(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년12월31일
(11) 등록번호 10-2061435
(24) 등록일자 2019년12월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02F 1/167 (2019.01)
(52) CPC특허분류
G02F 1/167 (2019.01)
G02F 2001/1678 (2019.01)
(21) 출원번호 10-2018-7002691(분할)
(22) 출원일자(국제) 2015년09월10일
심사청구일자 2018년01월26일
(85) 번역문제출일자 2018년01월26일
(65) 공개번호 10-2018-0014228
(43) 공개일자 2018년02월07일
(62) 원출원 특허 10-2017-7006529
원출원일자(국제) 2015년09월10일
심사청구일자 2017년03월08일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/049421
(87) 국제공개번호 WO 2016/040627
국제공개일자 2016년03월17일
(30) 우선권주장
62/048,591 2014년09월10일 미국(US)
(뒷면에 계속)
(56) 선행기술조사문헌
US20020145792 A1
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 20 항

(73) 특허권자
이 잉크 코포레이션
미국 01821 매사추세츠주 빌레리카 테크놀로지 파크 드라이브 1000
(72) 발명자
텔퍼 스티븐
미국 02474-2254 매사추세츠주 알링턴 컬리지 애비뉴 40
불 스티븐
미국 3087 매사추세츠주 윈덤 블라섬 로드 65
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인코리아나

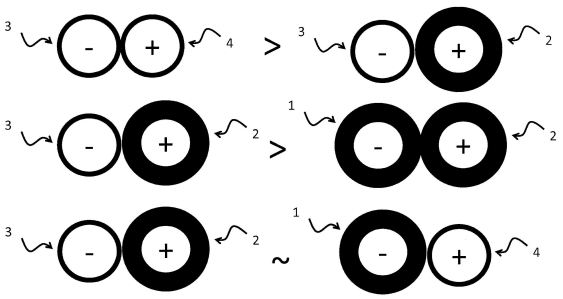
심사관 : 차건숙

(54) 발명의 명칭 **착색 전기영동 디스플레이들**

(57) 요 약

전기영동 매질은 유체, 제 1, 광산란성 입자 (1) (통상적으로는 백색) 및 3 개의 감법 원색들 (통상적으로는 마젠타, 시안 및 황색) 을 갖는 제 2 (2), 제 3 (3) 및 제 4 (4) 입자들을 포함한다; 이들 착색 입자들 (2 내지 4) 중 적어도 2 개는 비-광산란성이다. 제 1 (1) 및 제 2 (2) 입자들은, 제 3 (3) 및 제 4 (4) 입자들에 의해 형성된 응집체를 분리시키는데 요구되는 전계가, 임의의 다른 2 개의 타입들의 입자들로부터 형성된 응집체를 분리시키는데 요구되는 전계보다 더 크도록 하는 폴리머 코팅들을 포함한다. 백색, 흑색, 마젠타, 시안, 황색, 적색, 녹색 및 청색 컬러들을 생성하기 위해 매질을 드라이빙하는 방법들이 또한 설명된다.

대 표 도



(72) 발명자

모리슨 제니퍼 엠

미국 2172 매사추세츠주 워터타운 로렐 스트리트 16 아파트먼트 넘버 2

슬로민스키 루크 엠

미국 02067 매사추세츠주 샤론 리 로드 22

밀러 데이비드 데럴

미국 1880 매사추세츠주 웨이크필드 프로스펙트 스트리트 152

바리키나-타사 올가 블라디미로브나

미국 02113 매사추세츠주 보스턴 테처 코트 5 아파트먼트 넘버 2

후게붐 크리스토퍼 엘

미국 1803 매사추세츠주 벌링턴 센터 스트리트 85

레이츠 애나 엘

미국 2459 매사추세츠주 뉴턴 애본데일 로드 32

예젝 리

미국 2472 매사추세츠주 워터타운 머틀 스트리트 30

맥도날드 브랜든

미국 02176 매사추세츠주 멜로즈 스톤 플레이스 4000 유닛 4403

라다박 코스타

미국 2143 매사추세츠주 서머빌 비컨 스트리트 278 아파트먼트 넘버 15

허브 크레이그

미국 2155 매사추세츠주 메드퍼드 이스트 보더 로드 242

(56) 선행기술조사문헌

US20070206271 A1

US20080266245 A1

US20140011913 A1

US20140009818 A1

JP2010078826 A

JP2011257498 A

JP2004526199 A

(30) 우선권주장

62/169,221 2015년06월01일 미국(US)

62/169,710 2015년06월02일 미국(US)

명 세 서

청구범위

청구항 1

전기영동 매질로서

(a) 유체;

(b) 상기 유체에 분산된 복수의 제 1 입자들 및 복수의 제 2 입자들로서, 상기 제 1 입자들 및 제 2 입자들은 반대 극성의 전하들을 포함하고, 상기 제 1 입자는 광산란성 입자이고 상기 제 2 입자는 감법 원색(subtractive primary color) 들 중 하나를 갖는, 상기 복수의 제 1 입자들 및 상기 복수의 제 2 입자들;

(c) 상기 유체에 분산된 복수의 제 3 입자들 및 복수의 제 4 입자들로서, 상기 제 3 입자들 및 제 4 입자들은 반대 극성의 전하들을 포함하고, 상기 제 3 입자들 및 제 4 입자들 각각은 서로 상이하며 상기 제 2 입자들과는 상이한 감법 원색을 갖는, 상기 복수의 제 3 입자들 및 상기 복수의 제 4 입자들을 포함하고,

상기 제 3 입자들 및 상기 제 4 입자들에 의해 형성된 응집체를 분리시키는데 요구되는 전계는, 다른 두 타입의 입자들에 의해 형성된 응집체를 분리시키는데 요구되는 전계보다 큰, 전기영동 매질.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 입자들 및 제 2 입자들에 의해 형성된 응집체를 분리시키는데 요구되는 전계는, 상기 제 3 입자들 및 제 4 입자들, 상기 제 1 입자들 및 제 4 입자들, 또는 상기 제 2 입자들 및 제 3 입자들에 의해 형성된 응집체를 분리시키는데 요구되는 전계보다 작은, 전기영동 매질.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 입자들, 상기 제 3 입자들 및 상기 제 4 입자들 중 적어도 둘은 비-광산란성인, 전기영동 매질.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제 1 입자들은 백색이고 상기 제 2 입자들, 제 3 입자들 및 제 4 입자들은 비-광산란성인, 전기영동 매질.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 입자들 및 제 3 입자들은 네거티브로 하전되고 상기 제 2 입자들 및 제 4 입자들은 포지티브로 하전되는, 전기영동 매질.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 제 1, 제 2, 제 3 및 제 4 입자들은 각각 백색, 시안 (cyan), 황색 및 마젠타 (magenta) 안료들을 포함하는, 전기영동 매질.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 입자들은 입자들 내의 폴리머의 체적 분율 (volume fraction) 이 적어도 25% 이도록 폴리머 코팅들을 갖는 한편, 상기 제 3 및 제 4 입자들은 입자들 내의 폴리머의 체적 분율이 15% 를 초과하지 않도록

폴리머 쉘을 갖거나 또는 어떠한 폴리머 쉘도 갖지 않는, 전기영동 매질.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

(a) 상기 제 1 입자들 및 제 4 입자들 각각은 아크릴레이트 또는 메타크릴레이트 에스테르 모노머의 적어도 60 중량% 를 포함하는 폴리머 코팅을 가지며, 에스테르기는, 적어도 6 개의 탄소 원자들을 포함하는 탄화수소 사슬을 포함하고,

(b) 상기 제 2 입자들은 폴리디메틸실록산-함유 모노머를 포함하는 폴리머 코팅을 가지는, 전기영동 매질.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 유체는 액체인, 전기영동 매질.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 액체는, 5 보다 작은 유전 상수를 갖는 비-극성 액체인, 전기영동 매질.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 유체는 20,000 을 초과하는 수평균 분자량을 갖고 입자들에 대해 본질적으로 비-흡수성인 폴리머를 용해 또는 분산시킨, 전기영동 매질.

청구항 12

제 6 항에 있어서,

상기 황색, 마젠타 및 시안 안료들은, 1.55 보다 작은 굴절률의 액체 및 안료를 포함하는 두께 1 ㎛ 의 층에 안료가 15 체적% 로 등방성으로 분포될 때, 2.5% 보다 더 작은, 흑색 배경 위에서 측정된 650, 550 및 450 ㎚ 각각에서의 확산 반사율들을 나타내는, 전기영동 매질.

청구항 13

제 1 항에 따른 전기영동 매질을 포함하는 전기 광학 디바이스로서, 상기 전기 광학 디바이스는, 프론트 플레인 라미네이트 (front plane laminate), 이중 이형 시트 (double release sheet), 반전된 프론트 플레인 라미네이트 또는 전기영동 디스플레이인, 전기 광학 디바이스.

청구항 14

제 13 항에 따른 전기 광학 디바이스를 포함하는 전자 디바이스로서, 상기 전자 디바이스는 전자책 판독기, 휴대용 컴퓨터, 태블릿 컴퓨터, 셀룰러 전화기, 스마트 카드, 표지판 (sign), 시계, 선반 라벨 또는 플래시 드라이브인, 전자 디바이스.

청구항 15

전기영동 매질로서

(a) 유체;

(b) 상기 유체에 분산된 복수의 제 1 입자들 및 복수의 제 4 입자들로서, 상기 제 1 입자들 및 제 4 입자들은 반대 극성의 전하들을 포함하고, 상기 입자들 각각은, 적어도 6 개의 탄소 원자들을 포함하는 탄화수소 사슬을 포함하는 아크릴레이트 또는 메타크릴레이트 에스테르 모노머의 적어도 60 중량% 를 포함하는 폴리머 코팅을 가지며, 상기 제 1 입자들 및 제 4 입자들 중 하나는 광산란성 입자이고 상기 제 1 입자들 및 제 4 입자들 중 다른 하나는 감법 원색 (subtractive primary color) 을 갖는 실질적으로 비-광산란성 입자인, 상기 복수의 제 1

입자들 및 상기 복수의 제 4 입자들;

(c) 상기 유체에 분산된 복수의 제 2 입자들로서, 상기 제 2 입자들은 상기 제 4 입자들과 동일한 극성의 전하들을 포함하고, 폴리디메틸실록산-함유 모노머를 포함하는 폴리머 코팅을 가지며, 상기 제 1 입자들 및 제 4 입자들 중 상기 실질적으로 비-광산란성 입자와는 상이한 감법 원색을 가지는, 상기 복수의 제 2 입자들; 및

(d) 상기 제 1 입자들과 동일한 극성의 전하들을 포함하고, 실질적으로 비-광산란성이고, 상기 제 1 입자들 및 제 4 입자들 중 상기 실질적으로 비-광산란성 입자와는 상이한 그리고 상기 제 2 입자들의 것과는 상이한 감법 원색을 갖는, 복수의 제 3 입자들

을 포함하는, 전기영동 매질.

청구항 16

제 1 및 제 2 전극들 사이에 배치된 전기영동 매질의 층을 포함하는 전기영동 디스플레이를 드라이빙 (driving) 하는 방법으로서, 상기 제 1 전극은 상기 디스플레이의 시인 표면 (viewing surface) 을 형성하며, 그리고 상기 전기영동 매질은 유체에 분산된 복수의 제 1, 제 2, 제 3, 및 제 4 입자들을 포함하고, 상기 디스플레이는 상기 제 1 및 제 2 전극들 사이에 $+V_H$, $+V_L$, 0, $-V_L$ 및 $-V_H$ 의 전압차들을 각각 인가하는 것을 가능하게 하는 전압 제어 수단을 가지고,

$+V_H > +V_L > 0 > -V_L > -V_H$ 인,

상기 방법은, 어느 순서로든 :

(a) $+V_H$ 또는 $-V_H$ 중 어느 하나이고 상기 제 1 전극을 향해 제 4 입자들을 드라이빙하는 극성인 일련의 제 1 펄스들을 전극들 사이에 인가함으로써 상기 제 4 입자들의 컬러, 및 상기 제 4 및 제 2 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 상기 시인 표면에 디스플레이하는 단계로서, 상기 일련의 제 1 펄스들은, $+V_L$ 또는 $-V_L$ 이고 상기 제 1 펄스들과는 반대 극성이지만 상기 제 1 펄스들보다 지속기간이 더 긴 제 2 펄스들과 교번하는, 상기 제 4 입자들의 컬러, 및 상기 제 4 및 제 2 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 상기 시인 표면에 디스플레이하는 단계; 및

(b) $+V_H$ 또는 $-V_H$ 중 어느 하나이고 상기 제 1 전극을 향해 제 3 입자들을 드라이빙하는 극성인 일련의 제 3 펄스들을 전극들 사이에 인가함으로써 상기 제 3 입자들의 컬러, 및 상기 제 3 및 제 2 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 상기 시인 표면에 디스플레이하는 단계로서, 상기 일련의 제 3 펄스들은, $+V_L$ 또는 $-V_L$ 이고 상기 제 3 펄스들과는 반대 극성이지만 상기 제 3 펄스들보다 지속기간이 더 긴 제 4 펄스들과 교번하는, 상기 제 3 입자들의 컬러, 및 상기 제 3 및 제 2 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 상기 시인 표면에 디스플레이하는 단계를 포함하는, 전기영동 디스플레이를 드라이빙하는 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

(c) $+V_L$ 또는 $-V_L$ 중 어느 하나이고 상기 제 2 전극을 향해 제 1 입자들을 드라이빙하는 극성인 일련의 제 5 펄스들을 전극들 사이에 인가함으로써 실질적으로 흑색 컬러를 상기 시인 표면에 디스플레이하는 단계로서, 상기 일련의 제 5 펄스들은, 상기 전극들 사이의 전압차가 실질적으로 제로인 주기들과 교번하는, 상기 실질적으로 흑색 컬러를 상기 시인 표면에 디스플레이하는 단계; 및

(d) $+V_L$ 또는 $-V_L$ 중 어느 하나이고 상기 제 1 전극을 향해 상기 제 1 입자들을 드라이빙하는 극성인 일련의 제 6 펄스들을 전극들 사이에 인가함으로써 상기 제 1 입자들의 컬러를 상기 시인 표면에 디스플레이하는 단계로서, 상기 일련의 제 6 펄스들은, 상기 전극들 사이의 전압차가 실질적으로 제로인 주기들과 교번하는, 상기 제 1 입자들의 컬러를 상기 시인 표면에 디스플레이하는 단계를 더 포함하는, 전기영동 디스플레이를 드라이빙하는 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

(e) $+V_L$ 또는 $-V_L$ 중 어느 하나이고 상기 제 2 전극을 향해 상기 제 2 입자들을 드라이빙하는 극성인 일련의 제 7 펄스들을 전극들 사이에 인가함으로써 상기 제 2 입자들의 컬러 또는 상기 제 3 및 제 4 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 상기 시인 표면에 디스플레이하는 단계를 더 포함하고,

상기 일련의 제 7 펄스들은, $+V_L$ 또는 $-V_L$ 중 어느 하나이고 상기 제 7 펄스들과는 반대 극성이지만 상기 제 7 펄스들보다 길이가 더 긴 제 8 펄스들과 교번하는, 전기영동 디스플레이를 드라이빙하는 방법.

청구항 19

제 16 항에 있어서,

(c) $+V_L$ 또는 $-V_L$ 중 어느 하나이고 상기 제 2 전극을 향해 상기 제 2 입자들을 드라이빙하는 극성인 일련의 제 7 펄스들을 전극들 사이에 인가함으로써 상기 제 2 입자들의 컬러 또는 상기 제 3 및 제 4 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 상기 시인 표면에 디스플레이하는 단계를 더 포함하고,

상기 일련의 제 7 펄스들은, $+V_L$ 또는 $-V_L$ 중 어느 하나이고 상기 제 7 펄스들과는 반대 극성이지만 상기 제 7 펄스들보다 길이가 더 긴 제 8 펄스들과 교번하는, 전기영동 디스플레이를 드라이빙하는 방법.

청구항 20

제 1 및 제 2 전극들 사이에 배치된 전기영동 매질의 층을 포함하는 전기영동 디스플레이를 드라이빙 (driving) 하는 방법으로서, 상기 제 1 전극은 상기 디스플레이의 시인 표면 (viewing surface) 을 형성하며, 그리고 상기 전기영동 매질은 유체에 분산된 복수의 제 1, 제 2, 제 3, 및 제 4 입자들을 포함하고, 상기 디스플레이는 상기 제 1 및 제 2 전극들 사이에 $+V_H$, 0, 및 $-V_H$ 의 전압차들을 각각 인가하는 것을 가능하게 하는 전압 제어 수단을 가지고,

$+V_H > 0 > -V_H$ 인,

상기 방법은, 어느 순서로든 :

(a) $+V_H$ 또는 $-V_H$ 중 어느 하나이고 상기 제 2 전극을 향해 제 4 입자들을 드라이빙하는 극성인 일련의 제 1 펄스들을 전극들 사이에 인가함으로써 상기 제 4 입자들의 컬러, 및 상기 제 4 및 제 2 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 상기 시인 표면에 디스플레이하는 단계로서, 상기 일련의 제 1 펄스들은, $+V_H$ 또는 $-V_H$ 이고 상기 제 1 펄스들과는 반대 극성이지만 상기 제 1 펄스들보다 지속기간이 더 긴 제 2 펄스들과 교번하는, 상기 제 4 입자들의 컬러, 및 상기 제 4 및 제 2 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 상기 시인 표면에 디스플레이하는 단계; 및

(b) $+V_H$ 또는 $-V_H$ 중 어느 하나이고 상기 제 2 전극을 향해 제 3 입자들을 드라이빙하는 극성인 일련의 제 3 펄스들을 전극들 사이에 인가함으로써 상기 제 3 입자들의 컬러, 및 상기 제 3 및 제 2 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 상기 시인 표면에 디스플레이하는 단계로서, 상기 일련의 제 3 펄스들은, $+V_H$ 또는 $-V_H$ 이고 상기 제 3 펄스들과는 반대 극성이지만 상기 제 3 펄스들보다 지속기간이 더 긴 제 4 펄스들과 교번하는, 상기 제 3 입자들의 컬러, 및 상기 제 3 및 제 2 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 상기 시인 표면에 디스플레이하는 단계

를 포함하는, 전기영동 디스플레이를 드라이빙하는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 출원은 2014년 5월 14일자로 출원된 미국 출원 제14/277,107호 (공개 제2014/0340430호), 및 2014년 11월 20일자로 출원된 미국 출원 제14/279,125호 (공개 제2014/0340734호) 에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은 착색 전기영동 디스플레이들에 관한 것으로, 더 구체적으로는 복수의 착색 입자들을 포함하는 전기영동 재료의 단일 층을 사용하여 2 개 초과의 컬러들을 렌더링하는 것이 가능한 전기영동 디스플레이들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이 컬러라는 용어는 흑색 및 백색을 포함한다. 백색 입자들은 종종 광산란성 타입의 것이다.

[0004] 그레이 상태라는 용어는 픽셀의 2 개의 극단적인 광학 상태들의 중간 상태를 지칭하기 위해 촬상 기술 분야에서 통상의 의미로 본 명세서에서 사용되고, 반드시 이들 2 개의 극단적인 상태들 사이의 흑색-백색 천이(transition)를 내포하는 것은 아니다. 예를 들어, 하기에 지칭되는 여러 이 잉크 (E Ink) 특허들 및 공개 출원들은, 중간 그레이 상태가 실제로 담청색이 되도록 극단적인 상태들이 백색 및 심청색인 전기영동 디스플레이들을 설명한다. 실제로, 이미 언급된 바와 같이, 광학 상태의 변화는 컬러 변화가 전혀 아닐 수도 있다.

흑색 및 백색이라는 용어들은 이하 디스플레이의 2 개의 극단적인 광학 상태들을 지칭하기 위해 사용될 수도 있고, 엄격히 흑색 및 백색이 아닌 극단적인 광학 상태들, 예를 들어, 전술한 백색 및 심청색 상태들을 보통 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0005] 쌍안정 및 쌍안정성이라는 용어들은, 적어도 하나의 광학 특성이 상이한 제 1 및 제 2 디스플레이 상태들을 갖는 디스플레이 엘리먼트들을 포함하는 디스플레이들을 지칭하기 위해, 그리고 유한 지속기간의 어드레싱 펄스에 의해, 임의의 주어진 엘리먼트가 드라이빙된 (driven) 후에, 어드레싱 펄스가 종료된 이후, 디스플레이 엘리먼트의 상태를 변화시키는데 요구되는 어드레싱 펄스의 최소 지속기간인 적어도 몇 시간 동안, 예를 들어 적어도 4 시간 동안 그 상태가 지속될 것이라고 제 1 또는 제 2 디스플레이 상태 중 어느 하나를 가정하기 위해, 이 기술 분야에서 통상의 의미로 본 명세서에서 사용된다. 그레이 스케일이 가능한 일부 입자 기반 전기영동 디스플레이들은 이들의 극단적인 흑색 및 백색 상태들에서뿐만 아니라 이들의 중간 그레이 상태들에서도 안정적이고, 동일한 것이 일부 다른 타입들의 전기광학 디스플레이들에도 해당된다는 것이 미국 특허 제7,170,670호에 나타나 있다. 이러한 타입의 디스플레이는 쌍안정이라기보다는 다안정 (multi-stable) 이라고 적절히 지칭되지만, 편의상 쌍안정이라는 용어가 본 명세서에서 쌍안정과 다안정 디스플레이들 양쪽을 커버하기 위해 사용될 수도 있다.

[0006] 임펄스라는 용어는, 전기영동 디스플레이의 드라이빙을 지칭하기 위해 사용되었을 때, 본 명세서에서 디스플레이가 드라이빙되는 주기 동안 시간에 대한 인가 전압의 적분을 지칭하기 위해 사용된다.

[0007] 광대역에서 또는 선택된 파장들에서 광을 흡수, 산란, 또는 반사시키는 입자는 본 명세서에서 착색 또는 안료 입자라고 지칭된다. (그 용어의 엄격한 의미에서 불용성 착색 재료들을 의미하는 것으로서) 염료들 또는 광결정 (photonic crystal) 들 등과 같이 광을 흡수 또는 반사시키는 안료들 이외의 다양한 재료들이 또한 본 발명의 전기영동 매질들 및 디스플레이들에서 사용될 수도 있다.

[0008] 입자 기반 전기영동 디스플레이들은 수년간 집중적인 연구 및 개발의 대상이 되어 왔다. 이러한 디스플레이들에서, (때때로 안료 입자들이라고 지칭되는) 복수의 하전된 입자들은 전계의 영향 하에서 유체를 통해 이동한다. 전기영동 디스플레이들은 액정 디스플레이들과 비교한다면 양호한 밝기 및 콘트라스트, 넓은 시야각들, 상태 쌍안정성, 및 저 전력 소비의 속성들을 가질 수 있다. 그럼에도 불구하고, 이들 디스플레이들의 장기 이미지 품질에 대한 문제들은 이들의 광범위한 사용을 방해하고 있다. 예를 들어, 전기영동 디스플레이들을 구성하는 입자들은 침강하려는 경향이 있어서, 이들 디스플레이들에 대한 부적절한 서비스 수명을 초래한다.

[0009] 상기 언급된 바와 같이, 전기영동 매질들은 유체의 존재를 요구한다. 대부분의 종래 기술의 전기영동 매질들에서, 이 유체는 액체이지만, 전기영동 매질들은 기상 (gaseous) 유체들을 사용하여 제조될 수 있다; 예를 들어, Kitamura, T. 외, Electrical toner movement for electronic paper-like display, IDW Japan, 2001, Paper HCS1-1, 및 Yamaguchi, Y. 외, Toner display using insulative particles charged triboelectrically, IDW Japan, 2001, Paper AMD4-4) 참조. 미국 특허들 제7,321,459호 및 제7,236,291호도 또한 참조한다. 이러한 가스 기반 전기영동 매질들은, 입자 침강으로 인해, 예를 들어 매질이 수직 평면에 배치된다는 표시로, 이러한 침강을 가능하게 하는 배향으로 매질들이 사용될 때, 액체 기반 전기영동 매질들과 동일한 타입들의 문제들이 발생하기 쉬운 것으로 여겨진다. 실제로, 액체 현탁 유체들과 비교한다면 기상 현탁 유체들의 더 낮은 점성이 전기영동 입자들의 더 빠른 침강을 가능하게 하기 때문에, 입자 침강은 액체 기반 전기영동 매질들에서보다 가스 기반 전기영동 매질들에서 더 심각한 문제가 되는 것으로 여겨진다.

