기적 힘(쿨롱인력) 등이 평형(equilibrium)을 이루는 거리를 두고 복수의 입자가 규칙적으로 배열될 수 있게 된다. 위와 같은 원리에 따라, 입자의 간격이 소정의 간격으로 제어될 수 있으며, 소정의 간격을 두고 배열된 복수의 입자는 광결정으로서의 기능을 할 수 있게 된다. 규칙적으로 배열된 복수의 입자로부터 반사되는 광의 파장은 입자의 간격에 의해 결정되기 때문에, 외부 전기장의 조절을 통해 입자의 간격을 제어함으로써 복수의 입자로부터 반사되는 광의 파장을 임의로 제어할 수 있게 되는 것이다. 여기서, 반사되는 광의 파장의 패턴은 전기장의 세기 및 방향, 입자의 크기 및 질량, 입자 및 용매의 굴절률,

입자의 전하량, 용매 혹은 입자의 전기 분극 특성, 용매 내의 분산된 입자의 농도 등의 요인에 의하여 다양하게 나타날 수 있다.

- [152] 도 7은 본 발명에 따른 표시 장치의 제 1 모드의 일 실시예에 따라 입자의 간격을 제어하는 구성을 개념적으로 나타내는 도면이다. 도 7을 참조하면, 외부 전기장이 인가되지 않는 경우에 전하를 갖는 입자(720) 주변의 단위 분극된 용매(710)가 입자의 전하와 상호작용하여 입자 방향으로 강하게 배열되고 입자로부터의 거리가 멀어짐에 따라 단위 분극된 용매(710)가 점차 무질서하게 배열될 수 있다(도 7의 (a) 참조). 또한, 도 7을 참조하면, 외부 전기장이 인가되는 경우에는, 입자(720)가 갖는 전하의 영향력이 미치지 않는 영역(즉, 입자(720)로부터 멀리 떨어진 영역)에 위치하는 단위 분극된 용매(710)가 전기장의 방향으로 재배열되고, 재배열된 용매들의 영향으로 인해 대전된 입자(720)가 재배열 될 수 있다. 즉, 전하로 대전된 입자에 의한 전기적 인력이 강하게 작용하는 영역(즉, 입자(720)와 근접한 영역)에 위치하는 단위 분극된 용매(710)는 입자(720)가 갖는 전하에 의한 전기적 인력으로 인하여 단위 분극의 양극 혹은 음극이 입자(720)를 향하게 되는 방향으로 배열될 수 있고, 이와 같이 입자(720)의 주변 영역의 단위 분극 용매(710)가 입자(720)를 향하는 방향으로 배열되어 있는 영역, 즉, 분극 영역(730)은 마치 전기 분극된 하나의 커다란 입자처럼 작용하여 주변의 다른 분극 영역과 상호작용을 할 수 있으며, 이로써 전하를 갖는 입자(720)가 소정의 간격을 유지한 채 규칙적으로 배열될 수 있게 된다(도 7의 (b) 참조). 도 7은 잔류분극을 가진 용매로 도식하였으나, 잔류분극이 없는 상태에서도 전기장이 인가됨에 따라 전기 분극이 유발되는 특성을 갖는 용매에도 마찬가지로 적용될 수 있다.

- [153] 다음으로, 본 발명에 따른 표시 장치의 제 1 모드의 일 실시예에 따르면, 동일한 부호의 전하를 갖고 전기 분극 특성을 갖는 복수의 입자가 용매 내에 분산된 상태에서 입자 및 용매에 전기장이 인가되는 경우, 입자가 갖는 전하로 인하여 복수의 입자에는 전기장의 세기와 입자의 전하량에 비례하는 전기적 힘이 작용하게 되고 이에 따라 복수의 입자는 전기 영동(electrophoresis)되어 소정 방향으로 이동하면서 입자의 간격이 좁아지게 된다. 한편, 이와는 반대로 입자의 간격이 좁아짐에 따라 서로 동일한 부호의 전하를 갖는 복수의 입자 사이에서 발생하는 전기적 척력은 증가하게 되므로 입자의 간격이 계속하여 좁아지지는 않고 소정의 균형을 이루게 되고 이에 따라 복수의 입자는 소정의 간격을 두고 규칙적으로 배열될 수 있게 된다. 또한, 전기 분극 특성을 나타내는 입자는 전기장에 의해 분극이 유발되어 전기장의 방향으로 분극되고 이와 같이 분극된 복수의 입자 사이에는 전기적 인력이 국부적으로 발생하게 되어 복수의 입자가 소정의 간격을 유지한 상태로 보다 규칙적이고 안정적으로 배열될 수 있게 된다. 즉, 본 발명에 따른 표시 장치의 상기 실시예들에 따르면, 외부 전기장으로 인한 전기적 인력(전기 영동력), 서로 동일한 부호의 전하를 갖는 입자 사이의 전기적 척력(쿨롱반발력) 및 분극으로 인한 전기적 인력(쿨롱인력)이

평형(equilibrium)을 이루는 거리를 두고 복수의 입자가 규칙적으로 배열될 수 있게 된다. 위와 같은 원리에 따라, 입자의 간격이 소정의 간격으로 제어될 수 있으며, 소정의 간격을 두고 배열된 복수의 입자는 광결정으로서의 기능을 할 수 있게 된다. 규칙적으로 배열된 복수의 입자로부터 반사되는 광의 파장은 입자의 간격에 의해 결정되기 때문에, 입자의 간격을 제어함에 따라 복수의 입자로부터 반사되는 광의 파장을 임의로 제어할 수 있게 되는 것이다. 여기서, 반사되는 광의 파장의 패턴은 전기장의 세기 및 방향, 입자의 크기 및 질량, 입자 및 용매의 굴절률, 입자의 전하량, 입자 및 용매의 전기 분극 특성, 용매 내의 분산된 입자의 농도 등의 요인에 의하여 다양하게 나타날 수 있다.

[154] 도 8은 본 발명에 따른 표시 장치의 제 1 모드의 일 실시예에 따라 입자의 간격을 제어하는 구성을 개념적으로 나타내는 도면이다. 도 8을 참조하면, 외부 전기장이 인가되지 않는 경우에는 입자(810)가 분극되지 않지만(도 8의 (a) 참조), 외부 전기장이 인가되는 경우에는 입자(810) 내에 포함되어 있는 물질의 전기 분극 특성에 의하여 입자(810)가 분극될 수 있으며 이에 따라 입자(810)가 소정의 간격을 유지한 채 규칙적으로 배열될 수 있게 된다(도 8의 (b) 참조).

[155] 본 발명의 상기 실시예들에 있어서, 용매 또는 입자의 전기 분극값이 클수록 분극 영역(730) 또는 분극된 입자(810) 사이의 상호작용의 정도를 증가시킬 수 있으며 이에 따라 입자가 보다 규칙적으로 배열되도록 할 수 있게 된다. 도 8은 잔류분극이 없는 입자로 도식하였으나, 잔류분극이 있는 상태에서도 전기장이 인가됨에 따라 전기 분극이 변화되는 특성을 갖는 입자에도 마찬가지로 적용될 수 있다. 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치의 제 1 모드의 상기 실시예들에 따른 표시 장치의 구성을 개념적으로 나타내면 각각 도 9 및 도 10과 같다. 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치의 제 1 모드의 상기 실시예들에 대하여는 이미 도 7 및 도 8을 참조하여 충분히 자세하게 설명하였으므로 도 9 및 도 10에 대한 추가적인 설명은 생략하기로 한다.

[156] 이상의 제 1 모드의 실시예에서, 입자 또는 용매가 전기 분극 특성을 갖는 경우에 대하여 설명하였지만 본 발명에 따른 입자 또는 용매가 반드시 전기 분극 특성을 가져야 하는 것은 아님을 밝혀 둔다. 즉, 입자 또는 용매가 전기 분극 특성을 갖지 않는 경우라도 입자가 전하를 갖는다면, 외부 전기장으로 인한 전기적 인력 및 서로 동일한 부호의 전하를 갖는 복수의 입자 사이의 전기적 척력이 평형을 이루는 거리를 두고 복수의 입자가 규칙적으로 배열될 수 있으며, 이와 같이 규칙적으로 배열된 복수의 입자는 임의의 파장의 광을 반사시키는 광결정을 형성할 수 있다.

[157] 본 발명의 제 1 모드에서 외부 전기장에 따라 상기 기술한 바와 같이 입자간 작용하는 인력과 척력의 균형에 의해 복수의 입자간 간격이 일정한 간격을 유지할 수 있지만, 상기 인력과 척력이 근거리 입자간에는 효과적으로 작용할 수 있으나 일정거리 이상의 입자간에는 상호작용력이 효과적이지 못할 수도 있기 때문에, 본 발명에 의한 입자들의 배열은 3차원적으로 장거리 배열(Long range

ordering)을 하는 것이 아니고 단거리 배열(short range ordering)을 보일 수 있다. 또한 미세하게 서로 다른 배열도를 가지는 단거리 배열들의 집합으로 인해 반사되는 반사광은 기존의 전형적인 광결정 배열에 의해 반사되는 광결정광에 비해 시야각 의존성이 크게 개선된 반사광 특성을 보일 수 있다. 또한, 이상의 제 1 모드의 실시예에서, 입자가 전하를 갖는 경우에 대하여 설명하였지만 본 발명에 따른 입자가 반드시 전하를 가져야 하는 것은 아님을 밝혀 둔다. 즉, 입자가 전하를 갖지 않는 경우라도 입자가 전기 분극 특성을 갖고 입체 장애 반발력을 발생시킬 수 있는 입체 구조물을 갖는다면, 외부 전기장으로 인해 유발된 전기 분극으로 인해 발생하는 인접한 입자 사이의 전기적 인력 및 입체 장애 효과로 인한 척력이 평형을 이루는 거리를 두고 복수의 입자가 규칙적으로 배열될 수 있으며, 이와 같이 규칙적으로 배열된 복수의 입자는 임의의 파장의 광을 반사시키는 광결정을 형성할 수 있다. 다시 말하자면, 복수의 입자들은 상호 입체 장애 효과(steric effect)를 나타내면, 전기장이 인가됨에 따라, 가변 전기 분극 특성에 의해 입자들 간에 작용하는 정전기적 인력과, 입자들 간에 작용하는 입체 장애 반발력이 상호 작용하여 입자 간의 간격이 특정 범위에 도달하게 되고, 상기 입자 간의 간격이 상기 특정 범위에 도달하게 됨에 따라 복수의 입자로부터 특정 파장의 광이 반사되어서 특정 색상이 구현될 수 있게 된다.

[158] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따라 제 1 모드의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다. 도 11을 참조하면, 인가되는 전기장의 세기가 클수록 입자(1112)의 간격이 좁아지고 이에 따라 입자(1112)로 이루어진 광결정으로부터 반사되는 광의 파장이 짧아질 수 있다. 따라서, 전기장의 세기 및 방향을 제어함으로써 입자(1112)로부터 반사되는 광의 파장 범위를 연속적으로 조절할 수 있게 된다. 한편, 도 11에서 하부 전극이 대 전극과 소 전극으로 분할되어서 도시되었지만 본 발명은 이로만 한정되는 것이 아니라 하부 전극이 일체화되어서 형성될 수도 있다. 즉, 각 실시예에 따라서 전극이 분할 또는 일체화될 수 있으며, 이하의 내용을 따라가면 어떠한 모드 전환 실시예에 있어서 전극이 일체화가 필요하고 전극의 분할이 필요할지 이해될 것이다. 참고로, 하나의 특정 모드 전환의 경우에, 본 발명은 동일한 단일 화소에서 모드가 전환되기 때문에, 해당 전극의 구조는 변화되지 않아야 함이 자명하다.

[159] 또한, 상기 제 1 모드를 구현하기 위해서 인가되는 전압은 직류 전압 또는 교류 전압 또는 직류 성분을 포함하는 교류 전압일 수 있다. 위에서 설명한 전기 분극 특성 또는 가변 전기 분극 특성은 교류 전압을 인가하거나 직류 전압을 인가할 경우에 모두 발생할 수 있다. 특히, 대전된 입자에 직류 전압을 인가하는 경우에는 전기 영동에 의해 대전된 입자가 반대 전하로 인가된 전극으로 이동하며, 전하가 전극으로 밀집함에 따라 밀집된 전하로 인한 스크린 현상으로 다른 입자에 영향을 미치게 되어 입자들은 점진적으로 변화하는 전기 영동력을 받게 되며, 결과적으로 전기장 방향으로 점차 다른 간격을 유지하게 될 수 있고

장거리 규칙정보다는 단거리 규칙성만을 갖게 되어 시야각이 우수한 표시부를 구성할 수도 있다. 이러한 시야각 특성에 대해서는 후술될 것이다.

- [160] 또한, 본 발명의 도면에서는 전압을 인가하지 않는 경우에는 입자가 무질서하게 분산되어 용액컬러를 나타내는 것으로 표시하였으나, 입자의 농도가 소정의 값보다 높아 전압을 인가하지 않은 경우에도 입자간 상호작용힘이 충분하다면, 전압을 인가하지 않아도 입자간 상호작용에 의해 특정 간격을 유지할 수 있다.
- [161] 제 2 모드(고유색 반사 모드)의 동작 원리 및 구성
- [162] 본 발명에 따른 표시 장치의 제 2 모드에 따르면, 복수의 입자가 용매 내에 분산된 상태에서 전극을 통하여 전기장을 인가하고 전기장의 세기, 방향, 인가시간, 인가횟수, 인가영역 중 적어도 하나를 조절하여 입자의 위치를 제어함으로써, 입자 또는 용매의 고유 컬러 또는 보유 컬러 또는 입자의 산란(light scattering)으로 인한 용액의 컬러, 또는 전극의 컬러가 가변적으로 표시된다. 단, 본 명세서 및 청구서 전체에서 전극이 투명전극인 경우에는, 전극컬러는 투명전극을 통해 나타나는 투명전극 아래의 재질의 컬러를 명시하기로 하며, 제 2 모드는 고유색 반사 모드 또는 보유색 반사 모드로 지칭될 수 있다. 여기서, 고유색이란 입자, 용매 또는 전극의 재질(material)이 백색광을 조사한 경우 반사하는 컬러를 의미할 수 있다.
- [163] 본 발명에 따른 표시 장치의 제 2 모드는, 전기 영동(EP: ElectroPhoresis)을 이용하여 전하를 갖는 입자를 이동시키거나 유전 영동(DEP: DiElectroPhoresis)을 이용하여 용매와 서로 다른 소정의 유전율을 갖는 입자를 이동시킴으로써 구현될 수 있다. 이러한 전기 영동 및 유전 영동 현상은 분산된 용매에 직류 전압을 인가하는 경우 더욱 효과적으로 발생할 수 있다.
- [164] 먼저, 전기 영동을 이용하여 본 발명에 따른 표시 장치의 제 2 모드를 구현하는 실시예에 대하여 살펴보기로 한다.
- [165] 본 발명에 따른 표시 장치의 제 2 모드에 따르면, 동일한 부호의 전하를 갖는 복수의 입자가 용매에 분산된 상태에서 입자 및 용매에 전기장이 인가되는 경우, 입자가 갖는 전하로 인하여 복수의 입자에는 전기장의 세기와 입자의 전하량에 비례하는 전기적 인력이 작용하게 되고 이에 따라 복수의 입자는 전기 영동(electrophoresis)되어 소정 방향으로 이동하게 된다. 이때, 전압을 전극의 일부 부분에만 국부적으로 인가하거나 소정의 전압이상으로 인가하면 복수의 입자가 제 1 모드에서와 같이 광결정을 형성하지 못하고 전기장을 인가하는 전극의 국부영역 쪽으로 이동하게 된다.
- [166] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치의 제 2 모드의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [167] 도 12를 참조하면, 전기장이 인가되지 않는 경우에는 입자가 용매 내에 불규칙하게 분산되어 있어 입자와 용매의 고유의 컬러가 혼합된 용액의 컬러가 표시될 수 있고(도 12의 (a) 참조)(즉, 입자에 의한 광 산란에 의한 용액의 컬러가

나타나는 용액 컬러 반사 모드로도 지칭될 수 있음), 입자(1210)가 관찰자 쪽인 상부 전극(1230) 쪽으로 이동하게 되어 입자(1210)가 갖는 고유의 컬러가 표시될 수 있고(도 12의 (b) 참조)(입자 컬러 반사 모드로 지칭될 수 있음), 입자(1210)가 관찰자의 반대쪽이고 넓은 면적을 갖는 제 1 하부 전극((1240)(대 전극으로 지칭됨) 쪽으로 이동하게 되어 입자(1210)가 갖는 고유의 컬러가 표시되는 대신에 용매(1220)가 갖는 고유의 컬러가 표시될 수 있으며(도 12의 (c) 참조)(용매 컬러 반사 모드로 지칭될 수 있음), 입자(1210)가 관찰자의 반대쪽이고 좁은 면적을 갖는 제 2 하부 전극(국부 전극 또는 소 전극으로 지칭될 수 있음)(1250) 쪽으로 이동하게 되어 넓은 면적을 갖는 제 1 하부 전극(1240)이 드러나게 되면 제 1 하부 전극(1240)이 갖는 고유의 컬러가 표시될 수 있다(도 12의 (d) 참조)(전극 컬러 반사 모드로 지칭됨). 제 1 하부 전극(1240)이 투명한 경우에는, 투명한 하부전극을 통해 표시되는 하부전극 밑의 재질의 컬러를 전극 컬러로 지칭하기로 한다. 한편, 도 12에서 하부 전극이 대 전극(1240)과 소 전극 또는 국부 전극(1250)으로 분할되어 있지만 도 12의 (a), (b), (c)에 대응하는 용액 컬러 반사 모드, 입자 컬러 반사 모드, 용매 컬러 반사 모드에서는 하부 전극이 일체화 구조로 되어도 무방하다. 또한, 본 도면에서는 소 전극 또는 국부 전극(1250)은 설명을 위해서 크게 도시되었지만 그 옆에 있는 대 전극(1240)에 비해서 매우 작아서 위에서 보았을 때에 대 전극이 하부 전극의 전부를 차지하고 있는 것과 같이 보일 수 있다. 또한, 본 명세서에서는 하부 전극이 대 전극과 소 전극으로 분할되어 있는 구성으로 되어 있지만 상부 전극이 대 전극과 소 전극으로 분할되는 구성도 고려할 수 있다. 가령, 상부 전극이 대 전극과 소 전극으로 분할되는 경우에 있어서, 입자 컬러 반사 모드는 대 전극에만 전압을 인가하여서 구현될 수 있으며, 전극 컬러 반사 모드에서도 역시 소 전극에만 전압을 인가하여서 구현될 수 있다, 말하자면, 본 발명의 고유색 반사 모드를 구현하는 실시예는 도 12로만 한정되는 것이 아니라 다양한 변경이 가능하다.

[168] 다음으로, 유전 영동을 이용하여 본 발명에 따른 표시 장치의 제 2 모드를 구현하는 실시예에 대하여 살펴보기로 한다.

[169] 유전 영동 현상은 불균일한 전기장이 걸려있는 유전 매질 내에 놓여있는 대전되지 않은 유전입자가 유도 쌍극자 모멘트를 가지게 되고, 유전입자의 유전상수와 유전 매질의 유전상수의 차이에 의해 유전입자에 가해지는 힘이 발생되어, 전기장 구배(*gradient*)가 큰 영역 또는 작은 영역으로 이동하게 되는 현상이다. 따라서, 유전매질의 유전상수보다 큰 유전상수를 갖는 유전입자는 전기장 구배가 큰 영역으로 이동하고, 유전 매질의 유전상수보다 작은 유전상수를 갖는 유전입자는 전기장 구배가 작은 영역으로 이동한다.

[170] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치의 제 2 모드의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

[171] 도 13을 참조하면, 입자(1312)의 유전상수가 용매(1314)의 유전상수보다 크고, 하부 전극이 제1 하부 전극(1332, 1335)과 제2 하부 전극(1334)으로 나누어져

구성되는 경우를 가정할 수 있다. 도 13의 (a)를 참조하면, 전극에 전압이 인가되지 않아 입자(1312) 및 용매(1314)에 전기장이 인가되지 않는 경우에는 입자(1312)가 용매(1314) 내에서 불규칙적으로 분산되기 때문에 용액이 갖는 고유의 컬러가 표시될 수 있다. 한편, 도 13의 (b)를 참조하면, 제1 하부 전극(1332, 1335)극 및 제2 하부 전극(1334)에 전압이 인가되어 제1 하부 전극(1332, 1335)이 (+) 부호의 전극이 되고 제2 하부 전극(1334)이 (-) 부호의 전극이 되는 경우에는, 제1 하부 전극(1332, 1335)과 제2 하부 전극(1334) 사이의 공간에 발생하는 전기장의 기울기가 표시부 내의 다른 영역에서 발생하는 전기장 기울기보다 월등하게 높아지기 때문에 입자(1312)가 유전 영동에 의하여 이동하여 제1 하부 전극(1332, 1335)과 제2 하부 전극(1334) 사이의 공간으로 집중되게 되고 이에 따라 제1 하부 전극(1332, 1335) 또는 제2 하부 전극(1334)이 갖는 고유의 컬러가 표시될 수 있다.

[172] 한편, 앞서 설명한 제 1 모드는 표시 장치로 입사되는 광 중 특정 파장의 광을 선택적으로 반사시키는 광결정의 원리에 의하여 동작하기 때문에, 완전한 흰색 또는 검은색을 구현하는 것이 쉽지 않다. 따라서, 제 2 모드에서 흰색 또는 검은색의 입자, 용매 또는 전극을 조합하여 사용하면, 입자, 용매 또는 전극이 갖는 고유가 컬러인 흰색이나 검은색을 완벽하게 구현해 낼 수 있으므로 위와 같은 제 1 모드의 단점을 보완할 수 있게 된다. 보다 구체적으로 흰색 입자를 사용하고 검은색 전극(전극 재질이 검은색이거나, 투명한 하부 전극의 하부에 검은색 물질이 위치)을 사용하면 상기 기술한 모드 전환에 따라 입자 컬러인 흰색과 전극 컬러인 검정색을 동일 표시 영역 혹은 동일한 단위 픽셀 또는 화소 내에서 선택적으로 구현할 수 있다.

[173] 제 3 모드(투과도 조절 모드)의 동작 원리 및 구성

[174] 본 발명에 따른 표시 장치의 제 3 모드에 따르면, 복수의 입자가 용매 내에 분산된 상태에서 전극을 통하여 전기장을 인가하고 전기장의 세기, 방향, 인가시간, 인가횟수, 인가영역 중 적어도 하나를 조절하여 입자의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 입자 및 용매 중 적어도 하나를 투과하는 광의 투과도를 조절할 수 있다. 본 발명에 따른 표시 장치의 제 3 모드는 광결정에 의한 반사광의 파장을 조절하거나(광 결정 투과도 조절 모드), 전기 영동 또는 유전 영동을 이용하여 입자를 이동시키거나(입자 영동 투과도 조절 모드) 혹은 입자의 배열 상태를 제어함(입자 정렬 투과도 조절 모드)으로써 구현될 수 있다. 이하에서는, 위와 같은 세 가지 구동원리를 이용하여 광 투과도를 조절하는 실시예에 대하여 각각 살펴보기로 한다. 본 명세서에서 제 3 모드는 투과도 조절 모드로 지칭될 수 있다. 역시, 본 투과도 조절 모드에서는 반사되는 광이 존재하겠지만 본 모드에서 지배적으로 발생하여서 관찰자가 감지할 수 있는 광은 투과되는 광임을 다시 한번 주지시키고자 한다.

[175] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치의 제 3 모드의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

- [176] 먼저, 도 14의 (a)를 참조하면, 복수의 입자가 용매 내에 분산된 상태에서 전극을 통하여 전기장을 인가하고 전기장의 세기 및 방향 중 적어도 하나를 조절하여 입자의 간격을 조절하여 입자구조(즉, 복수의 입자가 소정의 간격을 유지함으로써 형성되는 광결정)로부터 반사되는 광의 파장을 제어함에 있어서, 입자에 인가되는 전기장의 세기를 조절하여 입자의 간격이 임계값보다 좁아지게 하거나 넓어지게 하여 입자로부터 반사되는 광의 파장 범위가 가시광선 대역이 아닌 자외선이나 적외선 대역이 되도록 전기장을 조절함으로써 표시 장치의 컬러를 가시광 영역에서 투명하게 할 수 있다. 즉, 입자로 이루어진 광결정으로부터 반사되는 광을 투명하게 함으로써 광 투과도를 조절할 수 있게 된다. 참조로, 본 발명에 있어서 광투과도라 함은 주로 가시광 영역에서의 광 투과도를 의미한다. 이러한 방식을 본 명세서에서는 광 결정 투과도 조절 모드로 지칭될 수 있다. 이러한 광 결정 투과도 조절 모드는 직류 전압 및 교류 전압 모두에서 발생할 수 있으며, 입자가 분산된 용액이 상기 기술한 가변 전기 분극 특성을 가진 경우 더욱 효과적으로 나타날 수 있다. 일 실시예로, 전기 분극 특성이 우수한 강유전체나 초상유전체 입자를 사용하면 외부 전기장 인가시 전기분극된 입자들간의 상호작용으로 인해 입자들의 배열이 더욱 효과적으로 나타내어 더 강렬한 투과도가 얻어진다.
- [177] 다음으로, 도 14의 (b)를 참조하면, 전기 영동에 의하여 이동하는 입자 또는 유전 영동에 의하여 이동하는 입자에 대하여 전기장을 인가하여 상대적으로 좁은 면적을 갖는 전극에 해당 입자를 집중시킴으로써 표시 장치에 입사되는 광이 입자에 의하여 반사되거나 산란되지 않도록 함으로써 광 투과도를 조절할 수 있게 된다. 한편, 본 도면에서는 도시되지 않았지만 하부 국부 전극에 입자가 집중되는 밀도를 조절함으로써 광 투과도가 조절될 수도 있다. 가령, 하부 전극의 중앙 부분에 국부 전극을 설치한 후에 이 국부 전극에 입자가 집중되는 밀도를 조절함으로써 입자 및/또는 용매를 투과하는 광의 투과도가 조절되는 구성도 역시 고려될 수 있다. 이러한 모드는 본 명세서에서는 입자 영동 투과도 조절 모드로 지칭될 수 있으며, 이 모드는 직류 전압을 인가할 때 더욱 효과적으로 이루어질 수 있으며, 직류전압을 인가한 시간 혹은 횟수에 따라 투과도를 조절 할 수도 있다.
- [178] 다음으로, 도 14의 (c)를 참조하면, 전기 분극 특성을 갖는 복수의 입자가 용매 내에 분산된 상태에서 입자 및 용매에 전기장이 인가되는 경우, 복수의 입자는 전기장에 의해 분극이 유발되어 전기장의 방향에 따라 모두 동일한 방향으로 분극될 수 있는데, 동일한 방향으로 분극된 복수의 입자 사이에는 전기적 인력이 발생하기 때문에, 용매 내에 분산되어 있는 복수의 입자는 서로를 끌어 당겨 전기장의 방향과 평행한 방향으로 규칙적으로 배열될 수 있다. 따라서, 전기장의 세기 또는 방향을 조절하여 전기장의 방향과 평행한 방향으로 규칙적으로 배열되는 복수의 입자의 배열 상태를 제어함으로써 용매 및 입자에 대한 입사광의 투과도를 조절할 수 있게 된다. 본 도면에서는 입자의 정렬이 비교적

일직선으로 되어서 투과도가 우수한 경우를 상정하여서 도시되었지만 입자의 정렬 정도가 더 약한 선형의 형상을 하여서 투과도가 낮아진 경우도 역시 고려될 수 있을 것이다. 따라서, 본 모드는 입자 배열 또는 정렬 투과도 조절 모드로 지칭될 수 있으며, 이 모드는 직류전압으로도 구현될 수 있으나, 직류전압 인가시 전기 영동에 의해 전극으로 치우치는 현상을 방지하기 위해 교류 전압을 인가하여서 구현되는 것이 바람직하다. 보다 구체적으로, 입자가 전하를 갖고 직류 전기장을 이용하여 입자의 배열을 제어하는 도 14 (c) 경우에는, 입자 및 용매에 인가되는 전기장의 세기가 지나치게 커지거나 국부적으로 인가하게 되면, 앞서 설명한 제 2 모드에서와 같이 전기 영동에 의한 전기적 인력에 의하여 입자가 전극 쪽으로 이동하여 입자가 갖는 고유 컬러의 광을 반사시키거나 전극 한쪽으로 집중되는 현상이 나타날 수 있기 때문에, 직류보다는 교류 전기장을 용액에 균일하게 인가하는 것이 유리할 수 있다.

[179] 동일한 단일 화소 또는 셀 내에서의 모드 간 전환

[180] 이하에서는, 본 발명의 상기 제 1, 제 2 및 제 3 모드 중 적어도 2 개의 모드를 동일한 단일 화소 또는 셀 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현하는 모드 전환 구성을 특정 도면을 참조하여서 기술할 것이다.

[181] (1) 동일한 단일 화소 또는 셀 내에서의 제 1 모드와 제 2 모드 간의 전환

[182] 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따라 동일한 단일 화소 또는 셀 내에서 제 1 및 제 2 모드를 서로 전환 가능하게 선택적으로 수행할 수 있는 표시 장치의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

[183] 도 15를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1500)는 표시부(1510) 및 전극(1520)을 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 표시부(1510)에는 복수의 입자(1512)가 용매(1514) 내에 분산된 채 포함될 수 있고, 전극(1520)은 상부전극(1522), 하부 전극(1524) 및 국부 전극(1526)을 포함할 수 있다. 또한, 표시부(1510) 내에 포함된 입자(1512) 및 용매(1514)와 표시부(1510)의 하부를 커버하고 있는 하부 전극(1524)는 각각 고유의 컬러를 가질 수 있다. 본 명세서에서는 설명을 위해서 표시부와 전극으로 구분하여서 설명하였지만 전극이 표시부에 포함될 수 있음은 자명하다. 즉, 표현 언어적인 측면에서 표시부와 전극을 포함한 구성을 합쳐서 표시부로 하여도 본 발명을 실시하는데 있어서 문제가 없음을 본 기술 분야의 당업자는 이해할 것이다. 또한, 표시부 또는 전극에 전기장을 인가하는 구체적 구성이 도시되지 않았지만 이는 본 기술 분야의 당업자에게 잘 알려져 있는 구성 요소이므로 본 명세서에서는 본 발명의 원리 및 취지를 모호하게 하지 않도록 그 구성을 생략하는 바이다. 중요하게는, 단일 화소 내에서 모드를 서로 전환시키기 위한 제어부 또는 이러한 제어부의 기능에 대응하는 인스트럭션을 포함하는 머신 판독 가능한 기록 매체에 대해서는 자세하게 후술될 것이다. 또한, 단일 화소는 독립적으로 제어 가능한 최소의 표시 단위임을 본 기술 분야의 당업자는 이해할 것이다. 또한, 도 15에서는 상부 전극이 투명한 전극이다.

- [184] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 표시 장치는 동일한 단일 화소 내에서 제 1 모드 및 제 2 모드 중 어느 하나의 모드를 서로 전환 가능하게 선택적으로 수행할 수 있다. 보다 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치는 복수의 입자가 용매 내에 분산된 상태에서 전극을 통하여 전기장을 인가하고 전기장의 세기 및 방향 중 적어도 하나를 조절할 수 있으며, 이에 따라 입자의 간격을 제어하여 입자로 이루어진 광결정으로부터 반사되는 광의 파장의 조절하거나(제 1 모드), 입자의 위치를 제어하여 용액의 색상(즉, 입자의 광 산란에 의한 용액의 색상), 입자, 용매 또는 전극의 갖는 고유의 컬러를 표시하는 기능을 수행할 수 있다(제 2 모드). 이하에서, 용액의 컬러는 입자의 광 산란에 의한 용액의 컬러를 포함하는 것으로 간주될 수 있다.
- [185] 먼저, 도 15의 (a)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1500)는 가변 분극 특성을 나타내는 용액에 전극(1522, 1524)를 통하여 인가되는 직류(DC) 전기장의 세기 또는 방향을 조절하여 입자(1512)의 간격을 제어함으로써 입자(1512)로부터 반사되는 광의 파장(즉, 컬러)를 조절할 수 있다(제 1 모드). 앞서 제 1 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 복수의 입자(1512)가 동일한 전하를 갖는 경우에는 외부 전기장으로 인한 전기적 인력, 서로 동일한 부호의 전하를 갖는 입자(1512) 사이의 전기적 척력 및 외부 전기장에 의한 분극으로 인한 전기적 인력 등이 평형(equilibrium)을 이루는 거리를 두고 복수의 입자(1512)가 규칙적으로 배열될 수 있으며, 소정의 간격을 두고 배열된 복수의 입자(1512)는 광결정으로서의 기능을 할 수 있게 된다. 한편, 복수의 입자(1512)가 입체 장애 효과를 일으킬 수 있는 입체 장애물을 갖는 경우에는 입체 장애 효과 인한 입자 사이의 반발력 및 외부 전기장에 의한 분극으로 인한 전기적 인력 등이 평형(equilibrium)을 이루는 거리를 두고 복수의 입자(1512)가 규칙적으로 배열될 수 있으며, 소정의 간격을 두고 배열된 복수의 입자(1512)는 광결정으로서의 기능을 할 수 있게 된다. 상기, 전하로 인한 반발력과 입체장애에 의한 반발효과는 동시에 발현되게 할 수도 있다.
- [186] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1500)는, 전극(1522, 1524)를 통하여 인가되는 교류(AC) 전기장의 세기 또는 방향 또는 교류 주파수를 조절하여 입자(1512)의 간격을 제어함으로써 입자(1512)로부터 반사되는 광의 파장(즉, 컬러)를 조절할 수 있다(제 1 모드). 교류 전압을 인가하는 경우에는 인가된 교류전압에 따라 발생된 전기 분극에 따라 입자간 상호인력이 발생하고, 입자표면에 동일하게 대전된 전하 또는 입자간 입체장애 효과를 발생시키는 층에 의해 상호 척력이 발생하여 인력과 척력의 균형에 의해 입자들을 일정한 거리로 유지시킬 수 있다. 따라서, 교류전압을 인가하는 경우에는 발생하는 전기 분극이 교류전압의 주파수에 따라 충분히 변경될 수 있는 주파수 범위에서 인가되어야 한다.
- [187] 이상에서 살펴본 바와 같이 일정한 간격을 두고 배열된 복수의 입자(1512)로부터 반사되는 광의 파장은 입자(1512)의 간격에 의해 결정되기

때문에, 전극(1520)를 통하여 인가되는 전기장의 세기 및 방향을 조절하여 입자(1512)의 간격을 제어함으로써 복수의 입자(1512)로부터 반사되는 광의 파장을 임의로 제어할 수 있게 된다.