[0010] 메사추세츠 인스티튜트 오브 테크놀로지 (Massachusetts Institute of Technology; MIT) 와 이 잉크 코포레이션 (E Ink Corporation) 에게 양도되었거나 또는 이들 명의의 다수의 특허들 및 출원들은 캡슐화된 전기영동 및 다른 전기광학 매질들에 사용되는 다양한 기술들을 설명한다. 이러한 캡슐화된 매질들은 다수의 작은 캡슐

들을 포함하고, 그 캡슐들 각각은 그 자체가 유체 매질에 전기영동 이동성 입자들을 함유하는 내부상 (internal phase), 및 내부상을 둘러싸는 캡슐 벽을 포함한다. 통상적으로, 캡슐들은 그 자체가 폴리머릭 바인더 (polymeric binder) 내에 홀딩되어 2 개의 전극들 사이에 포지셔닝된 코히런트 층을 형성한다. 이들 특허들 및 출원들에서 설명되는 기술들은 다음을 포함한다 :

[0011] (a) 전기영동 입자들, 유체들 및 유체 첨가제들; 예를 들어 미국 특허들 제7,002,728호 및 제7,679,814호 참조;

[0012] (b) 캡슐들, 바인더들 및 캡슐화 프로세스들; 예를 들어 미국 특허들 제6,922,276호 및 제7,411,719호 참조;

[0013] (c) 전기광학 재료들을 함유하는 필름들 및 서브-어셈블리들; 예를 들어 미국 특허들 제6,982,178호 및 제7,839,564호 참조;

[0014] (d) 백플레인 (backplane) 들, 접착제 층들, 및 디스플레이들에 사용되는 다른 보조 층들 및 방법들; 예를 들어 미국 특허들 제7,116,318호 및 제7,535,624호 참조;

[0015] (e) 컬러 형성 및 컬러 조정; 예를 들어 미국 특허들 제6,017,584호; 제6,664,944호; 제6,864,875호; 제7,075,502호; 제7,167,155호; 제7,667,684호; 제7,791,789호; 제7,839,564호; 제7,956,841호; 제8,040,594호; 제8,054,526호; 제8,098,418호; 제8,213,076호; 및 제8,363,299호; 및 미국 특허 출원 공개들 제2004/0263947호; 제2007/0223079호; 제2008/0023332호; 제2008/0043318호; 제2008/0048970호; 제2009/0004442호; 제2009/0225398호; 제2010/0103502호; 제2010/0156780호; 제2011/0164307호; 제2011/0195629호; 제2011/0310461호; 제2012/0008188호; 제2012/0019898호; 제2012/0075687호; 제2012/0081779호; 제2012/0134009호; 제2012/0182597호; 제2012/0212462호; 제2012/0157269호; 및 제2012/0326957호 참조;

[0016] (f) 디스플레이들을 드라이빙하는 방법들; 예를 들어 미국 특허들 제5,930,026호; 제6,445,489호; 제6,504,524호; 제6,512,354호; 제6,531,997호; 제6,753,999호; 제6,825,970호; 제6,900,851호; 제6,995,550호; 제7,012,600호; 제7,023,420호; 제7,034,783호; 제7,116,466호; 제7,119,772호; 제7,193,625호; 제7,202,847호; 제7,259,744호; 제7,304,787호; 제7,312,794호; 제7,327,511호; 제7,453,445호; 제7,492,339호; 제7,528,822호; 제7,545,358호; 제7,583,251호; 제7,602,374호; 제7,612,760호; 제7,679,599호; 제7,688,297호; 제7,729,039호; 제7,733,311호; 제7,733,335호; 제7,787,169호; 제7,952,557호; 제7,956,841호; 제7,999,787호; 제8,077,141호; 제8,125,501호; 제8,139,050호; 제8,174,490호; 제8,289,250호; 제8,300,006호; 제8,305,341호; 제8,314,784호; 제8,384,658호; 제8,558,783호; 및 제8,558,785호; 및 미국 특허 출원 공개들 제2003/0102858호; 제2005/0122284호; 제2005/0253777호; 제2007/0091418호; 제2007/0103427호; 제2008/0024429호; 제2008/0024482호; 제2008/0136774호; 제2008/0291129호; 제2009/0174651호; 제2009/0179923호; 제2009/0195568호; 제2009/0322721호; 제2010/0220121호; 제2010/0265561호; 제2011/0193840호; 제2011/0193841호; 제2011/0199671호; 제2011/0285754호; 및 제2013/0194250호 (이들 특허들 및 출원들은 이하 MEDEOD (MEthods for Driving Electro-optic Displays) 출원들이라고 지칭될 수도 있다) 참조;

[0017] (g) 디스플레이들의 애플리케이션들; 예를 들어 미국 특허들 제7,312,784호 및 제8,009,348호 참조; 및

[0018] (h) 미국 특허들 제6,241,921호; 제6,950,220호; 제7,420,549호 및 제8,319,759호; 및 미국 특허 출원 공개 제2012/0293858호에서 설명된 것과 같은 비-전기영동 디스플레이들.

[0019] 전술한 특허들 및 출원들 중 많은 것들은, 캡슐화된 전기영동 매질 내의 개별 마이크로캡슐들을 둘러싸는 벽들이 연속상 (continuous phase) 으로 대체되어, 전기영동 매질이 폴리머릭 재료의 연속상 및 전기영동 유체의 복수의 개별 액적들을 포함하는 소위 폴리머-분산된 전기영동 디스플레이를 제조할 수 있다는 것과, 이러한 폴리머-분산된 전기영동 디스플레이 내의 전기영동 유체의 개별 액적들이 어떠한 개별 캡슐 멤브레인도 각각의 개별 액적과 연관되지 않더라도 캡슐들 또는 마이크로캡슐들로서 간주될 수도 있다는 것을 인식한다; 예를 들어, 미국 특허 제6,866,760호 참조. 이에 따라, 본 출원의 목적들을 위해, 이러한 폴리머-분산된 전기영동 매질들은 캡슐화된 전기영동 매질들의 아종 (sub-species) 으로서 간주된다.

[0020] 관련된 타입의 전기영동 디스플레이는 소위 마이크로셀 전기영동 디스플레이이다. 마이크로셀 전기영동 디스플레이에서, 하전된 입자들 및 유체는 마이크로캡슐들 내에 캡슐화되지 않지만, 그 대신에 캐리어 매질, 통상적으로는 폴리머릭 필름 내에 형성된 복수의 캐비티들 내에 유지된다. 예를 들어, 미국 특허들 제6,672,921

호 및 제6,788,449호를 참조하고, 이들 특허들 양쪽 모두는 Sipix Imaging, Inc. 에게 양도되었다.

[0021] 전기영동 매질들이 종종 불투명하고 (이는, 예를 들어, 많은 전기영동 매질들에서, 입자들이 디스플레이를 통한 가시광의 투과를 실질적으로 차단하기 때문이다) 반사 모드에서 동작하지만, 많은 전기영동 디스플레이들은 하나의 디스플레이 상태가 실질적으로 불투명하고 하나가 광투과성인 소위 셔터 모드에서 동작하도록 제조될 수 있다. 예를 들어, 미국 특허들 제5,872,552호; 제6,130,774호; 제6,144,361호; 제6,172,798호; 제6,271,823호; 제6,225,971호; 및 제6,184,856호를 참조한다. 전기영동 디스플레이들과 유사하지만 전계 강도의 변동들에 의존하는 유전영동 디스플레이들은 유사한 모드에서 동작할 수 있다; 미국 특허 제4,418,346호 참조. 다른 타입들의 전기광학 디스플레이들도 또한 셔터 모드에서 동작하는 것이 가능할 수도 있다. 셔터 모드에서 동작하는 전기광학 매질들은 풀 컬러 디스플레이들을 위한 다층 구조물들에 사용될 수 있고; 이러한 구조물들에서, 디스플레이의 시인 표면 (viewing surface) 에 인접한 적어도 하나의 층이 셔터 모드에서 동작하여 시인 표면으로부터 더 멀리 있는 제 2 층을 노출 또는 은폐시킨다.

[0022] 캡슐화된 전기영동 디스플레이는 통상적으로 전통적인 전기영동 디바이스들의 군집화 및 침강 실패 모드를 겪지 않으며, 광범위한 가요성 (flexible) 및 강성 (rigid) 기판들 상에서 디스플레이를 프린팅 또는 코팅하는 능력과 같은 추가의 이점들을 제공한다. (프린팅이라는 단어의 사용은 다음을 포함하지만 이들로 제한되지 않는 모든 형태들의 프린팅 및 코팅을 포함하는 것으로 의도된다 : 패치 다이 코팅, 슬롯 또는 압출 코팅, 슬라이드 또는 캐스케이드 코팅, 커튼 코팅과 같은 미리 계측된 코팅들; 나이프 오버 롤 코팅, 순방향 및 역방향 롤 코팅과 같은 롤 코팅; 그라비아 코팅; 딥 코팅; 스프레이 코팅; 메니스커스 코팅; 스핀 코팅; 브러시 코팅; 에어 나이프 코팅; 실크 스크린 프린팅 프로세스들; 정전 프린팅 프로세스들; 열 프린팅 프로세스들; 잉크젯 프린팅 프로세스들; 전기영동 퇴적 (미국 특허 제7,339,715호 참조); 및 다른 유사한 기법들.) 따라서, 결과적인 디스플레이는 가요성일 수 있다. 또한, 디스플레이 매질이 (다양한 방법들을 이용하여) 프린팅될 수 있기 때문에, 디스플레이 그 자체는 저비용으로 제조될 수 있다.

[0023] 전술한 미국 특허 제6,982,178호는 대량 생산에 매우 적합한 (캡슐화된 전기영동 디스플레이를 포함하는) 고체 전기광학 디스플레이를 어셈블링하는 방법을 설명한다. 본질적으로, 이 특허는, 순서대로, 광투과성 전기 전도성 층; 전기 전도성 층과 전기적 접촉하는 고체 전기광학 매질의 층; 접착제 층; 및 이형 시트 (release sheet) 를 포함하는 소위 프론트 플레인 라미네이트 (front plane laminate; FPL) 를 설명한다. 통상적으로, 광투과성 전기 전도성 층은, 기판이 영구적인 변형 없이 직경이 (예를 들면) 10 인치 (254 mm) 인 드럼 둘레에 수동으로 랩핑될 수 있다는 의미에서, 바람직하게는 가요성인 광투과성 기판 상에 포함될 것이다. 광투과성이라는 용어는, 이와 같이 지정된 층이, 그 층을 통해 보는 관측자가, 전기 전도성 층 및 (존재한다면) 인접한 기판을 통해 보통 시인되는 전기광학 매질의 디스플레이 상태들의 변화를 관측할 수 있게 하기에 충분한 광을 투과시킨다는 것을 의미하도록 이 특허에서와 본 명세서에서 사용되고; 전기광학 매질이 비가시 파장들에서의 반사율의 변화를 디스플레이하는 경우들에서는, 광투과성이라는 용어가 물론, 관련 비가시 파장들의 투과를 지칭하는 것으로 해석되어야 한다. 기판은 통상적으로 폴리머릭 필름일 것이고, 보통 약 1 내지 약 25 밀 (mil) (25 내지 634 ㎛), 바람직하게는 약 2 내지 약 10 밀 (51 내지 254 ㎛) 의 범위의 두께를 가질 것이다. 전기 전도성 층은 편리하게는, 예를 들어, 알루미늄 또는 인듐 주석 산화물 (indium tin oxide; ITO) 의 얇은 금속 또는 금속 산화물 층이거나, 또는 전도성 폴리머일 수도 있다. 알루미늄 또는 ITO 로 코팅된 폴리(에틸렌 테레프탈레이트) (PET) 필름들은, 예를 들어, E.I. du Pont de Nemours & Company, Wilmington DE 로부터의 알루미늄 도금된 마일라 (Mylar) (마일라는 등록 상표임) 로서 상업적으로 입수가능하고, 이러한 상업적 재료들은 프론트 플레인 라미네이트에서 양호한 결과들을 갖고 사용될 수도 있다.

[0024] 이러한 프론트 플레인 라미네이트를 사용하는 전기광학 디스플레이의 어셈블리는 프론트 플레인 라미네이트로부터 이형 시트를 제거하고 접착제 층을 백플레인에 부착시키게 하는데 효과적인 조건들 하에서 접착제 층을 백플레인과 접촉시켜서, 그에 의해 접착제 층, 전기광학 매질의 층 및 전기 전도성 층을 백플레인에 고정시킴으로써 행해질 수도 있다. 이러한 프로세스는 대량 생산에 매우 적합한데, 이는 프론트 플레인 라미네이트가 통상적으로 롤-투-롤 (roll-to-roll) 코팅 기법들을 이용하여 대량 생산된 후에, 특정 백플레인들에서의 사용을 위해 필요한 임의의 사이즈의 피스들로 절단될 수도 있기 때문이다.

[0025] 미국 특허 제7,561,324호는, 본질적으로 전술한 미국 특허 제6,982,178호의 프론트 플레인 라미네이트의 단순화된 버전인 소위 이중 이형 시트 (double release sheet) 를 설명한다. 이중 이형 시트의 하나의 형태는 2 개의 접착제 층들 사이에 개재된 고체 전기광학 매질의 층을 포함하고, 접착제 층들 중 하나 또는 양쪽 모두는 이형 시트에 의해 커버된다. 이중 이형 시트의 다른 형태는 2 개의 이형 시트들 사이에 개재된 고체 전기광학 매질의 층을 포함한다. 이중 이형 필름의 양쪽 형태들은, 이미 설명된 프론트 플레인 라미네이트로부터

전기광학 디스플레이를 어셈블링하기 위한 프로세스와 일반적으로 유사하지만 2 개의 별개의 라미네이션들을 수반하는 프로세스에서의 사용을 위해 의도된 것이고; 통상적으로, 제 1 라미네이션에서 이중 이형 시트는 전면 전극 (front electrode) 에 라미네이팅되어 전면 서브-어셈블리를 형성한 후에, 제 2 라미네이션에서, 전면 서브-어셈블리가 백플레인에 라미네이팅되어 최종 디스플레이를 형성하지만, 이들 2 개의 라미네이션들의 순서는 원한다면 역으로 될 수 있다.

[0026] 미국 특허 제7,839,564호는 전술한 미국 특허 제6,982,178호에서 설명된 프론트 플레인 라미네이트의 변형인 소위 반전된 프론트 플레인 라미네이트를 설명한다. 이 반전된 프론트 플레인 라미네이트는, 순서대로, 광투과성 보호 층과 광투과성 전기 전도성 층 중 적어도 하나; 접착제 층; 고체 전기광학 매질의 층; 및 이형 시트를 포함한다. 이 반전된 프론트 플레인 라미네이트는 전기광학 층과 전면 전극 또는 전면 기판 사이에 라미네이션 접착제의 층을 갖는 전기광학 디스플레이를 형성하는데 사용되고; 접착제의 제 2, 통상적으로는 얇은 층이 전기광학 층과 백플레인 사이에 존재할 수도 있고 또는 존재하지 않을 수도 있다. 이러한 전기광학 디스플레이들은 양호한 저온 성능과 양호한 해상도를 결합시킬 수 있다.

[0027] 상기 나타낸 바와 같이, 가장 단순한 종래 기술의 전기영동 매질들은 본질적으로 단지 2 개의 컬러들만을 디스플레이한다. 이러한 전기영동 매질들은 제 2 의 상이한 컬러를 갖는 착색 유체에서 제 1 컬러를 갖는 전기영동 입자의 단일 타입 (이 경우, 입자들이 디스플레이의 시인 표면에 인접하게 있을 때 제 1 컬러가 디스플레이되고, 입자들이 시인 표면으로부터 이격될 때 제 2 컬러가 디스플레이된다), 또는 비착색 유체에서 상이한 제 1 및 제 2 컬러들을 갖는 전기영동 입자들의 제 1 및 제 2 타입들 (이 경우, 입자들의 제 1 타입이 디스플레이의 시인 표면에 인접하게 있을 때 제 1 컬러가 디스플레이되고, 입자들의 제 2 타입이 시인 표면에 인접하게 있을 때 제 2 컬러가 디스플레이된다) 을 사용한다. 통상적으로 2 개의 컬러들은 흑색 및 백색이다. 풀 컬러 디스플레이가 요망되는 경우, 컬러 필터 어레이는 단색 (흑색 및 백색) 디스플레이의 시인 표면 상에 퇴적될 수도 있다. 컬러 필터 어레이들을 갖는 디스플레이들은 영역 공유 및 컬러 블렌딩에 의존하여 컬러 자극들을 생성한다. 이용가능한 디스플레이 영역은 적색/녹색/청색 (RGB) 또는 적색/녹색/청색/백색 (RGBW) 과 같은 3 개 또는 4 개의 원색 (primary color) 들 간에서 공유되고, 필터들은 1 차원 (스트라이프) 또는 2 차원 (2x2) 반복 패턴들로 배열될 수 있다. 3 개 초과의 원색들 또는 원색들의 다른 선정들이 또한 이 기술 분야에 공지되어 있다. 3 개 (RGB 디스플레이들의 경우) 또는 4 개 (RGBW 디스플레이들의 경우) 의 서브-픽셀들은 의도된 시인 거리에서 이들이 균일한 컬러 자극을 갖는 단일 픽셀로 함께 시각적으로 블렌딩되도록 ('컬러 블렌딩') 충분히 작게 선정된다. 영역 공유의 내재된 단점은 착색제들이 항상 존재하고, 기본 단색 디스플레이의 대응 픽셀들을 백색 또는 흑색으로 스위칭 (대응 원색들을 온 또는 오프로 스위칭) 하는 것에 의해서만 컬러들이 변조될 수 있다는 점이다. 예를 들어, 이상적인 RGBW 디스플레이에서, 적색, 녹색, 청색 및 백색 원색들 각각은 디스플레이 영역의 1/4 (4 개 중에서 하나의 서브-픽셀) 을 차지하는데, 여기서 백색 서브-픽셀은 백색인 기본 단색 디스플레이만큼 밝고, 착색 서브-픽셀들 각각은 백색인 단색 디스플레이의 1/3 보다 더 밝지 않다. 디스플레이에 의해 전체적으로 보여지는 백색 컬러의 밝기는 백색 서브-픽셀의 밝기의 1/2 보다 더 클 수 없다 (각각의 4 개의 서브-픽셀들 중에서 하나의 백색 서브-픽셀, 플러스 백색 서브-픽셀의 1/3 과 동등한 착색 형태의 각각의 착색 서브-픽셀을 디스플레이하여, 결합된 3 개의 착색 서브-픽셀들이 하나의 백색 서브-픽셀보다 더 많이 기여하지 않도록 함으로써 디스플레이의 백색 영역들이 생성된다). 컬러들의 밝기와 채도는 흑색으로 스위칭된 컬러 픽셀들과 영역-공유함으로써 낮아진다. 영역 공유는 황색을 혼합할 때 특히 문제가 되는데, 이는 황색이 동일한 밝기의 임의의 다른 컬러보다 더 밝고, 채도가 높은 황색은 거의 백색만큼 밝기 때문이다. 청색 픽셀들 (디스플레이 영역의 1/4) 을 흑색으로 스위칭하면 황색이 너무 어둡게 된다.

[0028] 다층의 적층된 전기영동 디스플레이들은 이 기술 분야에 공지되어 있다; 예를 들어, J. Heikenfeld, P. Drzaic, J-S Yeo and T. Koch, Journal of the SID, 19(2), 2011, pp. 129-156 참조. 이러한 디스플레이들에서, 주변 광은, 종래의 컬러 프린팅과의 정밀한 유사성으로, 3 개의 감법 원색 (subtractive primary color) 들 각각에서의 이미지들을 통과한다. 미국 특허 제6,727,873호는 스위칭가능한 셀들의 3 개 층들이 반사 배경 위에 배치되는 적층된 전기영동 디스플레이를 설명한다. 착색 입자들이 측방향으로 이동되거나 (국제 출원 WO 2008/065605호 참조) 또는, 수직 및 측방향 모션의 조합을 이용하여, 마이크로피트들 내에 격리되는 유사한 디스플레이들이 공지되어 있다. 양쪽 경우들에서, 각각의 층에는 픽셀 기반으로 착색 입자들을 집중 또는 분산시키도록 기능하는 전극들이 제공되어서, 3 개의 층들 각각은 박막 트랜지스터 (thin-film transistor; TFT) 들의 층 (TFT들의 3 개의 층들 중 2 개는 실질적으로 투명해야 한다) 및 광투과성 상대 전극을 요구한다. 이러한 전극들의 복잡한 배열은 제조 비용이 많이 들고, 이 기술 분야의 현재 상태에서는, 특히 디스플레이의 백색 상태가 전극들의 여러 층들을 통해 시인되어야 하므로, 픽셀 전극들의 적절하게 투명한 평면을 제공하는 것이 어렵다. 다층 디스플레이들은 또한 디스플레이 스택의 두께가 픽셀 사이즈에 근접하거나 또는 픽셀 사

이즈를 초과함에 따라 시차 문제들을 겪는다.

[0029] 미국 출원 공개들 제2012/0008188호 및 제2012/0134009호는 공통의 광투과성 전면 전극 및 독립적으로 어드레싱 가능한 픽셀 전극들을 포함하는 단일 백 플레인을 갖는 멀티컬러 전기영동 디스플레이들을 설명한다. 백 플레인과 전면 전극 사이에는 복수의 전기영동 층들이 배치된다. 이들 출원들에서 설명된 디스플레이들은 임의의 픽셀 위치에서 원색들 (적색, 녹색, 청색, 시안 (cyan), 마젠타 (magenta), 황색, 백색 및 흑색) 중 임의의 것을 렌더링하는 것이 가능하다. 그러나, 어드레싱 전극들의 단일 세트 사이에 위치되는 다수의 전기영동 층들의 사용에는 단점들이 있다. 특정 층에서 입자들에 의해 경험되는 전계는 동일한 전압으로 어드레싱되는 단일 전기영동 층에 대한 경우보다 더 낮다. 또한, (예를 들어, 광 산란 또는 원하지 않는 흡수에 의해 야기되는) 시인 표면에 가장 가까운 전기영동 층에서의 광학 손실들은 기본 전기영동 층들에 형성되는 이미지들의 어피어런스 (appearance) 에 영향을 미칠 수도 있다.