- [188] 다음으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1500)는 전극(1522, 1524, 1526)를 통하여 인가되는 직류(DC) 전기장의 세기 또는 방향을 조절하되, 전기장의 세기가 특정 임계치 이상이 되도록 조절하여 전기 영동 또는 유전 영동의 원리에 따라 입자(1512)를 이동시킴으로써, 용액(1512, 1514), 입자(1512), 용매(1514) 및 하부 전극(1524) 중 어느 하나가 갖는 고유의 컬러의 컬러가 표시되도록 할 수 있다(제 2 모드).
- [189] 도 15의 (b)를 참조하면, 앞서 제 2 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 전기장이 인가되지 않는 경우 혹은 임계치보다 낮은 전압을 인가한 경우에는 입자(1512)가 용매(1514) 내에 불규칙하게 분산되어 있어 입자(1512)의 고유의 컬러, 용매(1514)의 고유의 컬러 및 입자(1512) 또는 용매(1514)로부터 반사 또는 산란되는 광의 컬러가 혼합되어 나타나는 용액의 컬러가 표시될 수 있다.
- [190] 도 15의 (a)의 광 결정 반사 모드와 도 15의 (b)의 용액 컬러 반사 모드 간의 상호 전환은 인가되는 전압의 세기에 의해서 구현될 수 있다. 즉, 광 결정 반사 모드에서 사용되는 인가 전압은 용액 컬러 반사 모드에서 사용되는 인가 전압보다 클 수 있다.
- [191] 이렇게 광 결정 반사 모드와 용액 컬러 반사 모드를 동일한 단일 화소 내에서 선택적으로 구현함으로써 다양한 색상이 간단한 방식 및 구조로 해서 표현될 수 있다. 이러한 광 결정 반사 모드와 용액 컬러 반사 모드 간의 전환의 실시예에서는 도 15에 도시된 바와 같이 하부 전극이 분할될 필요 없이 일체화되어 있어도 무방하다.
- [192] 도 15의 (c)를 참조하면, 앞서 제 2 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 복수의 입자(1512)가 전하를 갖고 상부 전극(1522)이 입자(1512)가 갖는 전하와 반대 부호의 전극이 되도록 임계값 이상의 세기로 전기장이 인가되는 경우에는 전기 영동에 의해 입자(1512)가 상부 전극(1522) 쪽으로 이동하게 되고 이에 따라 표시부(1510) 상에서 입자(1512)가 갖는 고유의 컬러가 표시될 수 있다.
- [193] 도 15의 (a)의 광 결정 반사 모드와 도 15의 (c)의 입자 컬러 반사 모드 간의 상호 전환은 인가되는 전압의 세기에 의해서 구현될 수 있다. 즉, 광 결정 반사 모드에서 사용되는 인가 전압은 입자 컬러 반사 모드에서 사용되는 인가 전압보다 작을 수 있다. 또는, 도 15의 (a) 광결정 모드는 교류전압을 이용하여 구현하고, 도 15의 (c)는 직류전압을 인가하여 구현할 수도 있다. 즉, 전압의 형태(직류 또는 교류)를 변화시킴으로써도 모드를 전환할 수 있다.
- [194] 이렇게 광 결정 반사 모드와 입자 컬러 반사 모드를 동일한 단일 화소 내에서 선택적으로 구현함으로써 다양한 색상이 간단한 방식 및 구조로 해서 표현될 수 있다. 이러한 광 결정 반사 모드와 용액 컬러 반사 모드 간의 전환의 실시예에서는 도 15에 도시된 바와 같이 하부 전극이 분할될 필요 없이

일체화되어 있어도 무방하다.

- [195] 도 15의 (d)를 참조하면, 앞서 제 2 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 복수의 입자(1512)가 전하를 갖고 하부 전극(1524)이 입자(1512)가 갖는 전하와 반대 부호의 전극이 되도록 임계값 이상의 세기로 전기장이 인가되는 경우에는 전기 영동에 의해 입자(1512)가 하부 전극(1524) 쪽으로 이동하게 되고 이에 따라 표시부(1510) 상에서 용매(1512)가 갖는 고유의 컬러가 표시될 수 있다.
- [196] 도 15의 (a)의 광 결정 반사 모드와 도 15의 (d)의 용매 컬러 반사 모드 간의 상호 전환은 인가되는 전압의 방향에 의해서 구현될 수 있다. 즉, 대전된 입자가 상부전극으로 이동하게 인가하는 경우에는, 전기장의 세기에 따라 광 결정 반사 모드가 구현되고, 대전된 입자가 하부전극으로 이동하게 인가하는 경우에는 용매 컬러 반사 모드가 구현될 수 있다.
- [197] 이렇게 광 결정 반사 모드와 용매 컬러 반사 모드를 동일한 단일 화소 내에서 선택적으로 구현함으로써 다양한 색상이 간단한 방식 및 구조로 해서 표현될 수 있다. 이러한 광 결정 반사 모드와 용매 컬러 반사 모드 간의 전환의 실시예에서는 도 15에 도시된 바와 같이 하부 전극이 분할될 필요 없이 일체화되어 있어도 무방하다.
- [198] 도 15의 (e)를 참조하면, 앞서 제 2 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 복수의 입자(1512)가 전하를 갖고 국부 전극(1526)이 입자(1512)가 갖는 전하와 반대 부호의 전극이 되도록 전기장이 인가되는 경우에는 전기 영동에 의해 입자(1512)가 국부 전극(1526) 쪽으로 이동하여 국부 전극(1526) 주변에 집중하여 위치하게 되고 이에 따라 표시부(1510) 상에서 하부 전극(1524)이 갖는 고유의 컬러(하부전극이 투명한 경우, 하부전극 밑의 재질의 컬러)가 표시될 수 있다.
- [199] 도 15의 (a)의 광 결정 반사 모드와 도 15의 (e)의 전극 컬러 반사 모드 간의 상호 전환은 인가되는 전압이 인가되는 인가영역에 의해서 구현될 수 있다. 즉, 광 결정 반사 모드에서는 전기장을 균일하게 인가하지만, 전극 컬러 반사 모드에서는 표시부 전극의 국부적인 영역에만 인가하여 구현될 수 있다. 인가되는 전기장의 세기는 광 결정 반사 모드가 전극 컬러 반사 모드보다 더 약할 수 있다.
- [200] 이렇게 광 결정 반사 모드와 전극 컬러 반사 모드를 동일한 단일 화소 내에서 선택적으로 구현함으로써 다양한 색상이 간단한 방식 및 구조로 해서 표현될 수 있다. 이러한 광 결정 반사 모드와 전극 컬러 반사 모드 간의 전환의 실시예에서는 도 15에 도시된 바와 같이 하부 전극이 분할되지 않고 상부 전극이 분할되어서도 구현될 수 있으며, 분할 전극의 형태는 도 15에 국한되지 않고 다양한 형태 또는 복수의 국부적 영역에만 인가할 수도 있다.
- [201] 특히, 상술한 바와 같이 제 1 모드에서는 백색 및 흑색의 컬러가 구현되기 어렵다. 따라서, 제 2 모드에서 용매, 입자, 전극의 컬러(투명전극인 경우 하부 전극 하부의 재질의 컬러)를 백색 및 흑색을 조합하여서 사용함으로써 동일한

단일 화소 또는 동일 표시영역에서 연속적인 색상의 컬러 및 백색 및 흑색을 모두 구현(rendering)할 수 있다.

[202] 한편, 제 1 모드 및 제 2 모드가 수행되는 경우에 대한 실시예와 제 1 모드 및 제 2 모드 중 어느 하나의 모드가 동일한 단일 화소 내에서 다른 모드로 전환되는 경우에 대한 실시예에 대하여 더욱 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

[203] 먼저, 입자가 동일한 부호의 전하를 갖는 경우를 가정할 수 있다. 이러한 경우, 전기장이 인가되지 않거나 임계치 전압 이하이면, 입자가 용매 내에 불규칙하게 분산되어 용액의 컬러가 표시되는 제 2 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 직류 전기장의 세기가 입자의 간격을 규칙적으로 제어할 수 있는 범위 내에서 조절되면, 직류 전기장의 세기에 따라 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 내에서 조절되는 제 1 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 전기장의 세기가 전기 영동(electrophoresis)에 의해 입자를 전극 쪽으로 집중시킬 수 있는 임계값 이상이면, 입자가 상부 전극에 집중되어 입자의 컬러가 표시되거나 입자가 하부 전극에 집중되어 용매의 컬러가 표시되거나 입자가 국부 전극에 집중되어 상부 전극 또는 하부 전극의 컬러가 표시되는 제 2 모드가 수행될 수 있다.

[204] 또한, 전기장이 교류 전기장이고 교류 전기장의 세기 및 주파수가 입자의 간격을 규칙적으로 제어할 수 있는 범위 내에서 조절되면, 교류 전기장의 세기 또는 주파수에 따라 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 내에서 조절되는 제 1 모드가 수행될 수 있다. 교류 전압을 인가할 시에는 교류 전압의 세기뿐만 아니라 주파수도 역시 광 결정 모드의 입자 간격을 조절하는데 사용되는 변수가 될 수 있다. 또한, 제 1 모드에서는 교류 전압을 인가하여서 광 결정 반사 모드를 구현하고 제 2 모드 중 용매 컬러 반사 모드, 입자 컬러 반사 모드 및 전극 컬러 반사 모드에서는 직류 전압을 인가하여서 구현될 수 있다. 이러한 경우 용액(입자 또는 용매 또는 이들의 조합)이 전기 분극 특성을 나타내는 경우 광결정 모드 구현을 더욱 용이하게 할 수 있다.

[205] 다음으로, 입자가 전기 분극 특성(전기장이 인가되면 전기 분극이 유발되며 인가된 전기장이 변화함에 따라 전기 분극량이 변화됨)을 갖고 입체 장에 효과를 발생시키는 구조를 포함하는 다른 경우를 가정할 수 있다. 이러한 경우, 전기장이 인가되지 않거나 임계치 이하이면, 입자가 용매 내에 불규칙하게 분산되어 용액의 컬러가 표시되는 제 2 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 직류 전기장의 세기가 입자의 간격을 규칙적으로 제어할 수 있는 범위 내에서 조절되면, 직류 전기장의 세기에 따라 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 내에서 조절되는 제 1 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장의 분포가 불균일 하고 입자와 용매의 유전율이 다른 경우에는, 유전 영동(dielectrophoresis)에 의해 입자를 전극 쪽으로 집중시킬 수 있는 임계값이 이상으로 직류 전기장을 인가하면, 입자가 상부 전극에 집중되어 입자의 컬러가 표시되거나 입자가 하부 전극에 집중되어 용매의 컬러가 표시되거나 입자가

국부 전극에 집중되어 상부 전극 또는 하부 전극의 컬러가 표시되는 제 2 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 교류 전기장이고 교류 전기장의 세기 및 주파수가 입자의 간격을 규칙적으로 제어할 수 있는 범위 내에서 조절되면, 교류 전기장의 세기 또는 주파수에 따라 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 내에서 조절되는 제 1 모드가 수행될 수 있다.

[206] 도면에서는 특정하게 도시되지 않았지만, 광 결정 반사 모드에서 용액 컬러 반사 모드, 입자 컬러 반사 모드, 전극 컬러 반사 모드 또는 용매 컬러 반사 모드로 전환되는 것을 물론, 용액 컬러 반사 모드, 입자 컬러 반사 모드, 전극 컬러 반사 모드 및 용매 컬러 반사 모드 간에서도 서로 전환 가능하다. 이렇게 제 2 모드 간에서 전환되는 구성이 이하에서 설명될 것이다.

[207] **(2) 동일한 단일 화소 또는 셀 내에서의 제 1 모드와 제 3 모드 간의 전환**

[208] 도 16은 본 발명의 일 실시예에 따라 제 1 및 제 3 모드를 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 수행할 수 있는 표시 장치의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

[209] 도 16을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1600)는 표시부(1610) 및 전극(1620)을 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 표시부(1610)에는 복수의 입자(1612)가 용매(1614) 내에 분산된 채 포함될 수 있고, 전극(1620)은 상부전극(1622), 하부 전극(1624) 및 국부 전극(1626)을 포함할 수 있다. 또한, 상부전극(1622), 하부 전극(1624) 및 국부 전극(1626)은 모두 광 투과성 물질로 구성되어 표시 장치(1600)로 입사되는 광을 투과시킬 수 있다.

[210] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 표시 장치는 제 1 모드 및 제 3 모드 중 어느 하나의 모드를 서로 전환 가능하게 선택적으로 수행할 수 있다. 보다 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치는 복수의 입자가 용매 내에 분산된 상태에서 전극을 통하여 전기장을 인가하고 전기장의 세기 및 방향 중 적어도 하나를 조절할 수 있으며, 이에 따라 입자의 간격을 제어하여 입자로 이루어진 광결정으로부터 반사되는 광의 파장의 조절하거나(제 1 모드), 입자의 간격, 위치 또는 배열을 제어하여 표시 장치로 입사되는 광의 투과도를 조절하는(제 3 모드) 기능을 수행할 수 있다.

[211] 먼저, 도 16의 (a)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1600)는 전극(1622, 1624)를 통하여 인가되는 직류(DC) 전기장의 세기 또는 방향을 조절하여 입자(1612)의 간격을 제어함으로써 입자(1612)로부터 반사되는 광의 파장(즉, 컬러)을 조절할 수 있다(제 1 모드).

[212] 앞서 제 1 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 복수의 입자(1612)가 동일한 전하를 갖는 경우에는 외부 전기장으로 인한 전기적 인력, 서로 동일한 부호의 전하를 갖는 입자(1612) 사이의 전기적 척력 및 외부 전기장에 의한 분극으로 인한 전기적 인력 등이 평형(equilibrium)을 이루는 거리를 두고 복수의 입자(1612)가 규칙적으로 배열될 수 있으며, 소정의 간격을 두고 배열된 복수의 입자(1612)는 광결정으로서의 기능을 할 수 있게 된다. 한편, 복수의

입자(1612)가 입체 장애 효과를 일으킬 수 있는 입체 장애물을 갖는 경우에는 입체 장애 효과 인한 입자 사이의 반발력 및 외부 전기장에 의한 분극으로 인한 전기적 인력 등이 평형(equilibrium)을 이루는 거리를 두고 복수의 입자(1612)가 규칙적으로 배열될 수 있으며, 소정의 간격을 두고 배열된 복수의 입자(1612)는 광결정으로서의 기능을 할 수 있게 된다.

- [213] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1600)는, 전극(1622, 1624)를 통하여 인가되는 교류(AC) 전기장의 세기 또는 방향 또는 주파수를 조절하여 입자(1612)의 간격을 제어함으로써 입자(1612)로부터 반사되는 광의 파장(즉, 컬러)을 조절할 수 있다(제 1 모드).
- [214] 이상에서 살펴본 바와 같이 일정한 간격을 두고 배열된 복수의 입자(1612)로부터 반사되는 광의 파장은 입자(1612)의 간격에 의해 결정되기 때문에, 전극(1620)를 통하여 인가되는 전기장의 세기 및 방향을 조절하여 입자(1612)의 간격을 제어함으로써 복수의 입자(1612)로부터 반사되는 광의 파장을 임의로 제어할 수 있게 된다.
- [215] 다음으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1600)는 전극(1622, 1624, 1626)를 통하여 인가되는 전기장의 세기 또는 방향 또는 인가 위치를 조절하여 입자의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 표시 장치에 입사되는 광의 투과도가 제어되도록 할 수 있다(제 3 모드 또는 투과도 조절 모드).
- [216] 도 16의 (b)를 참조하면, 앞서 제 3 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 소정의 간격을 두고 배치된 입자(1612)로 이루어진 광결정에 대하여 특정 임계치 이상 또는 이하의 세기의 전기장을 인가하여 입자(1612)로 이루어진 광결정으로부터 자외선 또는 적외선 대역의 광은 반사되되 가시광선 대역의 광은 반사되지 않도록 함으로써, 표시 장치(1600)로 입사되는 가시광선 대역의 광이 표시 장치(1600)를 높은 광 투과율로 투과할 수 있게 된다. 이러한 모드는 상술한 바와 같이 광 결정 투과도 조절 모드로 지칭될 수 있다.
- [217] 도 16의 (a)의 광 결정 반사 모드와 도 16의 (b)의 광 결정 투과도 조절 모드 간의 상호 전환은 인가되는 전압의 세기에 의해서 구현될 수 있다. 즉, 광 결정 반사 모드에서 사용되는 인가 전압은 광 결정 투과도 조절 모드에서 사용되는 인가 전압보다 클 수 있으며 작을 수도 있다. 자외선의 광 결정 투과도 조절 모드는 광 결정 반사 모드에서보다 인가되는 전압이 클 수 있으며 적외선의 광 결정 투과도 조절 모드는 반대이다.
- [218] 이렇게 광 결정 반사 모드와 광 결정 투과도 조절 모드를 동일한 단일 화소 내에서 선택적으로 구현함으로써 다양한 색상 및 투과도가 간단한 방식 및 구조로 해서 표현될 수 있다. 이러한 광 결정 반사 모드와 광 결정 투과도 조절 모드 간의 전환의 실시예에서는 도 16에 도시된 바와 같이 하부 전극이 분할될 필요 없이 일체화되어 있어도 무방하다.
- [219] 도 16의 (c)를 참조하면, 앞서 제 3 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 복수의 입자(1612)가 전하를 갖고 국부 전극(1626)이 입자(1612)가 갖는 전하와

반대 부호의 전극이 되도록 전기장이 인가되는 경우에는 전기 영동에 의해 입자(1612)가 국부 전극(1626) 쪽으로 이동하여 국부 전극(1626) 주변에 집중하여 위치하게 되고 이에 따라 표시 장치(1600)로 입사되는 광이 입자에 의하여 반사 또는 산란되지 않고 높은 표시 장치(1600)를 광 투과율로 투과할 수 있게 된다. 한편, 본 도면에서는 도시되지 않았지만 하부 국부 전극에 입자가 집중되는 밀도를 조절함으로써 광 투과도가 조절될 수도 있다. 가령, 하부 전극의 중앙 부분에 국부 전극을 설치한 후에 이 국부 전극에 입자가 집중되는 밀도를 조절함으로써 입자 및/또는 용매를 투과하는 광의 투과도가 조절되는 구성도 역시 고려될 수 있다. 이러한 모드는 본 명세서에서는 입자 영동 투과도 조절 모드로 지칭될 수 있으며, 이 모드 역시 교류 전압 및 직류 전압을 인가하여서 이루어질 수 있다.

[220] 도 16의 (a)의 광 결정 반사 모드와 도 16의 (c)의 입자 영동 투과도 조절 모드 간의 상호 전환은 인가되는 전압의 세기에 의해서 구현될 수 있다. 즉, 광 결정 반사 모드에서 사용되는 인가 전압은 입자 영동 투과도 조절 모드에서 사용되는 인가 전압보다 작을 수도 있다.

[221] 이렇게 광 결정 반사 모드와 입자 영동 투과도 조절 모드를 동일한 단일 화소 내에서 선택적으로 구현함으로써 다양한 색상 및 투과도가 간단한 방식 및 구조로 해서 표현될 수 있다. 이러한 광 결정 반사 모드와 입자 영동 투과도 조절 모드 간의 전환의 실시예에서는 도 16에 도시된 바와 같이 하부 전극이 분할되지 않고 상부 전극이 분할되어도 무방하다.

[222] 한편, 도 16의 (d)를 참조하면, 앞서 제 3 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 전기 분극 특성을 갖는 복수의 입자(1612)가 용매(1614) 내에 분산된 상태에서 입자(1612) 및 용매(1614)에 전기장이 인가되는 경우, 복수의 입자(1612)는 전기장에 의해 분극이 유발되어 전기장의 방향에 따라 모두 동일한 방향으로 분극될 수 있는데, 동일한 방향으로 분극된 복수의 입자(1612) 사이에는 전기적 인력이 발생하기 때문에, 용매(1614) 내에 분산되어 있는 복수의 입자(1612)는 서로를 끌어당겨 전기장의 방향과 평행한 방향으로 규칙적으로 배열될 수 있다. 따라서, 전기장의 세기 또는 방향을 조절하여 전기장의 방향과 평행한 방향으로 규칙적으로 배열되는 복수의 입자(1612)의 배열 상태를 제어함으로써 표시 장치(1600)로 입사되는 광의 투과도를 조절할 수 있게 된다. 이러한 모드는 입자 정렬 또는 배열 투과도 조절 모드로 지칭된다.

[223] 도 16의 (a)의 광 결정 반사 모드와 도 16의 (d)의 입자 정렬 투과도 조절 모드 간의 상호 전환은 인가되는 전압의 세기에 의해서 구현될 수 있다. 즉, 일 실시예에 따라서, 입자 정렬 투과도 조절 모드에서 인가되는 전압은 광 결정 반사 모드에서 인가되는 전압보다 클 수 있다.

[224] 이렇게 광 결정 반사 모드와 입자 정렬 투과도 조절 모드를 동일한 단일 화소 내에서 선택적으로 구현함으로써 다양한 색상 및 투과도가 간단한 방식 및 구조로 해서 표현될 수 있다. 이러한 광 결정 반사 모드와 입자 정렬 투과도 조절

모드 간의 전환의 실시예에서는 도 16에 도시된 바와 같이 하부 전극이 분할될 필요 없이 일체화되어 있어도 무방하다.

[225] 한편, 제 1 모드 및 제 3 모드가 수행되는 경우에 대한 실시예와 제 1 모드 및 제 3 모드 중 어느 하나의 모드가 다른 모드로 전환되는 경우에 대한 실시예에 대하여 더 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

[226] 먼저, 입자가 동일한 부호의 전하를 갖고, 전극은 광 투과성 물질을 포함하는 경우를 가정할 수 있다. 이러한 경우, 전기장이 직류 전기장이고 직류 전기장의 세기가 입자의 간격을 규칙적으로 제어할 수 있는 범위 내에서 조절되면, 직류 전기장의 세기에 따라 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 내에서 조절되는 제 1 모드가 수행되거나 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 외에서 조절되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 직류 전기장의 세기가 전기영동(electrophoresis)에 의해 입자를 전극 쪽으로 집중시킬 수 있는 임계값 이상이면, 입자가 국부 전극에 집중되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 직류 전기장의 세기가 직류 전기장의 방향과 평행한 방향으로 입자를 배열시킬 수 있는 범위 내에서 조절되면, 입자가 입사광의 진행 방향과 소정의 각도를 이루는 상태로 배열되어 입사광의 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 교류 전기장이고 교류 전기장의 세기 및 주파수가 입자의 간격을 규칙적으로 제어할 수 있는 범위 내에서 조절되면, 교류 전기장의 세기 또는 주파수에 따라 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 내에서 조절되는 제 1 모드가 수행되거나 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 외에서 조절되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 교류 전기장이고 교류 전기장의 세기 및 주파수가 교류 전기장의 방향과 평행한 방향으로 입자를 배열시킬 수 있는 범위 내에서 조절되는 경우에, 입자가 입사광의 진행 방향과 소정의 각도를 이루는 상태로 배열되어 입사광의 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다.

[227] 일 실시예에서는, 전압을 인가했을 때에, 전압의 크기를 큰 순서로 말하자면, 입자 영동 투과도 조절 모드 > 입자 정렬 투과도 조절 모드 > 자외선 반사의 광 결정 투과도 조절 모드 > 가시광 광 결정 반사 모드 > 적외선 반사의 광 결정 투과도 조절 모드의 순서이며, 상기 모드는 서로 혼합되어 나타날 수도 있으며 주요하게 나타내는 효과가 변화되는 것을 의미한다.

[228] 또한, 광 결정 반사 모드, 광 결정 투과도 조절 모드 및 입자 정렬 투과도 조절 모드에서는 교류 전압이 사용되고 입자 영동 투과도 조절 모드에서는 직류 전압이 사용될 수 있다.

[229] 다음으로, 입자가 전기 분극 특성(전기장이 인가되면 전기 분극이 유발되며 인가된 전기장이 변화함에 따라 전기 분극량이 변화됨)을 갖고 입체 장애 효과를 발생시키는 구조를 포함하고, 전극은 광 투과성 물질을 포함하는 다른 경우를

가정할 수 있다. 이러한 경우, 전기장이 직류 전기장이고 직류 전기장의 세기가 입자의 간격을 규칙적으로 제어할 수 있는 범위 내에서 조절되면, 직류 전기장의 세기에 따라 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 내에서 조절되는 제 1 모드가 수행되거나 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 외에서 조절되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 직류 전기장의 세기가 유전 영동(dielectrophoresis)에 의해 입자를 전극 쪽으로 집중시킬 수 있는 임계값 이상이면, 입자가 국부 전극에 집중되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 직류 전기장의 세기가 직류 전기장의 방향과 평행한 방향으로 입자를 배열시킬 수 있는 범위 내에서 조절되면, 입자가 입사광의 진행 방향과 소정의 각도를 이루는 상태로 배열되어 입사광의 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 교류 전기장이고 교류 전기장의 세기 및 주파수가 입자의 간격을 규칙적으로 제어할 수 있는 범위 내에서 조절되면, 교류 전기장의 세기에 따라 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 내에서 조절되는 제 1 모드가 수행되거나 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 외에서 조절되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 교류 전기장이고 교류 전기장의 세기 및 주파수가 교류 전기장의 방향과 평행한 방향으로 입자를 배열시킬 수 있는 범위 내에서 조절되는 경우에, 입자가 입사광의 진행 방향과 소정의 각도를 이루는 상태로 배열되어 입사광의 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다.

- [230] 도면에서는 특정하게 도시되지 않았지만, 입자 정렬 투과도 조절 모드, 입자 영동 투과도 조절 모드 및 광 결정 투과도 조절 모드 간에서도 서로 전환 가능하다. 이렇게 제 3 모드 간에서 전환되는 구성이 이하에서 설명될 것이다.
- [231] **(3) 동일한 단일 화소 또는 셀 내에서 제 2 모드와 제 3 모드 간의 전환**
- [232] 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따라 제 2 및 제 3 모드를 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 수행할 수 있는 표시 장치의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [233] 도 17을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1700)는 표시부(1710) 및 전극(1720)을 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 표시부(1710)에는 복수의 입자(1712)가 용매(1714) 내에 분산된 채 포함될 수 있고, 전극(1720)은 상부전극(1722), 하부 전극(1724) 및 국부 전극(1726)을 포함할 수 있다. 또한, 표시부(1710) 내에 포함된 입자(1712) 및 용매(1714)는 각각 고유의 컬러를 가질 수 있고, 상부전극(1722), 하부 전극(1724) 및 국부 전극(1726)은 모두 광 투과성 물질로 구성되어 표시 장치(1700)로 입사되는 광을 투과시킬 수 있다.
- [234] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 표시 장치는 제 2 모드 및 제 3 모드 중 어느 하나의 모드를 서로 전환 가능하게 선택적으로 수행할 수 있다. 보다 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치는 복수의 입자가 용매 내에

분산된 상태에서 전극을 통하여 전기장을 인가하고 전기장의 세기 및 방향 중 적어도 하나를 조절할 수 있으며, 입자의 위치를 제어하여 용액, 입자 또는 용매가 갖는 고유의 컬러를 표시하거나(제 2 모드), 입자의 간격, 위치 또는 배열을 제어하여 표시 장치로 입사되는 광의 투과도를 조절하는(제 3 모드) 기능을 수행할 수 있다.

- [235] 먼저, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1700)는 전극(1722, 1724, 1726)를 통하여 인가되는 직류(DC) 전기장의 세기 또는 방향을 조절하되, 전기장의 세기가 특정 임계치 이상이 되도록 조절하여 전기 영동 또는 유전 영동의 원리에 따라 입자(1712)를 이동시킴으로써, 용액(1712, 1714), 입자(1712) 및 용매(1714) 중 어느 하나가 갖는 고유의 컬러의 컬러가 표시되도록 할 수 있다(제 2 모드).
- [236] 도 17의 (a)를 참조하면, 앞서 제 2 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 전기장이 인가되지 않는 경우에는 입자(1712)가 용매(1714) 내에 불규칙하게 분산되어 있어 입자(1712)의 고유의 컬러, 용매(1714)의 고유의 컬러 및 입자(1712) 또는 용매(1714)로부터 반사 또는 산란되는 광의 컬러가 혼합되어 나타나는 용액의 컬러가 표시될 수 있다. 이 모드는 용액 컬러 반사 모드이다.
- [237] 도 17의 (b)를 참조하면, 앞서 제 2 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 복수의 입자(1712)가 전하를 갖고 상부 전극(1722)이 입자(1712)가 갖는 전하와 반대 부호의 전극이 되도록 전기장이 인가되는 경우에는 전기 영동에 의해 입자(1712)가 상부 전극(1722) 쪽으로 이동하게 되고 이에 따라 표시부(1710) 상에서 입자(1712)가 갖는 고유의 컬러가 표시될 수 있다. 이 모드는 입자 컬러 반사 모드이다.
- [238] 도 17의 (c)를 참조하면, 앞서 제 2 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 복수의 입자(1712)가 전하를 갖고 하부 전극(1724)이 입자(1712)가 갖는 전하와 반대 부호의 전극이 되도록 전기장이 인가되는 경우에는 전기 영동에 의해 입자(1712)가 하부 전극(1724) 쪽으로 이동하게 되고 이에 따라 표시부(1710) 상에서 용매(1712)가 갖는 고유의 컬러가 표시될 수 있다. 이 모드는 용매 컬러 반사 모드이다.
- [239] 다음으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1700)는 전극(1722, 1724, 1726)를 통하여 인가되는 전기장의 세기 또는 방향을 조절하여 입자의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 표시 장치에 입사되는 광의 투과도가 제어되도록 할 수 있다(제 3 모드).
- [240] 도 17의 (d)를 참조하면, 앞서 제 3 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 소정의 간격을 두고 배치된 입자(1712)로 이루어진 광결정에 대하여 특정 임계치 이상 또는 이하의 세기의 전기장을 인가하여 입자(1712)로 이루어진 광결정으로부터 자외선 또는 적외선 대역의 광은 반사되되 가시광선 대역의 광은 반사되지 않도록 함으로써, 표시 장치(1700)로 입사되는 가시광선 대역의 광이 표시 장치(1700)를 높은 광 투과율로 투과할 수 있게 된다. 이 모드는 광 결정 투과도 조절 모드이다.

- [241] 도 17의 (e)를 참조하면, 앞서 제 3 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 복수의 입자(1712)가 전하를 갖고 국부 전극(1726)이 입자(1712)가 갖는 전하와 반대 부호의 전극이 되도록 전기장이 인가되는 경우에는 전기 영동에 의해 입자(1712)가 국부 전극(1726) 쪽으로 이동하여 국부 전극(1726) 주변에 집중하여 위치하게 되고 이에 따라 표시 장치(1700)로 입사되는 광이 입자에 의하여 반사 또는 산란되지 않고 높은 표시 장치(1700)를 광 투과율로 투과할 수 있게 된다. 이 모드는 입자 영동 투과도 조절 모드이다.
- [242] 한편, 도 17의 (f)를 참조하면, 앞서 제 3 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 전기 분극 특성을 갖는 복수의 입자(1712)가 용매(1714) 내에 분산된 상태에서 입자(1712) 및 용매(1714)에 전기장이 인가되는 경우, 복수의 입자(1712)는 전기장에 의해 분극이 유발되어 전기장의 방향에 따라 모두 동일한 방향으로 분극될 수 있는데, 동일한 방향으로 분극된 복수의 입자(1712) 사이에는 전기적 인력이 발생하기 때문에, 용매(1714) 내에 분산되어 있는 복수의 입자(1712)는 서로를 끌어 당겨 전기장의 방향과 평행한 방향으로 규칙적으로 배열될 수 있다. 따라서, 전기장의 세기 또는 방향을 조절하여 전기장의 방향과 평행한 방향으로 규칙적으로 배열되는 복수의 입자(1712)의 배열 상태를 제어함으로써 표시 장치(1700)로 입사되는 광의 투과도를 조절할 수 있게 된다. 이 모드는 입자 정렬 투과도 조절 모드이다.
- [243] 먼저, 상기 용액 컬러 반사 모드와 광 결정 투과도 조절 모드 간의 전환을 살펴보면, 인가되는 전압의 크기는 광 결정 투과도 조절 모드에서 크고 용액 컬러 반사 모드에서는 전압이 인가되지 않을 수도 있다. 동일한 단일 화소 내에서 이렇게 용액 컬러 반사 모드와 광 결정 투과도 조절 모드 간의 전환으로 인해서 단일 화소를 사용하여서 색상 및 투과도를 모두 조절할 수 있게 된다.
- [244] 다음으로, 상기 용액 컬러 반사 모드와 입자 영동 투과도 조절 모드 간의 전환을 살펴보면, 인가되는 전압의 크기는 입자 영동 투과도 조절 모드에서 크고 용액 컬러 반사 모드에서는 전압이 인가되지 않을 수도 있다. 동일한 단일 화소 내에서 이렇게 용액 컬러 반사 모드와 입자 영동 투과도 조절 모드 간의 전환으로 인해서 단일 화소를 사용하여서 색상 및 투과도를 모두 조절할 수 있게 된다.
- [245] 다음으로, 상기 용액 컬러 반사 모드와 입자 정렬 투과도 조절 모드 간의 전환을 살펴보면, 인가되는 전압의 크기는 입자 정렬 투과도 조절 모드에서 크고 용액 컬러 반사 모드에서는 전압이 인가되지 않을 수도 있다. 동일한 단일 화소 내에서 이렇게 용액 컬러 반사 모드와 입자 정렬 투과도 조절 모드 간의 전환으로 인해서 단일 화소를 사용하여서 색상 및 투과도를 모두 조절할 수 있게 된다.
- [246] 다음으로, 상기 입자 컬러 반사 모드와 광 결정 투과도 조절 모드 간의 전환을 살펴보면, 인가되는 전압의 크기는 광 결정 투과도 조절 모드보다 입자 컬러 반사 모드에서가 크다. 동일한 단일 화소 내에서 이렇게 입자 컬러 반사 모드와

광 결정 투과도 조절 모드 간의 전환으로 인해서 단일 화소를 사용하여서 색상 및 투과도를 모두 조절할 수 있게 된다.

[247] 다음으로, 상기 입자 컬러 반사 모드와 입자 영동 투과도 조절 모드 간의 전환을 살펴보면, 인가되는 전압의 크기는 동일하거나 서로 상이할 수 있지만 인가되는 전압의 방향이 상이하다. 동일한 단일 화소 내에서 이렇게 입자 컬러 반사 모드와 입자 영동 투과도 조절 모드 간의 전환으로 인해서 단일 화소를 사용하여서 색상 및 투과도를 모두 조절할 수 있게 된다.

[248] 다음으로, 상기 입자 컬러 반사 모드와 입자 정렬 투과도 조절 모드 간의 전환을 살펴보면, 인가되는 전압의 크기는 입자 정렬 투과도 조절 모드보다 입자 컬러 반사 모드에서가 크다. 동일한 단일 화소 내에서 이렇게 입자 컬러 반사 모드와 입자 정렬 투과도 조절 모드 간의 전환으로 인해서 단일 화소를 사용하여서 색상 및 투과도를 모두 조절할 수 있게 된다.

[249] 다음으로, 상기 용매 컬러 반사 모드와 광 결정 투과도 조절 모드 간의 전환을 살펴보면, 인가되는 전압의 크기는 광 결정 투과도 조절 모드보다 용매 컬러 반사 모드에서가 크다. 동일한 단일 화소 내에서 이렇게 용매 컬러 반사 모드와 광 결정 투과도 조절 모드 간의 전환으로 인해서 단일 화소를 사용하여서 색상 및 투과도를 모두 조절할 수 있게 된다.