[0030] 단일 전기영동 층을 사용하여 풀 컬러 전기영동 디스플레이들을 제공하려는 시도들이 있어 왔다. 예를 들어, 미국 특허 출원 공개 제2013/0208338호는 클리어하고 무색이거나 착색된 용매에 분산된 하나의 또는 2 개의 타입들의 안료 입자들을 포함하는 전기영동 유체를 포함하는 컬러 디스플레이를 설명한 것으로, 그 전기영동 유체는 공통 전극과 복수의 드라이빙 전극들 사이에 개재된다. 드라이빙 전극들은 배경 층을 노출시키기 위해 소정 거리에서 유지된다. 미국 특허 출원 공개 제2014/0177031호는 2 개의 콘트라스트 컬러들의 그리고 반대 전하 극성들을 갖는 하전된 입자들의 2 개의 타입들을 포함하는 전기영동 유체로 채워진 디스플레이 셀을 드라이빙하는 방법을 설명한다. 안료 입자들의 2 개의 타입들은 착색 용매에 또는 비-하전된 또는 약간 하전된 착색 입자들이 내부에 분산된 용매에 분산된다. 이 방법은 풀 드라이빙 전압의 약 1 내지 약 20% 인 드라이빙 전압을 인가함으로써 용매의 컬러 또는 비-하전된 또는 약간 하전된 착색 입자들의 컬러를 디스플레이하도록 디스플레이 셀을 드라이빙하는 단계를 포함한다. 미국 특허 출원 공개 제2014/0092465호 및 제2014/0092466호는 전기영동 유체, 및 전기영동 디스플레이를 드라이빙하는 방법을 설명한다. 유체는 제 1, 제 2 및 제 3 타입들의 안료 입자들을 포함하고, 이들 모두는 용매 또는 용매 혼합물에 분산된다. 제 1 및 제 2 타입들의 안료 입자들은 반대 전하 극성들을 가지며, 제 3 타입의 안료 입자들은 제 1 또는 제 2 타입의 전하 레벨의 약 50% 보다 더 작은 전하 레벨을 갖는다. 3 개의 타입들의 안료 입자들은 상이한 레벨들의 임계 전압, 또는 상이한 레벨들의 이동도, 또는 이들 양쪽을 갖는다. 이들 특허 출원들 중 어느 것도, 풀 컬러 디스플레이를, 그 용어가 하기에 사용된다는 의미에서 개시하지 않는다.

[0031] 미국 특허 출원 공개 제2007/0031031호는 각각의 픽셀이 백색, 흑색 및 하나의 다른 컬러를 디스플레이하는 것이 가능한 디스플레이 매질 상에 이미지를 디스플레이하기 위해 이미지 데이터를 프로세싱하기 위한 이미지 프로세싱 디바이스를 설명한다. 미국 특허 출원 공개들 제2008/0151355호; 제2010/0188732호; 및 제2011/0279885호는 이동성 입자들이 다공성 구조물을 통해 이동하는 컬러 디스플레이를 설명한다. 미국 특허 출원 공개들 제2008/0303779호 및 제2010/0020384호는 상이한 컬러들의 제 1, 제 2 및 제 3 입자들을 포함하는 디스플레이 매질을 설명한다. 제 1 및 제 2 입자들은 응집체들을 형성할 수 있고, 더 작은 제 3 입자들은 응집된 제 1 및 제 2 입자들 사이에 남겨진 개구들을 통해 이동할 수 있다. 미국 특허 출원 공개 제2011/0134506호는 한 쌍의 기판들 사이에 둘러싸인 복수 타입들의 입자들로서, 그 기판들 중 적어도 하나는 반투명하고 각각의 복수 타입들의 입자들 각각은 동일한 극성으로 하전되고, 광학 특성들이 상이하며, 이동을 위한 전계 임계 값 및/또는 이행 속도 (migration speed) 중 어느 하나가 상이한, 그 복수 타입들의 입자들, 반투명 기판이 배치되는 기판 측에 제공되는 반투명 디스플레이측 전극, 디스플레이측 전극과 대향하는, 다른 기판 측에 제공되는 제 1 후면측 전극, 디스플레이측 전극과 대향하는, 다른 기판 측에 제공되는 제 2 후면측 전극을 포함하는 전기영동 디스플레이 엘리먼트; 및 디스플레이측 전극, 제 1 후면측 전극, 및 제 2 후면측 전극에 인가된 전압들을 제어하여, 복수 타입들의 입자들로부터 가장 빠른 이행 속도를 갖는 타입들의 입자들, 또는 복수 타입들의 입자들로부터 가장 낮은 임계 값을 갖는 타입들의 입자들이, 입자들의 상이한 타입들 각각에 의해 순차적으로, 제 1 후면측 전극으로 또는 제 2 후면측 전극으로 이동되고, 그 후에 제 1 후면측 전극으로 이동한 입자들이 디스플레이측 전극으로 이동되도록 하는 전압 제어 섹션을 포함하는 디스플레이 디바이스를 설명한다.

미국 특허 출원 공개들 제2011/0175939호; 제2011/0298835호; 제2012/0327504호; 및 제2012/0139966호는 임계 전압들 및 다수의 입자들의 응집에 의존하는 컬러 디스플레이들을 설명한다. 미국 특허 출원 공개 제2013/0222884호는, 공중합 성분들로서, 모노머들의 특정 군으로부터 선택된 적어도 하나의 모노머 및 반응성 모노머를 함유하고 착색 입자에 부착되는 분지형 실리콘계 폴리머, 및 하전기-함유 폴리머 (charged group-containing polymer) 및 착색제를 함유하는 착색 입자를 함유하는 전기영동 입자를 설명한다. 미국 특허 출원 공개 제2013/0222885호는 분산매, 분산매에 분산되고 전계에서 이행하는 착색 전기영동 입자군, 이행하지 않고 전기영동 입자군의 컬러와는 상이한 컬러를 갖는 비-전기영동 입자군, 및 전체 분산액에 기초하여 약 0.01

내지 약 1 질량% 의 비율로 분산매에 함유되는 소수성기 및 중성 극성기를 갖는 화합물을 함유하는 전기영동 디스플레이용 분산액을 설명한다. 미국 특허 출원 공개 제2013/0222886호는 착색제 및 친수성 수지를 포함하는 코어 입자들; 및 코어 입자들 각각의 표면을 커버하고 용해도 파라미터의 차이가 7.95 $(J/cm^3)^{1/2}$ 이상인 소수성 수지를 함유하는 쉘을 함유하는 부유 입자들을 포함하는 디스플레이용 분산액을 설명한다. 미국 특허 출원 공개들 제2013/0222887호 및 제2013/0222888호는 특정된 화학 조성물들을 갖는 전기영동 입자를 설명한다.

최종적으로, 미국 특허 출원 공개 제2014/0104675호는 전계에 반응하여 이동하는 제 1 및 제 2 착색 입자들 및 분산매를 포함하는 입자 분산물을 설명한 것으로, 제 2 착색 입자들은 제 1 착색 입자들보다 더 큰 직경 및 제 1 컬러 입자들의 하전 특성과 동일한 하전 특성을 가지며, 여기서 디스플레이의 단위 면적 당 제 1 착색 입자들의 전하량 Cs 대 제 2 착색 입자들의 전하량 Cl 의 비율 (Cs/Cl) 은 5 이하이다. 전술한 디스플레이들 중 일부는 풀 컬러를 제공하지만, 길고 번거로운 어드레싱 방법들을 요구한다는 대가를 치르게 된다.

[0032] 미국 특허 출원 공개들 제2012/0314273호 및 제2014/0002889호는 절연 액체에 포함되는 복수의 제 1 및 제 2 전기영동 입자들을 포함하는 전기영동 디바이스를 설명한 것으로, 제 1 및 제 2 입자들은, 서로 상이한, 상이한 하전 특성들을 가지며; 디바이스는 절연 액체에 포함되고 섬유질 구조물로 형성된 다공성 층을 더 포함한다.

이들 특허 출원들은 그 용어가 하기에 사용된다는 의미에서 풀 컬러 디스플레이들이 아니다.

[0033] 또한, 미국 특허 출원 공개 제2011/0134506호 및 전술한 출원 제14/277,107호를 참조한다; 후자는 착색 유체에서 3 개의 상이한 타입들의 입자들을 사용하는 풀 컬러 디스플레이를 설명하지만, 착색 유체의 존재는 디스플레이에 의해 달성될 수 있는 백색 상태의 품질을 제한한다.

[0034] 요약하면, 이 기술 분야의 현재 상태는 풀 컬러 디스플레이들이 느린 스위칭 속도들 (길게는 몇 초 동안), 높은 어드레싱 전압들과 같은 절충안들 또는 컬러 품질에 대한 절충안들을 통상적으로 수반한다는 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0035] 본 발명은 단일 전기영동 층만을 사용하지만 백색, 흑색, 3 개의 감법 원색들 (시안, 마젠타 및 황색) 및 3 개의 가법 원색 (additive primary color) 들 (적색, 녹색 및 청색) 을 디스플레이의 매 픽셀마다 사용하는 것이 가능한 풀 컬러 디스플레이, 및 이러한 전기영동 디스플레이를 드라이빙하는 방법을 제공하려고 한다.

과제의 해결 수단

[0036] 이에 따라, 본 발명은 :

[0037] (a) 유체;

[0038] (b) 유체에 분산된 복수의 제 1 및 복수의 제 2 입자들로서, 제 1 및 제 2 입자들은 반대 극성의 전하들을 포함하고, 제 1 입자는 광산란성 입자이고 제 2 입자는 감법 원색들 중 하나를 갖는, 그 복수의 제 1 및 복수의 제 2 입자들; 및

[0039] (c) 유체에 분산된 복수의 제 3 및 복수의 제 4 입자들로서, 제 3 및 제 4 입자들은 반대 극성의 전하들을 포함하고, 제 3 및 제 4 입자들 각각은 서로 상이한 그리고 제 2 입자들과는 상이한 감법 원색을 갖는, 그 복수의 제 3 및 복수의 제 4 입자들

[0040] 을 포함하는 전기영동 매질을 제공하고,

[0041] 여기서 제 3 및 제 4 입자들에 의해 형성된 응집체를 분리시키는데 요구되는 전계는, 임의의 다른 2 개의 타입들의 입자들로부터 형성된 응집체를 분리시키는데 요구되는 전계보다 더 크다.

[0042] 본 발명은 또한, 제 1 및 제 2 입자들 사이에서 형성된 응집체들을 분리시키는데 요구되는 전계가, 제 3 및 제 4 입자들, 제 1 및 제 4 입자들, 또는 제 2 및 제 3 입자들 사이에서 형성된 응집체들을 분리시키는데 요구되는 전계보다 더 작은 상술된 것과 같은 전기영동 매질을 제공한다.

[0043] 다른 실시형태에서, 본 발명은 :

[0044] (a) 유체;

[0045] (b) 유체에 분산된 복수의 제 1 및 복수의 제 2 입자들로서, 제 1 및 제 2 입자들은 반대 극성의 전하

들을 포함하고, 입자들 각각은, 본질적으로 용매화되지 않은 상태에서 (즉, 건조된 분말에서) 의 폴리머의 체적이 복수의 입자들 (즉, 코어 안료 및 폴리머 코팅을 포함함) 의 총 체적의 적어도 20% 이도록 폴리머 코팅을 가지며; 제 1 입자는 광산란성 입자이고 제 2 입자는 감법 원색들 중 하나를 갖는, 그 복수의 제 1 및 복수의 제 2 입자들;

[0046] (c) 유체에 분산된 복수의 제 3 입자들로서, 제 3 입자들은 제 1 입자들과 동일한 극성의 전하들을 포함하고, 본질적으로 용매화되지 않은 상태에서 (즉, 건조된 분말에서) 의 폴리머의 체적이 복수의 입자들 (즉, 코어 안료 및 폴리머 코팅을 포함함) 의 총 체적의 15% 보다 더 많지 않도록 폴리머 코팅을 갖거나 또는 어떠한 폴리머 코팅도 갖지 않으며; 제 2 입자들의 것과는 상이한 감법 원색을 갖는, 그 복수의 제 3 입자들; 및

[0047] (d) 복수의 제 4 입자들로서, 제 4 입자들은 제 2 입자들과 동일한 극성의 전하들을 포함하고, 본질적으로 용매화되지 않은 상태에서 (즉, 건조된 분말에서) 의 폴리머의 체적이 복수의 입자들 (즉, 코어 안료 및 폴리머 코팅을 포함함) 의 총 체적의 15% 보다 더 많지 않도록 폴리머 코팅을 갖거나 또는 어떠한 폴리머 코팅도 갖지 않으며; 제 2 및 제 3 입자들의 것들과는 상이한 감법 원색을 갖는, 그 복수의 제 4 입자들

[0048] 을 포함하는 전기영동 매질을 제공한다.

[0049] 게다가, 본 발명은 제 2, 제 3 및 제 4 입자들 중 적어도 2 개가 실질적으로 비-산란성인 이러한 전기영동 매질을 제공한다.

[0050] 더 더욱, 본 발명은 제 1 입자가 백색이고 제 2, 제 3 및 제 4 입자들이 실질적으로 비-산란성인 이러한 전기영동 매질을 제공한다.

[0051] 본 발명은 또한 유체에 분산된 상술된 것과 같은 입자의 4 개의 타입들을 포함하는 전기영동 매질을 제공하고, 여기서 :

[0052] (a) 제 4 입자들 및 제 1 또는 제 2 입자들의 백색 입자들 각각은 아크릴레이트 또는 메타크릴레이트 에스테르 모노머의 적어도 약 60 중량% 를 포함하는 폴리머 코팅을 가지며, 여기서 에스테르기는, 적어도 약 6 개의 탄소 원자들을 포함하는 탄화수소 사슬을 포함하고;

[0053] (b) 제 1 또는 제 2 입자들의 착색 입자들은 폴리디메틸실록산-함유 모노머를 포함하는 물리흡착된 (physisorbed) 폴리머 코팅을 갖는다.

[0054] 선호되는 실시형태에서, 제 1 및 제 3 입자들은 네거티브로 하전되고 제 2 및 제 4 입자들은 포지티브로 하전된다.

[0055] 본 발명의 전기영동 매질의 하나의 선호되는 형태에서, 제 1, 제 2, 제 3 및 제 4 입자들은 각각 컬러가 백색, 시안, 황색 및 마젠타이다. 백색 및 황색 입자들은 네거티브로 하전되고 마젠타 및 시안 입자들은 포지티브로 하전된다.

[0056] 다른 양태에서, 본 발명은 :

[0057] (a) 유체;

[0058] (b) 유체에 분산된 복수의 제 1 및 복수의 제 4 입자들로서, 제 1 및 제 4 입자들은 반대 극성의 전하들을 포함하고, 입자들 각각은, 아크릴레이트 또는 메타크릴레이트 에스테르 모노머의 적어도 약 60 중량% 를 포함하는 폴리머 코팅을 가지며, 여기서 에스테르기는, 적어도 약 6 개의 탄소 원자들을 포함하는 탄화수소 사슬을 포함하고, 제 1 및 제 4 입자들 중 하나는 광산란성 입자이고 제 1 및 제 4 입자들 중 다른 하나는 감법 원색들 중 하나를 갖는 실질적으로 비-광산란성 입자인, 그 복수의 제 1 및 복수의 제 4 입자들;

[0059] (c) 유체에 분산된 복수의 제 2 입자들로서, 제 2 입자들은 제 4 입자들과 동일한 극성의 전하들을 포함하고, 폴리디메틸실록산-함유 모노머의 적어도 약 60 중량% 를 포함하는 폴리머 코팅을 가지며, 제 1 및 제 4 입자들 중 실질적으로 비-광산란성 입자와는 상이한 감법 원색을 갖는, 그 복수의 제 2 입자들; 및

[0060] (d) 복수의 제 3 입자들로서, 제 3 입자들은 제 1 입자들과 동일한 극성의 전하들을 포함하고, 실질적으로 비-광산란성이고, 제 1 및 제 4 입자들 중 실질적으로 비-광산란성 입자와는 상이한 그리고 제 2 입자들의 것과는 상이한 감법 원색을 갖는, 그 복수의 제 3 입자들

[0061] 을 포함하는 전기영동 매질을 제공한다.

[0062] 추가 양태에서, 본 발명은 본 발명의 전기영동 디스플레이를 드라이빙하는 방법을 제공하고, 디스플레이는, 제

1 및 제 2 전극들 사이에 배치된 전기영동 매질의 층을 포함하고, 제 1 전극은 디스플레이의 시인 표면을 형성하고, 디스플레이는, 제 1 및 제 2 전극들 사이에 +VH, +VL, 0, -VL 및 -VH 의 전압차들을 각각 인가하는 것이 가능한 전압 제어 수단을 가지며, 여기서 :

[0063] $+V_H > +V_L > 0 > -V_L > -V_H$ 이고,

[0064] 이 방법은, 어느 순서로든 :

[0065] (a) $+V_H$ 또는 $-V_H$ 중 어느 하나이고 제 1 전극을 향해 제 4 입자들을 드라이빙하는 극성인 일련의 제 1 펄스들을 전극들 사이에 인가함으로써 제 4 입자들의 컬러, 및 제 4 및 제 2 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 시인 표면에 디스플레이하는 단계로서, 상기 일련의 제 1 펄스들은, $+V_L$ 또는 $-V_L$ 이고 제 1 펄스들과는 반대 극성이지만 제 1 펄스들보다 지속기간이 더 긴 제 2 펄스들과 교번하는, 그 제 4 입자들의 컬러, 및 제 4 및 제 2 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 시인 표면에 디스플레이하는 단계; 및

[0066] (b) $+V_H$ 또는 $-V_H$ 중 어느 하나이고 제 1 전극을 향해 제 3 입자들을 드라이빙하는 극성인 일련의 제 3 펄스들을 전극들 사이에 인가함으로써 제 3 입자들의 컬러, 및 제 3 및 제 2 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 시인 표면에 디스플레이하는 단계로서, 상기 일련의 제 3 펄스들은, $+V_L$ 또는 $-V_L$ 이고 제 3 펄스들과는 반대 극성이지만 제 3 펄스들보다 지속기간이 더 긴 제 4 펄스들과 교번하는, 그 제 3 입자들의 컬러, 및 제 3 및 제 2 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 시인 표면에 디스플레이하는 단계를 포함한다.

[0067] 이 방법은,

[0068] (c) $+V_L$ 또는 $-V_L$ 중 어느 하나이고 제 2 전극을 향해 제 1 입자들을 드라이빙하는 극성인 일련의 제 5 펄스들을 전극들 사이에 인가함으로써 실질적으로 흑색 컬러를 시인 표면에 디스플레이하는 단계로서, 상기 일련의 제 5 펄스들은, 전극들 사이의 전압차가 실질적으로 제로인 주기들과 교번하는, 그 실질적으로 흑색 컬러를 시인 표면에 디스플레이하는 단계;

[0069] (d) $+V_L$ 또는 $-V_L$ 중 어느 하나이고 제 1 전극을 향해 제 1 입자들을 드라이빙하는 극성인 일련의 제 6 펄스들을 전극들 사이에 인가함으로써 제 1 입자들의 컬러를 시인 표면에 디스플레이하는 단계로서, 상기 일련의 제 6 펄스들은, 전극들 사이의 전압차가 실질적으로 제로인 주기들과 교번하는, 그 제 1 입자들의 컬러를 시인 표면에 디스플레이하는 단계를 더 포함할 수도 있다.

[0070] 이 방법이 단계들 (c) 및 (d) 를 포함하든 아니든 간에, 이 방법은 :

[0071] (e) $+V_L$ 또는 $-V_L$ 중 어느 하나이고 제 2 전극을 향해 제 2 입자들을 드라이빙하는 극성인 일련의 제 7 펄스들을 전극들 사이에 인가함으로써 제 2 입자들의 컬러 또는 제 3 및 제 4 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 시인 표면에 디스플레이하는 단계를 더 포함할 수도 있고, 상기 일련의 제 7 펄스들은, $+V_L$ 또는 $-V_L$ 중 어느 하나이고 제 7 펄스들과는 반대 극성이지만 제 7 펄스들보다 길이가 더 긴 제 8 펄스들과 교번한다.

[0072] 본 발명은 또한 본 발명의 전기영동 디스플레이를 드라이빙하는 대안적인 방법을 제공하고, 디스플레이는, 제 1 및 제 2 전극들 사이에 배치된 전기영동 매질의 층을 포함하고, 제 1 전극은 디스플레이의 시인 표면을 형성하고, 디스플레이는, 제 1 및 제 2 전극들 사이에 +VH, 0, 및 -VH 의 전압차들을 각각 인가하는 것이 가능한 전압 제어 수단을 가지며, 여기서 :

[0073] $+V_H > 0 > -V_H$ 이고

[0074] 이 방법은, 어느 순서로든 :

[0075] (a) $+V_H$ 또는 $-V_H$ 중 어느 하나이고 제 2 전극을 향해 제 4 입자들을 드라이빙하는 극성인 일련의 제 3 펄스들을 전극들 사이에 인가함으로써 제 4 입자들의 컬러, 및 제 4 및 제 2 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 시인 표면에 디스플레이하는 단계로서, 상기 일련의 제 1 펄스들은, $+V_H$ 또는 $-V_H$ 이고 제 1 펄스들과는 반대 극성이지만 제 1 펄스들보다 지속기간이 더 긴 제 2 펄스들과 교번하는, 그 제 4 입자들의 컬러, 및 제 4 및 제 2 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 시인 표면에 디스플레이하는 단계; 및

[0076] (b) +VH 또는 -VH 중 어느 하나이고 제 2 전극을 향해 제 3 입자들을 드라이빙하는 극성인 일련의 제 3 펄스들을 전극들 사이에 인가함으로써 제 3 입자들의 컬러, 및 제 3 및 제 2 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하

여 시인 표면에 디스플레이하는 단계로서, 상기 일련의 제 3 펄스들은, +VH 또는 -VH 이고 제 3 펄스들과는 반대 극성이지만 제 3 펄스들보다 지속기간이 더 긴 제 4 펄스들과 교번하는, 그 제 3 입자들의 컬러, 및 제 3 및 제 2 입자들의 혼합물의 컬러를 교번하여 시인 표면에 디스플레이하는 단계를 포함한다.

[0077] 이러한 대안적인 방법은 상기 제시된 단계들 (c), (d) 및 (e) 중 임의의 하나 이상의 단계를 옵션적으로 포함할 수도 있다.

[0078] 본 발명의 전기영동 매질들은 예를 들어 상기 언급된 이 잉크 및 MIT 특허들 및 출원들에서 설명된 것과 같은 종래 기술의 전기영동 매질들에 사용되는 첨가제들 중 임의의 것을 함유할 수도 있다. 따라서, 예를 들어, 본 발명의 전기영동 매질은 통상적으로 다양한 입자들 상의 전하를 제어하기 위한 적어도 하나의 전하 제어제를 포함할 것이고, 유체는, 전술한 미국 특허 제7,170,670호에서 설명된 바와 같이, 약 20,000 초과의 수평균 분자량을 가지며 입자들에 대해 본질적으로 비-흡수성인 폴리머를 용해 또는 분산시켜서 디스플레이의 쌍안정성을 개선시킬 수도 있다.

[0079] 이미 언급된 바와 같이, 하나의 선호되는 실시형태에서, 본 발명은 통상적으로는 백색인 광산란성 입자, 및 3 개의 실질적으로 비-광산란성 입자들의 사용을 요구한다. 물론, 완전한 광산란성 입자 또는 완전한 비-광산란성 입자와 같은 것은 없고, 본 발명의 전기영동에 사용되는, 광산란성 입자의 광 산란의 최소 정도, 및 실질적으로 비-광산란성 입자들에서 허용가능한 광 산란의 최대 허용가능 정도는, 사용되는 정확한 안료들, 이들의 컬러들 및 이상적인 원하는 컬러들로부터의 일부 편차를 허용하는 사용자 또는 애플리케이션의 능력과 같은 팩터 (factor) 들에 따라 다소 달라질 수도 있다. 안료의 산란 및 흡수 특성들은 백색 및 어두운 배경들에 대해 적절한 매트릭스 또는 액체에 분산된 안료 샘플의 확산 반사율의 측정에 의해 평가될 수도 있다. 이러한 측정들로부터의 결과들은 이 기술 분야에 널리 공지된 다수의 모델들, 예를 들어, 1 차원 쿠벨카-문크 (Kubelka-Munk) 처리에 따라 해석될 수 있다. 본 발명에서, 백색 안료는, 1.55 보다 더 작은 굴절률의 액체 및 안료를 포함하는 두께 1 ㎛ 의 층에 안료가 15 체적% 로 대략 등방성으로 분포될 때, 적어도 5% 의, 흑색 배경 위에서 측정된 550 nm 에서의 확산 반사율을 나타내는 것이 선호된다. 황색, 마젠타 및 시안 안료들은, 동일한 조건들 하에서, 2.5% 보다 더 작은, 흑색 배경 위에서 측정된 650, 650 및 450 nm 에서의 확산 반사율들을 나타내는 것이 바람직하다. (황색, 마젠타 및 시안 안료들의 측정을 위해 상기 선정된 파장들은 이들 안료들에 의한 최소 흡수의 스펙트럼 영역들에 대응한다.) 이러한 기준들을 충족시키는 착색 안료들은 이하 "비-산란성" 또는 "실질적으로 비-광산란성" 이라고 지칭된다.

[0080] 하기 표 1 은 본 발명의 전기영동 매질들에서 유용한 선호되는 황색, 마젠타, 시안 및 백색 안료들 (Y1, M1, C1 및 W1, 하기에 더 상세히 설명됨) 의 확산 반사율을, 폴리(이소부틸렌) 매트릭스에 분산된 이들 재료들의 쿠벨카-문크 분석에 따른 이들의 흡수 및 산란 계수들의 비율과 함께 나타낸다.

표 1

		0% 흑색에 대한 1μm 층의 확산 반사율			흡수 / 산란 비율		
컬러	체적 분율	450 nm	550 nm	650 nm	K/S 450nm	K/S 550nm	K/S 650nm
황색 (Y1)	0.097	4.5%	0.9%	0.5%	9.67	0.38	0.63
황색 (Y1)	0.147	4.4%	0.9%	0.4%	9.84	0.25	0.02
마젠타 (M1)	0.115	2.8%	3.8%	0.7%	10.01	10.85	1.27
마젠타 (M1)	0.158	3.2%	4.1%	1.0%	10.00	10.75	1.64
마젠타 (M1)	0.190	3.4%	4.1%	1.3%	10.09	10.80	1.03
시안 (C1)	0.112	1.3%	3.7%	4.3%	7.27	11.17	10.22
시안 (C1)	0.157	1.5%	3.8%	4.3%	7.41	11.30	10.37
시안 (C1)	0.202	1.7%	3.9%	4.3%	7.21	11.56	10.47
백색 (W1)	0.147	8.1%	6.2%	4.8%	0.0015	0.0020	0.0026
백색 (W1)	0.279	24.9%	20.6%	17.0%	0.0003	0.0003	0.0004
백색 (W1)	0.339	26.3%	21.7%	18.1%	0.0001	0.0002	0.0002

[0081]

[0082] 본 발명의 전기영동 매질은 상기 논의된 형태들 중 임의의 것으로 될 수도 있다. 따라서, 전기영동 매질은 캡슐화되지 않거나, 캡슐 벽들에 의해 둘러싸인 개별 캡슐들에 캡슐화되거나, 또는 폴리머-분산된 또는 마이크로셀 매질의 형태로 캡슐화될 수도 있다.

[0083] 본 발명은 본 발명의 전기영동 매질을 포함하는 프론트 플레인 라미네이트, 이중 이형 시트, 반전된 프론트 플레인 라미네이트 또는 전기영동 디스플레이로 확장된다. 본 발명의 디스플레이들은 종래 기술의 전기광학 디스플레이들이 사용된 임의의 애플리케이션에 사용될 수도 있다. 따라서, 예를 들어, 본 디스플레이들은 전자책 판독기들, 휴대용 컴퓨터들, 태블릿 컴퓨터들, 셀룰러 전화기들, 스마트 카드들, 표지판 (sign) 들, 시계들, 선반 라벨들 및 플래시 드라이브들에 사용될 수도 있다.

도면의 간단한 설명

[0084] 첨부 도면들의 도 1 은 흑색, 백색, 3 개의 감법 원색들 및 3 개의 가법 원색들을 디스플레이할 때 본 발명의 전기영동 매질에서의 다양한 입자들의 포지션들을 도시하는 개략 단면도이다.

도 2 는 본 발명에서 사용되는 안료 입자의 4 개의 타입들을 개략적인 형태로 도시한다.

도 3 은 본 발명의 입자들의 쌍들 사이의 상호작용들의 상대 강도들을 개략적인 형태로 도시한다.

도 4 는 가변 강도 및 지속기간의 전계들이 가해졌을 때의 본 발명의 입자들의 거동을 개략적인 형태로 도시한다.

도 5a 및 도 5b 는 도 1 에 도시된 전기영동 매질을 그의 흑색 및 백색 상태들로 각각 드라이빙하는데 사용되는 파형들을 도시한다.

도 6a 및 도 6b 는 도 1 에 도시된 전기영동 매질을 그의 마젠타 및 청색 상태들로 드라이빙하는데 사용되는 파형들을 도시한다.

도 6c 및 도 6d 는 도 1 에 도시된 전기영동 매질을 그의 황색 및 녹색 상태들로 드라이빙하는데 사용되는 파형들을 도시한다.

도 7a 및 도 7b 는 도 1 에 도시된 전기영동 매질을 그의 적색 및 시안 상태들로 각각 드라이빙하는데 사용되는 파형들을 도시한다.

도 8 및 도 9 는 도 1 에 도시된 전기영동 매질을 모든 그의 컬러 상태들로 드라이빙하기 위해 도 5a 및 도 5b, 도 6a 내지 도 6d 및 도 7a 및 도 7b 에 도시된 것들을 대신하여 사용될 수도 있는 파형들을 예시한다.

도 10 은 본 발명의 소정 입자들에 대한 전하 제어제의 흡착을 예시하는 그래프이다.

도 11 은 전계가 가해졌을 때 본 발명의 입자들의 모션을 시인하기 위해 하기 실시예 9 에서 사용되는 장치에 대한 개략 단면도이다.

도 12 및 도 13 은 전계가 가해졌을 때 본 발명의 마젠타 및 황색 입자들, 및 본 발명의 시안 및 황색 입자들 각각의 혼합물들의 모션의 이미지들이다.

도 14 의 a) 는 시안 및 백색 안료들을 함유하는 제제에 침전되고 500 V 에서 30 초 동안 DC 바이어싱된 후의 ITO 코팅된 유리 슬라이드들의 사진이다.

도 14 의 b) 는 마젠타 및 백색 안료들을 함유하는 제제에 침전되고 500 V 에서 30 초 동안 DC 바이어싱된 후의 ITO 코팅된 유리 슬라이드들의 사진이다.

도 14 의 c) 는 마젠타 및 황색 안료들을 함유하는 제제에 침전되고 500 V 에서 30 초 동안 DC 바이어싱된 후의 ITO 코팅된 유리 슬라이드들의 사진이다.

도 15 내지 도 18 은 본 발명의 전기영동 매질 및 소정 입자들이 결여된 유사한 매질들이 스위칭됨에 따라 450 nm, 550 nm, 및 650 nm 에서 측정된 광학 밀도들을 도시하는 그래프들이다.

도 19 내지 도 21 은, 하기 실시예 14 에서 설명되는 실험들에서 측정된 것과 같은, 제타 전위의 차이들의 함수로서 8 개의 "원색들" 모두에 대한 SNAP 표준으로부터의 평균 거리를 도시하는 그래프들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0085] 상기 나타낸 바와 같이, 본 발명은 하나의 광산란성 입자 (통상적으로 백색) 및 3 개의 감법 원색들을 제공하는 3 개의 다른 입자들을 포함하는 전기영동 매질을 제공한다. (2014년 9월 10일자로 출원된 동시계류 중인 출원 제62/048,591호 및 2015년 6월 1일자로 출원된 동시계류 중인 출원 제62/169,221호에서, 상기 그리고 이하 설명되는 제 1, 제 2, 제 3 및 제 4 안료 타입들은 각각 제 1, 제 3, 제 4 및 제 2 안료 타입들이라고 지칭되었다는 것에 주목한다.)

[0086] 3 개의 감법 원색들을 제공하는 3 개의 입자들은 실질적으로 비-광산란성 (substantially non-light-scattering; "SNLS") 일 수도 있다. SNLS 입자들의 사용은 컬러들의 혼합을 가능하게 하고, 동일한 수의 산란 입자들로 달성될 수 있는 것보다 더 많은 컬러 결과들을 제공한다. 전술한 US 2012/0327504호는 감법 원색들을 갖는 입자들을 사용하지만, 비-백색 입자들의 독립적인 어드레싱을 위한 2 개의 상이한 전압 임계치들을 요구한다 (즉, 디스플레이는 3 개의 포지티브 및 3 개의 네거티브 전압들로 어드레싱된다). 이들 임계치들은 크로스토크를 피하기 위해 충분히 분리되어야 하고, 이러한 분리는 일부 컬러들에 대해 높은 어드레싱 전압들의 사용을 필요로 한다. 또한, 가장 높은 임계치로 착색 입자를 어드레싱하는 것은 또한 모든 다른 착색 입자들을 이동시키고, 이들 다른 입자들은 그에 후속하여 더 낮은 전압들에서 이들의 원하는 포지션들로 스위칭되어야 한다. 이러한 계단식 컬러 어드레싱 방식은 원하지 않는 컬러들의 플래싱 (flashing) 과 긴 천이 시간을 발생시킨다. 본 발명은 이러한 계단식 파형의 사용을 요구하지 않고, 모든 컬러들에 대한 어드레싱은, 후술되는 바와 같이, 단지 2 개의 포지티브 및 2 개의 네거티브 전압들만으로 달성될 수 있다 (즉, 단지 5 개의 상이한 전압들, 즉, 2 개의 포지티브 전압들, 2 개의 네거티브 전압들 및 제로 전압만이 디스플레이에 요구되지만, 소정 실시형태들에서 후술되는 바와 같이 디스플레이를 어드레싱하기 위해 더 많은 상이한 전압들을 사용하는 것이 선호될 수도 있다).

[0087] 이미 언급된 바와 같이, 첨부 도면들의 도 1 은 흑색, 백색, 3 개의 감법 원색들 및 3 개의 가법 원색들을 디스플레이할 때 본 발명의 전기영동 매질에서의 다양한 입자들의 포지션들을 도시하는 개략 단면도이다. 도 1 에서, 디스플레이의 시인 표면 (viewing surface) 은 (예시된 바와 같이) 상부에 있다고, 즉, 사용자가 이 방향으로부터 디스플레이를 시인하고, 광이 이 방향으로부터 입사한다고 가정된다. 이미 언급된 바와 같이, 선호되는 실시형태들에서, 본 발명의 전기영동 매질에 사용되는 4 개의 입자들 중 하나만이 실질적으로 광을 산란시키고, 도 1 에서 이 입자는 백색 안료인 것으로 가정된다. 기본적으로, 이러한 광산란성 백색 입자는 (도 1 에 예시된 것과 같은) 백색 입자들 위의 임의의 입자들이 시인되는 백색 반사체를 형성한다. 디스플레이의 시인 표면에 들어가는 광은 이들 입자들을 통과하고, 백색 입자들로부터 반사되고, 이들 입자들을 다시 통과

하며 디스플레이로부터 나온다. 따라서, 백색 입자들 위의 입자들은 다양한 컬러들을 흡수할 수도 있고, 사용자에게 보여지는 컬러는 백색 입자들 위의 입자들의 조합으로부터 발생한 것이다. 백색 입자들 아래에 (사용자의 시점 뒤에) 배치되는 임의의 입자들은 백색 입자들에 의해 마스킹되고 디스플레이된 컬러에는 영향을 미치지 않는다. 제 2, 제 3 및 제 4 입자들이 실질적으로 비-광산란성이기 때문에, 서로에 대한 이들의 순서 또는 배열은 중요하지 않지만, 이미 언급된 이유들로, 백색 (광산란성) 입자들에 대한 이들의 순서 또는 배열은 중요하다.

[0088] 더 구체적으로는, 시안, 마젠타 및 황색 입자들이 백색 입자들 아래에 있을 때 (도 1 의 상황 [A]), 백색 입자들 위에 어떠한 입자들도 존재하지 않으며 픽셀은 단순히 백색 컬러를 디스플레이한다. 단일 입자가 백색 입자들 위에 있을 때, 그 단일 입자의 컬러는 도 1 의 상황들 [B], [D] 및 [F] 각각에서 황색, 마젠타 및 시안이 디스플레이된다. 2 개의 입자들이 백색 입자들 위에 있을 때, 디스플레이되는 컬러는 이들 2 개의 입자들의 컬러들의 조합이다; 도 1 에서, 상황 [C] 에서, 마젠타 및 황색 입자들은 적색 컬러를 디스플레이하고, 상황 [E] 에서, 시안 및 마젠타 입자들은 청색 컬러를 디스플레이하며, 상황 [G] 에서, 황색 및 시안 입자들은 녹색 컬러를 디스플레이한다. 최종적으로, 모든 3 개의 착색 입자들이 백색 입자들 위에 있을 때 (도 1 의 상황 [H]), 모든 유입되는 광은 3 개의 감법 원색 입자들에 의해 흡수되고 픽셀은 흑색 컬러를 디스플레이한다.

[0089] 하나의 감법 원색이 광을 산란시키는 입자에 의해 렌더링될 수 있어서, 디스플레이는 광산란성 입자의 2 개의 타입들을 포함할 것이고, 그 중 하나는 백색 및 다른 착색된 것일 것임이 가능하다. 그러나, 이 경우, 백색 입자 위에 놓인 다른 착색 입자들에 대한 광산란성 착색 입자의 포지션이 중요할 것이다. 예를 들어, (모든 3 개의 착색 입자들이 백색 입자들 위에 있을 때) 컬러를 흑색으로 렌더링함에 있어서, 산란성 착색 입자는 비-산란성 착색 입자들 위에 있을 수 없다 (그렇지 않으면, 이들은 산란성 입자 뒤에서 부분적으로 또는 완전히 숨겨질 것이고 렌더링된 컬러는 흑색이 아닌 산란성 착색 입자의 컬러로 될 것이다).

[0090] 착색 입자의 1 개 초과의 타입이 광을 산란시킨 경우, 컬러를 흑색으로 렌더링하는 것은 쉽지 않을 것이다.

[0091] 도 1 은 컬러들이 오염되지 않은 (즉, 광산란성 백색 입자들이 백색 입자들 뒤에 있는 임의의 입자들을 완전히 마스킹하는) 이상화된 상황을 도시한다. 실제로, 백색 입자들에 의한 마스킹이 불완전할 수도 있어서, 이상적으로는 완전히 마스킹되는 입자에 의한 광의 얼마간의 적은 흡수가 존재할 수도 있다. 이러한 오염은 통상적으로 렌더링되는 컬러의 명도와 채도 양쪽을 감소시킨다. 본 발명의 전기영동 매질에서, 이러한 컬러 오염은 형성되는 컬러들이 연색성 (color rendition) 에 대한 산업 표준에 상응하는 포인트로 최소화되어야 한다. 특히 선호되는 표준은 상기 지칭된 8 개의 원색들 각각에 대한 L^*, a^* 및 b^* 값들을 특정하는 SNAP (신문 광고 제작 표준 (standard for newspaper advertising production)) 이다. (이하, "원색들" 은 도 1 에 도시된 바와 같이 8 개의 컬러들, 즉, 흑색, 백색, 3 개의 감법 원색들 및 3 개의 가법 원색들을 지칭하기 위해 사용될 것이다.)

[0092] 도 1 에 도시된 바와 같이 "층들" 에 복수의 상이한 착색 입자들을 전기영동적으로 배열하는 방법들은 종래 기술에 설명되어 있다. 이러한 방법들 중 가장 단순한 방법은 상이한 전기영동 이동도들을 갖는 안료들을 "레이싱 (racing)" 하는 것을 수반한다; 예를 들어 미국 특허 제8,040,594호 참조. 이러한 레이스는, 하전된 안료들의 모션 자체가 전기영동 유체 내에서 국부적으로 경험되는 전계들을 변화시키기 때문에, 처음에 인식될 수도 있는 것보다 더 복잡하다. 예를 들어, 포지티브로 하전된 입자들이 캐소드를 향해 이동하고 네거티브로 하전된 입자들이 애노드를 향해 이동함에 따라, 이들의 전하들은 2 개의 전극들 사이의 중간에 있는 하전된 입자들에 의해 경험된 전계를 스크리닝한다 (screen). 안료 레이싱이 본 발명의 전기영동에 수반되지만, 도 1 에 예시된 입자들의 배열들에 책임이 있는 유일한 현상은 아니라고 생각된다.

[0093] 복수의 입자들의 모션을 제어하기 위해 채용될 수도 있는 제 2 현상은 상이한 안료 타입들 사이의 헤테로-응집 (hetero-aggregation) 이다; 예를 들어, 전술한 US 2014/0092465호 참조. 이러한 응집은 전하-매개될 수도 있거나 (쿨롱), 또는 예를 들어, 수소 결합 또는 반 데르 발스 (Van der Waals) 상호작용들의 결과로서 일어날 수도 있다. 상호작용의 강도는 안료 입자들의 표면 처리의 선정에 의해 영향받을 수도 있다. 예를 들어, 역으로 하전된 입자들의 접근의 가장 가까운 거리가 입체 장벽 (steric barrier) (통상적으로 하나 또는 양쪽의 입자들의 표면에 그래프팅 또는 흡착되는 폴리머) 에 의해 최대화될 때 쿨롱 상호작용들이 약화될 수도 있다. 본 발명에서, 상기 언급된 바와 같이, 이러한 폴리머릭 장벽들은 제 1, 및 제 2 타입들의 입자들에 대해 사용되고, 제 3 및 제 4 타입들의 입자들에 대해 사용될 수도 있거나 사용되지 않을 수도 있다.

[0094] 복수의 입자들의 모션을 제어하기 위해 이용될 수도 있는 제 3 현상은, 전술한 출원 제14/277,107호에 상세히

설명된 바와 같이, 전압- 또는 전류-의존성 이동도이다.

[0095] 도 2 는 본 발명의 선호되는 실시형태들에 사용되는 4 개의 안료 타입들 (1 내지 4) 의 개략적인 단면 표현들을 도시한다. 코어 안료에 흡착된 폴리머 쉘은 어두운 음영으로 나타내는 한편, 코어 안료 자체는 음영이 없는 것으로 도시된다. 코어 안료에 대해 광범위한 형태들이 이용될 수도 있다 : 구형 (spherical), 침형 (acicular) 또는 그렇지 않으면 비등축형, 작은 입자들의 응집체들 (즉, "포도 송이들"), 바인더에 분산된 작은 안료 입자들 또는 염료들을 포함하는 복합 입자들 등이 이 기술 분야에 널리 공지되어 있다. 폴리머 쉘은 이 기술 분야에 널리 공지된 것과 같은 그래프팅 프로세스들 또는 화학흡착에 의해 제조되는 공유 결합된 폴리머일 수도 있거나, 또는 입자 표면 위에 물리흡착될 수도 있다. 예를 들어, 폴리머는 불용성 및 가용성 세그먼트들을 포함하는 블록 코폴리머 (block copolymer) 일 수도 있다. 폴리머 쉘을 코어 안료들에 부착시키는 일부 방법들은 하기 실시예들에서 설명된다.

[0096] 본 발명의 하나의 실시형태에서 제 1 및 제 2 입자 타입들은 바람직하게는 제 3 및 제 4 입자 타입들보다 더 상당한 폴리머 쉘을 갖는다. 광산란성 백색 입자는 (네거티브 또는 포지티브 중 어느 하나로 하전된) 제 1 또는 제 2 타입의 것이다. 후속 논의에서, 백색 입자는 네거티브 전하를 포함하는 것으로 (즉, 타입 1 의 것인 것으로) 가정되지만, 당업자들에게는 설명된 일반 원리들이 백색 입자들이 포지티브로 하전되는 입자들의 세트에 적용될 것이라는 것이 명백할 것이다.

[0097] 본 발명에서, 전하 제어제를 함유하는 현탁 용매에서 타입들 3 및 4 의 입자들의 혼합물들로부터 형성된 응집체를 분리시키는데 요구되는 전계는 입자의 2 개의 타입들의 임의의 다른 조합으로부터 형성된 응집체들을 분리시키는데 요구되는 전계보다 더 크다. 다른 한편으로, 입자의 제 1 및 제 2 타입들 사이에 형성된 응집체들을 분리시키는데 요구되는 전계는 제 1 및 제 4 입자들 또는 제 2 및 제 3 입자들 사이에 형성된 응집체들을 분리시키는데 요구되는 전계보다 더 작다 (그리고 물론 제 3 및 제 4 입자들을 분리시키는데 요구되는 전계보다 더 작다).

[0098] 도 2 에서, 입자들을 포함하는 코어 안료들은 대략 동일한 사이즈를 갖는 것으로 도시되고, 각각의 입자의 제타 전위는 도시되지는 않았지만, 거의 동일한 것으로 가정된다. 각각의 코어 안료를 둘러싸는 폴리머 쉘의 두께는 다르다. 도 2 에 도시된 바와 같이, 이 폴리머 쉘은 타입들 3 및 4 의 입자들에 대한 것보다 타입들 1 및 2 의 입자들에 대해 더 두껍다 - 그리고 이것은 사실상 본 발명의 소정 실시형태들에 대해 선호되는 상황이다.

[0099] 폴리머 쉘의 두께가 어떻게 역으로 하전된 입자들의 응집체들을 분리시키는데 요구되는 전계에 영향을 미치는지를 이해하기 위해, 입자 쌍들 사이의 힘의 밸런스를 고려하는 것이 도움이 될 수도 있다. 실제로, 응집체들은 다수의 입자들로 구성될 수도 있고, 단순한 쌍별 상호작용들에 대한 경우보다 상황이 훨씬 더 복잡할 것이다. 그럼에도 불구하고, 입자 쌍 분석은 본 발명의 이해를 위한 어느 정도의 지침을 제공한다.

[0100] 전계에서 한 쌍의 입자들 중 하나에 작용하는 힘은 다음과 같이 주어진다 :

[0101] $$\vec{F}_{Total} = \vec{F}_{App} + \vec{F}_{C} + \vec{F}_{VW} + \vec{F}_{D} \qquad (1)$$

[0102] 여기서 F_{App} 는 인가된 전계에 의해 입자에 가해진 힘이고, Fc 는 반대 전하의 제 2 입자에 의해 입자에 가해진 쿨롱 힘이고, F_{VW} 는 제 2 입자에 의해 하나의 입자에 가해진 인력의 반 데르 발스 힘이며, F_{D} 는 현탁 용매 내의 안정화 폴리머의 (옵션적인) 포함의 결과로서 입자 쌍에 감손 응집에 의해 가해진 인력이다.

[0103] 인가된 전계에 의해 입자에 가해진 힘 F_{App} 는 다음과 같이 주어진다 :

[0104] $$\vec{F}_{App} = q\vec{E} = 4\pi\varepsilon_{r}\varepsilon_{0}(a+s)\varsigma\ \vec{E} \qquad (2)$$

[0105] 여기서 q 는 (대략, 휘켈 한도 (Huckel limit) 에서) 식 (2) 에서 나타내는 바와 같이 제타 전위 (ζ) 와 관련되는 입자의 전하이고, 여기서 a 는 코어 안료 반경이고, s 는 용매-팽윤된 폴리머 쉘의 두께이며, 다른 심볼들은 이 기술 분야에 공지된 것과 같은 이들의 통상의 의미들을 갖는다.

[0106] 쿨롱 상호작용들의 결과로서 하나의 입자에 다른 입자에 의해 가해진 힘의 크기는 대략 다음과 같이 주어진다 :

[0107] 입자들 1 및 2 에 대해

$$F_C = \frac{4\pi\varepsilon_r\varepsilon_0(a_1+s_1)(a_2+s_2)\varsigma_1\varsigma_2}{(a_1+s_1+a_2+s_2)^2} \quad (3)$$

[0108]

[0109] 각각의 입자에 인가되는 F_{App} 힘들은 입자들을 분리시키는 역할을 하는 한편, 다른 3 개의 힘들은 입자들 사이의 인력이라는 것에 주목한다. 하나의 입자에 작용하는 F_{App} 힘이 뉴턴의 제 3 법칙에 따라 다른 입자에 작용하는 것보다 더 높은 경우 (이는 하나의 입자 상의 전하가 다른 입자 상의 전하보다 더 높기 때문임), 쌍을 분리시키기 위해 작용하는 힘은 2 개의 F_{App} 힘들 중 더 약한 것에 의해 주어진다.