[250] 다음으로, 상기 용매 컬러 반사 모드와 입자 영동 투과도 조절 모드 간의 전환을 살펴보면, 인가되는 전압의 크기 및 방향은 동일할 수 있지만 전압이 인가되는 전극이 상이하다. 즉, 용매 컬러 반사 모드에서는 대 전극으로 전압이 인가되는 반면에, 입자 영동 투과도 조절 모드에서는 소 전극 또는 국부 전극으로 전압이 인가된다. 한편, 입자 영동 투과도 조절 모드에서 투과도를 매우 작게 하는 경우에는 그 전압의 크기는 용매 컬러 반사 모드에서보다 작을 수 있다. 동일한 단일 화소 내에서 이렇게 용매 컬러 반사 모드와 입자 영동 투과도 조절 모드 간의 전환으로 인해서 단일 화소를 사용하여서 색상 및 투과도를 모두 조절할 수 있게 된다.

[251] 마지막으로, 상기 용매 컬러 반사 모드와 입자 정렬 투과도 조절 모드 간의 전환을 살펴보면, 인가되는 전압의 크기는 입자 정렬 투과도 조절 모드보다 용매 컬러 반사 모드에서가 크다. 동일한 단일 화소 내에서 이렇게 용매 컬러 반사 모드와 입자 정렬 투과도 조절 모드 간의 전환으로 인해서 단일 화소를 사용하여서 색상 및 투과도를 모두 조절할 수 있게 된다.

[252] 한편, 제 2 모드 및 제 3 모드가 수행되는 경우에 대한 실시예와 제 2 모드 및 제 3 모드 중 어느 하나의 모드가 다른 모드로 전환되는 경우에 대한 실시예에 대하여 더 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

[253] 먼저, 입자가 동일한 부호의 전하를 갖고, 전극은 광 투과성 물질을 포함하는 경우를 가정할 수 있다. 이러한 경우, 전기장이 인가되지 않으면, 입자가 용매 내에 불규칙하게 분산되어 용액의 컬러가 표시되는 제 2 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 직류 전기장의 세기가 입자의 간격을

규칙적으로 제어할 수 있는 범위 내에서 조절되면, 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 외에서 조절되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 전기장의 세기가 전기영동(electrophoresis)에 의해 입자를 전극 쪽으로 집중시킬 수 있는 임계값 이상이면, 입자가 상부 전극에 집중되어 입자의 컬러가 표시되거나 입자가 하부 전극에 집중되어 용매의 컬러가 표시되는 제 2 모드가 수행되거나 입자가 국부 전극에 집중되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 직류 전기장의 세기가 교류 전기장의 방향과 평행한 방향으로 입자를 배열시킬 수 있는 범위 내에서 조절되면, 입자가 입사광의 진행 방향과 소정의 각도를 이루는 상태로 배열되어 입사광의 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 교류 전기장이고 교류 전기장의 세기 및 주파수가 입자의 간격을 규칙적으로 제어할 수 있는 범위 내에서 조절되면, 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 외에서 조절되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 교류 전기장이고 교류 전기장의 세기 및 주파수가 교류 전기장의 방향과 평행한 방향으로 입자를 배열시킬 수 있는 범위 내에서 조절되면, 입자가 입사광의 진행 방향과 소정의 각도를 이루는 상태로 배열되어 입사광의 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다.

[254] 도 17에 도시된 각 모드에서의 전압의 크기를 살펴보면, 일 실시예에서는, 직류 전압을 인가할 경우에는, 입자 컬러 반사 모드 = 용매 컬러 반사 모드 > 입자 영동 투과도 조절 모드 > 입자 정렬 투과도 조절 모드 > 광 결정 투과도 조절 모드 > 용액 컬러 반사 모드 순이다. 일 실시예에서, 교류 전압을 인가할 시에, 입자 정렬 투과도 조절 모드 > 광 결정 투과도 조절 모드 > 용액 컬러 반사 모드 순일 수 있다.

[255] 다음으로, 입자가 전기 분극 특성(전기장이 인가되면 전기 분극이 유발되며 인가된 전기장이 변화함에 따라 전기 분극량이 변화됨)을 갖고 입체 장애 효과를 발생시키는 구조를 포함하고, 전극은 광 투과성 물질을 포함하는 다른 경우를 가정할 수 있다. 이러한 경우, 전기장이 인가되지 않으면, 입자가 용매 내에 불규칙하게 분산되어 용액의 컬러가 표시되는 제 2 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 직류 전기장의 세기가 입자의 간격을 규칙적으로 제어할 수 있는 범위 내에서 조절되면, 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 외에서 조절되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 전기장의 세기가 유전영동(dielectrophoresis)에 의해 입자를 전극 쪽으로 집중시킬 수 있는 임계값 이상이면, 입자가 상부 전극에 집중되어 입자의 컬러가 표시되거나 입자가 하부 전극에 집중되어 용매의 컬러가 표시되는 제 2 모드가 수행되거나 입자가 국부 전극에 집중되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 직류 전기장의 세기가 교류 전기장의 방향과

평행한 방향으로 입자를 배열시킬 수 있는 범위 내에서 조절되면, 입자가 입사광의 진행 방향과 소정의 각도를 이루는 상태로 배열되어 입사광의 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 교류 전기장이고 교류 전기장의 세기 및 주파수가 입자의 간격을 규칙적으로 제어할 수 있는 범위 내에서 조절되면, 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 외에서 조절되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 교류 전기장이고 교류 전기장의 세기 및 주파수가 교류 전기장의 방향과 평행한 방향으로 입자를 배열시킬 수 있는 범위 내에서 조절되면, 입자가 입사광의 진행 방향과 소정의 각도를 이루는 상태로 배열되어 입사광의 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다.

[256] **(4) 동일한 단일 화소 또는 내에서 제 2 모드(고유색 반사 모드) 간에서의 모드 전환**

[257] 고유색 반사 모드인 제 2 모드에는 도 57에 도시된 바와 같이 4 개의 가능한 개별 모드들, 즉 용액 컬러 반사 모드(a), 입자 컬러 반사 모드(b), 용매 컬러 반사 모드(c) 및 전극 컬러 반사 모드(d)가 존재한다. 도 57에 도시된 바와 같은 이러한 개별 서브 모드들 간에도 역시 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하다. 가령, 용액 컬러 반사 모드에서는 직류 전압이 인가되거나 아주 미미한 직류 전압이 인가된다. 입자 컬러 반사 모드, 용매 컬러 반사 모드 및 전극 컬러 반사 모드에서는 동일한 전압이 인가되지만 인가 방향 및 인가 위치가 상이할 수 있거나 서로 상이한 전압이 인가 방향 및 인가 위치를 달리하여서 인가될 수 있다. 즉, 입자 컬러 반사 모드에서는 입자가 상부 전극을 향하도록 상부 전극 및 하부 전극에 모두 전압이 인가되고, 용매 컬러 반사 모드에서는 입자가 하부 전극을 향하도록 상부 전극 및 하부 전극에 인가되며, 전극 컬러 반사 모드에서는 입자가 하부 전극의 국부 전극을 향하도록 상부 전극과 하부 전극의 국부 전극에만 전압이 인가된다. 본 실시예에서는 총 $6(4 \times 3/2)$ 종류의 모드 전환이 가능하다. 각 서브 모드에 대한 설명은 설명을 상술된 바와 같다. 이로써, 동일한 단일 화소 내에서 다양한 색상이 구현될 수 있다.

[258] **(5) 동일한 단일 화소 또는 셀 내에서 제 3 모드(투과도 조절 모드) 간에서의 모드 전환**

[259] 투과도 조절 모드인 제 3 모드에서는 도 58에 도시된 바와 같이 총 3 개의 개별 서브 모드가 가능하다. 즉, 광 결정 투과도 조절 모드(a), 입자 영동 투과도 조절 모드(b) 및 입자 정렬 투과도 조절 모드(c)가 존재한다. 도 58에 도시된 바와 같이, 이들 개별 서브 모드 간에서도 모드 전환이 역시 가능하다. 가령, 전압의 인가 크기는 입자 영동 투과도 조절 모드 > 입자 정렬 투과도 조절 모드 > 광 결정 투과도 조절 모드의 순이다. 본 실시예에서는 총 3 종류의 모드 전환이 가능하다. 이로써, 다양한 투과도 조절이 가능하다.

[260] **(6) 동일한 단일 화소 또는 셀 내에서 제 1 모드, 제 2 모드 및 제 3 모드 간의 전환**

- [261] 도 18은 본 발명의 일 실시예에 따라 제 1, 제 2 및 제 3 모드를 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 수행할 수 있는 표시 장치의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [262] 도 18을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1800)는 표시부(1810) 및 전극(1820)를 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 표시부(1810)에는 복수의 입자(1812)가 용매(1814) 내에 분산된 채 포함될 수 있고, 전극(1820)은 상부전극(1822), 하부 전극(1824) 및 국부 전극(1826)을 포함할 수 있다. 또한, 표시부(1810) 내에 포함된 입자(1812) 및 용매(1814)는 각각 고유의 컬러를 가질 수 있고, 상부전극(1822), 하부 전극(1824) 및 국부 전극(1826)은 모두 광 투과성 물질로 구성되어 표시 장치(1800)로 입사되는 광을 투과시킬 수 있다.
- [263] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 표시 장치는 제 1 모드, 제 2 모드 및 제 3 모드 중 어느 하나의 모드를 서로 전환 가능하게 선택적으로 수행할 수 있다. 보다 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치는 복수의 입자가 용매 내에 분산된 상태에서 전극을 통하여 전기장을 인가하고 전기장의 세기 및 방향 중 적어도 하나를 조절할 수 있으며, 이에 따라 입자의 간격을 제어하여 입자로 이루어진 광결정으로부터 반사되는 광의 파장의 조절하거나(제 1 모드), 입자의 위치를 제어하여 용액, 입자 또는 용매가 갖는 고유의 컬러를 표시하거나(제 2 모드), 입자의 간격, 위치 또는 배열을 제어하여 표시 장치로 입사되는 광의 투과도를 조절하는(제 3 모드) 기능을 수행할 수 있다.
- [264] 먼저, 도 18의 (a)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1800)는 전극(1822, 1824)를 통하여 인가되는 직류(DC) 전기장의 세기 또는 방향을 조절하여 입자(1812)의 간격을 제어함으로써 입자(1812)로부터 반사되는 광의 파장(즉, 컬러)을 조절할 수 있다(제 1 모드).
- [265] 앞서 제 1 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 복수의 입자(1812)가 동일한 전하를 갖는 경우에는 외부 전기장으로 인한 전기적 인력, 서로 동일한 부호의 전하를 갖는 입자(1812) 사이의 전기적 척력 및 외부 전기장에 의한 분극으로 인한 전기적 인력 등이 평형(equilibrium)을 이루는 거리를 두고 복수의 입자(1812)가 규칙적으로 배열될 수 있으며, 소정의 간격을 두고 배열된 복수의 입자(1812)는 광결정으로서의 기능을 할 수 있게 된다. 한편, 복수의 입자(1812)가 입체 장애 효과를 일으킬 수 있는 입체 장애물을 갖는 경우에는 입체 장애 효과 인한 입자 사이의 반발력 및 외부 전기장에 의한 분극으로 인한 전기적 인력 등이 평형(equilibrium)을 이루는 거리를 두고 복수의 입자(1812)가 규칙적으로 배열될 수 있으며, 소정의 간격을 두고 배열된 복수의 입자(1812)는 광결정으로서의 기능을 할 수 있게 된다.
- [266] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1800)는, 전극(1822, 1824)를 통하여 인가되는 교류(AC) 전기장의 세기 또는 방향 또는 주파수를 조절하여 입자(1812)의 간격을 제어함으로써 입자(1812)로부터 반사되는 광의 파장(즉, 컬러)을 조절할 수 있다(제 1 모드).

- [267] 이 상에서 살펴본 바와 같이 일정한 간격을 두고 배열된 복수의 입자(1812)로부터 반사되는 광의 파장은 입자(1812)의 간격에 의해 결정되기 때문에, 전극(1820)를 통하여 인가되는 전기장의 세기 및 방향을 조절하여 입자(1812)의 간격을 제어함으로써 복수의 입자(1812)로부터 반사되는 광의 파장을 임의로 제어할 수 있게 된다.
- [268] 먼저, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1800)는 전극(1822, 1824, 1826)를 통하여 인가되는 직류(DC) 전기장의 세기 또는 방향을 조절하되, 전기장의 세기가 특정 임계치 이상이 되도록 조절하여 전기 영동 또는 유전 영동의 원리에 따라 입자(1812)를 이동시킴으로써, 용액(1812, 1814), 입자(1812) 및 용매(1814) 중 어느 하나가 갖는 고유의 컬러의 컬러가 표시되도록 할 수 있다(제 2 모드).
- [269] 도 18의 (b)를 참조하면, 앞서 제 2 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 전기장이 인가되지 않는 경우에는 입자(1812)가 용매(1814) 내에 불규칙하게 분산되어 있어 입자(1812)의 고유의 컬러, 용매(1814)의 고유의 컬러 및 입자(1812) 또는 용매(1814)로부터 반사 또는 산란되는 광의 컬러가 혼합되어 나타나는 용액의 컬러가 표시될 수 있다(용액 컬러 반사 모드)
- [270] 도 18의 (c)를 참조하면, 앞서 제 2 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 복수의 입자(1812)가 전하를 갖고 상부 전극(1822)이 입자(1812)가 갖는 전하와 반대 부호의 전극이 되도록 전기장이 인가되는 경우에는 전기 영동에 의해 입자(1812)가 상부 전극(1822) 쪽으로 이동하게 되고 이에 따라 표시부(1810) 상에서 입자(1812)가 갖는 고유의 컬러가 표시될 수 있다(입자 컬러 반사 모드)
- [271] 도 18의 (d)를 참조하면, 앞서 제 2 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 복수의 입자(1812)가 전하를 갖고 하부 전극(1824)이 입자(1812)가 갖는 전하와 반대 부호의 전극이 되도록 전기장이 인가되는 경우에는 전기 영동에 의해 입자(1812)가 하부 전극(1824) 쪽으로 이동하게 되고 이에 따라 표시부(1810) 상에서 용매(1812)가 갖는 고유의 컬러가 표시될 수 있다(용매 컬러 반사 모드)
- [272] 다음으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(1800)는 전극(1822, 1824, 1826)를 통하여 인가되는 전기장의 세기 또는 방향을 조절하여 입자의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 표시 장치에 입사되는 광의 투과도가 제어되도록 할 수 있다(제 3 모드).
- [273] 도 18의 (e)를 참조하면, 앞서 제 3 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 소정의 간격을 두고 배치된 입자(1812)로 이루어진 광결정에 대하여 특정 임계치 이상 또는 이하의 세기의 전기장을 인가하여 입자(1812)로 이루어진 광결정으로부터 자외선 또는 적외선 대역의 광은 반사되되 가시광선 대역의 광은 반사되지 않도록 함으로써, 표시 장치(1800)로 입사되는 가시광선 대역의 광이 표시 장치(1800)를 높은 광 투과율로 투과할 수 있게 된다(광 결정 투과도 조절 모드)
- [274] 도 18의 (f)를 참조하면, 앞서 제 3 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 복수의 입자(1812)가 전하를 갖고 국부 전극(1826)이 입자(1812)가 갖는 전하와

반대 부호의 전극이 되도록 전기장이 인가되는 경우에는 전기 영동에 의해 입자(1812)가 국부 전극(1826) 쪽으로 이동하여 국부 전극(1826) 주변에 집중하여 위치하게 되고 이에 따라 표시 장치(1800)로 입사되는 광이 입자에 의하여 반사 또는 산란되지 않고 높은 표시 장치(1800)를 광 투과율로 투과할 수 있게 된다(입자 영동 투과도 조절 모드)

- [275] 한편, 도 18의 (g)를 참조하면, 앞서 제 3 모드와 관련하여 자세히 설명한 바와 같이, 전기 분극 특성을 갖는 복수의 입자(1812)가 용매(1814) 내에 분산된 상태에서 입자(1812) 및 용매(1814)에 전기장이 인가되는 경우, 복수의 입자(1812)는 전기장에 의해 분극이 유발되어 전기장의 방향에 따라 모두 동일한 방향으로 분극될 수 있는데, 동일한 방향으로 분극된 복수의 입자(1812) 사이에는 전기적 인력이 발생하기 때문에, 용매(1814) 내에 분산되어 있는 복수의 입자(1812)는 서로를 끌어 당겨 전기장의 방향과 평행한 방향으로 규칙적으로 배열될 수 있다. 따라서, 전기장의 세기 또는 방향을 조절하여 전기장의 방향과 평행한 방향으로 규칙적으로 배열되는 복수의 입자(1812)의 배열 상태를 제어함으로써 표시 장치(1800)로 입사되는 광의 투과도를 조절할 수 있게 된다(입자 정렬 투과도 조절 모드)
- [276] 도 18을 참조로 하여, 직류 전기장을 이용하여 제 1 모드에서 제 3 모드까지 단계적으로 수행되는 대표적인 실시예에 대하여 자세히 설명하면 다음과 같다.
- [277] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 전극(1820)을 통하여 표시부(1810)에 인가되는 직류(DC) 전기장의 세기 또는 방향을 조절함으로써 제 1 모드, 제 2 모드 및 제 3 모드 중 어느 한 모드를 다른 모드로 전환시킬 수 있다.
- [278] 먼저, 전기장이 인가되지 않는 경우($V=0$)에 표시부(1810) 내의 입자가 불규칙하게 분산되어 있기 때문에 표시부(1810)에 입사되는 광이 입자(1812) 및 용매(1812)에 의하여 불규칙하게 산란 또는 반사되는 컬러와 입자 및 용매의 고유의 컬러가 혼합된 용액의 컬러가 표시될 수 있다.(제 2 모드, 도 18의 (b) 참조).
- [279] 다음으로, 표시부(1810)에 인가되는 전기장의 세기가 증가하여 기설정된 범위 내의 세기의 전기장이 인가되는 경우($V=V_1$)에는 표시부(1810) 내의 입자(1812)가 소정의 간격을 두고 규칙적으로 배열됨에 따라 특정 파장 범위의 광을 반사시키는 광결정이 형성될 수 있기 때문에 표시부(1810) 상에는 광결정으로 반사되는 특정 파장 범위의 광의 컬러가 표시될 수 있고(제 1 모드, 도 18의 (a) 참조), 전기장의 세기가 더 증가함에 따라 반사광의 파장 범위가 가시광선 대역을 벗어나 적외선 또는 자외선 대역에 해당하게 되면 대부분의 가시광선을 투과시키게 되므로 입사광의 투과도가 높아질 수 있다(제 3 모드, 도 18의 (e) 참조).
- [280] 다음으로, 이보다 더 큰 세기의 전기장이 인가되는 경우($V=V_2$)에는 입자(1812)가 전기장의 방향과 평행한 방향으로 배열될 수 있기 때문에 표시부(1810)에 입사되는 광의 입사각에 따라 입사광의 투과도가 높아지거나

낮아지는 등 입사광의 투과도가 제어될 수 있다(제 3 모드, 도 18의 (g) 참조).

[281] 다음으로, 표시부(1810)에 인가되는 전기장의 세기가 더 증가하여 기설정된 범위 이상의 세기의 전기장이 인가되는 경우($V=V_3$)에는 표시부(1810) 내의 입자(1812)가 전기 영동 힘에 의하여 전극(1820)에 밀착하는 소정의 위치로 이동되거나 집중될 수 있기 때문에 표시부(1810) 상에는 입자(1812) 또는 용매(1814)가 갖는 고유의 컬러가 표시되거나(제 2 모드, 도 18의 (c), (d) 참조), 입자(1812)가 국부전극(1826)에 집중됨에 따라 입사광의 투과도가 높아질 수 있다(제 3 모드, 도 18의 (f) 참조).

[282] 더 나아가, 제 1 모드, 제 2 모드 및 제 3 모드가 수행되는 경우에 대한 실시예와 제 1 모드, 제 2 모드 및 제 3 모드 중 어느 하나의 모드가 다른 모드로 전환되는 경우에 대한 실시예에 대하여 보다 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

[283] 먼저, 입자가 동일한 부호의 전하를 갖고, 전극은 광 투과성 물질을 포함하는 경우를 가정할 수 있다. 이러한 경우, 전기장이 인가되지 않으면, 입자가 용매 내에 불규칙하게 분산되어 용액의 컬러가 표시되는 제 2 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 직류 전기장의 세기가 입자의 간격을 규칙적으로 제어할 수 있는 범위 내에서 조절되면, 직류 전기장의 세기에 따라 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 내에서 조절되는 제 1 모드가 수행되거나 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 외에서 조절되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 전기장의 세기가 전기 영동(electrophoresis)에 의해 입자를 전극 쪽으로 집중시킬 수 있는 임계값 이상이면, 입자가 상부 전극에 집중되어 입자의 컬러가 표시되거나 입자가 하부 전극에 집중되어 용매의 컬러가 표시되는 제 2 모드가 수행되거나 입자가 국부 전극에 집중되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 직류 전기장의 세기가 교류 전기장의 방향과 평행한 방향으로 입자를 배열시킬 수 있는 범위 내에서 조절되면, 입자가 입사광의 진행 방향과 소정의 각도를 이루는 상태로 배열되어 입사광의 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 교류 전기장이고 교류 전기장의 세기 및 주파수가 입자의 간격을 규칙적으로 제어할 수 있는 범위 내에서 조절되면, 직류 전기장의 세기에 따라 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 내에서 조절되는 제 1 모드가 수행되거나 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 외에서 조절되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 교류 전기장이고 교류 전기장의 세기 및 주파수가 교류 전기장의 방향과 평행한 방향으로 입자를 배열시킬 수 있는 범위 내에서 조절되면, 입자가 입사광의 진행 방향과 소정의 각도를 이루는 상태로 배열되어 입사광의 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다.

[284] 다음으로, 입자가 전기 분극 특성(전기장이 인가되면 전기 분극이 유발되며 인가된 전기장이 변화함에 따라 전기 분극량이 변화됨)을 갖고 입체 장에 효과를

발생시키는 구조를 포함하고, 전극은 광 투과성 물질을 포함하는 다른 경우를 가정할 수 있다. 이러한 경우, 전기장이 인가되지 않으면, 입자가 용매 내에 불규칙하게 분산되어 용액의 컬러가 표시되는 제 2 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 직류 전기장의 세기가 입자의 간격을 규칙적으로 제어할 수 있는 범위 내에서 조절되면, 직류 전기장의 세기에 따라 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 내에서 조절되는 제 1 모드가 수행되거나 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 외에서 조절되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 전기장의 세기가 유전 영동(dielectrophoresis)에 의해 입자를 전극 쪽으로 집중시킬 수 있는 임계값 이상이면, 입자가 상부 전극에 집중되어 입자의 컬러가 표시되거나 입자가 하부 전극에 집중되어 용매의 컬러가 표시되는 제 2 모드가 수행되거나 입자가 국부 전극에 집중되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 직류 전기장이고 직류 전기장의 세기가 교류 전기장의 방향과 평행한 방향으로 입자를 배열시킬 수 있는 범위 내에서 조절되면, 입자가 입사광의 진행 방향과 소정의 각도를 이루는 상태로 배열되어 입사광의 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 교류 전기장이고 교류 전기장의 세기 및 주파수가 입자의 간격을 규칙적으로 제어할 수 있는 범위 내에서 조절되면, 직류 전기장의 세기에 따라 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 내에서 조절되는 제 1 모드가 수행되거나 입자로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 외에서 조절되어 입사광의 광 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다. 또한, 전기장이 교류 전기장이고 교류 전기장의 세기 및 주파수가 교류 전기장의 방향과 평행한 방향으로 입자를 배열시킬 수 있는 범위 내에서 조절되면, 입자가 입사광의 진행 방향과 소정의 각도를 이루는 상태로 배열되어 입사광의 투과도가 조절되는 제 3 모드가 수행될 수 있다.

[285] 도 18의 복수의 화살표에 도시된 바와 같이, 상기 7 개의 모드(a 내지 g), 즉 광 결정 반사 모드, 용액 컬러 반사 모드, 입자 컬러 반사 모드, 용매 컬러 반사 모드, 광 결정 투과도 조절 모드, 입자 영동 투과도 조절 모드 및 입자 정렬 투과도 조절 모드는 필요 사항에 따라서 유기적으로 서로 전환될 수 있다. 본 실시예에서는 총 $7 \times 6/2 = 21$ 개의 종류의 모드 전환 구성이 가능하다. 이로써, 표시 영역의 동일한 단일 화소 내에서 다양한 색상 조절 및 다양한 투과도 조절이 모두 구현될 수 있다.

[286] 표시 장치의 제어부

[287] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치는 입자 및 용매에 인가되는 전기장을 생성하는 전압의 세기, 방향, 종류, 인가 회수, 주파수, 인가 시간, 인가 위치 등을 조절하는 기능을 수행하는 제어부(미도시됨)를 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 제어부는, 입자 및 용매에 전기장을 인가하는 전극에 소정의 전압을 인가하는 제어 신호를 생성함으로써 입자 및

용매에 소정의 전기장이 인가되도록 할 수 있고, 전압의 세기, 방향, 종류, 인가 회수, 주파수, 인가 시간, 인가 위치 등을 설정하는 제어 신호를 생성함으로써 입자 및 용매에 인가되는 전기장을 각 요구 사항에 적합하게 조절할 수 있으며, 이로써 앞서 설명한 다양한 모드 간의 전환이 이루어질 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제어부는 운영 시스템, 응용 프로그램 모듈 및 기타 프로그램 모듈의 형태로 표시 장치에 포함될 수 있으며, 물리적으로는 여러 가지 공지의 기억 장치 상에 저장될 수 있다. 또한, 이러한 프로그램 모듈은 표시 장치와 통신 가능한 원격 기억 장치에 저장될 수도 있다. 한편, 이러한 프로그램 모듈은 본 발명에 따라 후술할 특정 업무를 수행하거나 특정 추상 데이터 유형을 실행하는 루틴, 서브루틴, 프로그램, 오브젝트, 컴포넌트, 데이터 구조 등을 포괄하지만, 이에 제한되지는 않는다.

[288] 머신(machine) 판독 가능한 기록 매체

[289] 지금까지 설명된 복수의 모드 간의 전환 프로세스 또는 구성은 머신 판독 가능한 기록 매체 상에 저장되고 머신(가령, 컴퓨터)에 의해서 판독되고 실행되어서 상술한 모드 전환 프로세스를 수행하는 인스트럭션 또는 프로그램 코드를 포함하는 프로그램에 의해서 실행될 수 있다. 가령, 간단한 광 결정 반사 모드로 해서 다양한 색상을 구현하고 입자 정렬 모드로 해서 투과도를 조절하는 바를 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 구현하는 프로세스를 머신에 의해서 실행되는 바를 간략하게 살펴보고자 한다, 상기 프로그램은 입자 간의 간격이 규칙적으로 배열되어서 가시광선의 파장이 지배적으로 반사되게 하는 크기의 교류 전압이 인가되도록 하는 제 1 인스트럭션과, 상기 크기의 전압보다 작은 크기의 전압을 인가하여서 입자가 정렬되어서 지배적으로 투과하는 광의 정도가 조절되게 하는 제 2 인스트럭션을 포함할 수 있다. 이러한 머신 판독 가능한 기록 매체는 머신(가령, 컴퓨터)에 의해서 판독될 수 있는 형태로 정보를 저장 또는 전송하는 임의의 메카니즘을 포함할 수 있다. 가령, 이 머신 판독 가능한 기록 매체는 ROM, RAM, 자기 디스크 저장 매체, 광학적 저장 매체, 플래시 메모리 디바이스, 전기적 형태로 전달된 신호, 광학적 형태로 전달된 신호, 음향적 형태로 전달된 신호 또는 다른 형태로 전달된 신호(가령, 반송파, 적외선 신호, 디지털 신호, 신호를 송수신하는 인터페이스 등) 등을 포함할 수 있다.

[290] 표시 장치의 다양한 응용 실시예

[291] 한편, 도 19는 본 발명의 일 실시예에 따라 복수의 전극에 의하여 구동되는 표시 장치의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

[292] 도 19를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전극(1922, 1924, 1926, 1928)는 표시부(1910)에 포함되는 입자(1912)의 간격, 위치 및 배열을 보다 정확하고 독립적으로 제어하기 위하여, 표시부(1910)의 일부 영역에 대하여만 독립적으로 전기장을 인가할 수 있는 복수의 전극(1922, 1924, 1926, 1928)으로 구성될 수 있으며, 이러한 복수의 전극(1922, 1924, 1926, 1928)은 박막 트랜지스터(Thin

Film Transistor; TFT)와 같은 미세 구동 회로에 의하여 개별적으로 제어될 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 전극(1922, 1924, 1926, 1928)는 표시부(1910)로부터 방출되는 광의 진행을 방해하지 않기 위하여, 광 투과성 물질로 구성될 수 있으며, 예를 들면 광 투과성 전극 재료인 인듐 주석 산화물(Indium Tin Oxide; ITO), 산화티타늄(TiO_2), 탄소나노튜브 및 기타 전기 전도성 폴리머 필름 등으로 구성될 수 있다.

- [293] 계속하여, 도 19를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전극(1922, 1924, 1926, 1928)는 제 1 전극(1922), 제 2 전극(1924), 제 3 전극(1926) 및 제 4 전극(1928)을 포함할 수 있다. 먼저, 전압이 인가되지 않는 제 1 전극(1922)에 의하여 커버되는 공간에는 전기장이 인가되지 않기 때문에 제 1 전극(1922)에 의하여 커버되는 공간에 위치하는 입자(1912)는 불규칙하게 배열되어 있을 수 있다. 따라서, 제 1 전극(1922)에 의하여 제어되는 표시부(1910)는 용액의 컬러를 표시할 수 있다(제 2 모드). 다음으로, 서로 다른 레벨의 전압이 인가되는 제 2 전극(1924), 제 3 전극(1926) 및 제 4 전극(1928)에 의하여 커버되는 공간에는 각각 해당 전압에 상응하는 전기장이 인가되기 때문에, 전기장으로 인한 전기력 인력(즉, 전기 영동의 원인이 되는 힘), 동일한 부호의 전하를 갖는 입자(1912) 사이의 전기적 척력 및 입자(1912) 또는 용매(1914)의 분극으로 인한 전기적 인력 등이 평형을 이루면서 제 2 전극(1924), 제 3 전극(1926) 및 제 4 전극(1928)에 의하여 커버되는 공간에 위치하는 입자(1912)는 각각 서로 다른 패턴으로 제어될 수 있으며, 이에 따라 제 2 전극(1924), 제 3 전극(1926) 및 제 4 전극(1928)에 의하여 제어되는 표시부(1910)는 해당 영역에 따라 서로 다른 모드를 구현하게 되고 이에 따라 서로 다른 컬러를 표시할 수 있게 된다. 예를 들면, 제 4 전극(1928)에 인가되는 전압이 제 3 전극(1926)에 인가되는 전압보다 큰 경우를 가정할 수 있는데, 이러한 경우 제 4 전극(1928)에 의하여 커버되는 공간에 위치하는 입자(1912)는 상부 전극에 밀착하는 위치에 집중되어 있는 반면에 제 3 전극(1926)에 의하여 커버되는 공간에 위치하는 입자(1912)는 소정의 간격을 두고 규칙적으로 배열될 수 있으며, 이에 따라 제 4 전극(1928)에 의하여 제어되는 표시부(1910)는 입자(1912)의 고유의 컬러를 표시하게 되고 제 3 전극(1926)에 의하여 제어되는 표시부(1910)는 입자(1912)로 구성된 광결정으로부터 반사되는 특정 파장 범위의 광을 반사할 수 있게 된다.

- [294] 도 20은 본 발명의 일 실시예에 따라 표시 장치에 포함되는 입자 및 용매를 복수의 캡슐로 캡슐화하는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

- [295] 도 20을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(2000)에 포함되는 입자(2012) 및 용매(2014)는 광투과성 절연 물질로 이루어진 복수의 캡슐(2012, 2024, 2026, 2028)로 캡슐화될 수 있다. 도 20에 도시된 본 발명의 일 실시예에서와 같이 입자(2012) 및 용매(2014)를 캡슐화함으로써, 서로 다른 캡슐에 포함되는 입자(2012) 및 용매(2014) 사이에 혼입 등의 직접적인 간섭이 발생하는 것을 방지할 수 있고, 전하를 갖는 입자의

전기수력학적(ElectroHydroDynamic, EHD) 움직임으로 인하여 입자의 배열 상태가 불균일하게 나타나는 것을 방지할 수 있고, 입자 및 용매의 밀봉(sealing)을 용이하게 하여 표시 장치(2000)의 필름 형태의 가공성을 향상시킬 수 있으며, 이에 따라 표시 장치(2000)에 포함되는 입자의 간격, 위치 및 배열을 각 캡슐마다 독립적으로 제어할 수 있다.

[296] 계속하여, 도 20을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(2000)는 4개의 캡슐(2012, 2024, 2026, 2028)을 포함할 수 있고, 제 1 캡슐(2012), 제 2 캡슐(2024), 제 3 캡슐(2026) 및 제 4 캡슐(2028) 부분에 위치하는 전극(2032, 2034, 2036, 2038)에는 각각 제 1 전압, 제 2 전압, 제 3 전압 및 제 4 전압이 인가될 수 있으며, 이에 따라 서로 다른 세기 및 서로 다른 방향의 전기장이 인가되는 각 캡슐은 서로 다른 파장 범위의 광을 반사하게 된다. 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(2000)에 의하면, 각 캡슐 별로 서로 독립적인 디스플레이를 구현할 수 있게 된다.

[297] 한편, 도 20에 도시된 것과는 달리, 전극과 캡슐이 서로 일대일로 대응되어 배치되어 있지 않고 전극이 커버하는 영역이 캡슐보다 작거나 하나의 캡슐이 두 개 이상의 전극에 의하여 커버되고 있는 경우라고 할지라도, 전극 패턴을 이용함으로써 표시부의 임의의 영역에 대하여 얼마든지 독립적인 디스플레이를 구현할 수 있다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따라, 캡슐을 커버하고 있는 복수의 전극 중 어느 하나에 의하여 캡슐 내의 특정 영역에 대해 전기장이 인가되는 경우, 캡슐 내에 존재하는 입자 중 상기 특정 영역에 존재하는 입자 또는 용매만이 전기장에 반응하고 나머지 영역에 존재하는 입자 또는 용매는 전기장에 반응하지 않게 되므로, 특정 파장의 광이 반사되는 영역(즉, 디스플레이 영역)은 캡슐의 크기나 패턴보다는 전극 패턴에 의하여 결정될 수 있다.