[0110] (2) 와 (3) 으로부터, 끌어당기는 쿨롱 항과 분리시키는 쿨롱 항 사이의 차이의 크기는 다음과 같이 주어지는 것을 볼 수 있다 :

$$F_{App} - F_C = 4\pi\varepsilon_r\varepsilon_0((a+s)\varsigma\,|\vec{E}\,| - \varsigma^2) \quad (4)$$

[0111]

[0112] 입자들이 동일한 반경 및 제타 전위로 된 경우, $(a+s)$ 를 더 작게 하거나 또는 ς 를 더 크게 하면 입자들을 분리시키기가 더 어려워질 것이다. 따라서, 본 발명의 하나의 실시형태에서, 타입들 1 및 2 의 입자들이 크고, 비교적 낮은 제타 전위를 갖는 한편, 입자들 3 및 4 는 작고, 비교적 큰 제타 전위를 갖는 것이 선호된다.

[0113] 그러나, 폴리머 쉘의 두께가 증가하는 경우 입자들 사이의 반 데르 발스 힘들이 또한 실질적으로 변화할 수도 있다. 입자들 상의 폴리머 쉘은 용매에 의해 팽윤되고 반 데르 발스 힘들을 통해 상호작용하는 코어 안료들의 표면들을 더 멀리 이동시킨다. 반경들 (a_1, a_2) 을 갖는 구형 코어 안료들이 이들 사이의 거리 (s_1+s_2) 보다 훨씬 더 큰 경우,

$$F_{VW} = \frac{Aa_1a_2}{6(a_1+a_2)(s_1+s_2)^2} \quad (5)$$

[0114]

[0115] 여기서 A 는 하마커 상수 (Hamaker constant) 이다. 코어 안료들 사이의 거리가 증가함에 따라 표현식이 더 복잡해지지만, 그 효과는 동일하게 유지된다 : s_1 또는 s_2 가 증가하면 입자들 사이의 인력의 반 데르 발스 상호작용을 감소시키는 것에 상당한 영향을 갖는다.

[0116] 이러한 배경으로 도 2 에 예시된 입자 타입들을 뒷받침하는 근거를 이해하는 것이 가능해진다. 타입들 1 및 2 의 입자들은 용매에 의해 팽윤되는 상당한 폴리머릭 쉘들을 가져서, 코어 안료들을 더 멀리 이동시키고 보다 작은 폴리머 쉘들을 갖거나 또는 어떠한 폴리머 쉘들도 갖지 않는 타입들 3 및 4 의 입자들에 대해 가능한 것보다 더 많이 이들 사이의 반 데르 발스 상호작용들을 감소시킨다. 입자들이 제타 전위의 크기 및 사이즈가 대략 동일한 경우라도, 본 발명에 따르면, 상기 나타낸 요건들과 일치하도록 쌍별 응집체들 사이의 상호작용들의 강도들을 배열하는 것이 가능할 것이다.

[0117] 하기 표 2 는 본 발명에 사용된 입자들의 다양한 특성들을 나타낸다. 이들 입자들의 제조 방법들은 하기 실시예들에서 설명된다. 백색 입자들 W1 및 W2 는 도 2 의 타입 1 의 입자들이다. 시안 입자들 C1 은 타입 2 의 것이고; 황색 입자들 Y1, Y2, Y3 및 Y4 는 타입 3 의 것이며 마젠타 입자들 M1 은 타입 4 의 것이다. 마젠타 입자들 M2 는 타입 2 의 것이다.

표 2

[0118]

안료	제타 전위, Solsperse 19000 (mV), Isopar-G	TGA 에 의해 측정된 폴리머 중량 분율, %	체적 분율 폴리머 (건조된 안료), %	추정된 (건조) 폴리머 쉘 두께 (nm)	입자 직경 - 중앙치 (nm)	입자 직경 - 범위 (nm)	비표면적 (BET) (m^2/g)	흡착된 Solsperse 19000 (mg/g)	흡착된 Solsperse 19000 (mg/m^2)
W1	-30	7.9	26.2	27	560	200-1000	10	5	0.50
W2	-60	8.5	27.8	26	500	150-1500	12	5	0.42
Y1	-47	없음	없음	없음	190	50-500	44	200	4.55
Y2	-53	없음	없음	없음	150	50-1000	n/a	n/a	n/a
Y3	-35	없음	없음	없음	140	50-1000	63	220	3.49
Y4	-39	31	43.6	46	530	50-5000	n/a	n/a	n/a
M1	45	7.6	12.4	9	420	50-5000	80	140	1.75
M2	56	26.7	36.2	70	1010	200-10000	n/a	n/a	n/a
C1	65	24.0	34.3	36	550	400-700	22	15	0.68

[0119] 입자들의 제타 전위들의 크기들은 (적어도 약 3 의 팩터 내에서) 서로 유사하다는 것을 알 수 있다 : 이들 모두는 약 25 내지 70 mV (절대 값) 의 범위에 있다. 인용된 입자 직경들은 폴리머 쉘들 (존재한다면) 이 용매에 의해 팽윤되는 용액 내에서 측정된다. 입자 사이즈들은 통상적으로 약 150 nm 내지 1000 nm 의 범위에 있다.

[0120] 폴리머 쉘의 정도는 입자들의 건조된 샘플의 온도가 상승되고 열분해로 의한 질량 손실이 온도의 함수로서 측정되는 기법인 열 중량 분석 (thermal gravimetric analysis; TGA) 에 의해 편리하게 평가된다. 폴리머 코팅이 손실되지만 코어 안료가 잔존하는 조건들이 발견될 수 있다 (이들 조건들은 사용된 정밀한 코어 안료 입자에 좌우된다). TGA 를 이용하면, 폴리머인 입자의 질량의 비율이 측정될 수 있고, 이것은 코어 안료들 및 이들에 부착된 폴리머들의 공지된 밀도들을 이용하여 체적 분율 (volume fraction) 로 변환될 수 있다.

[0121] 표 2 에서 알 수 있는 바와 같이, 타입들 1 및 2 의 입자들 (W1, W2, M2, C1) 은, 통상적인 입자 사이즈들에 대해 적어도 25 nm 의 건조된 폴리머 쉘 두께들에 대응하는, 적어도 약 25% 의 폴리머의 체적 분율들을 갖는다. 현탁 용매에서, 폴리머 쉘은 용매를 흡수함에 따라 이것보다 더욱 확장될 것이다.

[0122] 타입들 3 및 4 의 입자들 (Y1, Y2, Y3, M1) 은 어떠한 폴리머 쉘도 전혀 갖지 않거나, 또는 통상적인 입자 사이즈들에 대해 0 내지 10 nm 의 건조된 폴리머 쉘 두께들에 대응하는, 약 15% 를 초과하지 않는 체적 분율을 갖는 폴리머 쉘을 갖는다.

[0123] 이 분석에서 폴리머 쉘은 코어 안료의 전체 표면을 균일하게 캡슐화하는 것으로 가정된다. 그러나, 이것이 결코 보장되는 것은 아니다. (예를 들어, 전술한 미국 특허 제6,822,782호, 도 6 및 컬럼 (column) 들 16 및 17 에서의 관련된 설명 참조). 폴리머의 부착 방법이 결정질 코어 안료의 한쪽 면을 다른쪽 면보다 선호한다는 것이 있을 수도 있고, 폴리머 커버리지를 갖는 코어 안료의 부분적 영역들 및 폴리머 커버리지가 없거나 매우 적은 다른 영역들이 존재할 수도 있다. 또한, 특히 그래프팅 기법들이 안료 표면에 폴리머를 부착시키는데 이용될 때, 폴리머의 성장이 고르지 못해서, 그래프팅된 폴리머의 질량이 큰 경우라도 코어 안료의 넓은 영역들이 커버되지 않은 채로 남겨질 수도 있다.

[0124] 폴리머의 커버리지를 평가하는데 이용될 수도 있는 하나의 방법은 안료 표면 위에 비교적 극성인 분자의 흡착 등온선 (adsorption isotherm) 을 측정하는 것이다. 이러한 결정을 수행하는 방법은 하기 실시예들에서 설명된다. 이러한 결정에 사용하기에 편리한 극성 분자는 전하 제어제 (CCA) 이고, 이 전하 제어제는 극성 헤드기 (polar head group) 및 비-극성 테일기 (non-polar tail group) 를 포함하는 양친매성 (amphiphilic) 분자이다. 이러한 분자들은 본 발명에서 사용되는 현탁 용매들과 같은 비-극성 용매들에서 역 마이셀 (reverse micelle) 들을 형성하는 것으로 공지되어 있다. 안료 입자들의 존재 하에서, 극성 헤드기들은 비-극성 폴리머릭 사슬들에 의해 보호되지 않는 표면들 (통상적으로는 극성임) 위에 흡착되는 것으로 공지되어 있다. 안료 표면 위의 CCA 의 흡착 정도는 그에 따라, 비-극성 폴리머에 의해 커버되지 않아서 그에 따라 접근불가능한 안료 표면의 영역의 척도이다.

[0125] 표 2 의 마지막 컬럼은 입자들의 단위 면적 당 통상적인 CCA (Lubrizol Corporation 으로부터 입수가능한 Solsperse 19000) 의 흡착을 나타낸다. 타입들 1 및 2 의 입자들 위의 이러한 재료의 흡착 정도는 0.4 내지

0.7 mg/m^2 의 범위에 있는 한편, 타입들 3 및 4 의 입자들에 대해서는 1.7 내지 4.6 mg/m^2 의 범위에 있다. 선호되는 범위들은 타입들 1 및 2 의 입자들에 대해서는 0 내지 1 mg/m^2 이고, 타입들 3 및 4 의 입자들에 대해서는 >1.5 mg/m^2 이다.

[0126] 도 3 은 본 발명의 입자 타입들의 쌍별 응집체들을 분리시키는데 요구되는 전계들의 강도들을 개략적인 형태로 도시한다. 타입들 3 및 4 의 입자들 사이의 상호작용은 타입들 2 및 3 의 입자들 사이의 상호작용보다 더 강하다. 타입들 2 및 3 의 입자들 사이의 상호작용은 타입들 1 및 4 의 입자들 사이의 상호작용과 대략 동일하고 타입들 1 및 2 의 입자들 사이의 상호작용보다 더 강하다. 전하의 동일한 부호의 입자들의 쌍들 사이의 모든 상호작용들은 타입들 1 및 2 의 입자들 사이의 상호작용만큼 약하거나 또는 그 상호작용보다 더 약하다.

[0127] 도 4 는 도 1 을 참조하여 일반적으로 논의되었던 바와 같이 이들 상호작용들이 어떻게 모든 원색들 (감법, 가법, 흑색 및 백색) 을 만들기 위해 이용될 수도 있는지를 도시한다.

[0128] 낮은 전계로 어드레싱되었을 때 (도 4(A)), 입자들 3 및 4 는 응집되고 분리되지 않는다. 입자들 1 및 2 는 전계에서 자유롭게 이동한다. 입자 1 이 백색 입자인 경우, 좌측으로부터 시인하여 본 컬러는 백색이고, 우측으로부터 시인하여 본 컬러는 흑색이다. 전계의 극성을 반전시키면 흑색 상태와 백색 상태 사이를 스위칭한다. 그러나, 흑색 상태와 백색 상태 사이의 과도적인 컬러들은 착색된 것이다. 입자들 3 및 4 의 응집체는 입자들 1 및 2 에 비해 전계에서 매우 느리게 이동할 것이다. 입자들 3 및 4 의 응집체가 눈에 띄게 이동하지 않는 동안 입자 2 가 입자 1 을 지나서 (좌측으로) 이동하였다는 조건들이 발견될 수도 있다. 이 경우, 입자 2 는 좌측으로부터 시인하여 보여지게 될 것인 한편, 입자들 3 및 4 의 응집체는 우측으로부터 시인하여 보여지게 될 것이다. 하기 실시예들에서 보여지는 바와 같이, 본 발명의 소정 실시형태들에서, 입자들 3 및 4 의 응집체는 약하게 포지티브로 하전되고, 그에 따라 이러한 천이의 시작시에 입자 2 의 부근에 포지셔닝된다.

[0129] 높은 전계로 어드레싱되었을 때 (도 4(B)), 입자들 3 및 4 는 분리된다. 좌측으로부터 시인하였을 때 입자들 1 및 3 (그 각각은 네거티브 전하를 가짐) 중 어느 것이 가시적인지는 파형에 좌우될 것이다 (하기 참조). 예시된 바와 같이, 입자 3 은 좌측으로부터 가시적이고 입자들 2 및 4 의 조합은 우측으로부터 가시적이다.

[0130] 도 4(B) 에 도시된 상태로부터 시작하여, 반대 극성의 저 전압은 포지티브로 하전된 입자들을 좌측으로 이동시키고 네거티브로 하전된 입자들을 우측으로 이동시킬 것이다. 그러나, 포지티브로 하전된 입자 4 는 네거티브로 하전된 입자 1 과 직면할 것이고, 네거티브로 하전된 입자 3 은 포지티브로 하전된 입자 2 와 직면할 것이다. 그 결과는 입자들 2 및 3 의 조합이 좌측으로부터 시인하여 보여질 것이고 입자 4 가 우측으로부터 시인하여 보여질 것이라는 것이다.

[0131] 상술된 바와 같이, 바람직하게는 입자 1 은 백색이고, 입자 2 는 시안이고, 입자 3 은 황색이며 입자 4 는 마젠타이다.

[0132] 백색 입자에 사용되는 코어 안료는 통상적으로 전기영동 디스플레이들의 기술 분야에서 널리 공지되어 있는 바와 같이 높은 굴절률의 금속 산화물이다. 백색 안료들의 예들은 하기 실시예들에서 설명된다.

[0133] 상술된 바와 같이, 타입들 2 내지 4 의 입자들을 만드는데 사용되는 코어 안료들은 3 개의 감법 원색들 : 시안, 마젠타 및 황색을 제공한다.

[0134] 적합한 황색 코어 안료들은 C.I. 안료 황색들 1, 3, 12, 13, 14, 16, 17, 73, 74, 81, 83, 97, 111, 120, 126, 137, 139, 150, 151, 155, 174, 175, 176, 180, 181, 191, 194, 213 및 214 를 포함한다. 선호되는 황색 코어 안료들은 C.I. 안료 황색들 139, 155 및 180 을 포함한다.

[0135] 적합한 마젠타 코어 안료들은 C.I. 안료 적색들 12, 14, 48:2, 48:3, 48:4, 57:1, 112, 122, 146, 147, 176, 184, 185, 209, 257 및 262, 및 C.I. 안료 바이올렛들 19 및 32 를 포함한다. 하나의 선호되는 마젠타 코어 안료는 C.I. 안료 적색 122 이다.

[0136] 적합한 시안 코어 안료들은 C.I. 안료 청색들 15:1, 15:2, 15:3, 15:4 및 79, 및 C.I. 용매 청색 70 을 포함한다.

[0137] 디스플레이 디바이스는 종래 기술에 공지된 여러 방법들로 본 발명의 전기영동 유체를 사용하여 구성될 수도 있다. 전기영동 유체는 마이크로캡슐들에 캡슐화되거나 또는 마이크로셀 구조물들 내에 포함되어 그 후 폴리

머릭 층으로 밀봉될 수도 있다. 마이크로캡슐 또는 마이크로셀 층들은 전기 전도성 재료의 투명 코팅을 포함하는 플라스틱 기판 또는 필름 위에 코팅 또는 엠보싱될 수도 있다. 이 어셈블리는 전기 전도성 접착제를 사용하여 픽셀 전극들을 포함하는 백플레인에 라미네이팅될 수도 있다.

[0138] 도 1 에 도시된 입자 배열들 각각을 달성하는데 사용되는 파형들의 제 1 실시형태는 도 5 내지 도 7 을 참조하여 이제 설명될 것이다. 이하, 이 드라이빙 방법은 본 발명의 "제 1 드라이브 방식 (drive scheme)" 이라고 지칭될 것이다. 이 논의에서, 제 1 입자들은 백색이고 네거티브로 하전되고, 제 2 입자들은 시안이고 포지티브로 하전되고, 제 3 입자들은 황색이고 네거티브로 하전되며, 제 4 입자들은 마젠타이고 포지티브로 하전되는 것으로 가정된다. 당업자들은 제 1 및 제 2 입자들 중 하나가 백색인 것으로 제공될 수 있으므로, 입자 컬러들의 이들 배정들이 변화되는 경우 컬러 천이들이 어떻게 변화할 것인지를 이해할 것이다. 유사하게, 모든 입자들 상의 전하들의 극성들은 역으로 될 수 있고, 전기영동 매질은 매질을 드라이빙하는데 사용된 파형들 (다음 단락 참조) 의 극성이 유사하게 역으로 되는 것으로 제공된다면 동일한 방식으로 여전히 기능할 것이다.

[0139] 후속 논의에서, 본 발명의 디스플레이의 백플레인의 픽셀 전극에 인가된 파형 (전압 대 시간 곡선) 이 설명되고 플롯되는 한편, 전면 전극은 접지된 것으로 (즉, 제로 전위에 있는 것으로) 가정된다. 전기영동 매질에 의해 경험되는 전계는 물론, 백플레인과 전면 전극 사이의 전위차 및 이들 사이의 거리에 의해 결정된다. 디스플레이는 통상적으로 그의 전면 전극을 통해 시인되어서, 그것은 픽셀에 의해 디스플레이되는 컬러를 제어하는 전면 전극에 인접한 입자들이며, 백플레인에 대한 전면 전극의 전위가 고려되는 경우에 수반되는 광학 천이들을 이해하는 것이 때때로 더 쉬운 경우; 이것은 단순히 하기에 논의되는 파형들을 역으로 되게 함으로써 행해질 수 있다.

[0140] 이들 파형들은, 디스플레이의 각각의 픽셀이, 도 5 내지 도 7 에서 30V, 15V, 0, -15V 및 -30V 로서 예시되는, $+V_{high}$, $+V_{low}$, 0, $-V_{low}$ 및 $-V_{high}$ 로 지정된 5 개의 상이한 어드레싱 전압들에서 드라이빙될 수 있는 것을 요구한다. 실제로, 더 많은 수의 어드레싱 전압들을 사용하는 것이 선호될 수도 있다. 3 개의 전압들만이 이용가능한 경우 (즉, $+V_{high}$, 0, 및 $-V_{high}$), 전압 V_{high} 의 펄스들로 그러나 1/n 의 듀티 사이클로 어드레싱함으로써 보다 낮은 전압 (예를 들면, V_{high}/n, 여기서 n 은 양의 정수 > 1 임) 에서의 어드레싱과 동일한 결과를 달성하는 것이 가능할 수도 있다.

[0141] 본 발명에서 사용되는 파형들은 3 개의 페이즈 (phase) 들을 포함할 수도 있다 : 픽셀에 인가된 이전 파형들로 인한 DC 불균형이 보정되거나, 또는 후속 컬러 렌더링 천이에서 초래될 DC 불균형이 (이 기술 분야에 공지된 바와 같이) 보정되는 DC-밸런싱 페이즈, 픽셀의 이전 광학 상태에 관계없이 적어도 대략 동일한 시작 구성으로 픽셀이 리턴되는 "리셋" 페이즈, 및 후술되는 것과 같은 "컬러 렌더링" 페이즈. DC-밸런싱 및 리셋 페이즈들은 옵션적이고, 특정 애플리케이션의 요구들에 따라 생략될 수도 있다. "리셋" 페이즈는, 채용되었을 경우, 후술되는 마젠타 컬러 렌더링 파형과 동일할 수도 있거나, 또는 최대의 가능한 포지티브 및 네거티브 전압들을 연속적으로 드라이빙하는 것을 수반할 수도 있거나, 또는 후속 컬러들이 재현가능하게 획득될 수도 있는 상태로 디스플레이를 리턴하는 것으로 제공된다면, 일부 다른 펄스 패턴일 수도 있다.

[0142] 도 5a 및 도 5b 는, 이상적인 형태로, 본 발명의 디스플레이들에서 흑색 및 백색 상태들을 생성하는데 사용되는 파형들의 통상적인 컬러 렌더링 페이즈들을 도시한다. 도 5a 및 도 5b 의 그래프들은 상부 평면 상의 투명한 공통 전극이 접지되는 동안 디스플레이의 백플레인 (픽셀) 전극들에 인가되는 전압을 도시한다. x 축은 임의 단위들로 측정된 시간을 표현한 것인 한편, y 축은 볼트의 인가 전압이다. 디스플레이를 흑색 (도 5a) 또는 백색 (도 5b) 상태들로 드라이빙하는 것은, 상기 언급된 바와 같이, 전압 V_{low} 에 대응하는 필드들 (또는 전류들) 에서 마젠타 및 황색 안료들이 함께 응집되기 때문에, 바람직하게는 전압 V_{low} 에서 포지티브 또는 네거티브 임펄스들 각각의 시퀀스에 의해 영향받는다. 따라서, 백색 및 시안 안료들은 이동하는 한편 마젠타 및 황색 안료들은 정지 상태로 잔존하고 (또는 훨씬 더 낮은 속도로 이동하고) 디스플레이는 백색 상태와 (종종 이 기술 분야에서 "복합 흑색" 이라고 지칭되는) 시안, 마젠타 및 황색 안료들에 의한 흡수에 대응하는 상태 사이에서 스위칭한다. 흑색 및 백색으로 드라이빙하기 위한 펄스들의 길이는 약 10 내지 1000 밀리초로 달라질 수도 있고, 펄스들은 10 내지 1000 밀리초의 범위에서의 길이들의 (인가된 제로 볼트에서의) 휴지 (rest) 들에 의해 분리될 수도 있다. 도 5 가 흑색 및 백색을 생성하기 위한 포지티브 및 네거티브 전압들의 펄스들을 각각 도시하고, 이들 펄스들이 제로 전압이 공급되는 "휴지들" 에 의해 분리되지만, 이들 "휴지" 주기들은 드라이브 펄스들에 대한 반대 극성의 펄스들을 포함하지만, 더 낮은 임펄스를 갖는 (즉, 주요 드라이브 펄스들보다

더 짧은 지속기간 또는 더 낮은 인가 전압을 갖는, 또는 이들 양쪽을 갖는) 것이 때때로 선호된다.

[0143] 도 6a 내지 도 6d 는 마젠타 및 청색 (도 6a 및 도 6b) 및 황색 및 녹색 (도 6c 및 도 6d) 컬러들을 생성하는데 사용되는 파형들의 통상적인 컬러 렌더링 페이즈들을 도시한다. 도 6a 에서, 파형은 포지티브 및 네거티브 임펄스들 사이에서 요동하지만, 포지티브 임펄스의 길이 (t_p) 는 네거티브 임펄스의 길이 (t_n) 의 길이보다 더 짧은 한편, 포지티브 임펄스에 인가되는 전압 (V_p) 은 네거티브 임펄스의 전압 (V_n) 보다 더 크다. 다음과 같을 때 :

[0144] $$V_p t_p = V_n t_n$$

[0145] 파형은 전체적으로 "DC-밸런싱" 된다. 포지티브 및 네거티브 임펄스들의 하나의 사이클의 주기는 약 30 내지 1000 밀리초의 범위에 있을 수도 있다.

[0146] 포지티브 임펄스의 종료시에, 디스플레이는 청색 상태에 있는 한편, 네거티브 임펄스의 종료시에는 디스플레이가 마젠타 상태에 있다. 이것은 시안 안료의 모션에 대응하는 광학 밀도의 변화가 (백색 안료에 대해) 마젠타 또는 황색 안료들의 모션에 대응하는 변화보다 더 크다는 것과 부합한다. 상기 제시된 가설들에 따르면, 이것은 마젠타 안료와 백색 안료 사이의 상호작용이 시안 안료와 백색 안료 사이의 상호작용보다 더 강한 경우에 기대될 것이다. 황색 및 백색 안료들 (양쪽이 네거티브로 하전됨) 의 상대 이동도는 시안 및 백색 안료들 (반대로 하전됨) 의 상대 이동도보다 훨씬 더 낮다. 따라서, 마젠타 또는 청색을 생성하기 위해 선호되는 파형에서, $V_p t_p$ 다음에 $V_n t_n$ 이 후속하는 적어도 하나의 사이클을 포함하는 임펄스들의 시퀀스가 선호되고, 여기서 $V_p > V_n$ 이고 $t_p < t_n$ 이다. 청색 컬러가 요구될 때, 시퀀스는 V_p 에서 종료되는 반면, 마젠타 컬러가 요구될 때, 시퀀스는 V_n 에서 종료된다.