[298] 도 21은 본 발명의 일 실시예에 따라 표시 장치에 포함되는 입자 및 용매를 매질 내에 산재시키는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

[299] 도 21을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(2100)에 포함되는 입자 및 용매는 광투과성 물질로 이루어진 매질(2130) 내에 산재될 수 있다. 보다 구체적으로는, 전기장 등의 외부 자극에 대하여 유동적이지 않은 광 투과성 물질(2130) 내에 소정 양의 입자 및 용매를 물방울(Droplet) 형태로 산재하여 분포시킴으로써 표시 장치(2100)에 포함되는 입자를 부분적으로 격리시킬 수 있다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 광투과성 매질(2130) 내에 입자가 분산된 용매를 산재하여 분포시킴으로써 서로 다른 영역에 포함되는 입자 또는 용매 사이에 혼입 등의 직접적인 간섭이 발생하는 것을 방지할 수 있으며, 이에 따라 표시 장치(2100)에 포함되는 입자의 간격, 위치 및 배열을 보다 독립적으로 제어할 수 있다.

[300] 계속하여, 도 21을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(2100)는 매질(2130) 내에 포함되는 복수의 영역(2112, 2114)을 포함할 수 있다. 보다

구체적으로, 제 1 전압이 인가되는 제 1 전극(2142) 사이에 위치하는 제 1 영역(2110)에 포함되는 입자의 간격, 위치 및 배열과 제 2 전압이 인가되는 제 2 전극(2144) 사이에 위치하는 제 2 영역(2120)에 포함되는 입자의 간격, 위치 및 배열은 서로 독립적으로 제어될 수 있으며, 이에 따라 제 1 영역(2110)과 제 2 영역(2120)은 서로 다른 컬러를 표시할 수 있게 된다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(2100)에 의하면, 각 영역 별로 서로 독립적인 디스플레이를 구현할 수 있게 된다. 도 21에서 상하부 전극을 통해 인가된 전압이 광투과성 절연매질(2130)에 의해 전압강하 현상이 나타나고 불균일하게 되지 않을 수도 있기 때문에, 광투과성 매질내에 산재된 용액을 상하부 전극에 접촉시키거나 광투과성 매질 내에 균일하게 분포시킬 수 있다.

- [301] 도 22는 본 발명의 일 실시예에 따라 광투과성 매질로 캡슐화된 용액의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다. 참고로, 도 22는 도 21과 관련하여 언급한 표시 장치(2100)의 단면을 전자 현미경으로 촬영한 결과 얻어진 사진에 해당한다.
- [302] 도 22를 참조하면, 입자(2210)가 분산되어 있는 용매가 전기장에 의해 유동되지 않는 광투과성 절연물질로 캡슐화 되어 있는 것을 알 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 입자(2210)가 용매 내에 분산되어 콜로이드(colloid) 상태를 이루고 있는 용액(즉, 입자 및 용매의 혼합물)을 서로 섞이지 않는 이종의 용액에 섞어 에멀전 형태를 구성한 후, 에멀전 경계를 광투과성 물질(2220)로 코팅함으로써 광투과성 물질(2220) 내에 캡슐화 구성이 구현될 수 있다. 여기서, 입자로는 전하층이 코팅된 산화철(FeO_x) 클러스터가 사용될 수 있고, 용매로는 전기 분극 특성을 가지는 용매가 사용될 수 있으며, 캡슐 물질로는 젤라틴이 함유된 광투과성 고분자 물질이 사용될 수 있다.
- [303] 도 23은 본 발명의 일 실시예에 따라 매질 내에 산재된 입자 및 용매의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다. 참고로, 도 23은 도 21과 관련하여 언급한 표시 장치(1600)의 단면을 전자 현미경으로 촬영한 결과 얻어진 사진에 해당한다.
- [304] 도 23을 참조하면, 입자(2310)가 분산되어 있는 용매(2320)가 전기장, 자기장 등의 외부 자극에 대하여 유동적이지 않은 고체(solid) 또는 겔(gel) 상태의 광투과성 물질로 이루어진 매질(2330) 내에 분산되어 있는 것을 확인할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 용매(2320) 내에 전하를 갖는 입자(2310)를 분산시켜 이를 물방울(droplet) 형태로 광투과성 매질(2330) 내에 균일하게 혼합시킴으로써 도 23에 나타난 구성을 구현할 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 도 23에 있어서, 입자(2310)는 전하층이 코팅된 산화철(FeO_x) 클러스터일 수 있고, 용매(2320)는 EG(ethylene glycol)일 수 있으며, 매질(2330)은 PDMS(Polydimethylsiloxane)일 수 있다.
- [305] 도 24는 본 발명의 일 실시예에 따라 표시 장치에 포함되는 입자 및 용매를 복수의 셀로 구체화하는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [306] 도 24를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(2400)에 포함되는 입자(2412) 및 용매(2414)는 절연체로 이루어진 격벽 등으로 격리되어 복수의

셀(2432, 2434, 2436, 2438)로 구획화될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 입자(2412) 및 용매(2414)를 구획화함으로써 서로 다른 셀에 포함되는 입자(2412) 및 용매(2414) 사이에 혼입 등의 직접적인 간섭이 발생하는 것을 방지할 수 있으며, 이에 따라 표시 장치(2400)에 포함되는 입자의 간격, 위치 및 배열을 각 셀마다 독립적으로 제어할 수 있고, 전하를 갖는 입자의 전기수력학적(ElectroHydroDynamic, EHD) 움직임으로 인하여 입자의 배열 상태가 불균일하게 나타나는 것을 방지할 수 있다.

[307] 한편, 도 24에 도시된 것과는 달리, 전극과 셀이 서로 일대일로 대응되어 배치되어 있지 않고 전극이 커버하는 영역이 셀보다 작거나 하나의 셀이 두 개 이상의 전극에 의하여 커버되고 있는 경우라고 할지라도, 전극 패턴에 따라 표시부의 임의의 영역에 대하여 얼마든지 독립적인 디스플레이를 구현할 수 있다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따라, 셀을 커버하고 있는 복수의 전극 중 어느 하나에 의하여 셀 내의 특정 영역에 대해 전기장이 인가되는 경우, 셀 내에 존재하는 입자 중 상기 특정 영역에 존재하는 입자 또는 용매만이 전기장에 반응하고 나머지 영역에 존재하는 입자 또는 용매는 전기장에 반응하지 않게 되므로, 특정 파장의 광이 반사되는 영역(즉, 디스플레이 영역)은 셀의 크기나 패턴보다는 전극 패턴에 의하여 결정될 수 있다.

[308] 한편 도 24에서 도식된 구조를 제작하기 위해서, 먼저 하부기판에 스크린 프린팅(Screen printing), 그라비아 프린팅(Gravure printing), 리쓰그래피(Lithography) 등의 방법으로 절연물질로 격벽을 먼저 제작한 뒤, 입자가 분산된 용액을 ODF(One Drop Filling) 등의 방법으로 충전 하여 제작할 수 있다.

[309] 혹은 도 24에서 용액을 구분하기 위한 격벽으로는 고체형태의 절연물질외에 빈 공간을 활용할 수도 있다. 즉, 기판을 패터닝하여 국부적으로 용액과 친화성이 높은 영역과 낮은 영역을 구분함으로써 용액과 친화성이 낮은 영역에는 입자가 분산되지 않게 함으로써 용액을 구획화 할 수 있다. 예를들면 용액이 친수성(Hydrophilic)인 경우 기판을 패터닝하여 격벽부분은 소수성(Hydrophobic)하게 제작하고 용액이 들어갈 영역은 친수성(Hydrophilic)하게 제작함으로써, 용액은 친수성인 부위에만 충전되고 소수성인 영역에 의해 구획화 하게 할 수 있다. 더 나아가 하부기판은 소수성이고 하부전극은 친수성인 경우 하부전극 패터닝에 의해 셀 구획화를 병행시킬 수 있다.

[310] 이상에서 언급한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따라 입자 및 용매를 캡슐화거나 매질 내에 산재시키거나 또는 구획화하는 경우, 각 캡슐, 각 영역 또는 각 셀 별로 입자의 간격, 위치 및 배열을 독립적으로 제어할 수 있게 되어 보다 정밀한 디스플레이를 가능하게 할 수 있고, 표시 장치의 유지 및 보수를 용이하게 하는 효과가 달성된다.

[311] 도 25 및 도 26은 본 발명의 일 실시예에 따라 표시 장치가 서로 수직 방향 또는 수평 방향으로 결합되는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

- [312] 먼저, 도 25를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(2500)에 포함되는 입자(2512) 및 용매(2514)는 서로 수직 방향으로 결합된(즉, 적층된) 복수의 셀(2532, 2534, 2536)에 각각 포함될 수 있으며, 이에 따라 표시 장치(2400)에 포함되는 입자의 간격, 위치 및 배열을 각 셀마다 독립적으로 제어할 수 있다. 따라서, 서로 적층되어 있는 복수의 셀(2532, 2534, 2536) 사이에 위치하는 전극(2520)이 광투과성 물질로 구성되는 경우에는, 적층된 복수의 셀(2532, 2534, 2536)에서 각각 독립적으로 구현되는 각 모드에 의한 컬러가 서로 혼합되어 표시될 수 있다. 예를 들면, 제 1 셀(2532)에서는 제 1 모드가 구현되어 반사광의 컬러가 제어될 수 있고, 제 2 셀(2534)에서는 제 2 모드가 구현되어 입자(2512)가 갖는 고유의 컬러가 표시될 수 있으며, 제 3 셀(2536)에서는 제 3 모드가 구현되어 광의 투과도가 조절될 수 있다. 이로써, 더 다양한 색상 혼합(color mixing)이 가능하게 되고 투과도 및 색상이 필요 사항에 맞게 적합하게 조합될 수 있다.
- [313] 다음으로, 도 26을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(2600)에 포함되는 입자(2612) 및 용매(2614)는 서로 수평 방향으로 결합된 복수의 셀(2632, 2634, 2636)에 각각 포함될 수 있으며, 이에 따라 표시 장치(2400)에 포함되는 입자의 간격, 위치 및 배열을 각 셀마다 독립적으로 제어할 수 있다. 따라서, 서로 결합되어 있는 복수의 셀(2632, 2634, 2636) 각각에서 구현되는 각 모드의 컬러 또는 광 투과도가 서로 혼합되어 나타날 수 있다. 예를 들면, 제 1 셀(2632)에서는 제 1 모드가 구현되어 반사광의 컬러가 제어될 수 있고, 제 2 셀(2634)에서는 제 2 모드가 구현되어 입자(2612)가 갖는 고유의 컬러가 표시될 수 있으며, 제 3 셀(2636)에서는 제 3 모드가 구현되어 광의 투과도가 조절될 수 있다.
- [314] 한편, 도 19 내지 도 26의 실시예에서는 상부 및 하부 전극이 모두 여러 개의 전극으로 분리되어 있는 것으로 설명되었으나, 상부 혹은 하부 전극 중 한쪽의 전극은 공통전극으로 구성될 수 있다. 예를 들면, 실제적인 디스플레이 제품에 적용함에 있어서, 상부전극은 투명전극 물질로 공통전극으로 구성될 수 있고, 이와는 달리 하부전극은 단위 셀 단위로 분리되어 각 셀을 구동하기 위한 트랜지스터와 연결될 수 있으며 투명전극 물질로 구성되지 않을 수도 가능하다. 더 나아가, 투명상부전극을 사용하고, 하부전극에 입자와 대전된 전하와 동일 부호의 전압을 인가함으로써 대전된 입자가 상부전극에 배열되게 함으로써 용매에 의하여 광의 강도가 감소되는 현상을 최소화할 수 있다.
- [315] 도 27 내지 도 29는 본 발명의 일 실시예에 따라 표시 장치에 인가되는 전압의 패턴을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [316] 먼저, 도 27을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치는 입자 및 용매에 대하여 서로 다른 세기 및 다른 방향의 전기장을 순차적으로 인가하여 연속적인 디스플레이를 구현함에 있어서 전기장의 세기 및 방향이 바뀌는 동안 입자의 간격을 초기화하는 기능을 수행하는 제어부(미도시됨)를 더 포함할 수

있다. 보다 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 제어부는, 입자 및 용매에 전기장을 인가하는 전극에 제 1 전압 및 제 2 전압을 순차적으로 인가함에 있어서, 제 1 전압을 인가한 후 제 2 전압을 인가하기 전에 입자 및 용매에 대하여 제 1 전압과 반대 방향의 초기화(reset) 전압을 인가함으로써 제 1 전압에 의하여 소정의 간격, 위치 또는 배열로 제어되었던 입자를 초기의 상태로 되돌리는 기능을 수행한다. 이로써, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치는 동작 속도를 향상시키고 잔상(殘像)을 억제할 수 있게 되는 등 디스플레이 성능을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 초기화 전압은 직전에 인가되었던 전압과 반대 방향으로 인가되기 때문에, 직전에 인가되었던 전압에 의하여 소정의 방향으로 이동하여 배열된 입자를 강제적으로 반대 방향으로 이동시켜 표시 장치를 off하는 경우에 있어서도 동작속도를 빠르게 하는 효과를 달성할 수 있다.

- [317] 다음으로, 도 28을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치는 입자 및 용매에 대하여 서로 다른 세기 및 다른 방향의 전기장을 순차적으로 인가하여 연속적인 디스플레이를 구현함에 있어서 미리 입자의 간격, 위치 또는 배열을 소정의 간격, 위치 또는 배열로 유지시켜 놓는 기능을 수행하는 제어부(미도시됨)를 더 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 제어부는, 입자 및 용매에 전기장을 인가하는 전극에 제 1 전압 및 제 2 전압을 순차적으로 인가함에 있어서, 미리 소정의 대기(standby) 전압을 인가해 놓은 상태에서 제 1 전기장과 제 2 전압을 인가함으로써 입자의 간격, 위치 또는 배열이 원하는 간격, 위치 또는 배열로 신속하게 제어될 수 있도록 하는 기능을 수행한다. 이로써, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치는 응답 속도 높이고 화면 전환을 빠르게 하는 등 디스플레이 성능을 향상시킬 수 있게 된다. 예를 들면, 종래의 전자 종이(electronic paper) 기술에서는 특정 컬러를 표시하기 위하여 특정 컬러의 입자를 셀 내의 한 쪽 끝에서 반대 쪽 끝으로 종단하도록 이동시켜야만 했지만, 본 발명에서는 가시광선 대역의 반사광이 나타나지 않을 정도의 상대적으로 낮은 레벨의 대기 전압을 인가하여 입자를 셀 내의 한 쪽 방향으로 밀집시켜 놓은 후 특정 레벨 이상의 전압을 인가하여 가시광선 대역의 광을 반사하는 광결정을 구현할 수 있으므로, 입자들의 국부적인 위치 이동만으로도 가시광선 대역의 광을 반사하는 광결정을 구현할 수 있게 되어 동작 속도를 빠르게 할 수 있게 되는 것이다.

- [318] 다음으로, 도 29를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치는 입자 및 용매에 대하여 서로 다른 세기 및 다른 방향의 전기장을 순차적으로 인가하여 연속적인 디스플레이를 구현함에 있어서, 전기장의 세기 및 인가 시간 등에 있어서 다양한 패턴의 전기장이 인가되도록 하는 기능을 수행하는 제어부(미도시됨)를 더 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 제어부는, 입자 및 용매에 전기장을 인가하는 전극에 전압을 인가함에 있어서, 소정의 전압으로 전압의 레벨을 높이거나 낮출 수 있고(도 29의 (a)

참조), 임의로 전압의 인가 시간 또는 주기를 늘이거나 줄일 수 있으며(도 29의 (b) 참조), 불연속적인 펄스 전압을 반복적으로 인가함으로써 전압이 연속적으로 인가된 경우와 같은 효과를 거둘 수 있다(도 29의 (c) 참조). 이로써, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치는 다양한 패턴의 디스플레이를 가능하게 하고 전력 소모를 줄이는 등 디스플레이 성능을 향상시킬 수 있게 된다.

[319] 다만, 본 발명에 따른 전기장 인가 패턴이 반드시 상기 열거한 것에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 목적을 달성할 수 있는 범위 내에서, 즉, 전기장에 의하여 입자의 간격, 위치 또는 배열이 제어될 수 있는 범위 내에서 적절히 변경될 수 있음을 밝혀 둔다.

[320] 한편, 도 30은 본 발명의 일 실시예에 따라 표시 장치의 복수의 전극에 연결되는 회로 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

[321] 도 30을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치에 포함되는 복수의 전극(3020)에 각각에는 소정의 전하를 저장할 수 있는 캐패시터(3050)가 연결될 수 있다. 보다 구체적으로, 표시부에 전기장을 인가하기 위하여 전극(3020)에 전압을 인가하면 해당 전극(3020)에 연결된 캐패시터(3050)에는 전하가 충전될 수 있기 때문에, 해당 전극(3020)에 인가되던 전압이 차단된 후에도 캐패시터(3050)에 충전되어 있는 전하를 이용하여 소정 시간 동안 해당 전극(3020)에 전압을 인가할 수 있게 된다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 표시 장치에 불연속적인 펄스 전압을 인가하는 경우라고 하더라도 연속적인 전압을 인가하는 경우와 동일한 디스플레이를 구현할 수 있으며, 이에 따라 표시 장치를 동작시키는 데에 소요되는 전력을 줄이고 보다 안정적인 디스플레이를 구현할 수 있게 되는 효과를 거둘 수 있다. 또한, 인가되는 전압이 차단되어도 소정의 시간 동안 표시 상태가 유지될 수 있다. 즉, 입자 간의 간격, 배열, 위치가 소정의 시간 동안 특정 간격, 특정 배열, 특정 위치에 유지될 수 있다.

[322] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 입자에 인가되는 전기장의 패턴(인가 영역, 인가 시간 등)을 조절하거나 입자로부터 반사되는 광의 투과도 또는 차단율을 조절하는 광 조절층을 이용함으로써 표시 장치 상에 표시되는 컬러의 명도를 조절할 수 있다.

[323] 도 31은 본 발명의 일 실시예에 따라 입자로부터 반사되는 광의 표시 면적을 조절하는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

[324] 도 31을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(3100)는 9개의 단위 셀(3110)을 포함할 수 있고, 각 단위 셀(3110)에 독립적으로 인가되는 전기장에 의하여 각 단위 셀(3110)은 서로 독립적으로 제어될 수 있으며, 각 단위 셀(3110)을 커버하는 하부 전극(3122, 3124, 3126)은 어두운 색을 갖는 물질을 포함하거나 어두운 색을 갖는 컬러층(미도시됨)에 의하여 커버될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 표시 장치(3100) 상에 원하는 명도의 컬러를 표시하기 위하여 총 9개의 단위 셀(3110) 중 일부 단위 셀에 대하여만 적절한

전기장을 인가하여 일부 단위 셀에서 광결정에 의한 컬러가 표시되도록 하고, 반대로 나머지 단위 셀에 대하여는 전기장을 인가하지 않아 나머지 단위 셀에서는 광결정에 의한 컬러가 표시되지 않고 하부 전극의 컬러 또는 입자에 의한 산란 컬러로 인한 어두운 컬러가 표시되도록 할 수 있다. 나아가, 각 단위 셀에 인가되는 전기장을 조절하여 광결정에 의한 컬러가 표시되는 단위 셀의 수를 증가시키면 어두운 컬러가 표시되는 면적에 비하여 광결정에 의한 컬러가 표시되는 면적이 넓어지기 때문에 광결정에 의한 컬러의 명도가 높아지고, 광결정에 의한 컬러가 표시되는 단위 셀의 수를 감소시키면 어두운 컬러가 표시되는 면적에 비하여 광결정에 의한 컬러가 표시되는 면적이 좁아지기 때문에 광결정에 의한 컬러의 명도가 낮아질 수 있다. 즉, 광결정을 형성시킬 수 있는 소정의 전기장이 인가되는 단위 셀의 수가 많을수록 광결정에 의한 컬러가 표시되는 단위 셀의 수, 즉 광결정에 의한 컬러가 표시되는 영역의 면적이 증가하여 명도가 높아지게 되는 것이다. 또한, 하부 전극을 블랙 색상의 전극으로 하고 광 결정 반사 모드를 구현하는 화소의 수와 투과도 조절 모드를 구현하는 화소의 수를 적합하게 조합함으로써 명도를 조절할 수도 있다.

[325] 도 32는 본 발명의 일 실시예에 따라 입자로부터 반사되는 광의 표시 시간을 조절하는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

[326] 도 32를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치는 입자에 전기장이 인가되는 시간을 조절할 수 있고, 어두운 색을 갖는 물질을 포함하거나 어두운 색을 갖는 컬러층(미도시됨)에 의하여 커버되는 하부 전극을 포함할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치는, 입자에 대하여 전기장을 주기적으로 인가하되, 표시 장치 상에 원하는 명도의 컬러를 표시하기 위하여 전기장이 인가되는 시간과 전기장이 인가되지 않는 시간의 비율을 조절할 수 있다. 보다 구체적으로, 전기장이 인가되는 시간이 전기장이 인가되지 않는 시간에 비하여 증가하면 광결정에 의한 컬러가 표시되는 시간이 어두운 컬러가 표시되는 시간에 비하여 길어지기 때문에 광결정에 의한 컬러의 명도가 높아지고, 반대로 전기장이 인가되는 시간이 전기장이 인가되지 않는 시간에 비하여 감소하면 광결정에 의한 컬러가 표시되는 시간이 어두운 컬러가 표시되는 시간에 비하여 짧아지기 때문에 광결정에 의한 컬러의 명도가 낮아질 수 있다. 즉, 소정의 광결정을 형성시킬 수 있는 전기장이 인가되는 시간이 길수록 광결정에 의한 컬러가 표시되는 시간이 증가하기 때문에 광결정에 의한 컬러의 명도가 높아지게 되는 것이다.

[327] 도 33은 본 발명의 일 실시예에 따라 광 조절층을 이용하여 명도를 조절하는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

[328] 도 33을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(3300)는 광 투과율 또는 광 차단율이 조절될 수 있는 별개의 광조절층(3330)을 포함할 수 있다. 일반적으로 광 투과도나 광 차단율은 광의 세기 또는 밝기에 큰 영향을 미칠 수 있고 나아가 광의 컬러의 명도를 변화시킬 수 있기 때문에, 광 투과율 또는 광

차단율이 조절될 수 있는 광 조절층(3330)을 표시 장치(3300)의 상부에 배치시키고 광 조절층(3330)으로 입사되는 광의 세기 또는 밝기를 조절함으로써 표시 장치(3300) 상에 표시되는 광의 컬러의 명도를 조절할 수 있게 된다. 이하에서는, 광 조절층(3330)으로서 적용될 수 있는 다양한 구성에 대하여 구체적으로 설명하기로 한다.

- [329] 도 34 및 도 35는 본 발명의 일 실시예에 따라 광 투과도를 조절하는 광 조절층의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [330] 먼저, 도 34을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 광 조절층(3400)은 입자(3410)의 배열을 제어함으로써 광 투과도를 제어할 수 있다. 보다 구체적으로, 전기 영동 입자(3410)가 광 조절층(3400) 내에서 불규칙하게 분산되어 있는 경우 전기 영동 입자가(3410)에 의한 광의 반사 또는 산란으로 인하여 광 투과도가 낮아지고 이에 따라 광의 컬러의 명도가 낮아지게 되지만(도 34의 (a) 참조), 전기 영동 입자(3410)가 광의 진행 방향과 평행한 방향으로 규칙적으로 배열되는 경우에는 광의 진행이 방해받는 정도가 낮기 때문에 광 투과도가 높아지게 되고 이에 따라 광의 컬러의 명도가 높아지게 된다(도 34의 (b) 참조). 또한, 도시되지는 않았지만, 상술한 바와 같이, 광 결정 투과도 조절 모드를 사용하는 층을 광 조절층으로서 사용할 수도 있다.
- [331] 다음으로, 도 35를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 광 조절층(3500)은 전기 영동 입자(3510)의 위치를 제어함으로써 광 투과도를 제어할 수 있다. 보다 구체적으로, 전기 영동 입자(3510)가 광 조절층(3500) 내에서 불규칙하게 분산되어 있는 경우 전기 영동 입자가(3510)에 의한 광의 반사 또는 산란으로 인하여 광 투과도가 낮아지고 이에 따라 광의 컬러의 명도가 낮아지게 되지만(도 35의 (a) 참조), 전기 영동 입자(3510)가 좁은 면적을 갖는 하부 전극(3550) 쪽으로 이동하는 경우에는 광의 진행이 방해받는 정도가 낮아지기 때문에 광 투과도가 높아지고 이에 따라 광의 컬러의 명도가 높아지게 된다(도 35의 (b) 참조).
- [332] 도 36은 본 발명의 일 실시예에 따라 광 차단율을 조절하는 광 조절층의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [333] 도 36을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 광 조절층(3600)은 전기장에 의해 친수성 또는 소수성 특성이 변화됨에 따라 그 분포 면적이 변할 수 있는 광 차단 물질(3615)을 포함할 수 있으며, 이러한 광 차단 물질(3615)에 인가되는 전기장의 세기 및 방향 중 적어도 하나를 조절하여 광 차단 물질(3615)이 표시 영역, 즉 표시 장치의 표시부(미도시됨)을 커버하는 면적을 제어함으로써 광 차단율을 조절할 수 있다(electro-wetting). 보다 구체적으로, 광 차단 물질(3615)이 표시 영역의 대부분을 커버하고 있는 경우에 광 차단율이 높아 광의 컬러의 명도가 낮아지게 되지만(도 36의 (a) 참조), 광 차단 물질(3615)이 표시 영역의 일부분만을 커버하고 있는 경우에는 광 차단율이 낮아 광의 컬러의 명도가 높아지게 된다(도 36의 (b) 참조).

- [334] 다만, 본 발명에 따른 표시 장치에 적용될 수 있는 광 조절층이 반드시 상기 열거한 것에 한정되는 것은 아니며, 광의 진행을 방해하는 입자의 농도를 조절하는 장치 등 다양한 수단이 본 발명에 따른 광 조절층으로 적용될 수도 있을 것이다. 액정과 같이 전압에 따라 광의 투과도가 변경될 수 있는 장치나, 전압에 따라 친수성/소수성의 특성이 변하여 표면에 있는 용액의 면적이 변화함으로써 광투과도가 조절되는 장치나, 전압에 따라 입자들의 움직임을 제어함으로써 광투과도가 조절되는 장치 등이 사용될 수 있다. 또한, ED(Electrochromic devices), SPD(Suspended particle devices), PDLC(Polymer dispersed liquid crystal devices), MB(Micro-Blinds) 등도 광 조절층으로서 적용될 수 있다.
- [335] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 무채색을 표시하는 셀과 유채색을 표시하는 색을 공간적으로 또는 시간적으로 결합함으로써 표시 장치 상에서 표시되는 컬러의 채도를 조절할 수 있다.
- [336] 먼저, 도 31에 도시된 명도 조절 방법과 마찬가지로, 무채색이 표시되는 면적과 유채색이 표시되는 면적을 조절함으로써 표시 장치 상에서 표시되는 컬러의 채도를 조절할 수 있다. 보다 구체적으로, 각 단위 셀에 인가되는 전기장을 조절하여 유채색이 표시되는 단위 셀의 수를 증가시키면 무채색이 표시되는 면적에 비하여 유채색이 표시되는 면적이 넓어지기 때문에 표시 장치 상에 표시되는 컬러의 채도가 높아지고, 유채색이 표시되는 단위 셀의 수를 감소시키면 무채색이 표시되는 면적에 비하여 유채색이 면적이 좁아지기 때문에 표시 장치 상에 표시되는 컬러의 채도가 낮아질 수 있다.
- [337] 다음으로, 도 32에 도시된 명도 조절 방법과 마찬가지로, 무채색이 표시되는 시간과 유채색이 표시되는 시간을 조절함으로써 표시 장치 상에서 표시되는 컬러의 채도를 조절할 수 있다. 보다 구체적으로, 유채색이 표시되도록 하는 전기장이 인가되는 시간이 무채색이 표시되도록 하는 전기장이 인가되는 시간에 증가하면 표시 장치 상에 표시되는 컬러의 채도가 높아지고, 반대로 유채색이 표시되도록 하는 전기장이 인가되는 시간이 무채색이 표시되도록 하는 전기장이 인가되지 않는 시간에 비하여 감소하면 표시 장치 상에 표시되는 컬러의 채도가 낮아지게 된다.
- [338] 한편, 도 37은 본 발명의 일 실시예에 따라 서로 다른 전하를 갖는 입자를 이용하여 광결정성 디스플레이를 구현하는 표시 장치의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [339] 먼저, 제 1 모드의 경우를 설명하면 다음과 같다. 도 37을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(3700)의 표시부(3710)는 서로 다른 전하를 갖는 입자, 즉, 음전하를 갖는 입자(3712) 및 양전하를 갖는 입자(3714)를 모두 포함할 수도 있으며, 표시부(3710)에 전기장이 인가됨에 따라 음전하를 갖는 입자(3712) 및 양전하를 갖는 입자(3714)는 각각 반대 방향으로 이동하여 규칙적으로 배열될 수 있다. 예를 들어, 전기장 인가부의 상부 전극(3720)이 양극이고 하부

전극(3725)이 음극인 경우, 음전하를 갖는 입자(3712) 및 양전하(3714)를 갖는 입자는 각각 상부 전극(3720) 방향 및 하부 전극(3725) 방향으로 이동하여 입자 사이에 각각 소정의 간격을 유지한 채 광결정으로서 배열될 수 있을 것이다. 이러한 경우, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(3700)는 양면(즉, 상부 전극(3720) 쪽 면 및 하부 전극(3725) 쪽 면) 모두에서 각각 임의의 파장 범위의 광을 반사시킬 수 있게 되며, 이에 따라 양면 디스플레이를 구현할 수 있다. 나아가, 음전하를 갖는 입자(3712)와 양전하를 갖는 입자(3714)의 전하량이 서로 다른 경우에는, 전기장을 인가함에 따라 음전하를 갖는 입자(3712) 사이의 간격과 양전하를 갖는 입자(3714) 사이의 간격이 서로 다르게 될 수 있으므로, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(3700)는 양면에서 서로 다른 파장 범위의 광을 반사시킬 수 있게 되며, 이에 따라 양면이 서로 독립적으로 제어되는 디스플레이를 구현할 수도 있게 된다.

- [340] 다음으로, 제 2 모드의 경우를 설명하면 다음과 같다. 표시 장치(3700)에 포함되는 음전하를 갖는 입자(3712) 및 양전하를 갖는 입자(3714)는 각각 고유한 컬러를 가지고 있을 수도 있다. 이러한 경우, 도 37의 경우와 마찬가지로, 상부 전극(3720) 및 하부 전극(3725)에 인가되는 전기장의 방향만을 조절함으로써 표시 장치의 상부 및 하부에 각각 서로 다른 컬러를 표시할 수 있게 된다. 예를 들어, 음전하를 갖는 입자(3712)가 검은색이고 양전하를 갖는 입자(3714)가 흰색인 경우에 상부 전극(3720)에 양의 전압을 인가하면 음전하를 갖는 검은색 입자(3712)가 상부 전극(3720) 쪽으로 이동하여 표시 장치의 상부에 검은색이 표시될 수 있고, 상부 전극(3720)에 음의 전압을 인가하면 양전하를 갖는 흰색 입자(3714)가 상부 전극(3720) 쪽으로 이동하여 표시 장치의 상부에 흰색이 표시될 수 있다.
- [341] 이렇게 도 37에서와 같이 양면이 표시되는 표시 장치에서 역시 제 1 모드와 제 2 모드 간에 서로 전환될 수 있다. 또한, 하부 전극이 대 전극과 국부 전극으로 분할되는 경우에 있어서, 양면이 표시되는 표시 장치에서, 제 1 모드, 제 2 모드 및 제 3 모드 간에서 전환이 서로 가능하게 된다.
- [342] 한편, 도 38 내지 도 40은 본 발명의 일 실시예에 따라 전극을 이루는 전극을 패터닝하는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.
- [343] 먼저, 도 38을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전극의 하부 전극(3825)(또는 상부 전극(3820)) 상에 격자 형태의 절연층(3830)이 형성될 수 있으며, 이에 따라 하부 전극(3825)(또는 상부 전극(3820))이 일정한 간격으로 패터닝될 수 있게 된다.
- [344] 도 38에 도시된 표시 장치에 따르면, 전극의 패터닝 간격을 수 μm 내지 수백 μm 정도로 구현함으로써 전하를 갖는 입자의 전기수력학적(ElectroHydroDynamic, EHD) 움직임으로 인하여 입자의 배열 상태가 불균일하게 나타나는 것을 방지할 수 있게 되며 이에 따라 균일한 디스플레이를 구현할 수 있게 된다. 특히, 도 38에 도시된 표시 장치에 따르면, 많은 시간과 비용이 요구되는 캡슐화나 셀 구획화

등의 복잡한 공정을 거치지 않고도 전기수력학적 움직임에 의한 입자의 쏠림 현상을 효과적으로 방지할 수 있게 되는 효과가 달성된다.

[345] 다음으로, 도 39을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전극의 하부 전극(또는 상부 전극)은 두 개의 전극(제 1 전극(3920) 및 제 2 전극(3925))으로 나뉘어 구성될 수 있다. 보다 구체적으로, 도 40을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전극의 하부 전극(또는 상부 전극)을 구성하는 제 1 전극(4020) 및 제 2 전극(4025)은 서로 엇갈리는 톱니 형상으로 패터닝될 수 있을 것이다.

[346] 도 39 및 도 40에 도시된 표시 장치에 따르면, 한 쪽 기관에만 전극을 구현해도 되기 때문에 원가절감 측면에서 유리할 수 있고, 전기장이 인가됨에 따라 입자가 이동하는 거리를 줄임으로써 표시 장치의 동작 속도를 빠르게 할 수 있게 되는 효과가 달성된다.

[347] 다만, 본 발명에 따른 전극 패턴이 반드시 상기 열거한 것에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 목적을 달성할 수 있는 범위 내에서, 즉 전기장에 의하여 입자의 간격이 제어될 수 있는 범위 내에서 적절히 변경될 수 있음을 밝혀 둔다.

[348] 한편, 도 41은 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치가 스페이서를 포함하는 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

[349] 도 41을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(4100)는 두 전극(4120) 사이에 배치되어 두 전극(4120)의 간격을 조절하는 기능을 수행하는 스페이서 입자(4130)를 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 상부 및 하부 전극(4120)과 접촉한 스페이서 입자(4130)는 열 에너지, 광 에너지 등의 에너지에 의하여 상부 및 하부 전극(4120)에 고착될 수 있으며 이로써 상부 및 하부 전극(4130)이 일정한 간격을 두고 배치된 필름 형태로 제작될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 스페이서 입자(4130)는 폴리스틸렌과 같은 유기물 또는 실리콘산화물과 같은 무기물을 포함하여 구성될 수 있다. 전극으로서 ITO 유리를 사용하는 경우 단가가 높기 때문에, 본 발명에서와 같이 투명전극이 코팅된 플렉서블한 필름 형태의 기관에 스페이서가 적용시키면 제작 단가를 현격히 낮출 수 있는 효과를 달성할 수 있다.

[350] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 입자가 분산된 액체는 ODF(One Drop Filling)과 같은 장비를 이용하여 전면에 도포하거나 공기압력차를 이용해 상하부 전극사이에 충전하거나 그라비아 오프셋 등의 방법으로 프린팅 할 수도 있다.