[0147] 도 6b 는 단지 3 개의 전압 레벨들만을 사용하는 마젠타 및 청색 상태들의 생성을 위한 대안적인 파형을 도시한다. 이 대안적인 파형에서, $V_p t_p$ 다음에 $V_n t_n$ 이 후속하는 적어도 하나의 사이클이 선호되고, 여기서 $V_p = V_n = V_{high}$ 이고 $t_n < t_p$ 이다. 이 시퀀스는 DC-밸런싱될 수 없다. 청색 컬러가 요구될 때, 시퀀스는 V_p 에서 종료되는 반면, 마젠타 컬러가 요구될 때, 시퀀스는 V_n 에서 종료된다.

[0148] 도 6c 및 도 6d 에 도시된 파형들은 도 6a 및 도 6b 에 각각 도시된 파형들의 역들이고, 대응하는 보색들 황색 및 녹색을 생성한다. 도 6c 에 도시된 바와 같이, 황색 또는 녹색을 생성하기 위한 하나의 선호되는 파형에서, $V_p t_p$ 다음에 $V_n t_n$ 이 후속하는 적어도 하나의 사이클을 포함하는 임펄스들의 시퀀스가 이용되고, 여기서 $V_p < V_n$ 이고 $t_p > t_n$ 이다. 녹색 컬러가 요구될 때, 시퀀스는 V_p 에서 종료되는 반면, 황색 컬러가 요구될 때, 시퀀스는 V_n 에서 종료된다.

[0149] 단지 3 개의 전압 레벨들만을 사용하여 황색 또는 녹색을 생성하기 위한 다른 선호되는 파형이 도 6d 에 도시된다. 이 경우, $V_p t_p$ 다음에 $V_n t_n$ 이 후속하는 적어도 하나의 사이클이 이용되고, 여기서 $V_p = V_n = V_{high}$ 이고 $t_n > t_p$ 이다. 이 시퀀스는 DC-밸런싱될 수 없다. 녹색 컬러가 요구될 때, 시퀀스는 V_p 에서 종료되는 반면, 황색 컬러가 요구될 때, 시퀀스는 V_n 에서 종료된다.

[0150] 도 7a 및 도 7b 는 본 발명의 디스플레이 상에 적색 및 시안 컬러들을 렌더링하는데 사용되는 파형들의 컬러 렌더링 페이즈들을 도시한다. 이들 파형들은 또한 포지티브 및 네거티브 임펄스들 사이에서 요동하지만, 이들은 포지티브 및 네거티브 임펄스들의 하나의 사이클의 주기가 통상적으로 더 길고 사용되는 어드레싱 전압들이 (반드시 그러한 것은 아니지만) 더 낮을 수도 있다는 점에서 도 6a 내지 도 6d 의 파형들과는 상이하다. 도 7a 의 적색 파형은, (도 5a 에 도시된 파형과 유사한) 흑색을 생성하는 펄스 ($+V_{low}$) 다음에, 시안 입자들을 제거하고 흑색을 적색으로, 보색을 시안으로 변화시키는, 반대 극성의 더 짧은 펄스 ($-V_{low}$) 로 이루어진다. 시안 파형은, 백색을 생성하는 섹션 ($-V_{low}$) 다음에, 시인 표면에 인접한 시안 입자들을 이동시키는 짧은 펄스 (V_{low}) 를 갖는, 적색 파형의 역이다. 도 6a 내지 도 6d 에 도시된 파형들에서와 같이, 시안은 마젠타 또는 황색 중 어느 하나의 안료들보다 백색에 대해 더 빠르게 이동한다. 그러나, 도 6 의 파형들과는 대조적으로, 도 7 의 파형들의 황색 안료는 마젠타 입자들과 동일한 쪽의 백색 입자들 상에 잔존한다.

[0151] 도 5 내지 도 7 을 참조하여 상술된 파형들은 5 레벨 드라이브 방식, 즉, 임의의 주어진 시간에 픽셀 전극이 공

통 전면 전극에 대해 2 개의 상이한 포지티브 전압들, 2 개의 상이한 네거티브 전압들, 또는 제로 볼트 중 임의의 하나에 있을 수도 있는 드라이브 방식을 이용한다. 도 5 내지 도 7 에 도시된 특정 파형들에서, 5 개의 레벨들은 0, ± 15V 및 ± 30V 이다. 그러나, 적어도 일부 경우들에서는, 7 개의 상이한 전압들 : 3 개의 포지티브, 3 개의 네거티브, 및 제로를 이용하는 7 레벨 드라이브 방식을 이용하는 것이 유리하다는 것이 발견되었다. 이 7 레벨 드라이브 방식은 이하 본 발명의 "제 2 드라이브 방식" 이라고 지칭될 수도 있다. 디스플레이를 어드레싱하는데 사용되는 전압들의 수의 선정은 디스플레이를 드라이빙하는데 사용되는 전자 장치들의 제한들을 고려해야 한다. 일반적으로, 더 많은 수의 드라이브 전압들은 상이한 컬러들을 어드레싱함에 있어서 더 큰 유연성을 제공할 것이지만, 이 더 많은 수의 드라이브 전압들을 종래의 디바이스 디스플레이 드라이버들에 제공하는데 필요한 배열들이 복잡하게 된다. 본 발명자들은 7 개의 상이한 전압들의 사용이 컬러 색역과 디스플레이 아키텍처의 복잡성 사이에서 양호한 절충안을 제공한다는 것을 발견하였다.

[0152] (도 1 에 도시된 것과 같은) 본 발명의 디스플레이에 적용되는 이러한 제 2 드라이브 방식을 이용하여 8 개의 원색들 (백색, 흑색, 시안, 마젠타, 황색, 적색, 녹색 및 청색) 의 생성에 이용되는 일반 원리들이 이제 설명될 것이다. 도 5 내지 도 7 에서와 같이, 제 1 안료는 백색, 제 2 안료는 시안, 제 3 안료는 황색 그리고 제 4 안료는 마젠타인 것으로 가정될 것이다. 당업자에게는 안료 컬러들의 배정이 변화되는 경우 디스플레이에 의해 나타나는 컬러들이 변화될 것이라는 것이 명백할 것이다.

[0153] 픽셀 전극들에 인가된 가장 큰 포지티브 및 네거티브 전압들 (도 8 에서 ± Vmax 로 지정됨) 은 각각 제 2 및 제 4 입자들 (청색 컬러를 생성하기 위한 시안 및 마젠타 - 우측으로부터 시인된 도 4(B) 및 도 1 의 [E] 참조) 의 혼합물, 또는 제 3 입자들 단독 (황색 - 좌측으로부터 시인된 도 4(B) 및 도 1 의 [B] 참조 - 백색 안료는 광을 산란시키고 착색 안료들 사이에 있다) 으로 형성된 컬러를 생성한다. 이들 청색 및 황색 컬러들은 반드시 디스플레이에 의해 달성가능한 최상의 청색 및 황색일 필요는 없다. 픽셀 전극들에 인가된 중간 레벨의 포지티브 및 네거티브 전압들 (도 8 에서 ± Vmid 로 지정됨) 은 각각 흑색 및 백색인 컬러들을 생성한다 (그러나 반드시 디스플레이에 의해 달성가능한 최상의 흑색 및 백색 컬러들일 필요는 없다 - 도 4(A) 참조).

[0154] 이들 청색, 황색, 흑색 또는 백색 광학 상태들로부터, 다른 4 개의 원색들이 제 1 입자들 (이 경우에는 백색 입자들) 에 대해 제 2 입자들 (이 경우에는 시안 입자들) 만을 이동시킴으로써 획득될 수도 있는데, 이는 가장 낮은 인가 전압들 (도 8 에서 ± Vmin 으로 지정됨) 을 사용하여 달성된다. 따라서, (픽셀 전극들에 -Vmin 을 인가함으로써) 시안을 청색으로부터 이동시키면 마젠타를 생성하고 (청색 및 마젠타 각각에 대해 도 1 의 [E] 및 도 1 의 [D] 참조); (픽셀 전극들에 +Vmin 을 인가함으로써) 시안을 황색으로 이동시키면 녹색을 제공하고 (황색 및 녹색 각각에 대해 도 1 의 [B] 및 도 1 의 [G] 참조); (픽셀 전극들에 -Vmin 을 인가함으로써) 시안을 흑색으로부터 이동시키면 적색을 제공하며 (흑색 및 적색 각각에 대해 도 1 의 [H] 및 도 1 의 [C] 참조), (픽셀 전극들에 +Vmin 을 인가함으로써) 시안을 백색으로 이동시키면 시안을 제공한다 (백색 및 시안 각각에 대해 도 1 의 [A] 및 도 1 의 [F] 참조).

[0155] 이들 일반 원리들은 본 발명의 디스플레이들에서 특정 컬러들을 생성하기 위한 파형들의 구성에 유용하지만, 실제로는 상술된 이상적인 거동이 관측되지 않을 수도 있고, 기본 방식에 대한 수정들이 바람직하게 채용된다.

[0156] 상술된 기본 원리들의 수정들을 구현하는 일반 파형이 도 8 에 예시되는데, 여기서 가로좌표는 시간을 (임의 단위들로) 표현하고, 세로좌표는 픽셀 전극과 공통 전면 전극 사이의 전압차를 표현한다. 도 8 에 예시된 드라이브 방식에서 사용된 3 개의 포지티브 전압들의 크기들은 약 +3V 와 +30V 사이에 있을 수도 있고, 3 개의 네거티브 전압들의 크기들은 약 -3V 와 -30V 사이에 있을 수도 있다. 하나의 경험적으로 선호되는 실시형태에서, 가장 높은 포지티브 전압 +Vmax 는 +24V 이고, 중간의 포지티브 전압 +Vmid 는 12V 이며, 가장 낮은 포지티브 전압 +Vmin 은 5V 이다. 유사한 방식으로, 네거티브 전압 -Vmax, -Vmid 및 -Vmin 은 다음과 같다; 선호되는 실시형태에서 -24V, -12V 및 -9V. 3 개의 전압 레벨들 중 임의의 것에 대해 전압들의 크기들이 |+V| = |-V| 일 필요는 없지만, 일부 경우들에서는 이것이 그러한 것이 바람직할 수도 있다.

[0157] 도 8 에 예시된 일반 파형에는 4 개의 구별되는 페이즈들이 존재한다. 제 1 페이즈 (도 8 의 "A") 에서는, 디스플레이 상에서 렌더링된 이전 이미지를 소거하도록 (즉, 디스플레이를 "리셋" 하도록) 기능하는 +Vmax 및 -Vmax 에서의 펄스들 (여기서 "펄스" 는 모노폴 구형파, 즉, 미리 결정된 시간 동안 일정 전압의 인가를 의미한다) 이 공급된다. 이들 펄스들의 길이들 (t_1 및 t_3) 및 휴지들 (즉, 이들 사이의 제로 전압의 주기들) 의 길이들 (t_2 및 t_4) 은 전체 파형 (즉, 도 8 에 예시된 것과 같은 전체 파형에 걸친 시간에 대한 전압의 적분) 이 DC 밸런싱되도록 (즉, 적분이 실질적으로 제로이도록) 선정될 수도 있다. DC 밸런스는 페이즈 A 에서 펄스들 및 휴지들의 길이들을 조정함으로써 달성될 수 있어서, 이 페이즈에서 공급된 순 임펄스 (net impulse) 가

페이즈들 B 및 C 의 조합에서 공급된 순 임펄스와는 크기가 동일하고 부호가 반대이고, 그 페이즈들 동안, 후술되는 바와 같이, 디스플레이는 특정의 원하는 컬러로 스위칭된다.

[0158] 도 8 에 도시된 파형은 순전히 일반 파형의 구조의 예시의 목적을 위한 것이며, 본 발명의 범위를 어떤 식으로든 제한하려고 의도된 것이 아니다. 따라서, 도 8 에서, 네거티브 펄스가 페이즈 A 에서 포지티브 펄스에 선행하여 도시되지만, 이것은 본 발명의 요건은 아니다. 그것은 페이즈 A 에서 단일 네거티브 및 단일 포지티브 펄스만이 존재한다는 요건도 또한 아니다.

[0159] 상술된 바와 같이, 일반 파형은 본질적으로 DC 밸런싱되고, 이것은 본 발명의 소정 실시형태들에서 선호될 수도 있다. 대안적으로, 페이즈 A 에서의 펄스들은, 종래 기술의 소정의 흑색 및 백색 디스플레이들에서 제공한 것과 유사한 방식으로, 단일 천이보다는 일련의 컬러 천이들에 대해 DC 밸런스를 제공할 수도 있다; 예를 들어 미국 특허 제7,453,445호 및 이 특허의 컬럼 1 에서 지칭된 선출원들 참조.

[0160] 파형의 제 2 페이즈 (도 8 의 페이즈 B) 에서는 최대 및 중간 전압 진폭들을 이용하는 펄스들이 공급된다. 이 페이즈에서, 백색, 흑색, 마젠타, 적색 및 황색 컬러들은 바람직하게는 도 5 내지 도 7 을 참조하여 이전에 설명된 방식으로 렌더링된다. 더 일반적으로는, 파형의 이 페이즈에서 타입 1 의 입자들 (백색 입자들이 네거티브로 하전된 것으로 가정함), 타입들 2, 3 및 4 의 입자들의 조합 (흑색), 타입 4 의 입자들 (마젠타), 타입들 3 및 4 의 입자들의 조합 (적색) 및 타입 3 의 입자들 (황색) 에 대응하는 컬러들이 형성된다.

[0161] 상술된 바와 같이 (도 5b 및 관련된 설명 참조), 백색은 -Vmid 에서 펄스 또는 복수의 펄스들에 의해 렌더링될 수도 있다. 그러나, 일부 경우들에서, 이러한 방법으로 생성된 백색 컬러는 황색 안료에 의해 오염되어 옅은 황색으로 여겨질 수도 있다. 이러한 컬러 오염을 보정하기 위해, 포지티브 극성의 일부 펄스들을 도입할 필요가 있을 수도 있다. 따라서, 예를 들어, 길이 T_1 및 진폭 +Vmax 또는 +Vmid 를 갖는 펄스 다음에 길이 T_2 및 진폭 -Vmid 를 갖는 펄스를 포함하는 펄스들의 시퀀스의 단일 인스턴스 또는 인스턴스들의 반복에 의해 백색이 획득될 수도 있고, 여기서 $T_2 > T_1$ 이다. 최종 펄스는 네거티브 펄스이어야 한다. 도 8 에는, 시간 t_5 에 대한 +Vmax 다음에 시간 t_6 에 대한 -Vmid 가 후속하는 시퀀스의 4 회 반복들이 도시된다. 이러한 펄스들의 시퀀스 동안, 디스플레이의 어피어런스는 마젠타 컬러 (그러나 통상적으로는 이상적인 마젠타 컬러가 아님) 와 백색 사이에서 요동한다 (즉, 백색 컬러에 앞서 최종 백색 상태보다 더 낮은 L^* 과 더 높은 a^* 의 상태가 선행될 것이다). 이것은 마젠타와 청색 사이의 요동이 관측되었던 도 6a 에 도시된 펄스 시퀀스와 유사하다. 여기서의 차이점은 펄스 시퀀스의 순 임펄스가 도 6a 에 도시된 펄스 시퀀스보다 더 네거티브하고, 그에 따라 요동이 네거티브로 하전된 백색 안료를 향해 바이어싱된다는 점이다.

[0162] 상술된 바와 같이 (도 5a 및 관련된 설명 참조), +Vmid 에서 펄스 또는 복수의 펄스들 (제로 전압의 주기들에 의해 분리됨) 에 의한 렌더링에 의해 흑색이 획득될 수도 있다.

[0163] 상술된 바와 같이 (도 6a 및 도 6b 그리고 관련된 설명 참조), 길이 T_3 및 진폭 +Vmax 또는 +Vmid 를 갖는 펄스 다음에, 길이 T_4 및 진폭 -Vmid 를 갖는 펄스를 포함하는 펄스들의 시퀀스의 단일 인스턴스 또는 인스턴스들의 반복에 의해 마젠타가 획득될 수도 있고, 여기서 $T_4 > T_3$ 이다. 마젠타를 생성하기 위해, 파형의 이 페이즈에서의 순 임펄스는 백색을 생성하는데 사용되는 순 임펄스보다 더 포지티브해야 한다. 마젠타를 생성하는데 사용되는 펄스들의 시퀀스 동안, 디스플레이는 본질적으로 청색과 마젠타인 상태들 사이에서 요동할 것이다. 마젠타 컬러에 앞서 최종 마젠타 상태보다 더 네거티브한 a^* 와 더 낮은 L^* 의 상태가 선행될 것이다.

[0164] 상술된 바와 같이 (도 7a 및 관련된 설명 참조), 길이 T_5 및 진폭 +Vmax 또는 +Vmid 를 갖는 펄스 다음에, 길이 T_6 및 진폭 -Vmax 또는 -Vmid 를 갖는 펄스를 포함하는 펄스들의 시퀀스의 단일 인스턴스 또는 인스턴스들의 반복에 의해 적색이 획득될 수도 있다. 적색을 생성하기 위해, 순 임펄스는 백색 또는 황색을 생성하는데 사용되는 순 임펄스보다 더 포지티브해야 한다. 바람직하게는, 적색을 생성하기 위해, 사용된 포지티브 및 네거티브 전압들은 실질적으로 동일한 크기 (양쪽이 Vmax 이거나 또는 양쪽이 Vmid 임) 이고, 포지티브 펄스의 길이는 네거티브 펄스의 길이보다 더 길며, 최종 펄스는 네거티브 펄스이다. 적색을 생성하는데 사용되는 펄스들의 시퀀스 동안, 디스플레이는 본질적으로 흑색과 적색인 상태들 사이에서 요동할 것이다. 적색 컬러에 앞서 최종 적색 상태보다 더 낮은 L^*, 더 낮은 a^*, 및 더 낮은 b^* 의 상태가 선행될 것이다.

[0165] 황색 (도 6c 및 도 6d 그리고 관련된 설명 참조) 은 길이 T_7 및 진폭 +Vmax 또는 +Vmid 를 갖는 펄스 다음에,

길이 T_8 및 진폭 -Vmax 를 갖는 펄스를 포함하는 펄스들의 시퀀스의 단일 인스턴스 또는 인스턴스들의 반복에 의해 획득될 수도 있다. 최종 펄스는 네거티브 펄스이어야 한다. 대안적으로, 상술된 바와 같이, 황색 컬러는 -Vmax 에서 단일 펄스 또는 복수의 펄스들에 의해 획득될 수도 있다.

[0166] 파형의 제 3 페이즈 (도 8 의 페이즈 C) 에서는 중간 및 최소 전압 진폭들을 이용하는 펄스들이 공급된다. 파형의 이 페이즈에서는 파형의 제 2 페이스에서의 백색을 향한 드라이브에 후속하여 청색 및 시안 컬러들이 생성되고, 파형의 제 2 페이즈에서의 황색을 향한 드라이브에 후속하여 녹색 컬러가 생성된다. 따라서, 본 발명의 디스플레이의 파형 과도현상들이 관측될 때, 청색 및 시안 컬러들에 앞서 궁극적인 시안 또는 청색 컬러의 b^* 값보다 b^* 가 더 포지티브한 컬러가 선행될 것이고, 녹색 컬러에 앞서 궁극적인 녹색 컬러의 L^*, a^* 및 b^* 보다 L^* 이 더 높고 a^* 및 b^* 가 더 포지티브한 더 황색인 컬러가 선행될 것이다. 더 일반적으로는, 본 발명의 디스플레이가 제 1 및 제 2 입자들 중 착색된 입자에 대응하는 컬러를 렌더링하고 있을 때, 그 상태에 앞서 본질적으로 백색인 (즉, 약 5 보다 더 작은 C^* 를 갖는) 상태가 선행될 것이다. 본 발명의 디스플레이가 제 1 및 제 2 입자들 중 착색된 입자와 제 3 및 제 4 입자들 중에서 이 입자에 대해 반대 전하를 갖는 입자의 조합에 대응하는 컬러를 렌더링하고 있을 때, 디스플레이는 본질적으로 제 3 및 제 4 입자들 중에서, 제 1 및 제 2 입자들 중 착색된 입자에 대해 반대 전하를 갖는 입자의 컬러를 우선 렌더링할 것이다.

[0167] 통상적으로, 시안 및 녹색은 +Vmin 이 사용되어야 하는 펄스 시퀀스에 의해 생성될 것이다. 이것은 이 최소 포지티브 전압에서만 시안 안료가 백색 안료에 대해 마젠타 및 황색 안료들과는 독립적으로 이동될 수 있기 때문이다. 시안 안료의 이러한 모션은 백색으로부터 시작하여 시안을 또는 황색으로부터 시작하여 녹색을 렌더링할 필요가 있다.

[0168] 최종적으로, 파형의 제 4 페이즈 (도 8 의 페이즈 D) 에서는 제로 전압이 공급된다.

[0169] 본 발명의 디스플레이가 8 개의 원색들을 생성하는 것으로서 설명되었지만, 실제로, 가능한 한 많은 컬러들이 픽셀 레벨에서 생성되는 것이 선호된다. 풀 컬러 그레이 스케일 이미지는 그 후에, 이미징 기술에서 당업자들에게 널리 공지된 기법들을 이용하여, 이들 컬러들 사이의 디더링 (dithering) 에 의해 렌더링될 수도 있다. 예를 들어, 상술된 바와 같이 생성된 8 개의 원색들에 부가적으로, 디스플레이는 부가적인 8 개의 컬러들을 렌더링하도록 구성될 수도 있다. 하나의 실시형태에서, 이들 부가적인 컬러들은 : 밝은 적색, 밝은 녹색, 밝은 청색, 어두운 시안, 어두운 마젠타, 어두운 황색, 및 흑색과 백색 사이의 그레이의 2 개의 레벨들이다. 이러한 맥락에서 사용되는 바와 같이 용어들 "밝은" 및 "어두운" 은 CIE $L^*a^*b^*$ 와 같은 컬러 공간에서 기준 컬러와 실질적으로 동일한 색조 각 (hue angle) 을 갖지만 더 높은 또는 더 낮은 L^* 을 각각 갖는 컬러들을 지칭한다.

[0170] 일반적으로, 밝은 컬러들은 어두운 컬러들과 동일한 방식으로, 그러나 페이즈들 B 및 C 에서 약간 상이한 순 임펄스를 갖는 파형들을 이용하여 획득된다. 따라서, 밝은 적색, 밝은 녹색 및 밝은 청색 파형들은 대응하는 적색, 녹색 및 청색 파형들보다 페이즈들 B 및 C 에서 더 네거티브한 순 임펄스를 갖는 반면, 어두운 시안, 어두운 마젠타, 및 어두운 황색은 대응하는 시안, 마젠타 및 황색 파형들보다 페이즈들 B 및 C 에서 더 포지티브한 순 임펄스를 갖는다. 순 임펄스의 변화는 페이즈들 B 및 C 에서 펄스들의 길이들, 펄스들의 수, 또는 펄스들의 크기들을 변경함으로써 달성될 수도 있다.

[0171] 그레이 컬러들은 통상적으로 저 전압들 또는 중간 전압들 사이에서 요동하는 펄스들의 시퀀스에 의해 달성된다.