[351] 도 42는 본 발명의 일 실시예에 따라 태양 전지부를 포함하는 표시 장치의 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

[352] 도 42를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치(4200)는 표시 장치(4200)를 투과하는 광을 이용하여 기전력을 발생시키고 저장하는 기능을 수행하는 태양 전지부(4230)를 더 포함할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 태양 전지부(4230)에 의하여 발생된 기전력은 전극(4220)에 인가되는 전압을 발생시키는 데에 사용될 수 있으며, 이로써 표시 장치(4200)는 외부의 전원

공급에 의존하지 않고도 이상에서 설명한 광결정성 디스플레이를 구현할 수 있게 된다. 다만, 본 발명에 따른 표시 장치와 태양 전지부와와의 조합이 반드시 상기 열거한 것에 한정되는 것은 아니며, 태양 전지부에 의하여 발생된 기전력은 표시 장치를 구동하는 것 이외의 다른 용도로도 사용될 수 있을 것이다.

[353] 도 43은 본 발명에 따른 표시 장치를 발광형 표시 장치와 결합한 구성을 예시적으로 나타내는 도면이다.

[354] 도 43을 참조하면, 본 발명에 따른 표시 장치(4310, 4320)와 별개의 발광형 표시 장치(4330, 4340)를 결합할 수 있다. 보다 구체적으로, 본 발명에 따른 표시 장치(4310, 4320)의 하부에 발광형 표시 장치(4330, 4340)를 결합시키고 반사형 표시 장치(4310, 4320)와 발광형 표시 장치(4330, 4340)를 서로 독립적으로 구동시킴으로써, 본 발명에 따른 표시 장치(4310, 4320)가 동작하는 경우에는 본 발명의 일 실시예에 따른 제 1, 제 2 또는 제 3 모드에 따른 컬러가 표시되고, 반대로 발광형 표시 장치(4330, 4340)가 동작하는 경우에는 소정의 백 라이트(back light)에서 발생되어 컬러 필터를 투과한 광이 표시될 수 있다. 즉, 발광형 모드와 반사형 모드를 서로 혼용할 수 있다. 참조 부호(4320)는 R,G,B 컬러 필터를 나타내며, 발광형 모드에서는 반사형 장치에서의 입자들을 국부 전극으로 이동시켜서 투과도를 크게 할 수 있다. 본 발명에 따른 표시 장치와 발광형 표시 장치를 결합하게 되면 본 발명에 따른 표시 장치만을 사용하는 경우와 대비하여 표시 가능한 컬러의 범위가 넓힐 수 있게 되는 효과가 달성될 수 있다. 한편으로, 발광형 표시 장치가 형광체를 포함하는 경우에 현존하는 형광체로 구현할 수 없는 색상도 역시 구현할 수 있다. 또한, 도면에서는 도시되지 않았지만 외부 광원이 상부 전극 상에 존재하여서 주변 광이 없는 어두운 상황에서도 반사형 표시 모드가 구현되게 할 수 있다.

[355] 모드 유지

[356] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 입자 사이의 간격을 제어하는 역할을 하는 전기장이 차단된 이후에도 입자 사이의 간격이 제어된 상태 그대로 유지되도록 할 수 있으며, 이를 위해서 입자가 분산되어 있는 용매 내에 소정의 첨가제를 포함시킬 수 있다.

[357] 보다 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 강한 친화성을 가진 부분(anchoring group, 이하 "앵커"라고 함)을 하나 가지는 분산제(예를 들면, polyoxyethylene lauryl ether 등), 앵커를 하나 이상 가지는 polysorbate 계열의 분산제(예를 들면, polyoxyethylene sorbitan monolaurate, polyoxyethylenesorbitan monooleate, polyoxyethylene sorbitan monostearate 등) 등과 같이 분자 구조가 복잡한 폴리머 형태의 물질을 첨가제로서 첨가할 수 있는데, 이러한 첨가제에 의하여 용매 내에 분산된 입자가 움직임에 제한을 받게 된다.

[358] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 분자 사슬을 가지는 폴리머가 첨가된 용매 내에 전하를 갖는 입자를 분산시키면, 입자가 용매 내에서 이동함에 있어서 저항이 커지기 때문에 외부로부터 인가되는 전기장이 차단된 이후에도 그

위치가 고정될 수 있다.

[359] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 입자 표면에 있는 기능기(functional group, -OH group)와 수소 결합과 같은 화학적 결합을 할 수 있는 기능기(친수성기, hydrophilic group)를 갖는 첨가제를 용매 내에 첨가시킴으로써, 첨가제가 입자 표면에 지속적으로 흡착되도록 하여 입자 주변에 막을 형성함으로써 입자를 안정화시킬 수 있게 된다.

[360] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 용매 내에 첨가되는 첨가제에 포함된 소수성기(lipophilic group, alkyl chain)의 사슬에 존재하는 알킬 성분에 의하여 입체장애적인 효과가 발생함에 따라 용매의 점도를 증가할 수 있으며, 이로써 용매 내에 포함된 입자의 움직임이 제한을 받을 수 있게 된다. 나아가, 복잡한 구조를 갖는 폴리머를 용매 내에 다량 첨가함으로써 용액의 점도를 더욱 높일 수도 있다.

[361] 즉, 입자와 친화력을 가지는 첨가제 혹은 용매와 친화력을 가지는 첨가제를 첨가함으로써, 입자가 용매 내에서 움직임이 제한을 받을 수 있다. 또한, 복잡한 입체구조나 사슬구조를 가지는 폴리머를 용매내에 첨가제로 첨가함으로써, 첨가제의 복잡한 구조에 의해 입자의 이동을 제한할 수도 있다.

[362] 한편, 상기 용매로서 상변화 물질을 사용함으로써 입자 이동이 용이한 상태(예를 들면 점성이 낮은 액체)에서 전압을 인가하여 일정 거리로 입자간 간격을 조절하고, 외부전압 차단하기 전에 외부에서 빛, 압력, 온도, 화학반응, 자장, 전기 등의 자극을 통해 용액의 상태를 입자 이동이 어려운 상태(예를 들면, 고체 혹은 점성이 높은 액체)로 변환시킴으로써, 결과적으로 외부전압이 차단되더라도 입자간 거리를 일정하게 유지하게 할 수도 있다.

[363] 혹은 전압 차단 후에 입자가 간격이 점차 무질서화 되는 것을 방지하기 위해, 일정한 전압을 주기적으로 가해줌으로써(Refresh) 입자 간격을 일정한 거리로 유지하게 할 수도 있다.

[364] 상기와 같은 방법으로 전압 차단 후에도 거리를 일정한 거리를 유지하게 하기 위해서는, 입자와 용매의 비중이 최소화되는 것이 유리하기 때문에, 입자에 비중이 다른 물질을 코팅하거나 용매에 비중이 다른 물질을 첨가할 수도 있다.

[365] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 의하면, 전기장이 인가됨에 따라 소정의 간격을 유지한 채 규칙적으로 배열된 입자는 전기장이 차단되더라도 그 규칙적인 배열을 유지할 수 있게 된다. 이러한 효과는 첨가제의 양이 많을수록 또는 첨가제의 분자량이 클수록 더 분명하게 나타나며, 특히, 입자와 용매 사이의 비중 차이를 줄임으로써 위와 같은 효과를 증대시킬 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 의하면, 후술할 캡슐, 셀, 물방울형 캡슐 등의 복잡한 구성을 채용하지 않고도 용매에 간단히 첨가제를 포함시킴으로써 우수한 디스플레이 특성을 갖는 표시 장치를 생산할 수 있게 된다.

[366] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따라서, 폴리머 안정제가 입자와 공유 결합하는 구성도 고려할 수 있다. 이 폴리머 안정제 및 입자는 이러한 공유 결합을

형성하기 위해서 서로 상보적인 화학적 기능성을 갖는다. 이 폴리머 안정제는 용매 내에 첨가될 수 있다.

[367] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따라서, 입자는 폴리머 코팅되고 이 폴리머 코팅은 제 1 기능기를 포함한다. 또한, 제 2 기능기를 갖는 폴리머가 용매 내에 첨가되고, 제 2 기능기는 제 1 기능기에 대해서 인력이 작용하여서, 용매 내의 폴리머는 입자와 결합체(complex)를 형성할 수도 있다.

[368] 이렇게 전기장이 차단 후에도 표시부에서 색상이 계속 유지되기 때문에 전력 소모가 작아지며, 안정되고 신뢰할만하게 프레임 또는 외장의 색상이 계속 유지될 수 있다.

[369] 한편, 본 발명의 일 실시예에서는, 겔(gel) 형태의 용액 내에 작용기를 포함한 그물구조와, 겔 용액 내 분산되어 있고 작용기를 포함한 입자로 구성되며, 상기 입자의 작용기와 그물구조의 작용기가 결합되어 있는 구성도 고려될 수 있다.

[370] 일 실시예에서, 상기 겔 상태의 용액의 작용기 혹은 상기 입자를 구성하는 작용기는 히드록시기(-OH), 카르복시기(-COOH), 아민기(-NH₂), 아마이드기(CONH), 포르밀기(-CHO), 티올기(-SH), 아크릴기(-CH₂CHCOR) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[371] 일 실시예에서, 상기 겔 상태의 용액은 polyvinylalcohol계, agarose계, poly(N-isopropylacrylamide)계, polysaccharide계 및 polyamide계 polyacrylate 계 중 적어도 한 종류의 수용성 고분자를 포함할 수 있다.

[372] 일 실시예에서, 상기 겔 상태의 용액은 12-hydroxystearic acid, sorbitan ester계(Sorbitan monostearate, sorbitan monooleate 등), polysorbate계(polyoxyethylene sorbitan monooleate 등)와 같이 분자 내에 긴 사슬의 친유성기와 반응 작용기를 포함하는 단분자(monomer) 또는 고분자(polymer)가 이에 해당하는 고분자를 포함할 수 있다.

[373] 일 실시예에서, boric acid, dialdehydes, dicarboxylic acids, dianhydrides, acid chloride, epichlorohydrin 및 hydrazide 중 적어도 하나를 포함하는 이관능기(bifunctional group)를 갖는 가교제에 의하여, 상기 용액의 겔 작용기와 입자의 작용기가 결합될 수 있다.

[374] 일 실시예에서, 열 에너지 또는 광 에너지를 인가하거나 첨가제 또는 가교제가 첨가되는 것에 의하여 상기 입자의 표면의 작용기와 상기 용액에 포함된 작용기 사이의 결합이 제어될 수 있다.

[375] 일 실시예에서, 상기 겔 상태의 용액은 열 에너지 또는 광 에너지를 인가하거나 첨가제 또는 가교제가 첨가되는 것에 의하여 졸(sol) 상태로 상변화될 수 있다.

[376] 실험 결과

[377] 먼저, 도 44 내지 도 51을 참조로 하여 본 발명의 일 실시예에 따라 제 1 모드를 구현한 실험 결과에 대하여 살펴보기로 한다.

[378] 도 44 내지 도 46은 본 발명의 일 실시예에 따라 전하를 갖는 입자를 전기 분극 특성을 갖는 용매에 분산시킨 상태에서 전기장을 인가하여 입자의 간격을

조절함으로써 입자로 이루어진 광결정으로부터 반사되는 광의 파장을 제어하는 제 1 모드를 구현한 실험 결과를 그래프 및 사진으로 나타내는 도면이다. 참고로, 도 44 내지 도 46의 실험에 있어서, 음전하로 대전되고 실리콘 산화막이 코팅된 100 nm 내지 200 nm 크기의 입자가 전하를 갖는 입자로서 사용되었고, 극성 지수가 1보다 큰 용매가 전기 분극 특성을 갖는 용매로서 사용되었으며, 입자 및 용매에 대하여 전기장을 인가하기 위하여 인가된 전압의 세기는 0V 내지 10V의 범위 내에서 다양하게 설정되었다. 한편, 도 44에 도시된 그래프는 다양한 세기의 전기장이 인가되는 경우에 입자로부터 반사되는 광의 반사도를 해당 광의 파장에 따라 나타낸 것으로서, 도 44에 있어서 전기장의 세기의 변화에 따른 반사광의 파장 패턴의 변화 정도가 크게 나타날수록 입자의 간격이 크게 변화한다는 것을 의미하며, 이는 곧 전기장의 세기를 제어함으로써 입자로부터 보다 다양한 파장의 광을 반사시킬 수 있다는 것을 의미한다.

[379] 도 44를 참조하면, 인가되는 전기장의 세기(즉, 전압의 세기)에 따라 입자로부터 반사되는 광의 파장 패턴이 다양하게 변화하는 것을 확인할 수 있으며, 보다 구체적으로는, 인가되는 전기장의 세기(즉, 전압의 세기)가 증가할수록 입자로부터 반사되는 광의 파장(특히, 반사도가 최대인 파장)이 짧아지는 것을 확인할 수 있다. 도 44의 실험 결과에 따르면, 인가되는 전기장을 세기(즉, 전압의 세기)가 증가할수록 입자로부터 반사되는 광의 컬러가 붉은색 계열에서 푸른색 계열로 변화되고, 변화 가능한 파장 범위 역시 가시 광선 대역을 모두 커버할 수 있을 정도로 광범위한 것을 확인할 수 있는데, 도 45 및 도 46을 참조하면, 위와 같은 반사광의 컬러의 변화를 CIE 다이어그램(도 45)과 카메라 사진(도 46)에서 보다 시각적으로 확인할 수 있다.

[380] 다음으로, 도 47 및 도 48은 본 발명의 일 실시예에 따라 전하를 갖는 입자를 서로 다른 극성 지수를 갖는 다양한 용매에 분산시킨 상태에서 전기장을 인가하여 제 1 모드를 구현하는 실험을 수행한 결과 입자로부터 반사되는 광의 파장을 그래프로서 나타내는 도면이다. 참고로, 도 47 및 도 48의 실험에 있어서, 음전하로 대전되고 실리콘 산화막이 코팅된 100 nm 내지 200 nm 크기의 입자가 전하를 갖는 입자로서 사용되었고, 극성 지수가 각각 0, 2, 4 및 5 근방인 용매가 전기 분극 특성을 갖는 용매로서 사용되었다. 보다 구체적으로, 도 32의 그래프 (a), (b), (c) 및 (d)는 극성 지수가 각각 0, 2, 4 및 5인 용매에 대하여 수행한 실험 결과를 나타내고, 도 33의 그래프 (a), (b), (c) 및 (d)는 극성 지수가 0인 용매와 극성 지수가 4인 용매를 각각 90:10, 75:25, 50:50 및 0:100의 비율로 혼합한 용매에 대하여 수행한 실험 결과를 나타낸다. 한편, 도 47 및 도 48에 도시된 그래프는 다양한 세기의 전기장이 인가되는 경우에 입자로부터 반사되는 광의 반사도를 가시광선 대역의 파장 범위에서 나타낸 것으로서, 전기장의 세기의 변화에 따른 반사광의 파장 패턴의 변화 정도가 크게 나타날수록 입자의 간격이 크게 변화한다는 것을 의미하며, 이는 곧 전기장의 세기를 제어함으로써 입자로부터 보다 다양한 파장의 광을 반사시킬 수 있다는 것을 의미한다.

- [381] 도 47을 참조하면, 극성 지수가 0인 용매에 대한 실험 결과를 나타내는 그래프 (a)에서는 전기장의 세기(즉, 전압의 세기)가 변화하여도 반사광의 파장 패턴이 거의 변하지 않는 것을 확인할 수 있으며, 극성 지수가 높아질수록(즉, 그래프 (a)에서 (d)로 갈수록) 전기장의 세기(즉, 전압의 세기)에 따른 반사광의 파장 패턴의 변화가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 또한, 도 48을 참조하면, 극성 지수가 높은 용매의 비율이 증가할수록(즉, 그래프 (a)에서 (d)로 갈수록) 전기장의 세기(즉, 전압의 세기)에 따른 반사광의 파장 패턴의 변화가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다.
- [382] 이상에서 살펴본 실험 결과에 비추어 볼 때, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치에 의하면, 입자의 전하량 또는 분극량, 용매의 분극량 또는 인가되는 전기장의 세기를 적절히 조절함으로써 제 1 모드에서 임의의 파장의 광을 반사할 수 있는 광결정을 구현할 수 있게 되며 이에 따라 임의의 파장 범위의(full spectrum) 디스플레이 구현할 수 있게 된다는 것을 확인할 수 있다.
- [383] 다음으로, 도 49 및 도 50은 본 발명의 일 실시예에 따라 전하를 갖고 전기 분극 특성을 갖는 입자를 용매에 분산시킨 상태에서 전기장을 인가하여 제 1 모드를 구현하는 실험을 수행한 결과 입자로부터 반사되는 광을 그래프 및 사진으로서 나타내는 도면이다. 참고로, 도 49 및 도 50의 실험에 있어서, 각각 전하를 갖도록 대전된 SrTiO_3 입자(도 49의 (a) 참조) 및 BaTiO_3 입자(도 49의 (b) 참조)가 전하를 갖고 전기 분극 특성을 갖는 입자로서 사용되었고, 상기 입자를 극성 지수가 0인 용매에 분산시켰다.
- [384] 도 49를 참조하면, 입자 및 용매에 인가되는 전기장의 세기가 커질수록 광의 반사도가 전반적으로 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 이러한 실험 결과는, 전기장이 인가됨에 따라 용매 내에 분산된 입자가 전기 분극되어 전기장 방향으로 배열될 수 있으며(도 50의 (b) 참조), 이러한 배열로 인하여 입사광을 반사시킬 수 있는 입자의 수가 적어지게 되어 광의 반사도가 감소하는 것으로 해석될 수 있다. 비록, 본 실험에서는 전기 분극 특성을 갖는 입자를 무극성 용매에 분산시킨 상태에서 전기장을 인가하는 구성을 이용하여 반사광 파장을 급격하게 변화시키지는 못하였으나, 전기장이 인가됨에 따라 입자가 일정한 방향으로 배열되는 것을 확인하였고, 이로부터 입자 표면의 전하 등의 조건을 최적화함으로써 반사광의 파장도 변화시킬 수 있다고 볼 수 있다.
- [385] 한편, 도 51은 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치의 관찰각에 대한 의존도(즉, 표시 장치의 시야각)에 대한 실험을 수행한 결과를 나타내는 도면이다.
- [386] 도 51의 (a)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치에 대한 시야각이 20° 에서 70° 까지 변화하더라도 반사되는 광의 컬러 패턴(5110 내지 5160)에 거의 변화가 없음을 확인할 수 있다. 종래의 광결정성 표시 장치는 시야각에 따라 컬러 패턴의 변화가 크게 나타나는 단점이 있지만, 본 발명에 따른 표시 장치는 시야각에 따른 컬러 패턴의 변화가 거의 없이 일정하게

나타나는 장점을 갖고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 장점은 본 발명에 따른 표시 장치에 의해 형성되는 광결정질 단거리 질서(short range order)를 갖는 의사 광결정(quasi crystal)이라는 점에서 기인하는 것으로 해석할 수 있는데, 이에 따라 본 발명에 따른 표시 장치는 장거리 질서(long range order)를 갖는 광결정질을 형성할 뿐인 종래의 표시 장치와 대비할 때 디스플레이 성능이 월등히 향상될 수 있게 된다. 도면에서 도시된 바와 같이, 일 실시예에 따르면, 시야각이 20° 내지 70° 간에서 변하면, 반사되는 광은 CIE xy 색도 좌표에서 x 값 및 y 값은 5% 이내에서 변하게 된다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 이렇게 단거리 질서가 발생하는 이유는 직류 전압을 인가하여서 전기장을 발생할 경우에 나타나게 되는데 이로써 3 차원적으로 단거리 질서의 배열로 해서 입자가 규칙적으로 배열되게 된다. 이로써, 통상적인 장거리 질서의 배열을 갖는 표시 장치보다 우수한 시야각 특성을 얻을 수 있다. 또한, 이렇게 시야각 특성을 우수하게 하기 위해서, 직류 전압이 인가되거나 직류 전압 성분을 포함하는 교류 전압이 인가되어서 전기장이 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 도 51의 (b)를 참조하면, 종래의 일반적인 광결정의 경우에 시야각이 변함에 따라 반사광의 파장이 크게 변하는 것에 반하여(5170), 본 발명의 일 실시예에 따른 표시 장치의 경우에는 시야각이 변하더라도 반사광의 파장이 거의 변하지 않는 것을 확인할 수 있다(5180, 5190).

[387] 다음으로, 도 52 내지 도 57을 참조로 하여 본 발명의 일 실시예에 따라 제 1, 제 2 및 제 3 모드 중 어느 하나의 모드를 전환 가능하게 선택적으로 수행하는 표시 장치를 구현한 실험 결과에 대하여 살펴보기로 한다.

[388] 도 52는 본 발명의 일 실시예에 따라 제 1 및 제 2 모드 중 어느 하나의 모드를 전환 가능하게 선택적으로 수행하는 표시 장치에 대한 실험 결과를 나타내는 도면이다. 참고로, 도 52의 실험에서 입자와 용매가 혼합되어 빨간색을 고유의 컬러로 갖는 용액을 사용하였고, 인가되는 전기장의 세기를 단계적으로 증가시켰다.

[389] 도 52를 참조하면, 전기장이 인가되지 않은 경우에는 입자가 용매 내에서 불규칙하게 분산되어 용액의 고유의 컬러인 빨간색이 표시되고(제 2 모드, 도 52의 (a) 참조), 전기장이 인가됨으로 인하여 입자의 간격이 제어되어 광결정질 형성되면 용액의 고유의 컬러인 빨간색 및 광결정으로부터 반사되는 광의 컬러가 표시되며(제 1 모드, 도 52의 (b) 참조), 결과적으로 용액 고유색 및 광결정 컬러를 혼합적으로 표시할 수 있음을 확인할 수 있다. (제 1 모드, 도 52의 (c) 및 (d) 참조).

[390] 도 53 및 도 54는 본 발명의 일 실시예에 따라 제 1 및 제 3 모드 중 어느 하나의 모드를 전환 가능하게 선택적으로 수행하는 표시 장치에 대한 실험 결과를 나타내는 도면이다. 참고로, 도 53 및 도 54의 실험에서는, 전기분극 특성을 나타내고 가시광선 대역의 광을 투과시키는 투명한 용매, 동일 전하로 대전된 입자, 투명 전극을 사용하였고, 인가되는 전기장의 세기를 단계적으로

증가시켰다. 또한 투명도 변화를 확인하기 위해 하부전극 밑에 특정 패턴을 형성시켜 표시부를 통한 특정패턴 표시유무를 관찰하였다. 도 53을 참조하면, 전기장의 세기가 상대적으로 작은 경우에, 간격이 제어된 입자로 이루어진 광결정으로부터 가시광선 대역의 광이 반사됨에 따라 표시 장치 상에 파란색의 컬러가 표시되는 것을 확인할 수 있다(제 1 모드, 도 53의 (a) 및 (b) 참조). 하지만, 전기장의 세기가 상대적으로 큰 경우에는 광결정으로부터 반사되는 광의 파장 범위가 가시광선 대역에서 자외선 대역으로 점차 옮겨짐에 따라 표시 장치 상에 표시되는 파란색의 컬러가 현저하게 열린 것을 확인할 수 있으며(제 1 모드, 도 53의 (c) 참조), 전기장의 세기가 더욱 커진 경우에는 광결정에 의하여 반사되는 광의 파장 범위가 가시광선 대역을 완전히 벗어남에 따라 표시 장치는 아무런 컬러도 표시되지 않은 채 투명한 상태가 되어 광 투과도가 높아지는 것을 확인할 수 있다(제 3 모드, 도 53의 (d) 및 (e) 참조).

[391] 도 54는 동일한 전하로 대전되고 전기분극을 나타내는 강유전체 입자(를 전기분극을 나타내는 투명용매에 분산시킨 뒤, 외부에서 전기장을 인가함에 따라 반사도를 측정한 것으로, 외부에서 전기장을 인가하지 않은 경우에는 용액 컬러(5410)를 나타내지만, 외부에서 소정범위의 전기장을 인가하면 입자들의 배열에 의해 광결정 컬러(5420)을 나타내고, 더 큰 전기장을 인가하면 광결정의 반사광이 자외선 영역으로 전환될 뿐더러 전기장 방향으로 입자간 배열효과가 더 크게 나타나서 점차 반사광이 감소(투과광이 증대) 됨(5430)을 알 수 있다. 즉, 소정 범위 이상에서는 입자간 동일전하로 인한 척력보다는 전기분극에 의한 인력효과가 더 크게 나타나서 입자배열의 효과가 더 지배적으로 나타남을 알 수 있다.

[392] 도 55a, 도 55b, 도55c 및 도 56은 본 발명의 일 실시예에 따라 제 2 및 제 3 모드 중 어느 하나의 모드를 전환 가능하게 선택적으로 수행하는 표시 장치에 대한 실험 결과를 나타내는 도면이다. 도 55a, 도 55b, 도55c 및 도 56은 광투과성 용매에 동일부호로 대전되고 전기분극 효과가 큰 강유전체 입자를 분산시킨 뒤, 50um 높이를 가지는 투명한 상하부 전극사이에 충전시킨 뒤 외부 전압인가에 따라 용액을 통과하는 투과광 및 반사광의 변화정도(도 55a, 도 55b, 도55c) 및 상부전극에 표시되는 영역을 카메라로 측정(도 56)하였다. 참고로, 도 55a, 도 55b, 도55c에서 투과광 측정시에는 상하부 투명전극을 사용하였고, 반사광 측정시에는 하부전극에 검은색 색상판을 위치하고 측정하였다. 도 56의 실험에서는 빨간색에서 파란색까지 다양한 컬러를 격자 형태로 포함하고 있는 고유한 컬러 패턴을 투명한 하부전극 하부에 위치하여 사용하였고, 인가되는 전기장의 세기를 단계적으로 증가시키며 카메라로 상부전극에 표시되는 패턴을 측정하였다.

[393] 도 55a를 참조하면, 전기장의 세기가 0V에서 10V로 증가함에 따라 광 투과도가 점차 증가하는 것을 확인할 수 있는데, 이는 용액의 컬러가 표시되는 제 2 모드에서 광 투과도가 제어되는 제 3 모드로 연속적이고 가변적으로 전환되는

과정을 보여 주는 것이다. 도 55b에서 알 수 있듯이 투명도는 전기장의 세기가 증대됨에 따라 점진적으로 변화시킬 수 있음을 알 수 있으며, 도 55c는 인가전압에 따라 투과도 및 반사도의 변화를 나타낸 것으로, 5V의 전압을 인가 시 반사도 변화폭은 16%(25%-9%)이었으며, 투과도 변화폭은 60%(67%-7%)로 변화하였고 동작속도는 1sec 이하임을 알 수 있다. 이러한 투과도 혹은 반사도 변화를 이용하면 e-Book과 같이 정보를 표시하는 소자로도 활용될 수 있음을 알 수 있으며, 정보 표시소자로 사용되는 경우 전기장이 인가되지 않는 경우 흰색 용액 컬러가 표시되고, 전기장이 인가되면 검은색 하부전극이 표시되게 하거나, 역으로 검은색 용액과 흰색 하부전극을 사용하면 효과적으로 정보를 표시할 수 있다.

- [394] 도 59는 모드 구현 및 모든 전환 구현을 위한 파장, 인가 전압 및 반사도 간의 관계를 나타내는 그래프이다. 본 발명 전반에 있어, 용매에 분산된 입자가 일정한 간격 혹은 특정 배열을 하기 위해서는 입자 상호 간 작용하는 힘의 균형도에 따라 영향을 받게 된다. 특히, 입자 혹은 용매가 외부 전기장에 따라 유발된 전기분극량이 변화되는 경우, 유발된 전기분극에 의해 입자 간에 미치는 전극분극 인력이 변화하게 되고 입자 간 반발력의 크기에 따라 입자의 거동에 영향을 미치게 된다.
- [395] 먼저, 본 발명의 일 실시예에서 입자 간 반발력(동일부호의 전하 코팅에 따른 쿨롱반발력 또는 입체장에 효과에 의한 반발력)이 작동범위 내에서의 전기장 인가에 따라 유발되는 전기분극에 의한 최대 인력과 동등한 세기로 작용할 경우, 작동 범위내에서 전기장 인가함에 따라 입자 간 전기분극에 의한 인력과 상기 기술된 입자간 반발력의 균형에 의해 입자 간 일정 거리를 유지하게 되어 특정 반사광이 나타나고 반사광의 파장은 인가전압이 증대될수록 파장이 짧은 쪽으로 연속적으로 변화하게 된다(도 59(a)).
- [396] 본 발명의 또 다른 실시예에서는 입자 간 반발력이 임계 전압이상에서 유발된 전기분극력보다 작은 경우, 임계 전압까지는 전기장 인가에 따라 입자 간 반발력과 유발된 전기분극 인력이 균형을 이루며 반사광이 변화하게 되지만, 임계전압 이상에서는 반발력보다는 전기분극인력이 더 강하게 작용되어, 입자는 전기장 방향으로 배열될 수 있으나 입자가 거리는 특정한 거리로 조절되지 못하기 때문에, 도 59(b)와 같이 임계전압 이상의 전압에서는 반사광이 변화되기보다는 투과도가 증대(반사도가 감소)되는 현상이 나타나게 될 수 있다.
- [397] 더 나아가 입자 간 반발력이 전기장 인가에 따른 전기분극 인력에 비해 상대적으로 작은 경우, 도 59 (c)와 같이 전기장 인가에 따라 유발된 전기분극 인력에 따라 입자가 전기장 방향으로 사슬처럼 배열되는 현상이 주도적으로 나타나게 되어 반사도의 파장보다는 반사도의 세기만 감소(투과도가 증대)되는 현상이 나타날 수 있다.
- [398] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 다양한 색상 또는 연속적인 색상 및 투과도가 단일 화소 내에서 간단한 구조로 해서 구현될 수 있다. 본 발명에

따르면, 다양한 색상, 투과도, 채도 및 명도가 간단한 구조로 해서 조절될 수 있다. 본 발명에 따르면, R,G,B의 혼색에 의한 색상(hue) 구현이 아니라 연속적인 파장의 광을 반사시킴으로써 연속적인 파장의 색상을 구현할 수 있다. 본 발명에 따른 표시 방법은 대형 면적 표시, 간단한 표시 방법, 연속적인 색상 구현, 플렉시블한 표시 영역에서의 사용, 저 전력 소비의 표시를 동시에 충족시킬 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 표시 장치에 의하면, 전하를 갖는 입자를 독립적으로 제어함으로써 다양하고 정밀한 디스플레이를 구현할 수 있게 되고, 표시 장치의 유지 및 보수를 용이하게 되는 효과가 달성된다. 특히, 특정 컬러만을 표시할 수 있고 특정 컬러와 다른 컬러를 표시하기 위해서는 별개의 컬러 필터를 사용해야 하는 전자 잉크 등의 기존의 디스플레이와 대비할 때, 본 발명에 따른 표시 장치는 별도의 컬러 필터를 사용하지 않고도 전 파장 범위의 구조색을 효과적으로 표시하는 디스플레이를 구현할 수 있다는 점에서 그 효용성이 인정된다고 할 것이다.

[399] 이상의 실시예에 있어서, 광결정성을 이용한 표시 장치에 초점을 맞추어 기술하였으나, 본 발명의 구성은 색 가변 유리, 색 가변 벽지, 색 가변 태양전지, 색 가변 센서, 색 가변 종이, 색 가변 잉크, 위조방지 태그 등 다양한 분야에 응용될 수도 있다. 예를 들어, 본 개념을 이용하여 검출 대상이 되는 화학 반응으로부터 얻어지는 화학적 신호를 전기적 신호로 변화시켜 임의의 색상으로 디스플레이함으로써 고가의 측정 장비 없이 검출이 가능한 휴대용 바이오 센서를 제작할 수 있으며, 본 발명의 표시 장치에 사용되는 용매로서 빛, 열, 압력 등에 의해 상변화 될 수 있는 물질 등을 사용하면 임의의 컬러를 안정적이고도 고정적으로 반사하는 전자 종이, 전자 잉크 등을 구현할 수도 있다. 또한, 본 발명에 따른 표시 장치에 포함되는 입자 또는 용매에 형광 물질 혹은 양자점(Quantum Dot: QD) 같은 물질을 포함시킴으로써 밝은 환경에서는 광결정을 이용한 디스플레이를 구현하고 어두운 환경 혹은 자외선 환경에서는 형광 혹은 양자점을 이용한 디스플레이를 구현할 수도 있다.

[400] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[401] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

청구범위

[청구항 1]

복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부에 전극을 통하여 전기장을 인가하고, 상기 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간 및 인가 위치 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하되,
상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된 입자들로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와,
상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러가 표시되는 제 2 모드를 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현하는 표시 방법.

[청구항 2]

복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부에 전극을 통하여 전기장을 인가하고, 상기 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 위치 및 인가 시간 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하되,
상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된 입자로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와,
상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 2 모드를 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현하는 표시 방법.

[청구항 3]

복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부에 전극을 통하여 전기장을 인가하고, 상기 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 위치 및 인가 시간 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하되,
상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러가 표시되는 제 1 모드와,
상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 2 모드를 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현하는 표시 방법.

[청구항 4]

복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부에 전극을 통하여 전기장을 인가하고, 상기 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 위치 및 인가 시간 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하되,
상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된 입자들로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와,

상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러가 표시되는 제 2 모드와, 상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 3 모드를
상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현하는 표시 방법.