[0172] 박막 트랜지스터 (TFT) 어레이를 사용하여 드라이빙되는 본 발명의 디스플레이에서, 도 8 의 가로좌표 상의 가용 시간 증분들은 통상적으로 디스플레이의 프레임 레이트에 의해 양자화될 것이라는 것이 당업자에게 명백할 것이다. 마찬가지로, 디스플레이가 전면 전극에 대한 픽셀 전극들의 전위를 변화시킴으로써 어드레싱되고, 이것은 픽셀 전극들 또는 전면 전극 중 어느 하나, 또는 이들 양쪽 모두의 전위를 변화시킴으로써 달성될 수도 있다는 것이 명백할 것이다. 이 기술 분야의 현재 상태에서, 통상적으로 픽셀 전극들의 매트릭스는 백플레인 상에 존재하는 반면, 전면 전극은 모든 픽셀들에 대해 공통된다. 그에 따라, 전면 전극의 전위가 변화될 때, 모든 픽셀들의 어드레싱이 영향받는다. 도 8 을 참조하여 상술된 파형의 기본 구조는 가변 전압들이 전면 전극에 인가되든 아니든 간에 동일하다.

[0173] 도 8 에 예시된 일반 파형은 디스플레이의 선택된 로우 (row) 의 업데이트 동안 드라이빙 전자 장치들이 데이터 라인들에 7 개만큼 많은 상이한 전압들을 제공할 것을 요구한다. 7 개의 상이한 전압들을 전달하는 것이 가

능한 멀티-레벨 소스 드라이버들이 이용가능하지만, 전기영동 디스플레이들에 대한 상업적으로 입수가능한 많은 드라이버들은 단일 프레임 동안 3 개의 상이한 전압들 (통상적으로 포지티브 전압, 제로, 및 네거티브 전압) 만이 전달되도록 허용한다. 본 명세서에서 용어 "프레임" 은 디스플레이에서의 모든 로우들의 단일 업데이트를 지칭한다. 패널에 공급되는 3 개의 전압들 (통상적으로 +V, 0 및 -V) 이 하나의 프레임에서부터 다음 프레임까지 변화될 수 있다는 것이 제공된다면 (즉, 예를 들어, 프레임 ***n*** 에서 전압들 (+Vmax, 0, -Vmin) 이 공급될 수 있는 동안 프레임 ***n+1*** 에서 전압들 (+Vmid, 0, -Vmax) 이 공급될 수 있도록) 3 레벨 소스 드라이버 아키텍처를 수용하기 위해 도 8 의 일반 파형을 수정하는 것이 가능하다.

[0174] 소스 드라이버들에 공급되는 전압들에 대한 변화들이 모든 픽셀에 영향을 미치기 때문에, 파형이 이에 따라 수정될 필요가 있어서, 각각의 컬러를 생성하는데 사용되는 파형은 공급되는 전압들과 정렬되어야 한다. 도 9 는 도 8 의 일반 파형에 대한 적절한 수정을 도시한다. 페이즈 A 에서, 3 개의 전압들 (+Vmax, 0, -Vmax) 만이 필요하기 때문에, 어떠한 변화도 필요하지 않다. 페이즈 B 는 길이들 L_1 및 L_2 각각으로 정의되는 서브페이즈들 B1 및 B2 로 대체되고, 그 각각의 서브페이즈들 동안 3 개의 전압들의 특정 세트가 사용된다. 도 9 에서, 페이즈 B1 에서 전압들 (+Vmax, 0, -Vmax) 이 이용가능한 한편, 페이즈 B2 에서는 전압들 (+Vmid, 0, -Vmid) 이 이용가능하다. 도 9 에 도시된 바와 같이, 파형은 서브페이즈 B1 에서 시간 t_5 에 대한 +Vmax 의 펄스를 요구한다. 서브페이즈 B1 은 (예를 들어, t_5 보다 더 긴 펄스가 필요할 수도 있는 다른 컬러에 대한 파형을 수용하도록) 시간 t_5 보다 더 길어서, 제로 전압이 시간 $L_1 - t_5$ 동안 공급된다. 서브페이즈 B1 내의 길이 $L_1 - t_5$ 의 제로 펄스 또는 펄스들 및 길이 t_5 의 펄스의 위치는 필요에 따라 조정될 수도 있다 (즉, 서브페이즈 B1 은 예시된 바와 같이 길이 t_5 의 펄스로 반드시 시작할 필요는 없다). 페이즈들 B 및 C 를, 3 개의 포지티브 전압들 중 하나, 3 개의 네거티브 전압들 중 하나 및 제로의 선정이 있는 서브페이즈들로 세분함으로써, (필요한 제로 펄스들을 수용하기 위한) 보다 긴 파형을 희생시키더라도, 멀티레벨 소스 드라이버를 사용하여 획득되는 것과 동일한 광학 결과를 달성하는 것이 가능하다.

[0175] 상부 평면 스위칭이 3-레벨 소스 드라이버와 조합하여 사용될 때, 도 9 를 참조하여 상술된 것과 동일한 일반 원리들이 적용된다. 소스 드라이버들이 선호되는 Vmax 만큼 높은 전압을 공급할 수 없을 때, 상부 평면 스위칭이 선호될 수도 있다. 상부 평면 스위칭을 이용하여 전기영동 디스플레이를 드라이빙하는 방법들은 이 기술 분야에 널리 공지되어 있다.

[0176] 본 발명의 제 2 드라이브 방식에 따른 통상적인 파형이 하기 표 3 에 나타나 있고, 여기서 괄호 안의 숫자들은 (제로 전위에 있는 것으로 가정된 상부 평면에 대해) 나타낸 백플레인 전압으로 드라이빙되는 프레임들의 수에 대응한다.

표 3

[0177]

	리셋 페이즈		고/중간 V 페이즈 (하기 프레임 시퀀스의 N 개의 반복들)			저/중간 V 페이즈	
K	-Vmax(60+Δ_K)	Vmax(60-Δ_K)	Vmid(5)	제로(9)		제로(50)	
B	-Vmax(60+Δ_B)	Vmax(60-Δ_B)	Vmax(2)	제로(5)	-Vmid(7)	Vmid(40)	제로(10)
R	-Vmax(60+Δ_R)	Vmax(60-Δ_R)	Vmax(7)	제로(3)	-Vmax(4)	제로(50)	
M	-Vmax(60+Δ_M)	Vmax(60-Δ_M)	Vmax(4)	제로(3)	-Vmid(7)	제로(50)	
G	-Vmax(60+Δ_G)	Vmax(60-Δ_G)	Vmid(7)	제로(3)	-Vmax(4)	Vmin(40)	제로(10)
C	-Vmax(60+Δ_C)	Vmax(60-Δ_C)	Vmax(2)	제로(5)	-Vmid(7)	Vmin(40)	제로(10)
Y	-Vmax(60+Δ_Y)	Vmax(60-Δ_Y)	Vmid(7)	제로(3)	-Vmax(4)	제로(50)	
W	-Vmax(60+Δ_W)	Vmax(60-Δ_W)	Vmax(2)	제로(5)	-Vmid(7)	제로(50)	

[0178] 리셋 페이즈에서, 디스플레이의 이전 상태를 소거하기 위해 최대 네거티브 및 포지티브 전압들의 펄스들이 제공된다. 각각의 전압에서의 프레임들의 수는, 컬러가 렌더링되는 경우, 고/중간 전압 및 저/중간 전압 페이즈들에서 순 임펄스를 보상하는 양 (컬러 x 에 대해 Δ_x 로서 나타냄) 만큼 오프셋된다. DC 밸런스를 달성하기 위해, Δ_x 는 그 순 임펄스의 절반인 것으로 선정된다. 리셋 페이즈가 표에 예시된 방식으로 정밀하게 구현될 필요는 없다; 예를 들어, 상부 평면 스위칭이 이용될 때, 네거티브 및 포지티브 드라이브들에 특정 수의 프레임들을 할당할 필요가 있다. 이러한 경우, DC 밸런스를 달성하는 것과 부합하는 최대 수의 고 전압 펄스들을 제공하는 것 (즉, 네거티브 또는 포지티브 프레임들로부터 $2\Delta_x$ 를 적절하게 차감하는 것) 이 선호된다.

[0179] 고/중간 전압 페이즈에서, 상술된 바와 같이, 각각의 컬러에 적절한 펄스 시퀀스의 *N* 개의 반복들의 시퀀스가 제공되고, 여기서 *N* 은 1 내지 20 일 수 있다. 도시된 바와 같이, 이 시퀀스는 크기 Vmax 또는 Vmid 의 포지티브 또는 네거티브 전압들, 또는 제로가 할당된 14 개의 프레임들을 포함한다. 도시된 펄스 시퀀스들은 상기 주어진 논의와 일치한다. 파형의 이 페이즈에서, 백색, 청색 및 시안 컬러들을 렌더링하기 위한 펄스 시퀀스들이 동일하다는 것을 알 수 있다 (이는, 상술된 바와 같이, 청색 및 시안이 이 경우에는 백색 상태로부터 시작하여 달성되기 때문이다). 마찬가지로, 이 페이즈에서, 황색 및 녹색을 렌더링하기 위한 펄스 시퀀스들이 동일하다 (이는, 상술된 바와 같이, 녹색이 황색 상태로부터 시작하여 달성되기 때문이다).

[0180] 저/중간 전압 페이즈에서는, 청색 및 시안 컬러들이 백색으로부터 획득되고, 녹색 컬러가 황색으로부터 획득된다.

[0181] 표 4 는, 박막 트랜지스터 어레이 백플레인에 라미네이팅되는, 하기 실시예 11, 부분 A 에서 설명된 바와 같이 준비된 코팅을 사용하여 제조된 디스플레이를 드라이빙한 것으로부터의 결과들을 나타낸다. 사용된 파형은 표 3 에 예시된 것과 유사하였고 여기서 *N* = 18 이며, 디스플레이는 상술된 바와 같이 선호되는 전압들로 초 당 65 개의 프레임들에서 어드레싱되었다.

표 4

[0182]

컬러	L*	a*	b*
K	20	4	-5
B	24	5	-13
R	42	27	23
M	40	25	0
G	36	-12	6
C	37	-8	-15
Y	65	3	40
W	70	2	5
색역 체적 (ΔE^3)	20630		

[0183] **실시예들**

[0184] 단지 예시로서, 본 발명의 선호되는 전기영동 매질들 및 이들 선호되는 전기영동 매질들을 드라이빙하기 위한 프로세스들의 상세들을 나타내기 위해 실시예들이 이제 주어진다. 이들 실시예들에 사용되는 입자들은 다음과 같다.

[0185] 백색 입자 W1 은 미국 특허 제7,002,728호에서 설명된 바와 같이 라우릴 메타크릴레이트 (LMA) 모노머들을 포함하는 폴리머릭 재료가 부착된 실라놀-관능화된 (silanol-functionalized) 광산란성 안료 (이산화 티타늄) 이다.

[0186] 백색 입자 W2 는, 대략 99:1 비율의 라우릴 메타크릴레이트 및 2,2,2-트리플루오로에틸 메타크릴레이트를 포함하는 폴리머 코팅을 갖는, 실질적으로 미국 특허 제5,852,196호의 실시예 1 에서 설명된 바와 같이 제조된 폴리머-코팅된 티타니아이다.

[0187] 황색 입자 Y1 은, 전술한 출원 제14/277,107호 및 하기 실시예 1 에서 일반적으로 설명된 바와 같이, Solsperse 19000 의 존재 하에서 마멸에 의해 분산되고 코팅 없이 사용된 C.I. 안료 황색 180 이다.

[0188] 황색 입자 Y2 는, 전술한 출원 제14/277,107호 및 하기 실시예 2 에서 일반적으로 설명된 바와 같이, Solsperse 19000 의 존재 하에서 마멸에 의해 분산되고 코팅 없이 사용된 C.I. 안료 황색 155 이다.

[0189] 황색 입자 Y3 은, 전술한 출원 제14/277,107호 및 하기 실시예 3 에서 일반적으로 설명된 바와 같이, Solsperse 19000 의 존재 하에서 마멸에 의해 분산되고 코팅 없이 사용된 C.I. 안료 황색 139 이다.

[0190] 황색 입자 Y4 는, 하기 실시예 4 에서 설명된 방식으로 트리플루오로에틸 메타크릴레이트, 메틸 메타크릴레이트 및 디메틸실록산-함유 모노머들을 포함하는, 분산 중합에 의해 코팅되는 C.I. 안료 황색 139 이다.

[0191] 마젠타 입자 M1 은, 전술한 출원 제14/277,107호 및 하기 실시예 5 에서 설명된 바와 같이 비닐벤질 클로라이드 및 LMA 를 사용하여 코팅된, 포지티브로 하전된 마젠타 재료 (디메틸퀴나크리돈, C.I. 안료 적색 122) 이다.

[0192] 마젠타 입자 M2 는, 하기 실시예 6 에서 설명된 방식으로 메틸 메타크릴레이트 및 디메틸실록산-함유 모노머들이 분산 중합에 의해 코팅되는 C.I. 안료 적색 122 이다.

[0193] 시안 입자 C1 은, 하기 실시예 7 에서 설명된 방식으로 메틸 메타크릴레이트 및 디메틸실록산-함유 모노머들을 포함하는, 분산 중합에 의해 코팅되는 구리 프탈로시아닌 재료 (C.I. 안료 청색 15:3) 이다.

[0194] 실시예 1 : 황색 안료 Y1 의 준비

[0195] 황색 안료, Novoperm 황색 P-HG (Clariant, Basel, Switzerland 로부터 입수가능함), (26 g) 는 Isopar G (70 g) 및 Isopar G 내의 Solsperse 19000 의 용액 (Lubrizol Corporation, Wickliffe, OH 로부터 입수가능함) 과 배합되었고, 혼합물이 1 시간 동안 유리 비드들로 격렬히 마멸시킴으로써 분산되어 황색 안료 분산물을 수득하

였다.

[0196] 실시예 2 : 황색 안료 Y2 의 준비

[0197] 황색 안료, 잉크젯 황색 4GC (Clariant, Basel, Switzerland 로부터 입수가능함), (26 g) 는 Isopar G (70 g) 및 Solsperse 19000 의 용액 (Lubrizol Corporation, Wickliffe, OH 로부터 입수가능함, Isopar G 내의 70 g 의 20% w/w 용액) 과 배합되었다. 결과적인 혼합물이 600 RPM 에서 1 시간 동안 250 mL 의 유리 비드들로 마멸시킨 후에 200 ㎛ 메시 스크린을 통해 여과시킴으로써 분산되어 황색 안료 분산물을 수득하였다.

[0198] 실시예 3 : 황색 안료 Y3 의 준비

[0199] 황색 안료, Novoperm 황색 P-M3R (Clariant, Basel, Switzerland 로부터 입수가능함), (28 g) 은 Isopar G (70 g) 및 Solsperse 19000 의 용액 (Lubrizol Corporation, Wickliffe, OH 로부터 입수가능함, Isopar G 내의 70 g 의 20% w/w 용액) 과 배합되었다. 결과적인 혼합물이 600 RPM 에서 1 시간 동안 250 mL 의 유리 비드들로 마멸시킨 후에 200 ㎛ 메시 스크린을 통해 여과시킴으로써 분산되어 황색 안료 분산물을 수득하였다.

[0200] 실시예 4 : 황색 안료 Y4 의 준비

[0201] 2 L 플라스틱 보틀 (bottle) 에 64.0 g 의 Novoperm 황색 P M3R (Clariant Corporation 118380), 12.6 g 의 2,2,2-트리플루오로에틸 메타크릴레이트, 42.5 g 의 메틸 메타크릴레이트, 100 g 의 모노메타크릴레이트 말단 폴리(디메틸실록산) (Gelest MCR-M22, 분자량 10,000), 376 g 의 Isopar E, 80 g 의 20 중량% Solsperse 17000 용액 및 Zirconox 비드들 (1.7 내지 2.4 mm) 을 첨가하였다. 보틀을 24 시간 동안 롤링한 후에 200 ㎛ 메시를 통해 500 mL 반응기에 부었다. 반응기가 질소 주입관, 오버헤드 교반용 임펠러 및 공기 콘덴서와 어셈블링되었다. 오버헤드 공기 교반기가 400 rpm 으로 설정되었고 반응 혼합물이 65 ℃ 에서 30 분 동안 질소로 퍼지되었고, 그 후에 주입관이 제거되었고 로토미터 (rotometer) 질소 레벨이 설정되었다. 소형 바이알에서, 0.358 g 의 2,2'-아조비스(2-메틸프로피오니트릴) (AIBN) 을 에틸 아세테이트에 용해시켰고 주사기에 넣었다. 그 후에, 바이알을 에틸 아세테이트로 린스하였고 동일한 주사기에 넣었다. 결과적인 AIBN 용액을 30 분에 걸쳐 반응기 내에 주입하였고, 반응 혼합물을 16 내지 24 시간 동안 가열하였다. 반응 혼합물을 1 L 원심분리기 보틀에 분배하였고 원심분리하였다. 상층물을 따라내었고, 잔존 안료를 Isopar E 로 세정하였고 원심분리하였다. 이 세정 프로세스를 2 회 더 반복하였고, 최종 상층물을 따라낸 후에, 잔존 안료를 진공 오븐에서 실온에서 하룻밤 동안 건조시켰다.

[0202] 건조된 안료를 음파처리 (sonication) 및 롤링을 이용하여 Isopar G 와의 25 중량% 혼합물에 분산시켰고, 결과적인 분산물을 200 ㎛ 메시를 통해 여과시켰고 분산물 내의 고체 재료의 퍼센티지를 측정하였다.

[0203] 실시예 5 : 마젠타 안료 M1 의 준비

[0204] 잉크젯 마젠타 E 02 (Clariant Corporation 으로부터 입수가능함, 15 g) 를 톨루엔 (135 g) 에 분산시켰다. 분산물을 500 mL 둥근 바닥 플라스크로 옮겼고 헤드스페이스를 질소로 탈기시켰다. 결과적인 반응 혼합물을 42 C 로 이르게 하였고, 온도 평형 하에서, 4-비닐벤질클로라이드를 첨가하였고 반응 혼합물을 질소 하에서 42 C 에서 하룻밤 동안 교반하게 하였다. 결과적인 생성물을 실온으로 냉각시키고 원심분리하여 관능화된 안료를 격리되게 하였다. 원심분리기 케이크를 톨루엔으로 3 회 세정하여 관능화된 마젠타 안료 (14.76 g) 를 발생시켰다.

[0205] 이 관능화된 마젠타 안료를 상기 언급된 미국 특허 제7,002,728호에서 설명된 바와 같이 폴리(라우릴 메타크릴레이트) 로 처리한 후에, Isopar E 와 배합하여 마젠타 안료 분산물을 발생시켰고, 이 마젠타 안료 분산물을 200 ㎛ 메시 필름을 통해 여과시켰고 그의 고체 퍼센티지가 17.8% 인 것으로 결정하였다.

[0206] 실시예 6 : 마젠타 안료 M2 의 준비

[0207] 1 L 플라스틱 보틀에 32.0 g 의 잉크젯 마젠타 E 02 (Clariant Corporation), 26.5 g 의 메틸 메타크릴레이트, 53 g 의 모노메타크릴레이트 말단 폴리(디메틸실록산) (Gelest MCR-M22, 분자량 10,000), 220 g 의 Isopar E 및 Zirconox 비드들 (1.7 내지 2.4 mm) 을 첨가하였다. 보틀을 2 시간 동안 롤링한 후에, 250 g 의 Isopar E 를 안료 혼합물에 첨가하였다. 그 후에, 이것을 200 ㎛ 메시를 통해 1 L 반응기에 부었다. 반응기가 질소 주입관, 오버헤드 교반용 임펠러 및 공기 콘덴서와 어셈블링되었다. 오버헤드 공기 교반기가 400 rpm 으로 설정되었고 반응 혼합물이 65 ℃ 에서 30 분 동안 질소로 퍼지되었고, 그 후에 주입관이 제거되었고 로토미터 질소 레벨이 설정되었다. 소형 바이알에서, 0.6 g 의 2,2'-아조비스(2-메틸프로피오니트릴) (AIBN) 을 에틸 아세테이트에 용해시켰고 주사기에 넣었다. 그 후에, 바이알을 에틸 아세테이트로 린스하였고 동일한

주사기에 넣었다. 결과적인 AIBN 용액을 30 분에 걸쳐 반응기 내에 주입하였고, 반응 혼합물을 16 내지 24 시간 동안 가열하였다. 반응 혼합물을 1 L 원심분리기 보틀에 분배하였고 원심분리하였다. 상층물을 따라내었고, 잔존 안료를 Isopar E 로 세정하였고 원심분리하였다. 이 세정 프로세스를 2 회 더 반복하였고, 최종 상층물을 따라낸 후에, 잔존 안료를 진공 오븐에서 실온에서 하룻밤 동안 건조시켰다.

[0208] 건조된 안료를 음파처리 및 롤링을 이용하여 Isopar G 와의 25 중량% 혼합물에 분산시켰고, 결과적인 분산물을 200 ㎛ 메시를 통해 여과시켰고 분산물 내의 고체 재료의 퍼센티지를 측정하였다.

[0209] 실시예 7 : 시안 안료 C1 의 준비

[0210] 1 L 플라스틱 보틀에 32.0 g 의 Hostaperm 청색 B2G-EDS (Clariant Corporation 225226), 15 g 의 메틸 메타크릴레이트, 30 g 의 모노메타크릴레이트 말단 폴리-(디메틸실록산) (Gelest MCR-M22, 분자량 10,000), 220 g 의 Isopar E 및 Zirconox 비드들 (1.7 내지 2.4 mm) 을 첨가하였다. 보틀을 24 시간 동안 롤링한 후에 200 ㎛ 메시를 통해 500 mL 반응기에 부었다. 반응기가 질소 주입관, 오버헤드 교반용 임펠러 및 공기 콘덴서와 어셈블링되었다. 오버헤드 공기 교반기가 400 rpm 으로 설정되었고 반응 혼합물이 65 ℃ 에서 1 시간 동안 질소로 퍼지되었고, 그 후에 주입관이 제거되었고 로토미터 질소 레벨이 설정되었다. 소형 바이알에서, 0.189 g 의 2,2'-아조비스(2-메틸프로피오니트릴) (AIBN) 을 에틸 아세테이트에 용해시켰고 주사기에 넣었다. 그 후에, 바이알을 에틸 아세테이트로 린스하였고 동일한 주사기에 넣었다. 결과적인 AIBN 용액을 30 분에 걸쳐 반응기 내에 주입하였고, 반응 혼합물을 16 내지 24 시간 동안 가열하였다. 반응 혼합물을 1 L 원심분리기 보틀에 분배하였고 원심분리하였다. 상층물을 따라내었고, 잔존 안료를 Isopar E 로 세정하였고 원심분리하였다. 이 세정 프로세스를 3 회 더 반복하였고, 최종 상층물을 따라낸 후에, 잔존 안료를 진공 오븐에서 실온에서 하룻밤 동안 건조시켰다.

[0211] 건조된 안료를 음파처리 및 롤링을 이용하여 Isopar G 와의 25 중량% 혼합물에 분산시켰고, 결과적인 분산물을 200 ㎛ 메시를 통해 여과시켰고 분산물 내의 고체 재료의 퍼센티지를 측정하였다.

[0212] 실시예 8 : 본 발명의 입자들에 대한 Solsperse 19000 의 흡착 등온선의 측정

[0213] 안료의 0 내지 약 0.5 g/g 으로 가변하는 10 내지 20 농도들에서 Solsperse 19000 을 함유하는, (백색 입자들에 대한) 용매 내의 10% w/w 농도 또는 (착색 입자들에 대한) Isopar G 용매 내의 5% w/w 농도에서의 20 그램 샘플들을 준비하였다. 샘플들을 실온에서 적어도 24 시간 혼합하여 평형을 이루도록 한 후에, 입자들을 착색 샘플들에 대해 1 시간 동안 20000 rpm 또는 1 시간 동안 3500 rpm 에서 원심분리에 의해 제거하였다 (백색 안료들). 상층물들의 전도도를 측정하였고 잔존하는 Solsperse 19000 의 농도를 검량선 (calibration curve) 과 비교하여 결정하였다.