- [청구항 5] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 모드들 간의 전환은 인가되는 전기장의 세기, 방향, 인가 회수 및 인가 위치 중 적어도 하나가 변함으로써 이루어지는 표시 방법.
- [청구항 6] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
직류 전기장 및 교류 전기장을 순차적 또는 동시적으로 혼합해서 인가하는 표시 방법.
- [청구항 7] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 전극은 대 전극과 국부 전극으로 분할되어서 전기적으로 분리되어 있는 표시 방법.
- [청구항 8] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 입자의 위치를 조절하기 위해서, 동일한 부호의 전하로 대전된 입자를 사용하고 직류성분이 포함된 전기장을 상기 표시부에 인가하는 표시 방법.
- [청구항 9] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 입자의 위치를 조절하기 위해서, 용매와 유전율이 상이한 입자를 사용하고 불균일한 전기장을 상기 표시부에 인가하는 표시 방법.
- [청구항 10] 제 2 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
광의 투과도를 조절하기 위해서, 상기 입자의 간격 조절로부터 반사되는 광의 파장이 가시광선 대역 외까지 조절되는 표시 방법.
- [청구항 11] 제 2 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
광의 투과도를 조절하기 위해서, 동일한 부호의 전하로 대전된 입자를 사용하고, 상기 전기장을 표시부에 국부적으로 인가하여 전기 영동(electrophoresis)에 의해 상기 입자가 국부적으로 이동되는 표시 방법.
- [청구항 12] 제 2 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
광의 투과도를 조절하기 위해서, 용매와 상이한 유전율을 가지는 입자를 사용하고, 불균일한 전기장을 상기 표시부에 인가하여 유전영동(Dielectrophoresis)에 의해 상기 입자가 국부적으로 이동되는 표시 방법.
- [청구항 13] 제 2 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
광의 투과도를 조절하기 위해서, 상기 입자가 분산된 용액은 전기

- 유변(electrorheology) 특성을 나타내는 용액을 사용하고, 전기장을 표시부에 인가하여 용액 내의 상기 입자가 상기 전기장의 방향과 평행한 방향으로 배열되는 표시 방법.
- [청구항 14] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 입자, 용매 및 용액 중 적어도 하나는 가변 전기 분극(variable electrical polarization) 특성—인가된 전기장이 변화함에 따라 유발되는 전기 분극량이 변화됨—을 갖는 표시 방법.
- [청구항 15] 제 14 항에 있어서,
상기 입자, 상기 용매, 상기 용액 중 적어도 하나는 전자 분극, 이온 분극, 계면 분극 및 회전 분극 중 어느 하나에 의하여 전기 분극되는 물질을 포함하는 표시 방법.
- [청구항 16] 제 14 항에 있어서,
상기 용매는 분극 지수가 1 이상인 물질을 포함하는 표시 방법.
- [청구항 17] 제 14 항에 있어서,
상기 용매는 프로필렌 카보네이트(Propylene Carbonate)를 포함하는 표시 방법.
- [청구항 18] 제 14 항에 있어서,
상기 입자는 강유전체 또는 초상유전체 물질을 포함하는 표시 방법.
- [청구항 19] 제 14 항에 있어서,
상기 입자는 Ti, Zr, Ba, Si, Au, Ag, Fe, Ni, Co 중 적어도 하나의 원소를 포함하는 무기 화합물이나 탄소(Carbon)을 포함하는 유기 화합물인 표시 방법.
- [청구항 20] 제 14 항에 있어서,
상기 입자들은 동일한 부호의 전하를 가지며,
상기 전기장이 인가됨에 따라, 전기장의 세기에 비례하여 입자들에 작용하는 전기 영동력과, 상기 가변 전기 분극 특성에 의해 입자들 간에 작용하는 정전기적 인력과, 동일한 부호의 전하를 갖는 입자들 간에 작용하는 정전기적 반발력이 상호 작용하여 상기 입자 간의 간격이 특정 범위에 도달하게 되고, 상기 입자 간의 간격이 특정 범위에 도달하게 됨에 따라 상기 복수의 입자로부터 특정 파장의 광이 반사되는 표시 방법.
- [청구항 21] 제 14 항에 있어서,
상기 입자들은 상호 입체 장애 효과(steric effect)를 나타내고,
상기 전기장이 인가됨에 따라, 상기 가변 전기 분극 특성에 의해 입자들 간에 작용하는 정전기적 인력과, 상기 입자들 간에 작용하는 입체 장애 반발력이 상호 작용하여 상기 입자 간의 간격이 특정 범위에 도달하게 되고, 상기 입자 간의 간격이 상기

- 특정 범위에 도달하게 됨에 따라 상기 복수의 입자로부터 특정 파장의 광이 반사되는 표시 방법.
- [청구항 22] 제 14 항에 있어서,
상기 전기장을 인가하면, 상기 입자들은 용매 내에서 3차원적으로 단거리 규칙성(short range ordering)을 가지면서 배열하는 표시 방법.
- [청구항 23] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 전기장의 세기가 증가할수록 상기 입자로부터 반사되는 광의 파장이 짧아지는 것을 특징으로 하는 표시 방법.
- [청구항 24] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 입자로부터 반사되는 광의 가능한 파장 범위는 적외선, 가시광선 및 자외선 대역 중 적어도 하나를 포함하는 표시 방법.
- [청구항 25] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 입자, 상기 용매 및 상기 전극 중 적어도 하나는 안료 및, 염료 및 구조색을 갖는 물질 중 적어도 하나의 성분을 포함하는 표시 방법.
- [청구항 26] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
복수의 화소 각각에 전기장을 독립적으로 인가하여, 상기 복수의 화소 각각이 독립적으로 구동되도록 하는 표시 방법.
- [청구항 27] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 입자 및 상기 용매는 광 투과성 물질에 의하여 캡슐화되거나 절연성 물질에 의하여 구획화되는 표시 방법.
- [청구항 28] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 입자 및 상기 용매는 광 투과성 물질로 이루어진 매질 내에 산재되는 표시 방법.
- [청구항 29] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 용액은 젤(Gel) 형태인 표시 방법
- [청구항 30] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 용액에 전기장을 인가하여 특정 컬러 또는 투과도를 표시한 후에 상기 전기장을 제거하더라도 소정 시간 동안 상기 특정 컬러 또는 투과도를 유지하는 표시 방법.
- [청구항 31] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
그 내에서 상기 모드들 간의 전환이 이루어지는 단일 화소를 복수 개 수직 적층시키고 각 적층된 단일 화소 내에서 상기 모드가 독립적으로 구현되는 표시 방법.
- [청구항 32] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
그 내에서 상기 모드들 간의 전환이 이루어지는 단일 화소를 복수 개 수평으로 배열시키고 각 배열된 단일 화소 내에서 상기 모드가

- 독립적으로 구현되는 표시 방법.
- [청구항 33] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 입자 또는 상기 용매에 상기 전기장을 인가한 후에 상기
전기장과 반대 방향의 전기장을 인가하여 상기 입자의 간격, 위치
또는 배열을 초기화(reset)하는 표시 방법.
- [청구항 34] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 전기장을 인가하기 전에 상기 입자의 간격, 위치 또는 배열을
사전 설정된 간격, 위치 또는 배열로 유지하기 위하여
대기(standby) 전기장을 인가하는 표시 방법.
- [청구항 35] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 표시부에 커패시터가 접속되어서 전압이 인가되면 상기
커패시터에 전하가 충전되도록 하고 상기 표시부에 인가되는
전압이 차단되면 상기 커패시터에 충전된 전하를 이용하여 상기
표시부에 전압을 인가하는 표시 방법.
- [청구항 36] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
표시 면적, 표시 시간 및 광 투과도 중 적어도 하나를 조절함으로써
표시되는 컬러의 명도 또는 채도를 제어하는 표시 방법.
- [청구항 37] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
서로 다른 부호의 전하를 갖는 제 1 및 제 2 입자에 전기장을
인가하여 상기 제 1 입자의 간격, 위치 또는 배열과 상기 제 2
입자의 간격, 위치 또는 배열이 서로 독립적으로 제어되도록 하는
표시 방법.
- [청구항 38] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 입자 및 상기 용매에 입사되는 광을 이용하여 에너지를
발생시키고 상기 발생된 에너지를 이용하여 상기 전기장을
인가하는 표시 방법.
- [청구항 39] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
발광형 표시 수단 또는 투과형 표시 수단을 상기 모드와
조합하여서 사용하는 표시 방법.
- [청구항 40] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 입자, 상기 용매 또는 상기 전극으로부터 반사되거나 상기
입자, 상기 용매 또는 상기 전극을 투과하는 광이 상기 전극에
결합된 컬러 필터를 통과하여 표시되도록 하는 표시 방법.
- [청구항 41] 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 입자 및 상기 전극은 각각 흰색 및 검은색이거나 각각 검은색
및 흰색인 표시 방법.
- [청구항 42] 표시 장치로서,
적어도 하나가 투명한 적어도 2 개의 서로 대향하는 전극 간에

복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부와,
 상기 전극에 인가되는 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간
 및 인가 위치 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치
 및 배열 중 적어도 하나를 제어하는 제어부를 포함하며,
 상기 제어부는,
 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된
 입자들로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와,
 상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기
 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러가 표시되는 제 2 모드를
 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게
 선택적으로 구현하는 표시 장치.

[청구항 43]

표시 장치로서,
 적어도 하나가 투명한 적어도 2 개의 서로 대향하는 전극 간에
 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부와,
 상기 전극에 인가되는 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간
 및 인가 위치 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치
 및 배열 중 적어도 하나를 제어하는 제어부를 포함하며,
 상기 제어부는,
 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된
 입자들로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와,
 상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을
 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 2 모드를
 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게
 선택적으로 구현하는 표시 장치.

[청구항 44]

표시 장치로서,
 적어도 하나가 투명한 적어도 2 개의 서로 대향하는 전극 간에
 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부와,
 상기 전극에 인가되는 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간
 및 인가 위치 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치
 및 배열 중 적어도 하나를 제어하는 제어부를 포함하며,
 상기 제어부는,
 상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기
 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러가 표시되는 제 1 모드와,
 상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을
 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 2 모드를
 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게
 선택적으로 구현하는 표시 장치.

[청구항 45]

표시 장치로서,

적어도 하나가 투명한 적어도 2 개의 서로 대향하는 전극 간에 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부와, 상기 전극에 인가되는 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간 및 인가 위치 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하는 제어부를 포함하며, 상기 제어부는, 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된 입자들로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와, 상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러가 표시되는 제 2 모드와, 상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 3 모드를 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현하는 표시 장치.

[청구항 46]

머신에 의해서 판독되어서, 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부에 전극을 통하여 전기장을 인가하고, 상기 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간 및 인가 위치 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하는 프로그램 코드가 저장된 머신 판독 가능한 기록 매체로서, 상기 프로그램 코드는, 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된 입자들로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와, 상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러가 표시되는 제 2 모드가, 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게 선택적으로 구현되도록 하는, 머신 판독 가능한 기록 매체.

[청구항 47]

머신에 의해서 판독되어서, 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을 포함하는 표시부에 전극을 통하여 전기장을 인가하고, 상기 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간 및 인가 위치 중 적어도 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도 하나를 제어하는 프로그램 코드가 저장된 머신 판독 가능한 기록 매체로서, 상기 프로그램 코드는, 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된 입자로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와, 상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을

투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 2 모드가
 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게
 선택적으로 구현되도록 하는,
 머신 판독 가능한 기록 매체.

[청구항 48]

머신에 의해서 판독되어서, 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을
 포함하는 표시부에 전극을 통하여 전기장을 인가하고, 상기
 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간 및 인가 위치 중 적어도
 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도
 하나를 제어하는 프로그램 코드가 저장된 머신 판독 가능한 기록
 매체로서,
 상기 프로그램 코드는,
 상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기
 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러를 표시되는 제 1 모드와,
 상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을
 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 2 모드가,
 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게
 선택적으로 구현되도록 하는,
 머신 판독 가능한 기록 매체.

[청구항 49]

머신에 의해서 판독되어서, 복수의 입자가 용매에 분산된 용액을
 포함하는 표시부에 전극을 통하여 전기장을 인가하고, 상기
 전기장의 세기, 방향, 인가 회수, 인가 시간 및 인가 위치 중 적어도
 하나를 조절하여 상기 입자들의 간격, 위치 및 배열 중 적어도
 하나를 제어하는 프로그램 코드가 저장된 머신 판독 가능한 기록
 매체로서,
 상기 프로그램 코드는,
 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 상기 간격이 제어된
 입자들로부터 반사되는 광의 파장을 조절하는 제 1 모드와,
 상기 입자들의 위치를 제어함으로써 상기 입자, 상기 용매, 상기
 용액 및 상기 전극 중 적어도 하나의 컬러를 표시되는 제 2 모드와,
 상기 입자들의 간격, 위치 또는 배열을 제어함으로써 상기 용액을
 투과하는 광의 투과도를 조절하는 제 3 모드가
 상기 표시부의 동일한 단일 화소 내에서 서로 전환 가능하게
 선택적으로 구현되도록 하는,
 머신 판독 가능한 기록 매체.

[청구항 50]

제 2 항 또는 제 4 항에 있어서,
 상기 입자들의 간격을 제어함으로써 반사되는 광의 파장을
 조절하는 모드는 상기 입자들의 배열을 제어함으로써 광의
 투과도를 조절하는 모드보다 그 인가되는 전압의 크기가 작은

표시 방법.

[청구항 51]

제 50 항에 있어서,

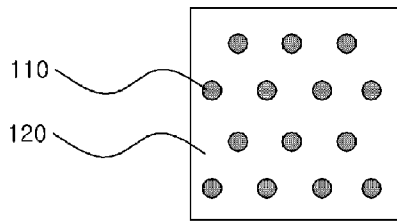
인가되는 전압이 커질수록 가변 전기 분극 특성에 의한 입자 간의 인력이 입자 간의 반발력보다 반발력을 무시할 정도로 커지게 되는 표시 방법.

[청구항 52]

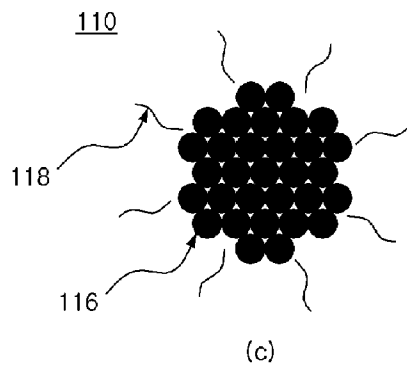
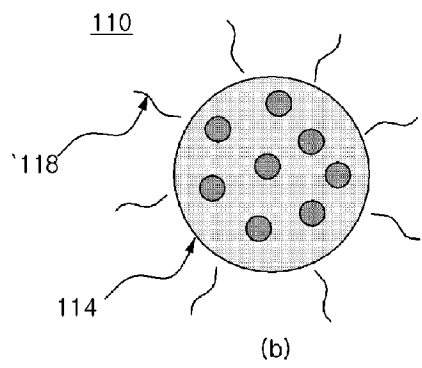
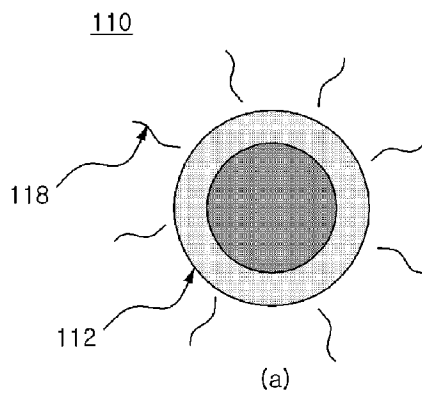
제 14 항에 있어서,

상기 입자들의 배열을 제어함으로써 광의 투과도를 조절하는 모드에서는 상기 가변 전기 분극 특성에 의한 입자 간의 인력이 입자 간의 반발력보다 크도록 되는 표시 방법.

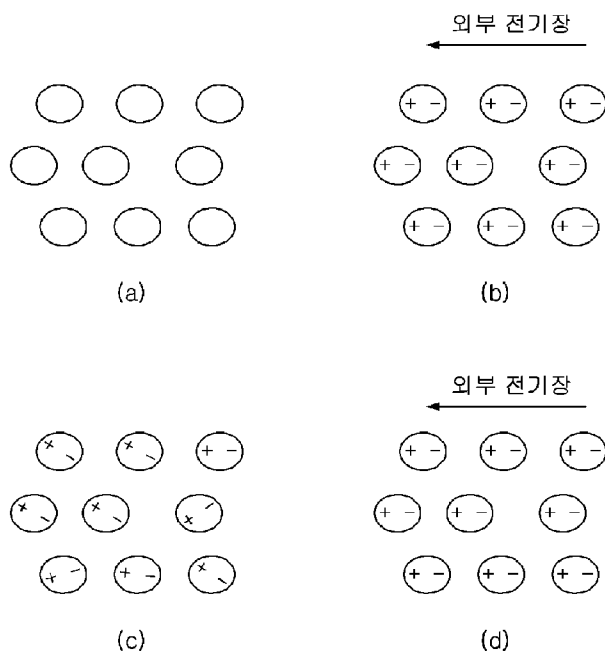
[Fig. 1]



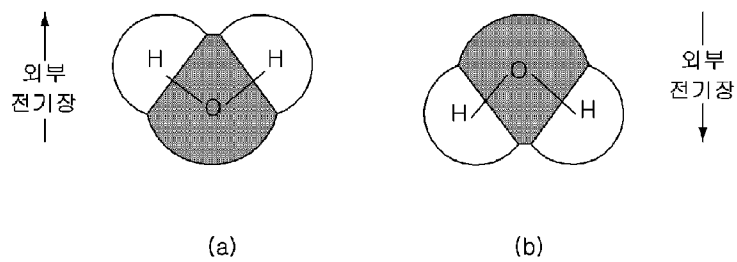
[Fig. 2]



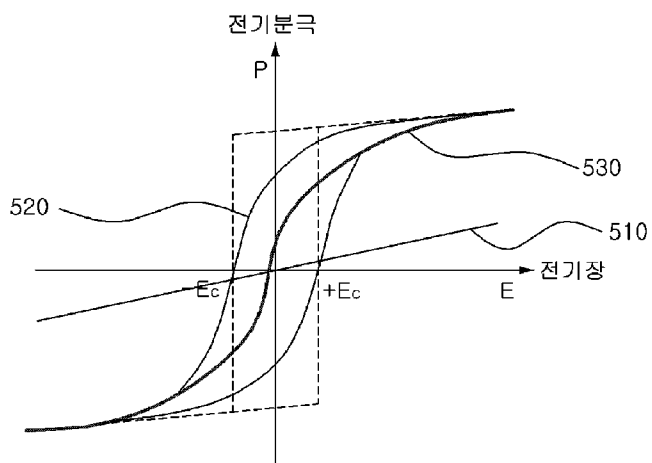
[Fig. 3]



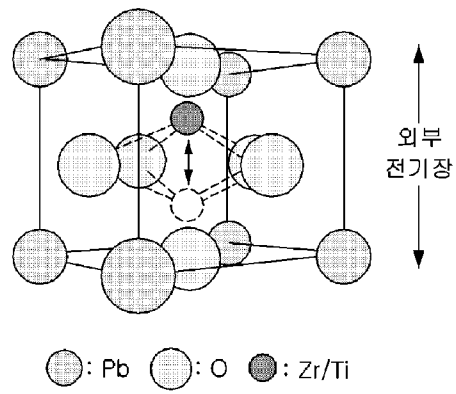
[Fig. 4]



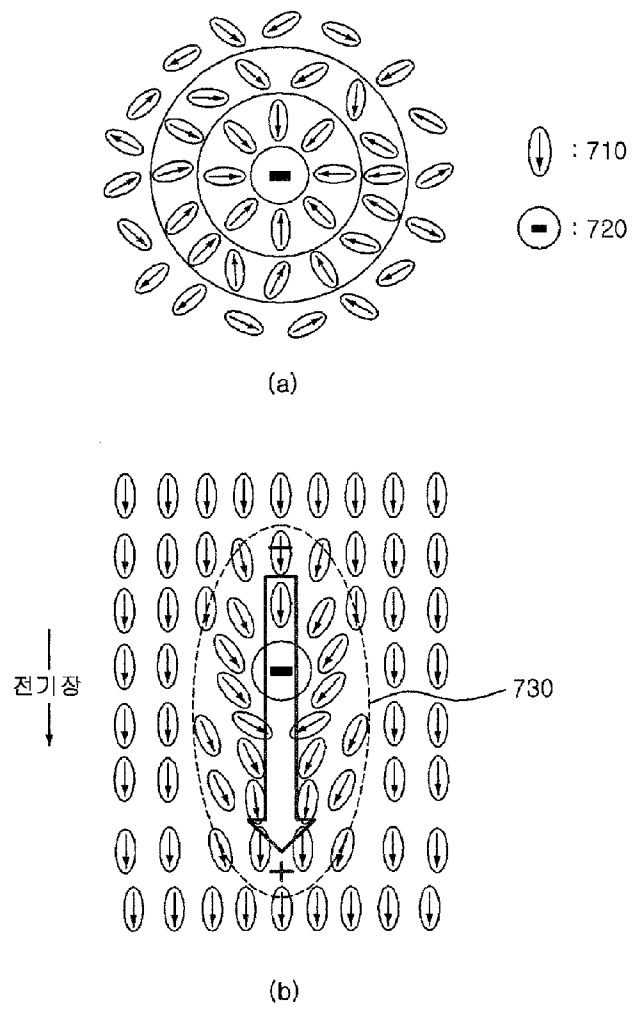
[Fig. 5]



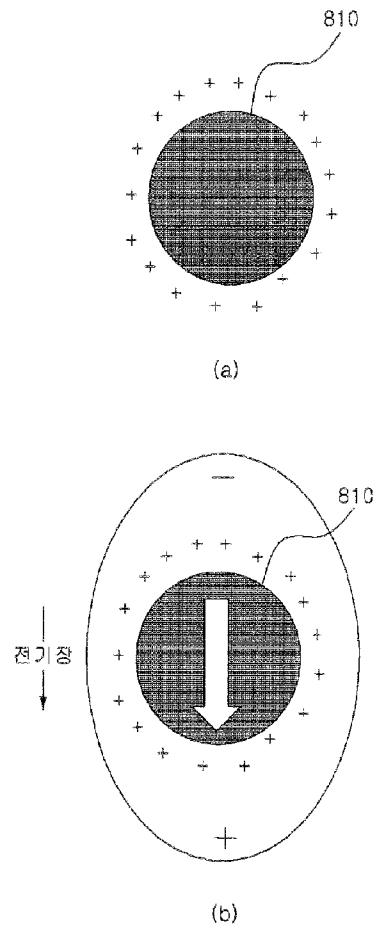
[Fig. 6]



[Fig. 7]

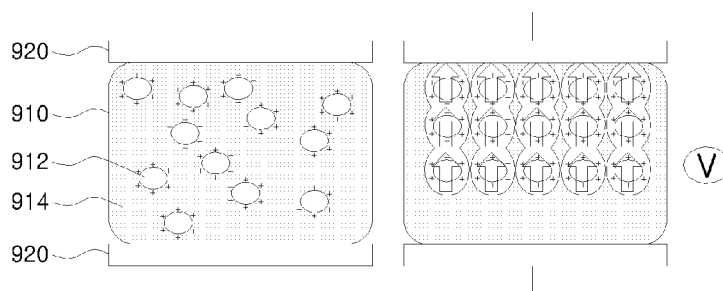


[Fig. 8]



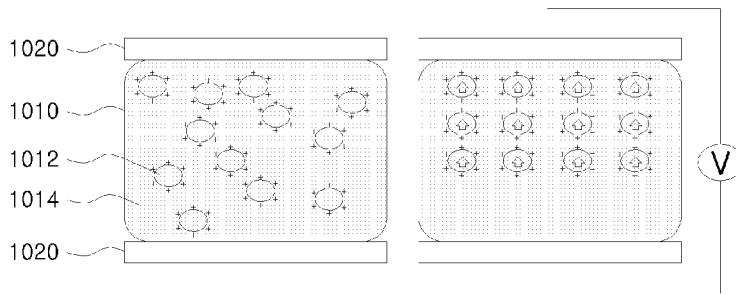
[Fig. 9]

900

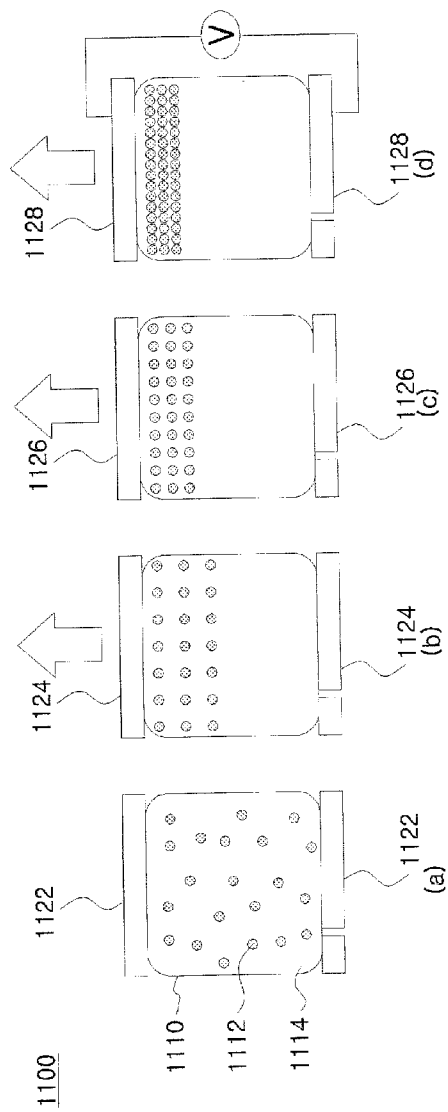


[Fig. 10]

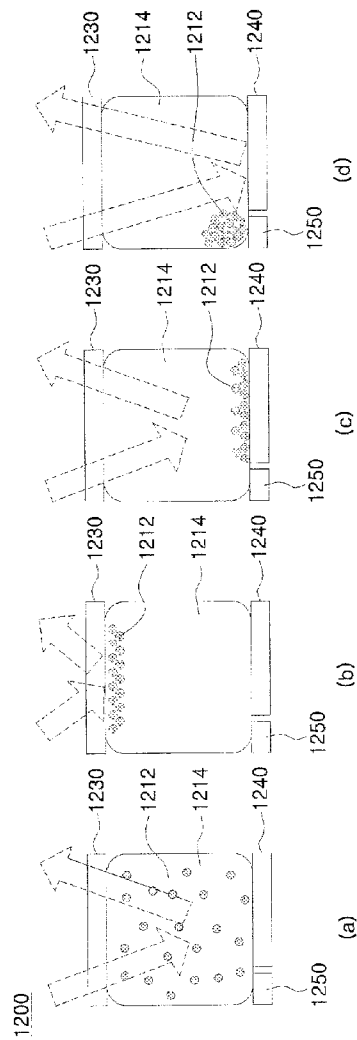
1000



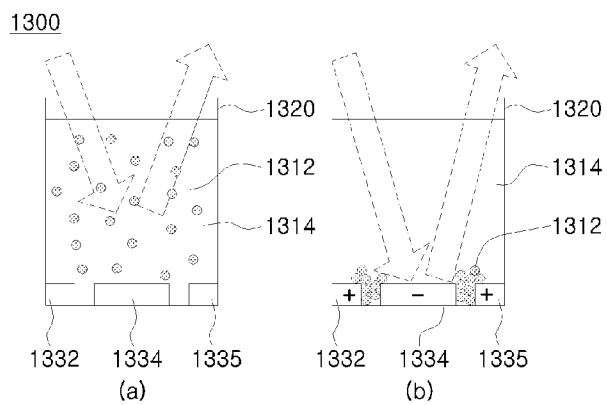
[Fig. 11]



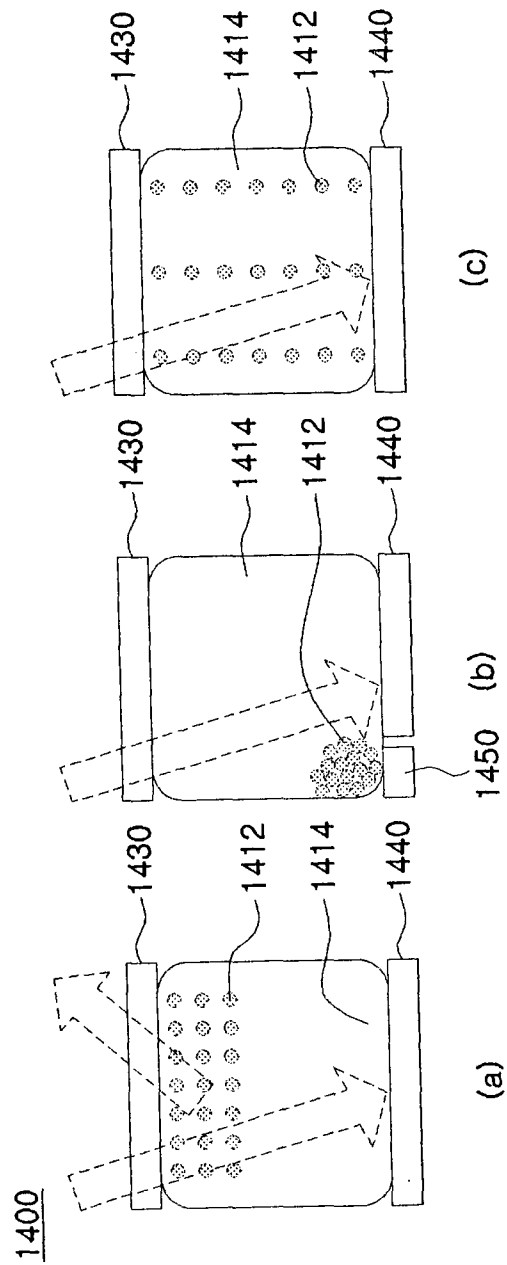
[Fig. 12]



[Fig. 13]

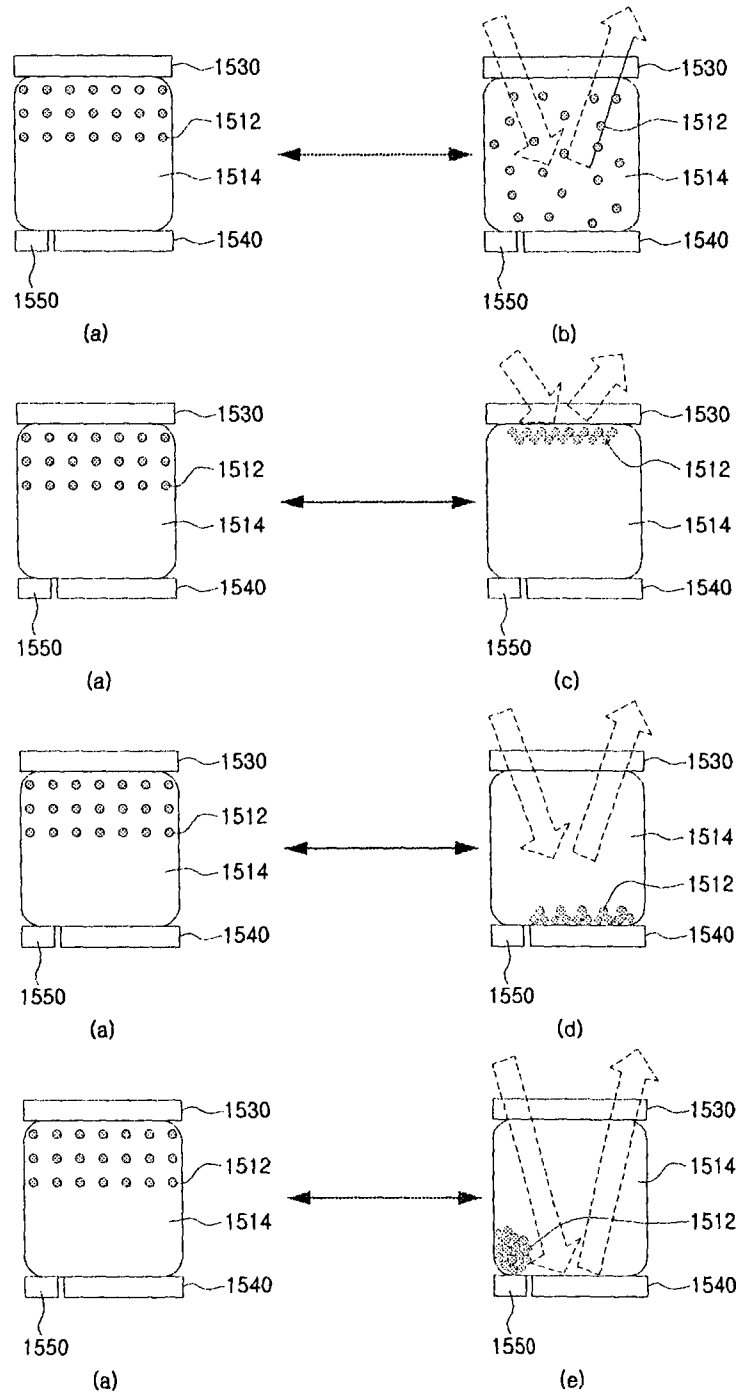


[Fig.14]



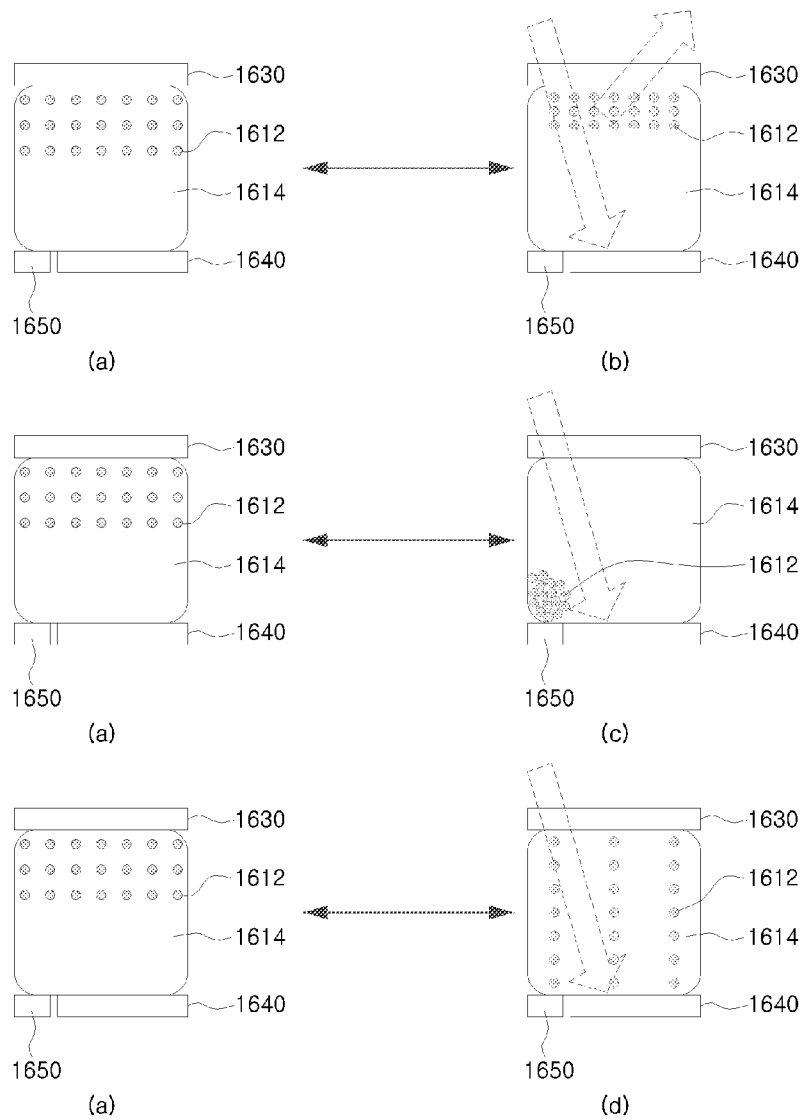
[Fig.15]

1500

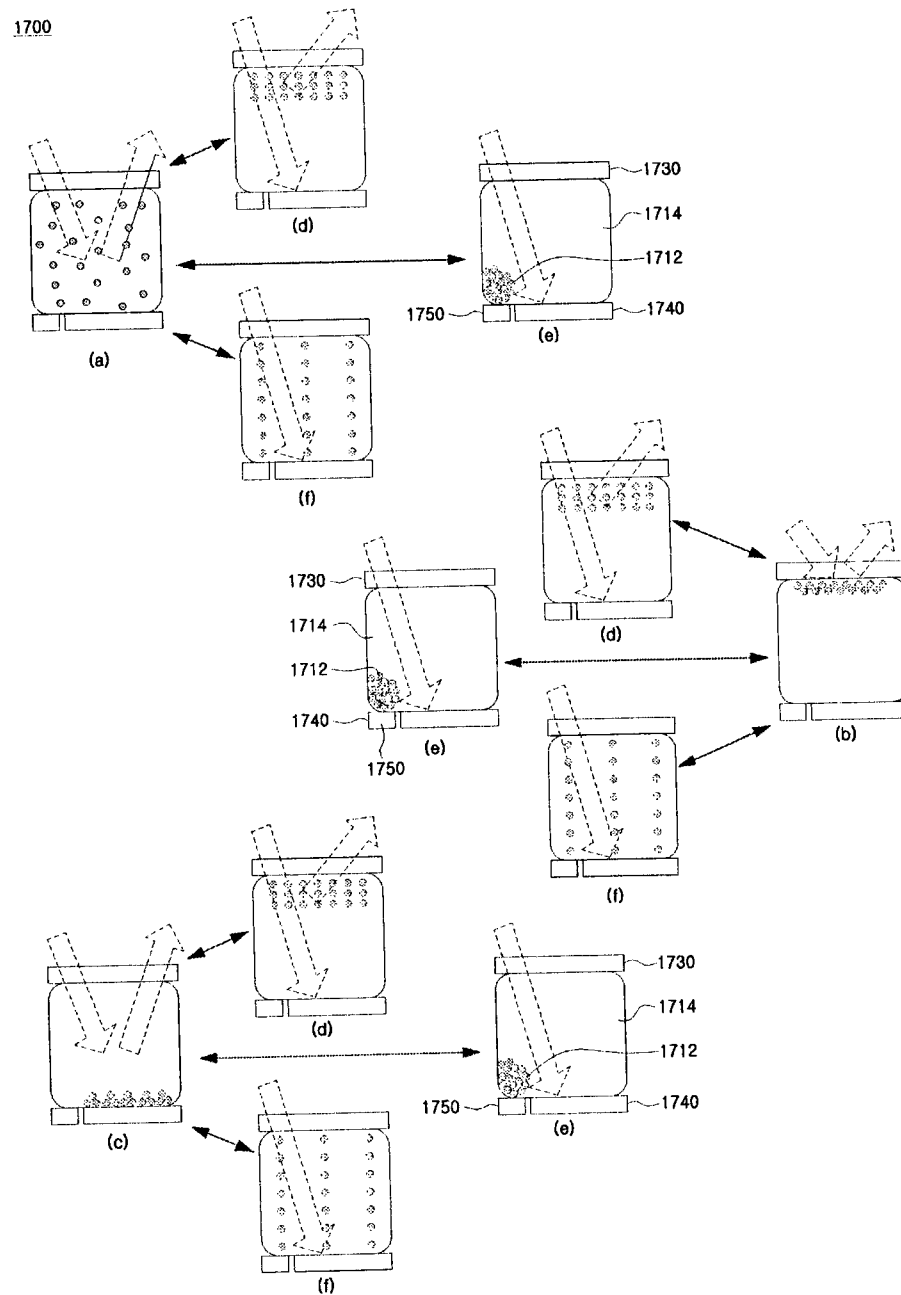


[Fig. 16]

1600

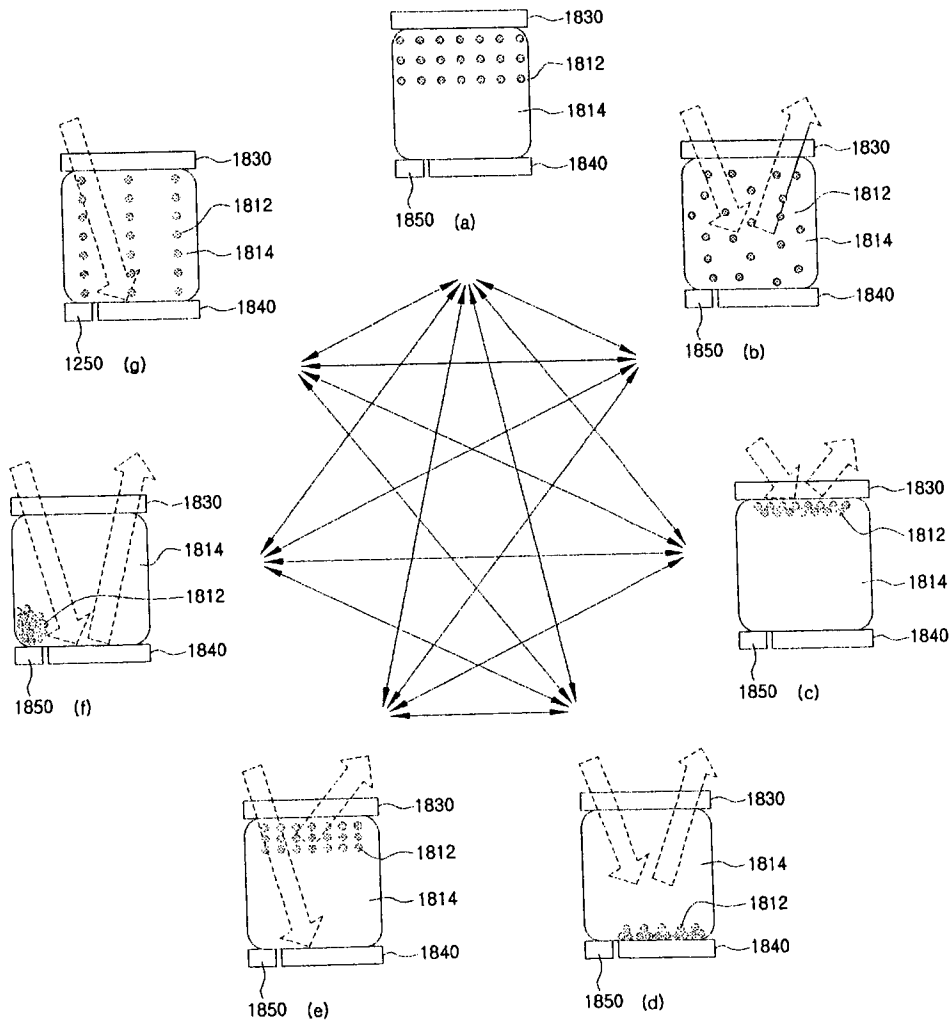


[Fig.17]

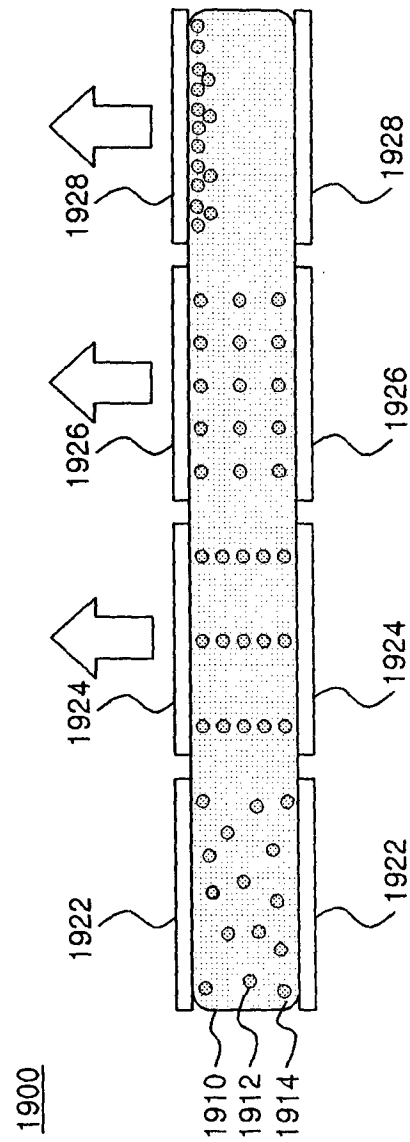


[Fig.18]

1800

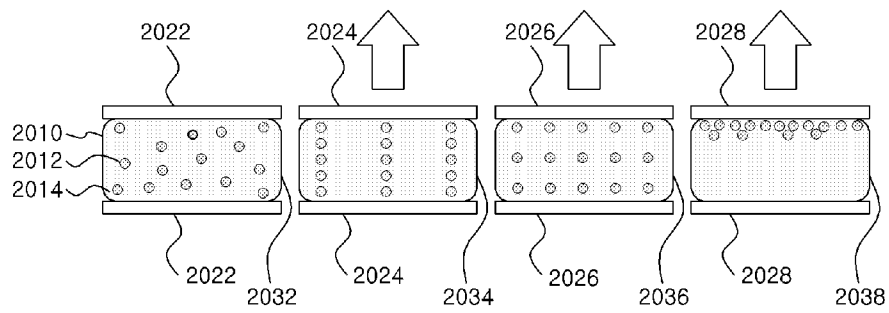


[Fig.19]



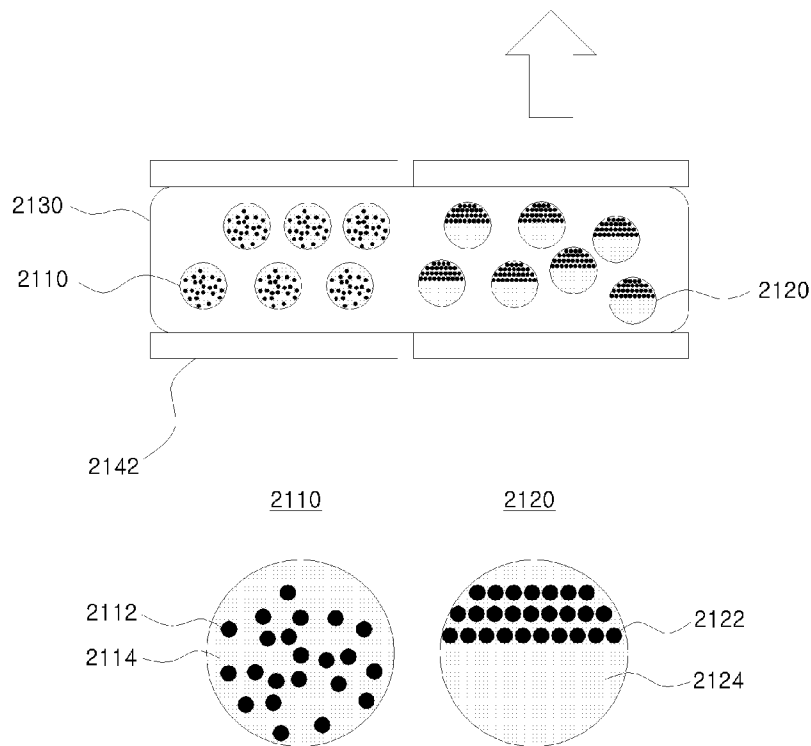
[Fig. 20]

2000

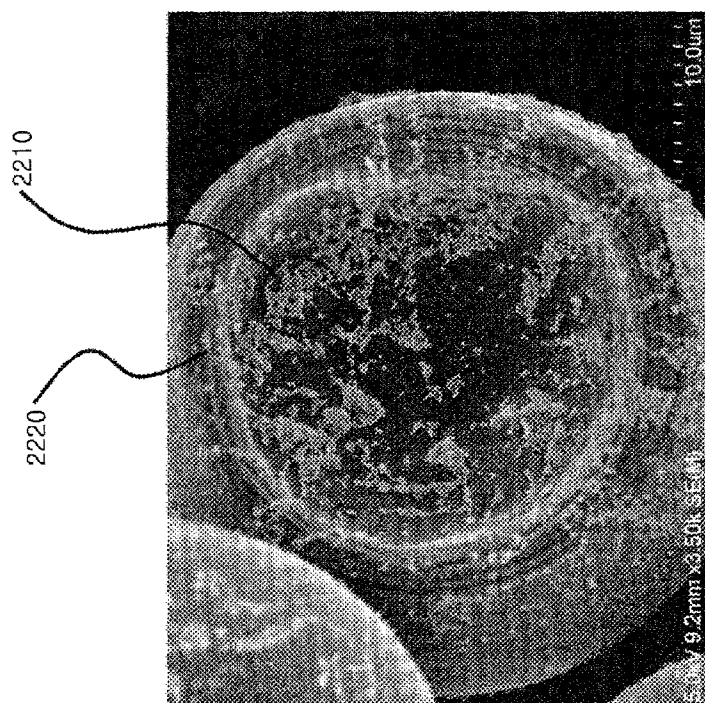


[Fig. 21]

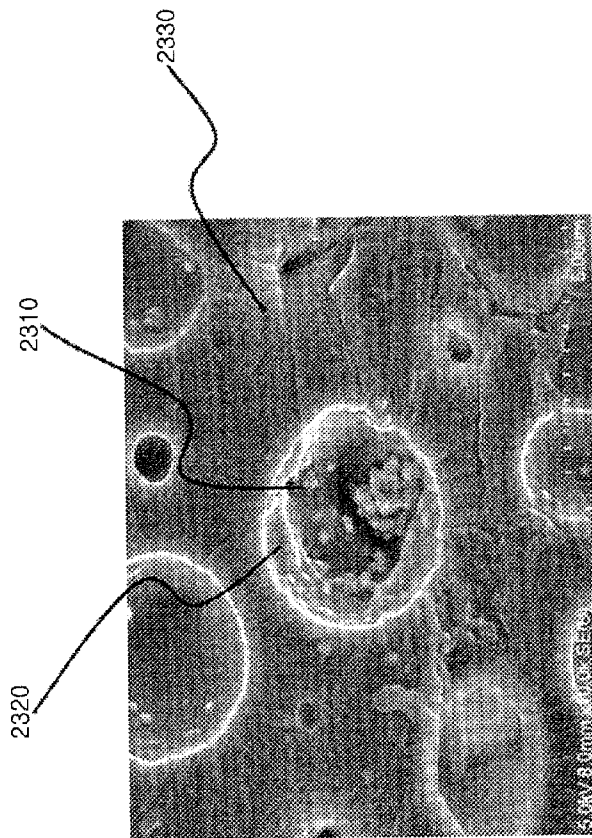
2100



[Fig. 22]

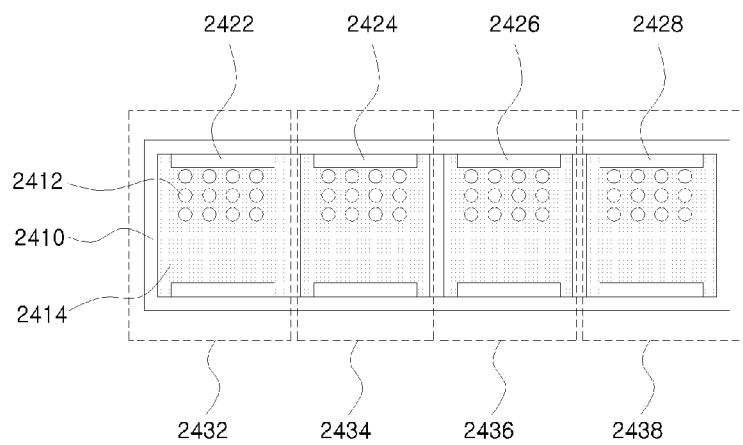


[Fig. 23]



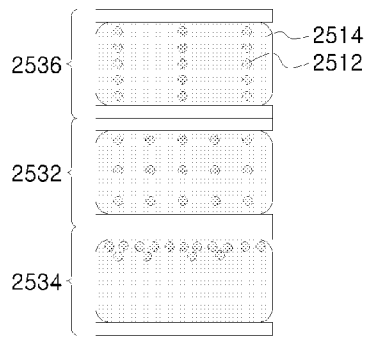
[Fig. 24]

2400



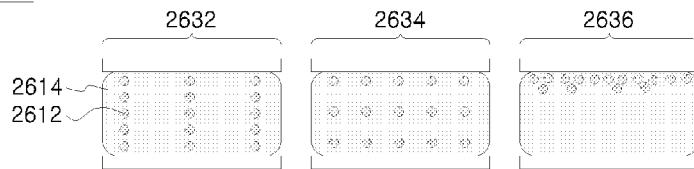
[Fig. 25]

2500

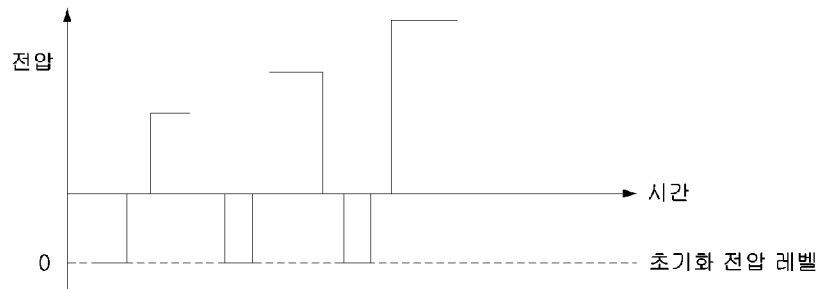


[Fig. 26]

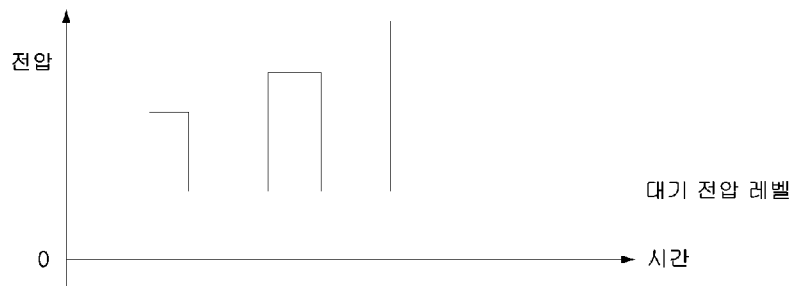
2600



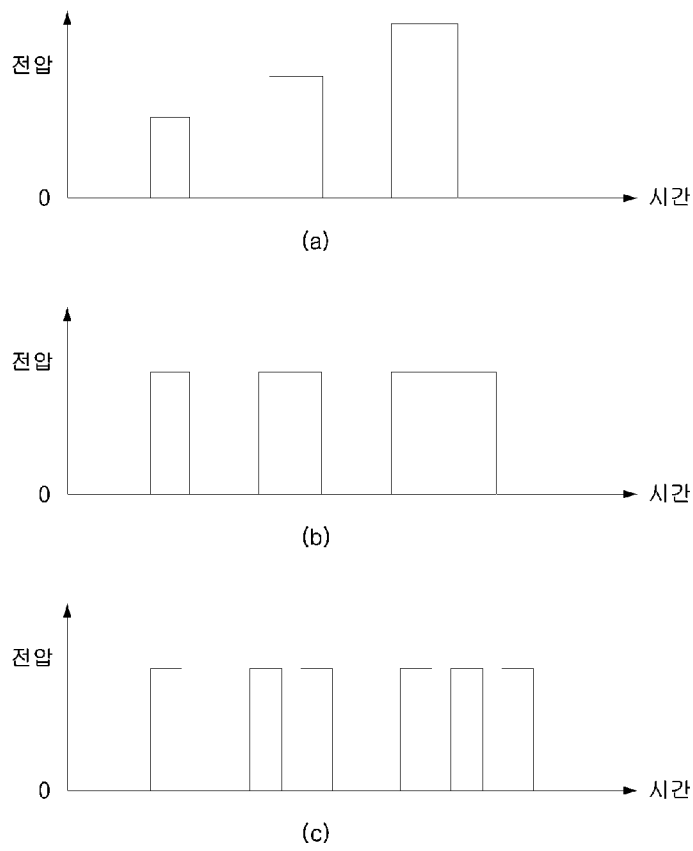
[Fig. 27]



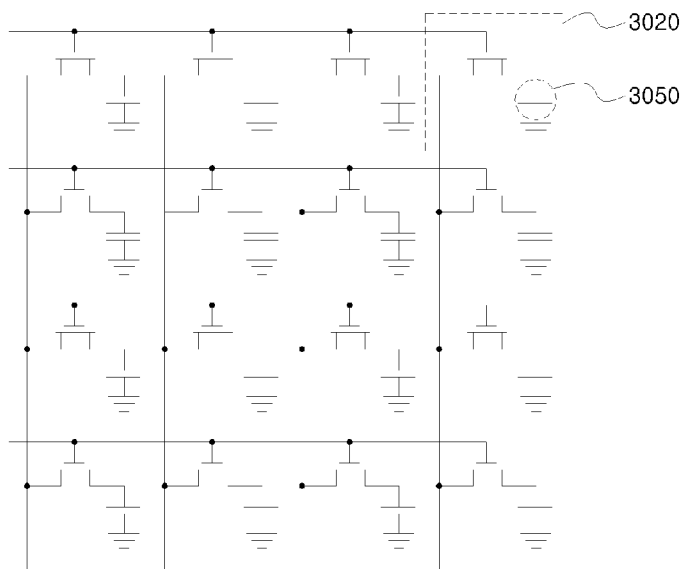
[Fig. 28]



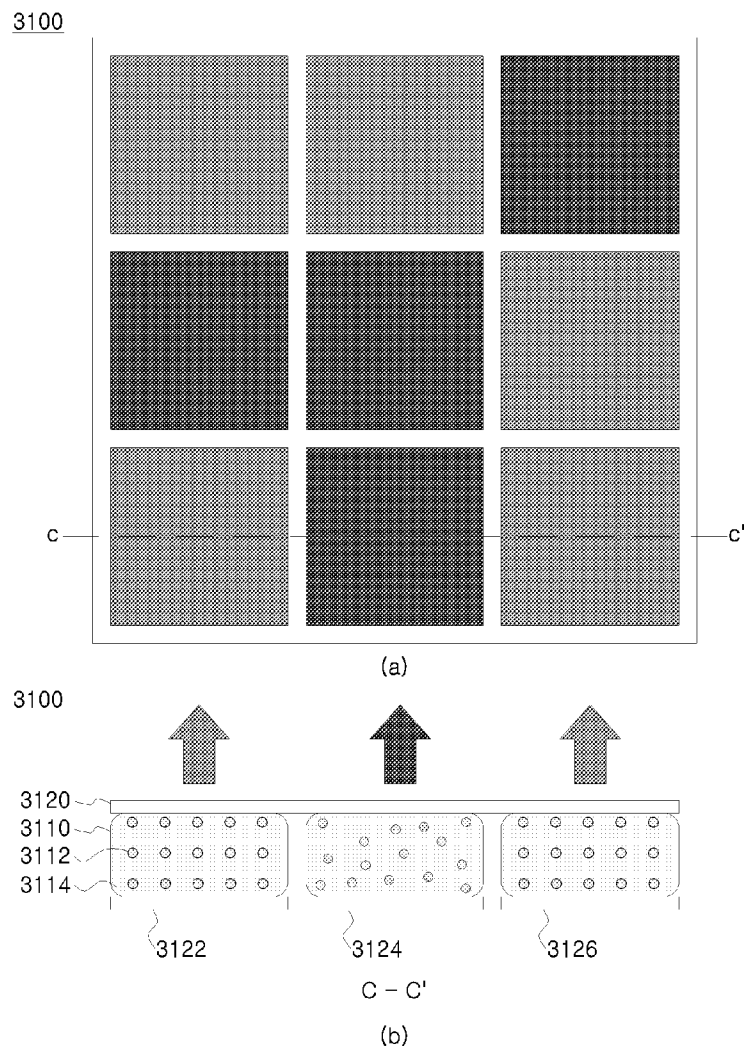
[Fig. 29]



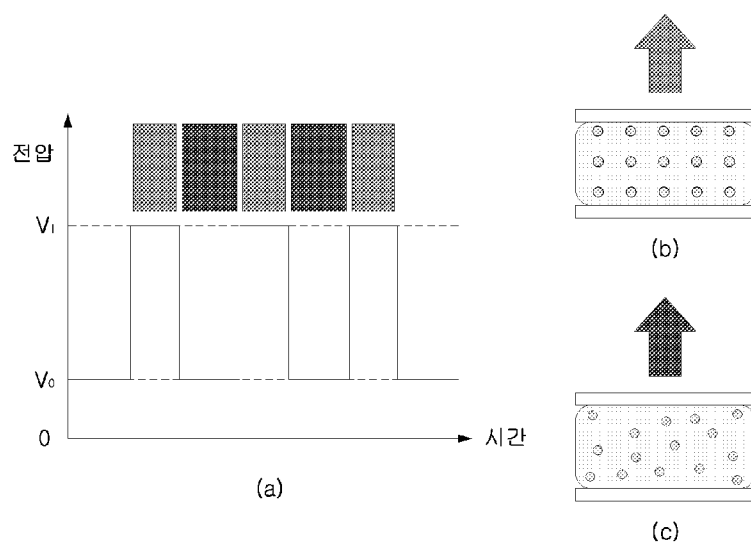
[Fig. 30]



[Fig. 31]

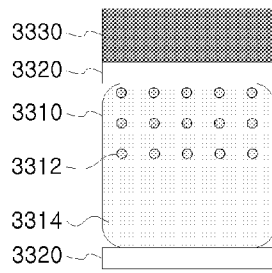


[Fig. 32]



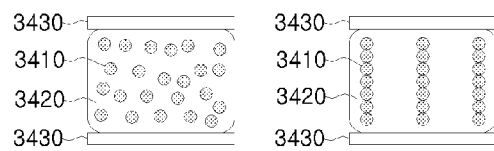
[Fig. 33]

3300



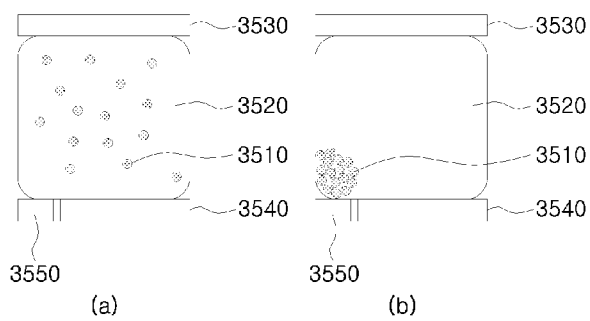
[Fig. 34]

3400



[Fig. 35]

3500



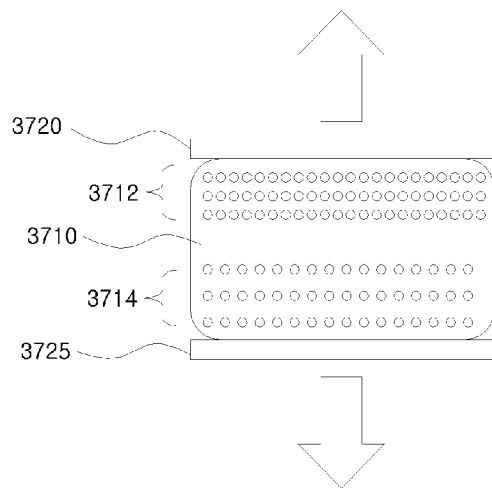
[Fig. 36]

3600



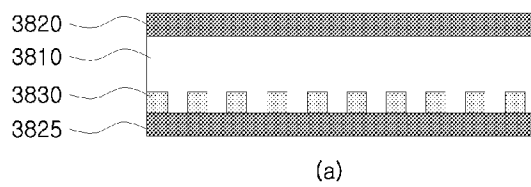
[Fig. 37]

3700



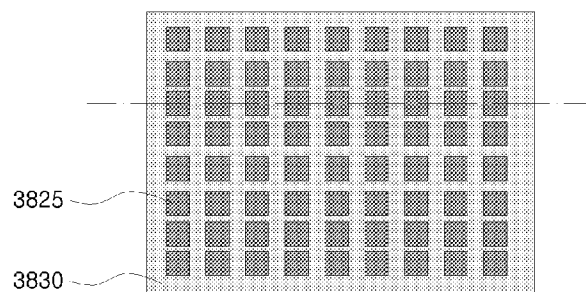
[Fig. 38]

3800



(a)

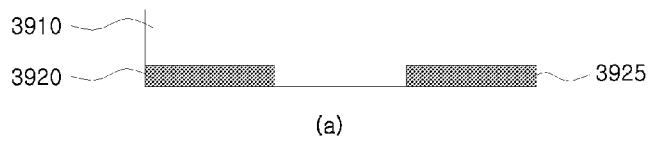
3800



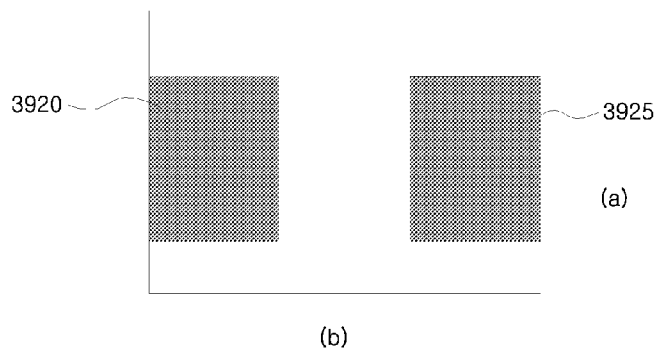
(b)

[Fig. 39]

3900

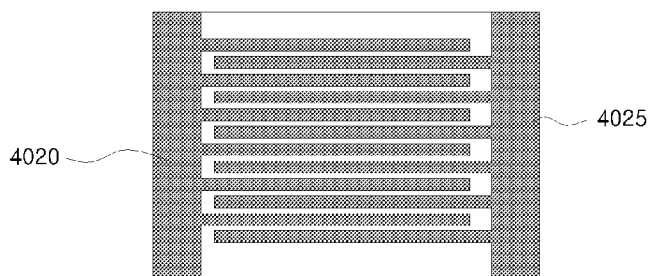


3900



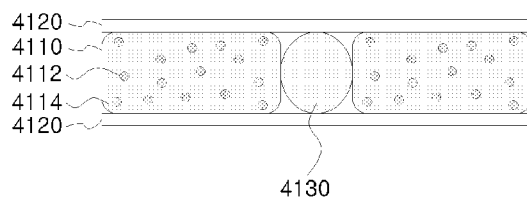
[Fig. 40]

4000



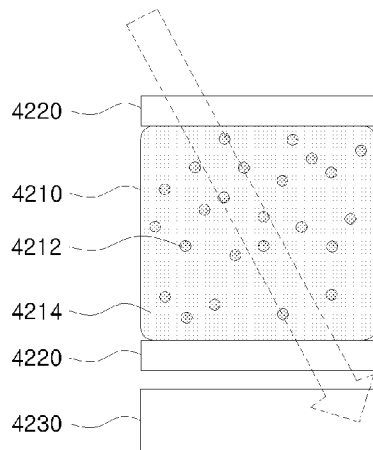
[Fig. 41]

4100



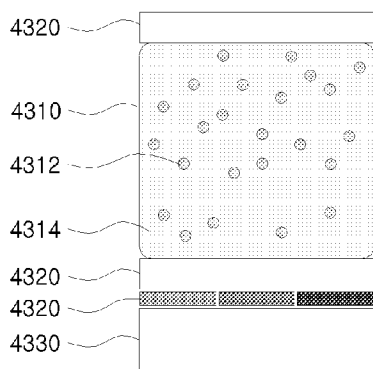
[Fig. 42]

4200

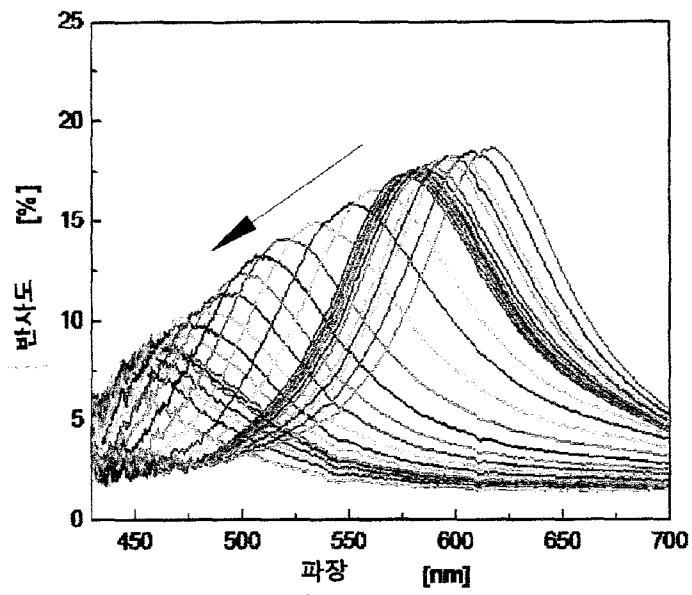


[Fig. 43]

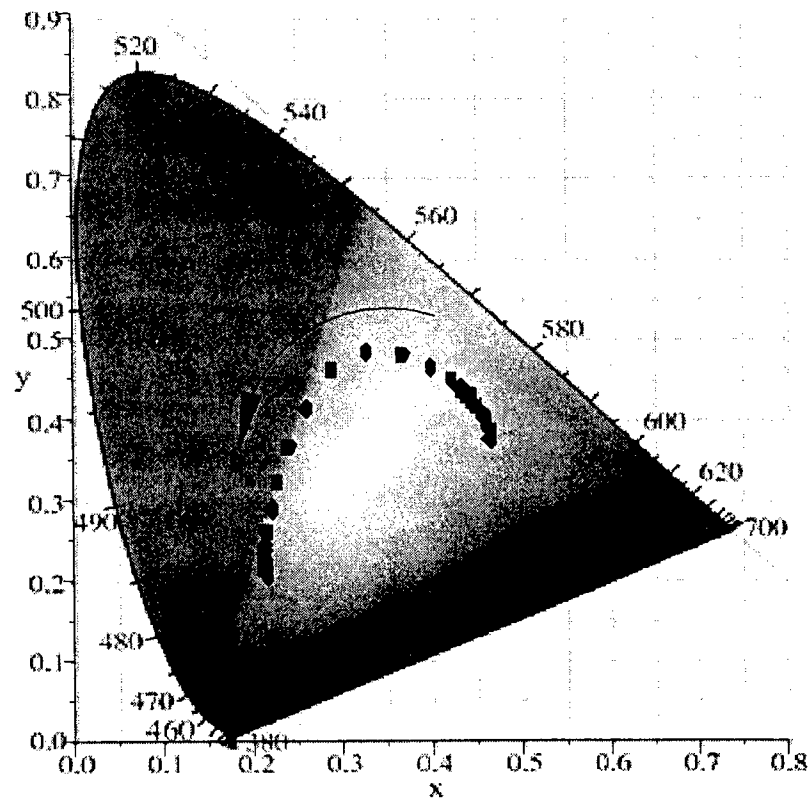
4300



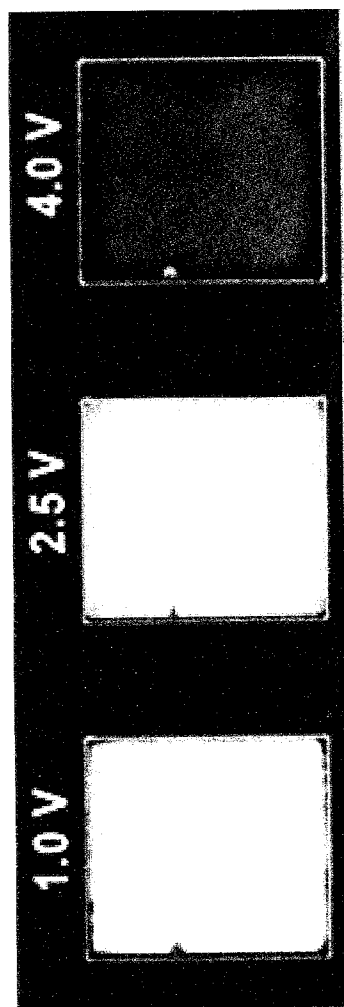
[Fig. 44]



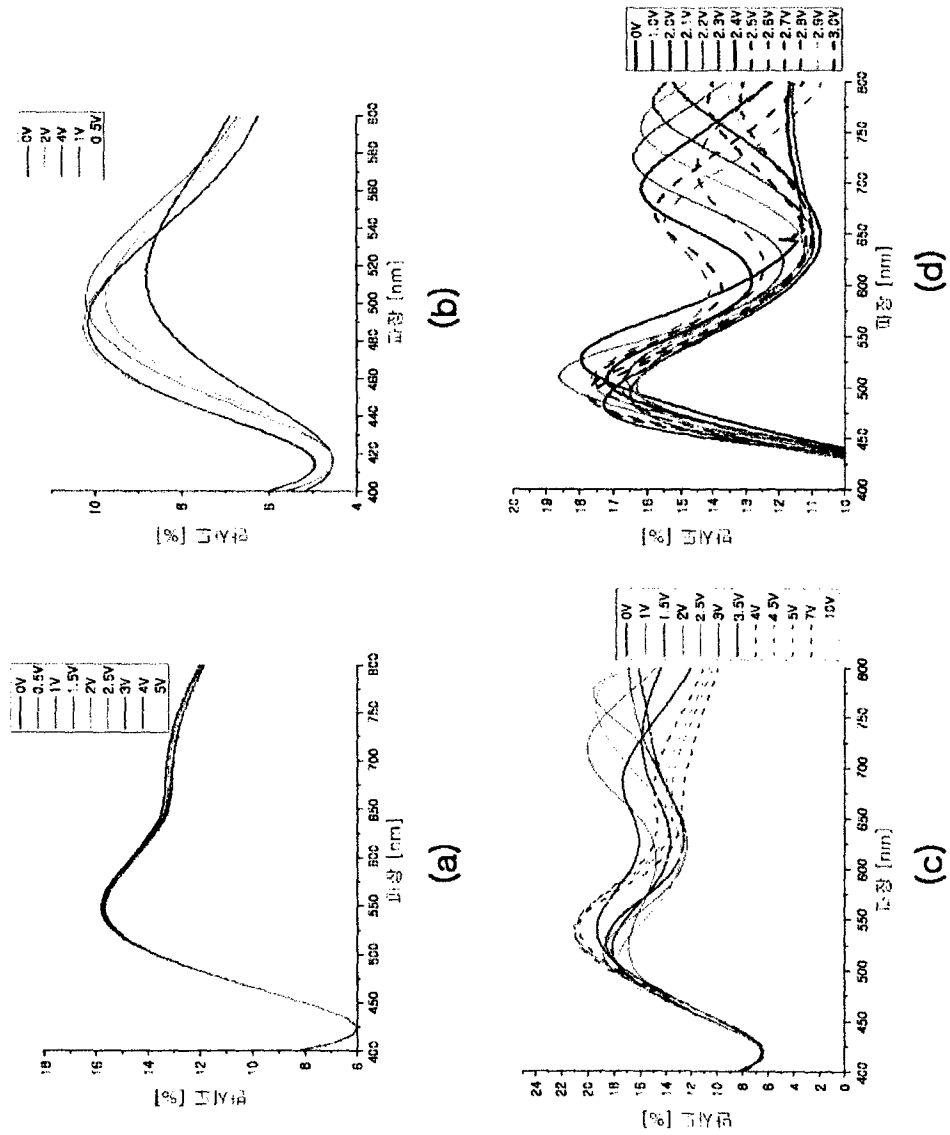
[Fig.45]



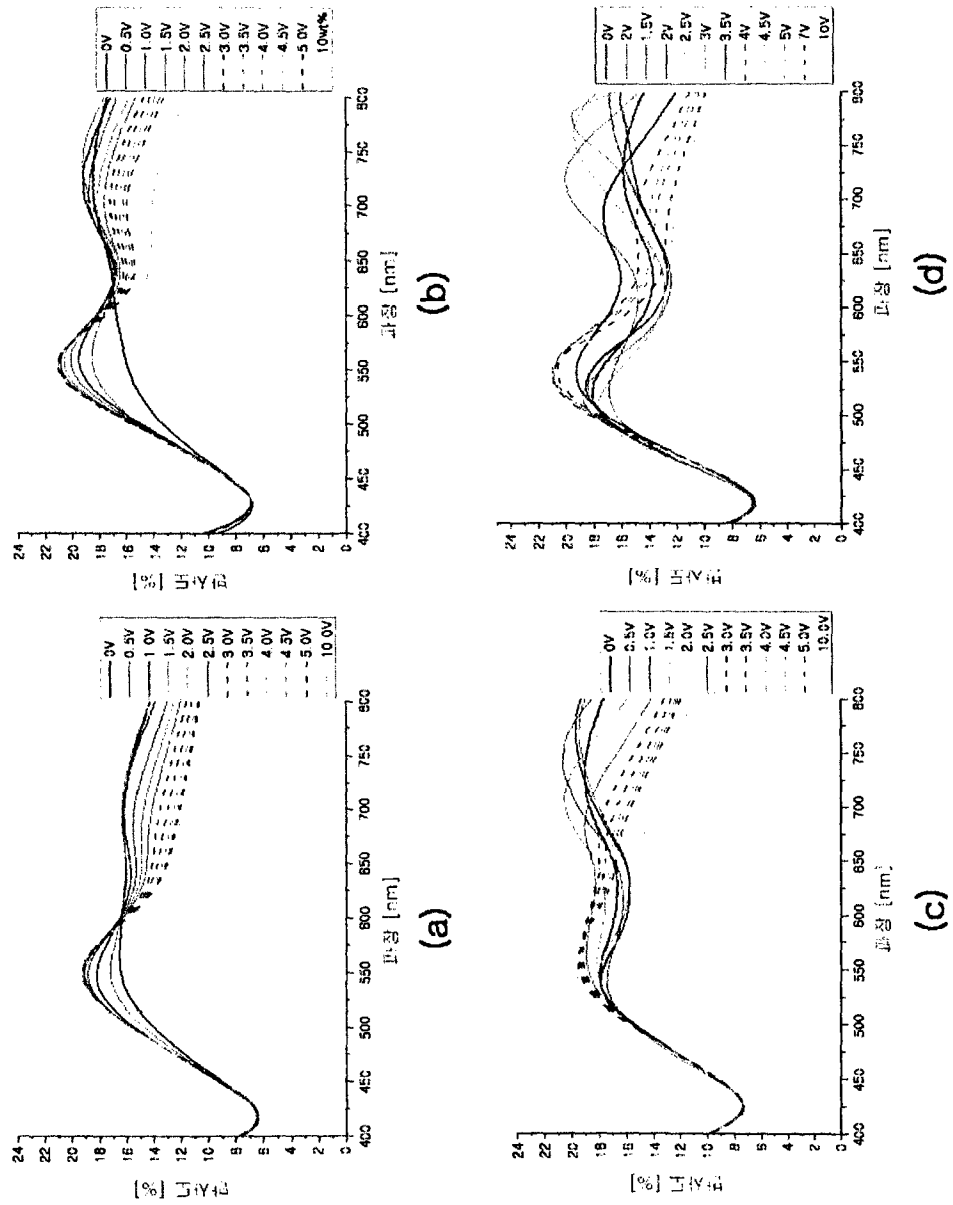
[Fig. 46]



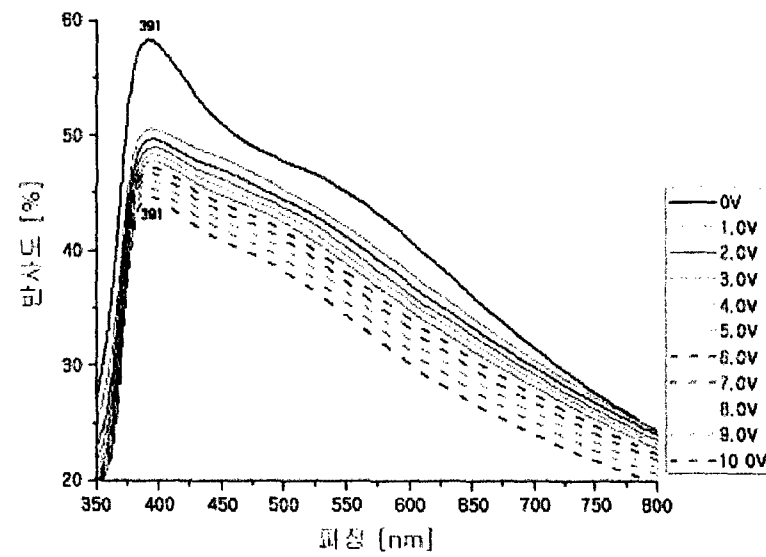
[Fig.47]



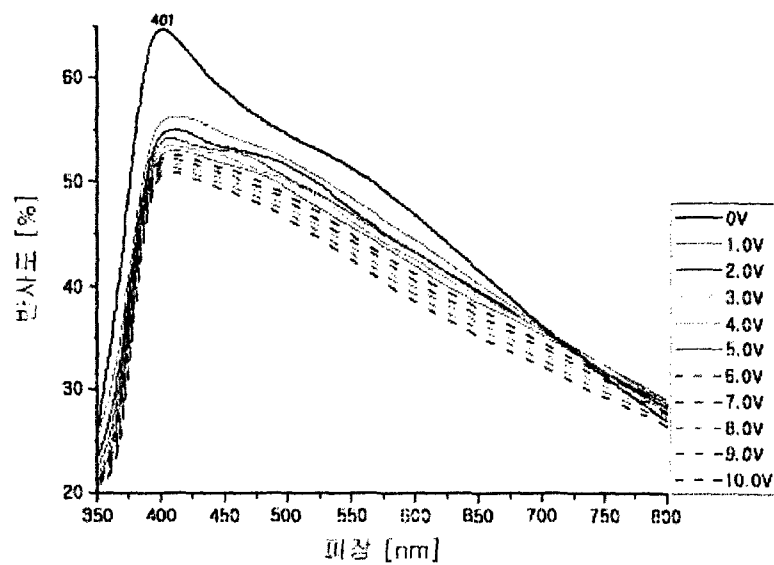
[Fig.48]



[Fig.49]

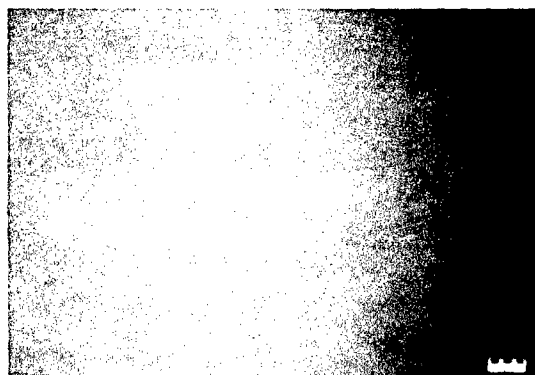


(a)

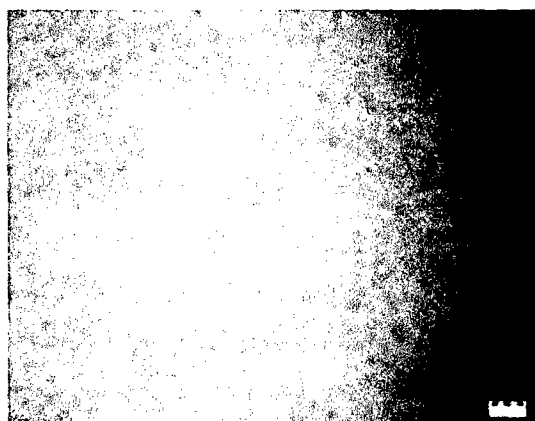


(b)

[Fig.50]

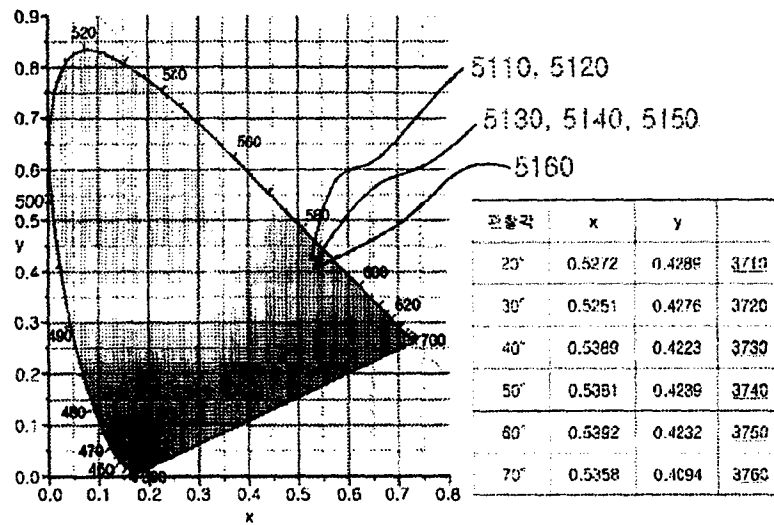


(a)

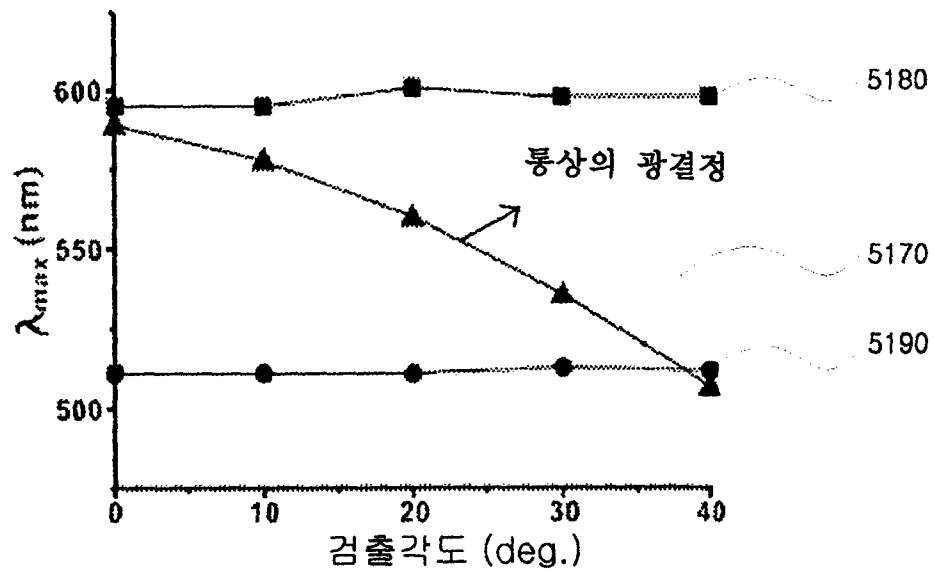


(b)

[Fig.51]

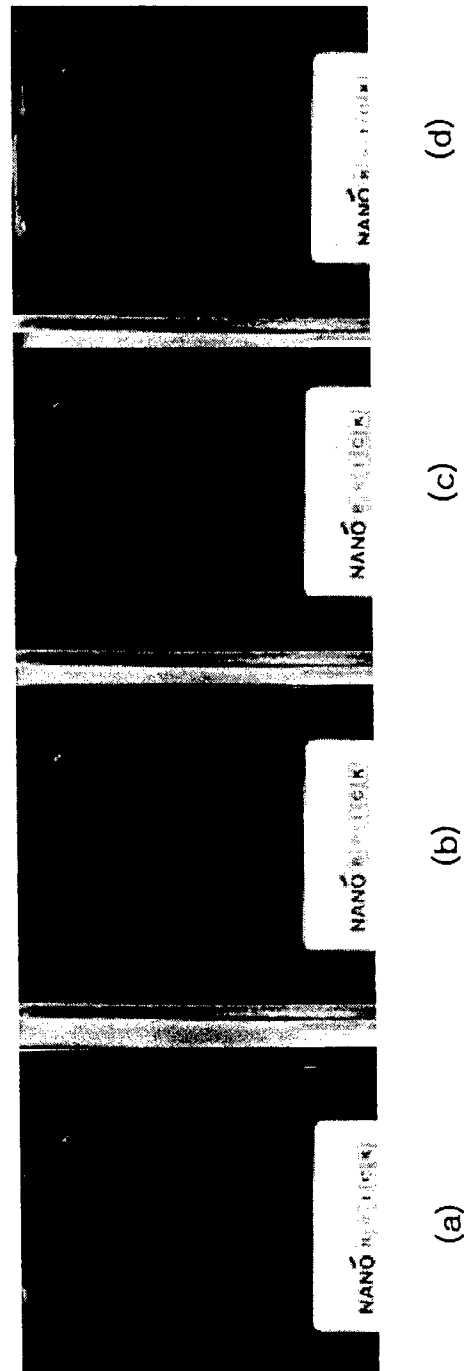


(a)

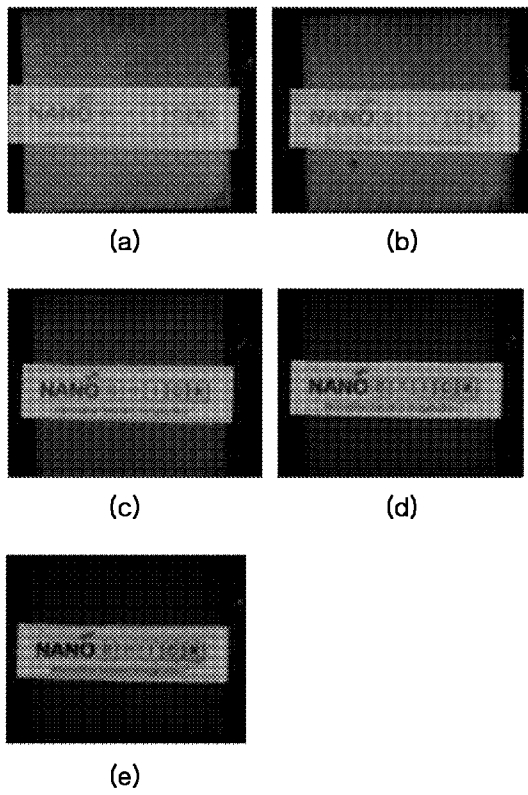


(b)

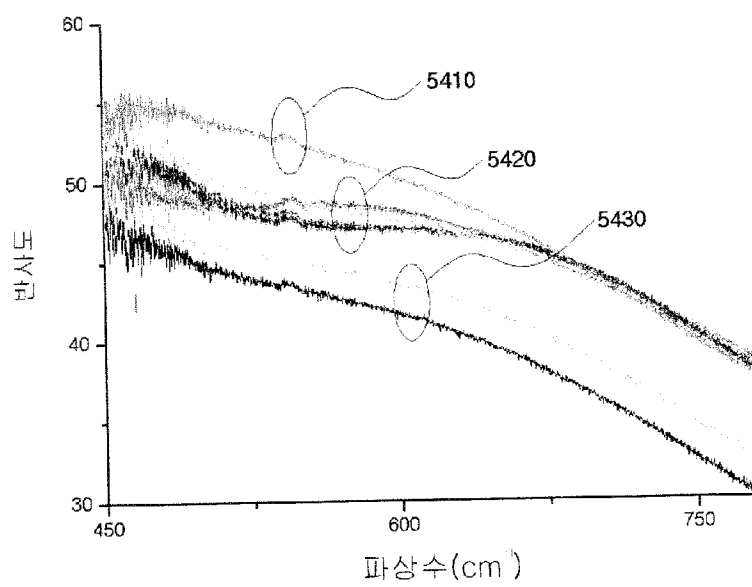
[Fig.52]



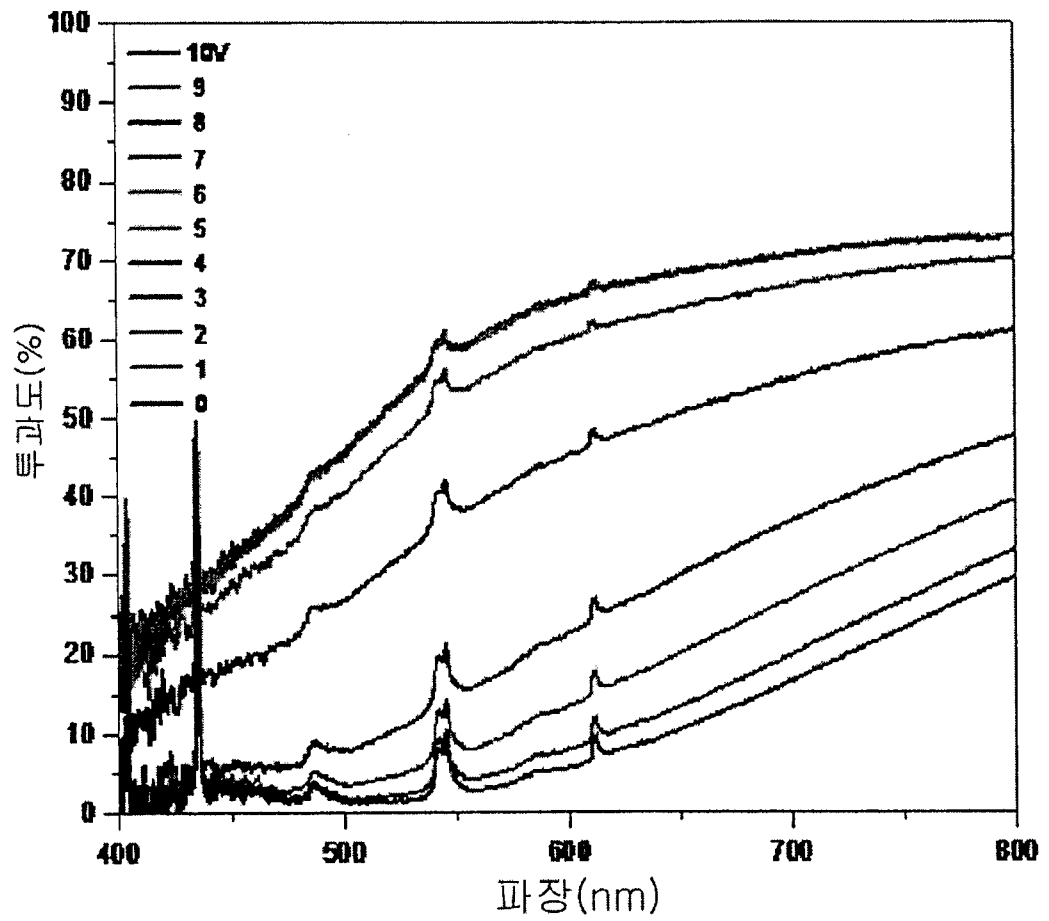
[Fig. 53]



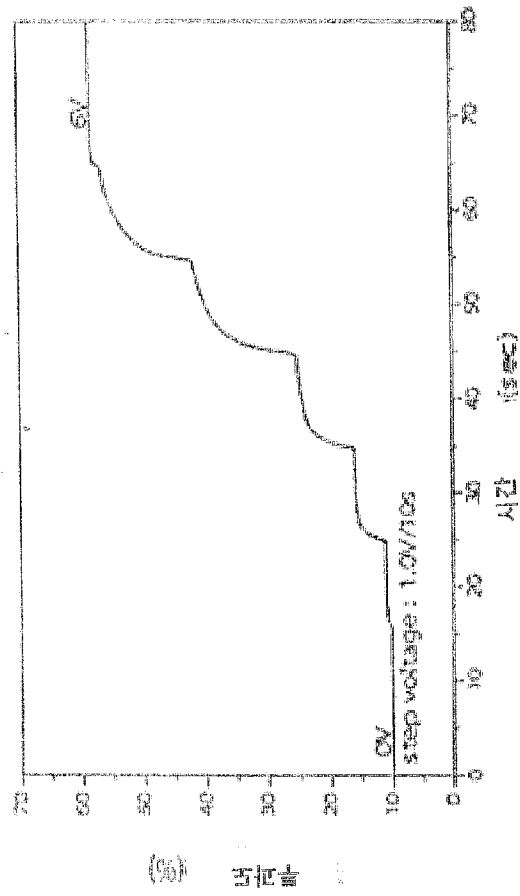
[Fig. 54]



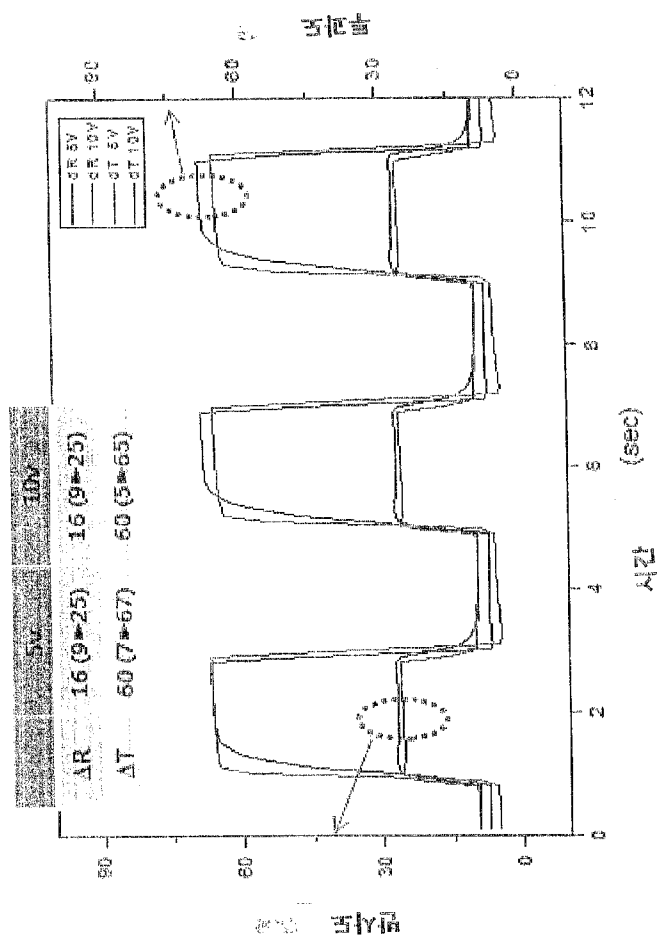
[Fig.55a]



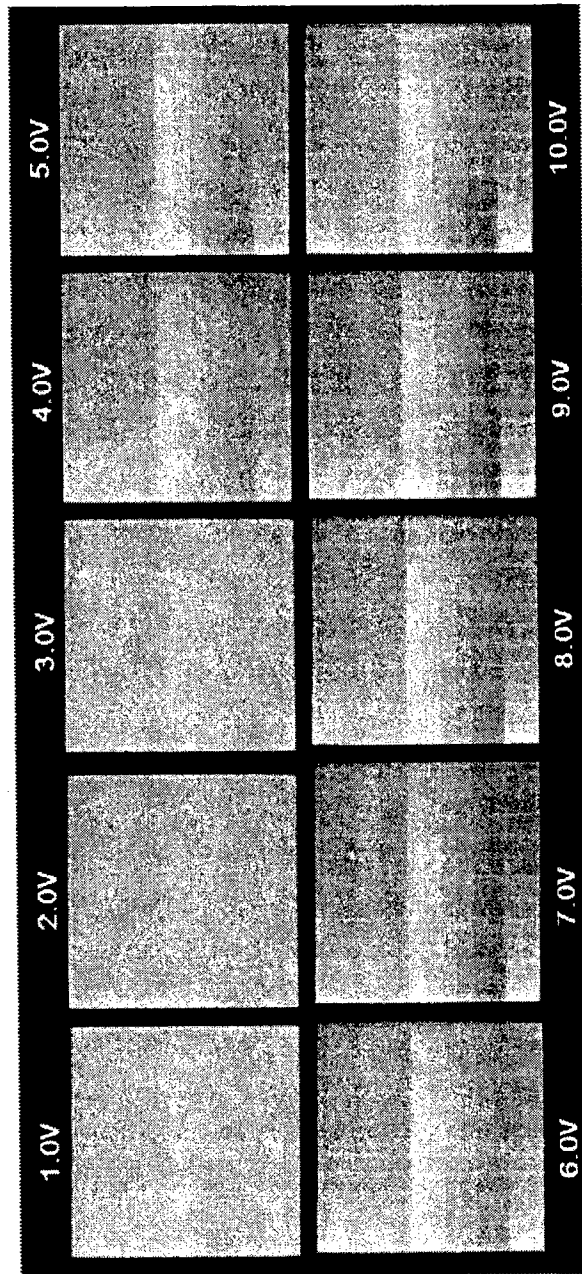
[Fig. 55b]



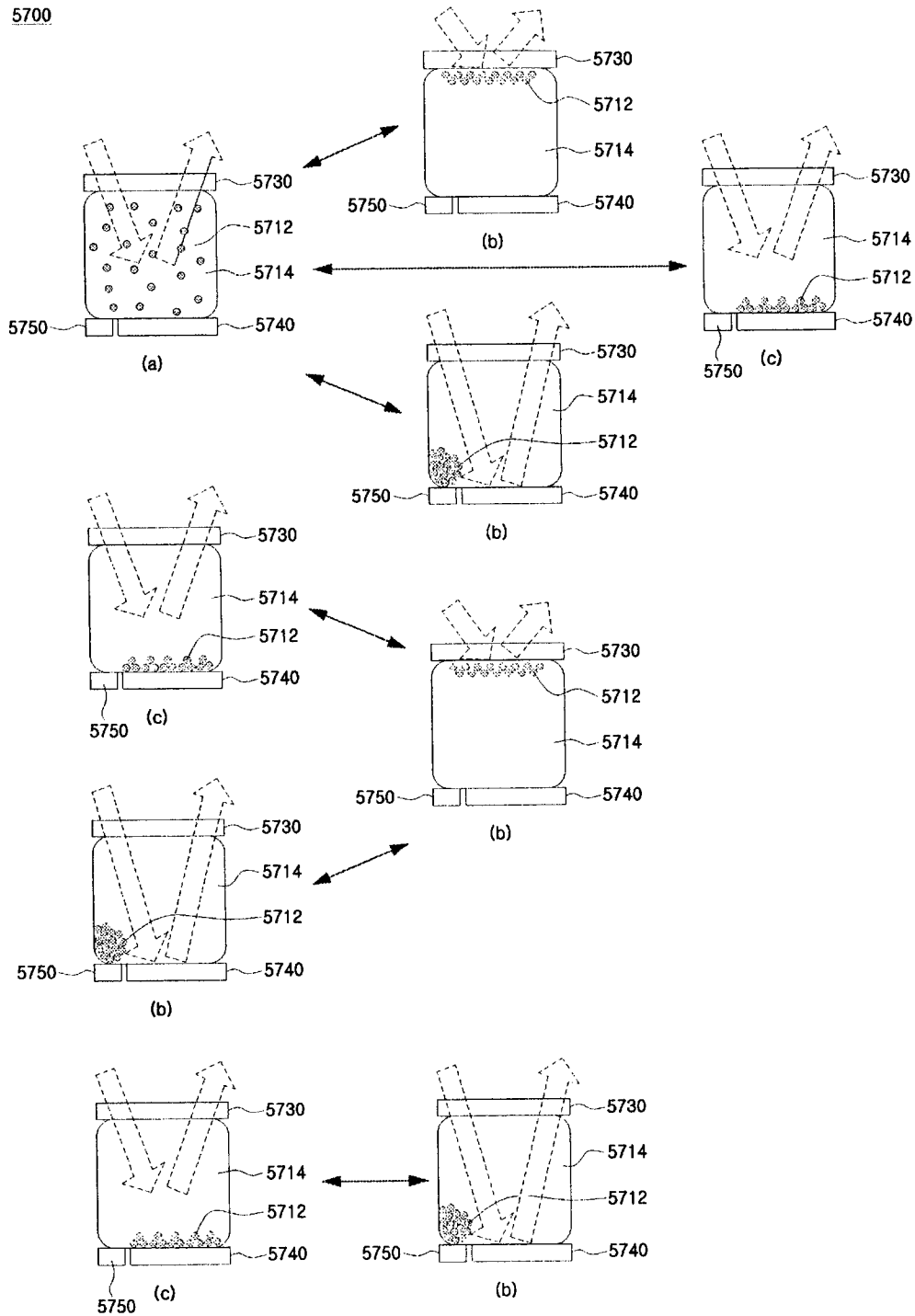
[Fig. 55c]



[Fig.56]

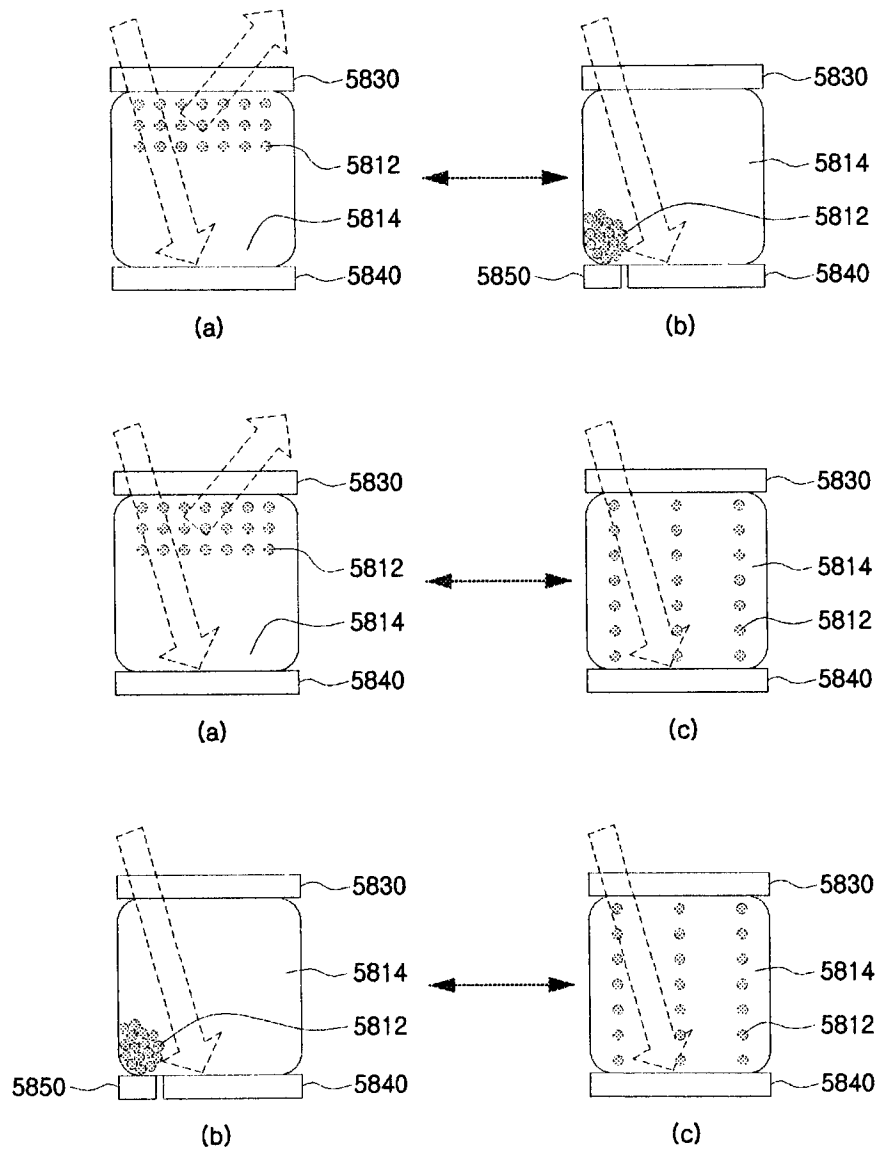


[Fig.57]



[Fig.58]

5800



[Fig.59]