[0214] 시안 입자들 C1 및 원시 안료 (C.I. 안료 청색 15:3, Clariant 로부터 입수가능한 Hostaperm 청색 B2G-EDS) 로 획득된 결과들이 도 10 에 도시된다. 폴리머 쉘은 입자들 위에 흡착된 Solsperse 19000 의 양을 약 100 mg/g 으로부터 약 15 mg/g 으로 감소시키는 것을 볼 수 있다. 도 10 에서 관측된 원시 시안 안료에 대한 Solsperse 19000 의 흡착은 더 많은 계면활성제가 첨가됨에 따라 감소되는 것으로 여겨진다. 이것은 측정의 아티팩트 (artifact) 이다. 이상적인 측정에서, 흡착된 양은 플래토우 (plateau) 에 도달할 것이다. 설명된 실험에서, 매우 높은 계면활성제 레벨들에서 상층물로부터 완전히 제거될 수 없는 일부 미세 입자들이 생성된다. 그 결과, 상층물의 전도도는 (하전된 시안 미립자 (fine) 들의 존재로 인해) 안료가 완전히 제거되었을 경우에 있을 수 있는 것보다 더 높다. 유사한 아티팩트가 분산 중합된 샘플들에 대해 관측되지 않아서, 안료가 폴리머에 완전히 에워싸이고 시안 코어의 1 차 입자 사이즈 (그리고 그에 따라 표면적) 가 실험에 중요하지 않다는 것을 암시한다.

[0215] 실시예 9 : 전계에서 이동하는 본 발명의 입자들의 가시화

[0216] 부분 A : 전기영동 유체들의 준비.

[0217] 유체 (i) : Solsperse 19000:Solsperse 17000 의 4:1 질량비의 0.36% w/w 를 함유하는 Isopar G 에서 상기 실시예 7 에서 설명된 바와 같이 준비된 입자 C1 의 22% w/w 분산물의 0.91 g 이, Solsperse 19000:Solsperse 17000 의 4:1 질량비의 0.36% w/w 를 함유하는 Isopar G 에서 상기 실시예 3 에서 설명된 바와 같이 준비된 입자 Y3 의 15% w/w 분산물의 1.33 g 및 Solsperse 19000:Solsperse 17000 의 4:1 질량비의 0.36% w/w 를 함유하는 Isopar G 의 17.76 g 과 배합되었다. 입자들 C1 및 Y3 의 분산물들을 이전에 20,000 rpm 에서 45 분 동안 원심분리하였고 Solsperse 19000:Solsperse 17000 의 4:1 질량비의 0.36% w/w 를 함유하는 Isopar G 로 3 회 재희석하여 임의의 가용성 불순물들이 제거되었다는 것을 보장하였다. 유체가 준비된 후에, 그것이 사용

전에 90 분 동안 음파처리에 의해 분산되었다.

[0218] 유체 (ii) : Solsperse 19000:Solsperse 17000 의 4:1 질량비의 0.36% w/w 를 함유하는 Isopar G 에서 상기 실시예 5 에서 설명된 바와 같이 준비된 입자 M1 의 15% w/w 분산물의 1.33 g 이, Solsperse 19000:Solsperse 17000 의 4:1 질량비의 0.36% w/w 를 함유하는 Isopar G 에서 상기 실시예 3 에서 설명된 바와 같이 준비된 입자 Y3 의 15% w/w 분산물의 1.33 g 및 Solsperse 19000:Solsperse 17000 의 4:1 질량비의 0.36% w/w 를 함유하는 Isopar G 의 17.34 g 과 배합되었다. 입자들 M1 및 Y3 의 분산물들을 이전에 20,000 rpm 에서 45 분 동안 원심분리하였고 Solsperse 19000:Solsperse 17000 의 4:1 질량비의 0.36% w/w 를 함유하는 Isopar G 로 3 회 재희석하여 임의의 가용성 불순물들이 제거되었다는 것을 보장하였다. 유체가 준비된 후에, 그것이 사용 전에 90 분 동안 음파처리에 의해 분산되었다.

[0219] 부분 B : 입자 모션의 가시화.

[0220] 유체들 (i) 및 (ii) 을 도 11 에 예시된 장치를 사용하여 가시화하였다. 직사각형 단면을 갖는 붕규산 유리 모세관의 벽들 (112) 은 두께가 20 ㎛ 이었고, 중앙 캐비티 (110) 는 폭 200 ㎛ 및 높이 20 ㎛ 를 가졌다. 모세관은 5 분 경화가능 에폭시 접착제 (114) 를 사용하여 붕규산 유리의 2 개의 시트들 (116 및 118) 과 2 개의 금속 전극들 (120) 사이에서 밀봉되었다. 모세관과 전극들 사이의 에폭시 두께를 최소화하기 위해, 에폭시가 경화하고 있는 동안 전극들이 서로를 향해 푸시되었다.

[0221] 유체는 주사기를 통해 모세관 내로 로딩되었고, 그 다음에 흐름이 진정되기를 잠시 기다렸다. 모세관의 다른쪽 단부를 개방된 상태로 두는 것은 일단 주사기가 릴리스된다면 압력을 완화시키는 것을 돕고, 흐름의 중단을 가속화시킨다.

[0222] 그 후에, 전기영동 유체에 도 12 및 도 13 에 도시된 것과 같은 인가 전압이 가해진 한편, 모션의 이미지들은 112 프레임들/초로 샘플링되는 카메라가 구비된 현미경 (122) 으로 캡처되었다. 상이한 인가 전압들 사이에서, 즉, 상이한 테스트들 사이에서, 모세관 내의 전기영동 유체는 주사기로부터의 신선한 유체로 대체되었다. 상이한 샘플들 사이에서, 디바이스로부터 나오는 용액이 광학적으로 클리어해질 때까지 동일한 모세관 튜브가 Isopar E 에서 0.1% w/w 농도에서의 Solsperse 19000:Solsperse 17000 의 4:1 비율의 용액의 ~2 밀로 플러싱되었고, 그 후에 다음 샘플이 로딩되었다. 이러한 방법으로 지오메트리 (그리고 그에 따라 유체에 의해 경험되는 전계) 는 일정하게 유지된다. 도 12 및 도 13 에서 캐소드는 상부 전극이고 애노드는 하부 전극이다.

[0223] 도 12 는 마젠타 안료 M1 및 황색 안료 Y3 의 혼합물 (유체 (i)) 에 전계를 인가한 결과를 도시한다. 가장 높은 전압에서도 이들 2 개의 안료들 사이의 응집체는 분리되지 않고, 캐소드를 향해 이행하는 불그스름한 복합체들로서 잔존한다.

[0224] 도 13 은 시안 안료 C1 및 황색 안료 Y3 의 혼합물 (유체 (ii)) 에 전계를 인가한 결과를 도시한다. 1000 V 이상의 인가 전압들에서 2 개의 안료들이 분리되고, 시안은 캐소드를 향해 이행하고 황색은 애노드를 향해 이행한다.

[0225] 도 12 및 도 13 으로부터, 본 발명의 안료들 M1 및 Y3 은 본 발명의 안료들 C1 및 Y3 을 분리시키는 전계들이 가해졌을 때 온전하게 잔존하는 응집체들을 형성한다는 것이 명백하다. 이와 다르게 언급하면, 응집체들을 분리시키는데 요구되는 전계 강도는 타입들 2, 3 및 4 의 입자들에 대해 대략 P3-P4 > P3-P2 이다.

[0226] 실시예 10 : 입자들의 정전 분리

[0227] 부분 A : 전기영동 유체들의 준비

[0228] 유체 (i) : 하기 실시예 12, 부분 A 에서 설명된 바와 같이 준비된 백색 입자 분산물 (W1) (0.11 g) 이, 상기 실시예 7 에서 준비된 시안 입자 분산물 (C1) (0.13 g), Solsperse 19000 (Isopar G 내의 60 mg 의 2% w/w 용액), Solsperse 17000 (Isopar G 내의 10 mg 의 2% w/w 용액) 및 Isopar G (3.49 g) 와 배합되었다. 이 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하여 전기영동 유체 (즉, 이동상 (mobile phase) 으로 안료를 포함하는 전기영동 조성물) 를 제조하였다. 그 후에, 전기영동 유체 (1.0 g) 를 부가적인 Isopar G (9.0 g) 와 배합함으로써 혼합물을 희석시켰다. 이 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하였다.

[0229] 유체 (ii) : 하기 실시예 12, 부분 A 에서 설명된 바와 같이 준비된 백색 안료 분산물 (W1) (0.11 g) 이, 상기 실시예 5 에서 설명된 바와 같이 준비된 마젠타 입자 분산물 (M1) (0.13 g), Solsperse 19000 (Isopar G 내의

200 mg 의 2% w/w 용액), Solsperse 17000 (Isopar G 내의 50 mg 의 2% w/w 용액) 및 Isopar G (3.17 g) 와 배합되었다. 이 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하여 전기영동 유체 (즉, 이동상으로 안료를 포함하는 전기영동 조성물) 를 제조하였다. 그 후에, 전기영동 유체 (1.0 g) 를 부가적인 Isopar G (9.0 g) 와 배합함으로써 이 혼합물을 희석시켰다. 이 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하였다.

[0230] 유체 (iii) : 상기 실시예 3 에서 설명된 황색 입자 분산물 (Y3) (0.32 g) 이, 상기 실시예 5 에서 설명된 것과 같은 마젠타 입자 분산물 (M1) (0.23 g), Solsperse 19000 (Isopar G 내의 260 mg 의 2% w/w 용액), Solsperse 17000 (Isopar G 내의 70 mg 의 2% w/w 용액) 및 Isopar G (2.77 g) 와 배합되었다. 이 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하여 전기영동 유체 (즉, 이동상으로 안료를 포함하는 전기영동 조성물) 를 제조하였다. 그 후에, 전기영동 유체 (1.0 g) 를 부가적인 Isopar G (9.0 g) 와 배합함으로써 혼합물을 희석시켰다. 이 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하였다.

[0231] 부분 B : 전기영동 유체들의 테스팅

[0232] ITO 코팅된 유리 슬라이드들 (대략 25 cm x 17.5 mm) 이 전기영동 유체를 함유하는 리저버 내에 대략 20 mm 의 깊이로 침전되었다. 유리 플레이트들 사이의 갭은, ITO 코팅된 면들이 서로 대향한 채로, 10 mm 의 거리에서 일정하게 유지되었다. 그 후에, 양쪽 플레이트들의 ITO 코팅된 면들에 전기적 연결들이 이루어졌고 500 V 의 DC 바이어스를 총 30 초 동안 인가하였다.

[0233] 그 후에, 슬라이드들을 전기영동 유체로부터 제거하였고, 전극 표면에 부착되지 않은 임의의 재료를 제거하기 위해 대략 1 mL 의 Isopar E 로 즉시 린스하였다. 그 후에, 슬라이드들을 검사하여 각각의 슬라이드에 어떤 입자들이 부착되었는지를 결정하였다. 도 14 의 a) 에서 알 수 있는 바와 같이, 유체 (i) 가 테스팅되었을 때 백색 및 시안 입자들이 깨끗하게 분리되었는데, 백색 입자들은 애노드 상에 퇴적되고 시안 입자들은 캐소드 상에 퇴적된다. 다른 한편으로, 도 14 의 b) 에서 알 수 있는 바와 같이, 마젠타/백색 유체 (ii) 가 테스팅되었을 때, 양쪽 안료들이 함께 퇴적된 것으로 보여졌다 (이것은 애노드 상에서 특히 명확하다). 유체 (iii), 마젠타/황색에 의한 결과는 훨씬 더 극적이었다 : 이 경우, 마젠타 및 황색 안료들은 분리되지 않았고 각각이 애노드 및 캐소드 양쪽에서 가시적이었다. 이들 실험들의 결론은 응집체들을 분리시키는데 요구되는 전계 강도가 타입들 2, 3 및 4 의 입자들에 대해 대략 P1-P4 > P1-P2 그리고 P3-P4 > P1-P2 라는 것이다.

[0234] 실시예 11 : 감소된 안료 세트

[0235] 부분 A : 황색 입자 분산물 (Y3) 의 준비

[0236] 황색 안료, Novoperm 황색 P-M3R (Clariant, Basel, Switzerland 로부터 입수가능함), (28 g) 은 Isopar G (116 g) 및 Solsperse 19000 의 용액 (Lubrizol Corporation, Wickliffe, OH 로부터 입수가능함, Isopar G 내의 24 g 의 20% w/w 용액) 과 배합되었다. 결과적인 혼합물이 600 RPM 에서 1 시간 동안 250 mL 의 유리 비드들로 마멸시킨 후에 200 ㎛ 메시 스크린을 통해 여과시킴으로써 분산되어 황색 입자 분산물을 수득하였다.

[0237] 부분 B : 전기영동 유체들의 준비

[0238] 유체 (i) : 하기 실시예 12, 부분 A 에서 설명된 바와 같이 준비된 백색 입자 분산물 (W1) (4.94 g) 이, 상기 실시예 5 에서 설명된 바와 같이 준비된 마젠타 입자 분산물 (M1) (0.92 g), 상술된 것과 같은 황색 안료 분산물 (0.90 g), Solsperse 19000 (Isopar G 내의 0.23 g 의 20% w/w 용액), Solsperse 17000 (Isopar G 내의 0.09 g 의 20% w/w 용액), Isopar G (2.42 g) 및 분자량 850,000 의 폴리(이소부틸렌) (Isopar G 내의 0.49 g 의 15% w/w 용액) 과 배합되었다. 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하여 전기영동 유체를 생성하였다.

[0239] 유체 (ii) : 하기 실시예 12, 부분 A 에서 설명된 바와 같이 준비된 백색 입자 분산물 (W1) (4.94 g) 이, 상기 실시예 7 에서 설명된 바와 같이 준비된 시안 입자 분산물 (C1) (0.61 g 의 24.8% w/w 분산물), 상술된 것과 같은 황색 안료 분산물 (0.90 g), Solsperse 19000 (Isopar G 내의 0.15 g 의 20% w/w 용액), Solsperse 17000 (Isopar G 내의 0.07 g 의 20% w/w 용액), Isopar G (2.83 g) 및 분자량 850,000 의 폴리(이소부틸렌) (Isopar G 내의 0.49 g 의 15% w/w 용액) 과 배합되었다. 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하여 전기영동 유체를 생성하였다.

[0240] 유체 (iii) : 하기 실시예 12, 부분 A 에서 설명된 바와 같이 준비된 백색 입자 분산물 (W1) (4.94 g) 이, 상기

실시예 5 에서 설명된 바와 같이 준비된 마젠타 입자 분산물 (M1) (0.92 g), 상기 실시예 7 에서 설명된 바와 같이 준비된 시안 입자 분산물 (C1) (0.61 g 의 24.8% w/w 분산물), Solsperse 19000 (Isopar G 내의 0.26 g 의 20% w/w 용액), Solsperse 17000 (Isopar G 내의 0.06 g 의 20% w/w 용액), Isopar G (2.71 g) 및 분자량 850,000 의 폴리(이소부틸렌) (Isopar G 내의 0.49 g 의 15% w/w 용액) 과 배합되었다. 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하여 전기영동 유체를 생성하였다.

[0241] 유체 (iv) : 하기 실시예 12, 부분 A 에서 설명된 바와 같이 준비된 백색 입자 분산물 (W1) (34.59 g 의 60% w/w 분산물) 이, 상기 실시예 5 에서 설명된 바와 같이 준비된 마젠타 분산물 (6.45 g 의 16.5% w/w 분산물), 상기 실시예 7 에서 설명된 바와 같이 준비된 시안 분산물 (4.97 g 의 24.8% w/w 분산물), 상기 실시예 3 에서 설명된 바와 같이 준비된 황색 안료 분산물 (6.29 g 의 16.7% w/w 분산물), Solsperse 17000 (Isopar G 내의 0.66 g 의 20% w/w 용액), Isopar G (13.7 g) 및 분자량 850,000 의 폴리(이소부틸렌) (Isopar G 내의 3.35 g 의 15% w/w 용액) 과 배합되었다. 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하여 전기영동 유체를 생성하였다.

[0242] 부분 C : 디스플레이 디바이스의 준비

[0243] 투명 전도체 (인듐 주석 산화물, ITO) 의 코팅을 갖는 폴리(에틸렌 테레프탈레이트) 필름 위에 엠보싱된 마이크로셀들의 어레이는 상기 부분 B 에서 설명된 바와 같이 준비된 전기영동 유체들로 채워졌다. 마이크로셀들은 에지에서부터 에지까지 측정된 20 마이크로미터 깊이 및 130 마이크로미터 폭을 갖는 육각형 형상이었다. 초과의 전기영동 유체가 닥터 블레이드 (doctor blade) 에 의해 마이크로셀들로부터 제거되었고, 이들은 미국 가특허 출원 제62/065575호에서 설명된 것과 같은 복합 폴리머릭 코팅으로 밀봉되었다. 이 어셈블리는 실질적으로 두께가 3 ㎛ 인 미국 특허 제7,012,735호에서 설명된 것과 같은 도핑된 열 접착제를 사용하여 ITO 전극들을 갖는 유리 백플레인에 라미네이팅되어 디스플레이 디바이스를 제조하였다.

[0244] 부분 D : 전기광학 테스팅

[0245] 부분 C 에서 설명된 바와 같이 제조된 디바이스들은 표 5 에 나타낸 것과 같은 파형을 이용하여 드라이빙되었다. 파형은 4 개의 페이즈들을 포함하였다 : (1) 높은 어드레싱 전압에서의 저 주파수의 리셋; (2) 표 3 을 참조하여 상술된 것과 유사한 방법을 이용한 백색 상태로의 기입 (writing); (3) 도 7b 를 참조하여 상술된 것과 유사한 방법을 이용한 시안 상태로의 기입; 그리고 (4) 제로 볼트. 파형의 각각의 페이즈는 나타낸 바와 같이 듀티 사이클 (디스플레이가 전압 V1 에서 드라이빙된 하나의 사이클의 시간의 비율로서 정의됨) 과 함께, 도시된 주파수에서 전압들 V1 과 V2 사이에서 교번하는 구형파 형태를 이용하였다.

표 5

[0246]

	V1 (V)	V2 (V)	듀티 사이클 (%)	주파수 (Hz)	지속기간 (s)
리셋	-28	28	50	1	1
백색 기입	28	-15	28.5	10	4
시안 기입	-8	6	1	0.5	12
제로	0	0			1

[0247] 도 15 내지 도 18 은 표 5 에 나타낸 파형의 "시안 기입" 및 "제로" 페이즈들 동안 획득된 450 nm (청색 광 흡수), 550 nm (녹색 광 흡수) 및 650 nm (적색 광 흡수) 에서의 광학 밀도들을 나타낸다. 원시 광학 밀도들은 "분석 밀도들", 즉, 나타낸 파장들에서의 다른 안료들의 흡수들의 제거에 의한, 650 nm 에서의 시안 안료만, 550 nm 에서의 마젠타 안료만, 그리고 450 nm 에서의 황색 안료만의 광학 밀도 기여도들로 변환되었다. 이것은 다음과 같이 달성되었다 : a) 원시 광학 밀도들은 디바이스에서의 광학 손실들로 인한 베이스라인 차감에 의해 보정되었다; b) 650 nm 에서의 광학 밀도는 더 이상 보정되지 않았는데, 이는 시안 입자들만이 이 파장에서 상당히 흡수되었기 때문이다; c) 550 nm 에서의 광학 밀도는 $0.5*OD(650)_{corr}$ 의 차감에 의해 보정되었는데, 이는 시안 입자들이 녹색 광의 주목할 만한 흡수를 하였기 때문이다; 그리고 d) 450 nm 에서의 광학 밀도는 $0.08*OD(650)_{corr}$ 및 $0.29*OD(550)_{corr}$ 의 차감에 의해 보정되었는데, 이는 시안 및 마젠타 입자들 양쪽 모두가

일부 청색 광을 흡수하였기 때문이다. 당업자에게는 모든 교차-흡수 항들을 고려함으로써 더 정확한 보정이 이루어질 수 있다는 것이 명백할 것이다. 설명된 보정들이 이루어진 후에, 450 nm 에서의 광학 밀도는 백색 안료의 시안 측 상의 황색 안료의 양에 대략 비례하였고; 550 nm 에서의 광학 밀도는 백색 안료의 시안 측 상의 마젠타 안료의 양에 대략 비례하였으며; 650 nm 에서의 광학 밀도는 백색 안료의 시안 측 상의 시안 안료의 양에 대략 비례하였다.

[0248] 도 15 는 백색, 황색 및 마젠타 입자들의 혼합물 (유체 (i)) 에 대응하는 광학 밀도 트레이스들을 도시한다. (이 낮은 어드레싱 전압에서) 백색 상태로부터 사실상 어떠한 변조도 보이지 않는다. 이것은 황색 및 마젠타 입자들에 의해 형성된 거의 부동의 응집체의 형성과 부합한다 (즉, 백색 안료는 이동할 수도 있지만 이 낮은 어드레싱 전압에서 황색 및 마젠타 입자들의 (적색) 응집체를 변위시킬 수 없다).

[0249] 도 16 은 백색, 황색 및 시안 입자들의 혼합물 (유체 (ii)) 에 대응하는 광학 밀도 트레이스들을 도시한다. 이제 (다시 낮은 어드레싱 전압에서) 시안 (650 nm, 대략 0.3 OD 의 동적 범위) 및 황색 (450 nm, 대략 0.1 OD 의 동적 범위) 의 변조가 상당히 크게 보여진다. 이것은 황색과 마젠타 입자들 사이에 형성되었던 것보다 황색과 시안 입자들 사이의 더 약한 응집체의 형성과 부합한다. 시안 요동의 동적 범위는 황색 입자가 존재하지 않을 때보다 훨씬 더 낮다 (하기 도 17 참조).

[0250] 도 17 은 백색, 마젠타 및 시안 입자들의 혼합물 (유체 (iii)) 에 대응하는 광학 밀도 트레이스들을 도시한다. 이제 (다시 낮은 어드레싱 전압에서) 시안 (650 nm, 대략 0.9 OD 의 동적 범위) 및 마젠타 (550 nm, 대략 0.6 OD 의 동적 범위) 의 상당한 변조가 보여진다. 도 16 에 도시된 것에 대한 시안에서의 증가된 광학 밀도 범위는 시안 및 황색이 시안 및 백색보다 분리를 위해 더 높은 필드를 요구하는 응집체를 형성한다는 것과 부합한다. 이와 다르게 언급하면, 응집체들을 분리시키는데 요구되는 전계 강도는 타입들 1, 2 및 3 의 입자들에 대해 대략 P2-P3 > P2-P1 인 것으로 여겨진다.

[0251] 최종적으로, 도 18 은 백색, 황색, 마젠타 및 시안 입자들의 혼합물 (유체 (iv)) 에 대응하는 광학 밀도 트레이스들을 도시한다. 이제 시안 (650 nm, 대략 0.9 OD 의 동적 범위) 의 상당한 변조만이 존재하는 한편 마젠타 (550 nm, 대략 0.2 OD 의 동적 범위) 는 억제되었다. 도 17 에 도시된 것에 대한 마젠타에서의 감소된 광학 밀도 범위는 마젠타 및 황색이 시안 및 황색보다 분리를 위해 더 높은 필드를 요구하는 응집체를 형성한다는 것과 부합한다. 실시예들 9 및 10 에서 동일한 결과가 획득되었다, 즉, 응집체들을 분리시키는데 요구되는 전계 강도는 타입들 2, 3 및 4 의 입자들에 대해 대략 P3-P4 > P3-P2 이고, 이것을 도 17 을 참조하여 상기 논의된 결과와 조합하면 응집체들을 분리시키는데 요구되는 전계들을 P3-P4 > P3-P2 > P2-P1 로서 랭크시킬 수 있다.

[0252] 실시예 12 : 전기영동 조성물들의 비교

[0253] 부분 A : 백색 입자 분산물의 준비

[0254] 이산화 티타늄은 미국 특허 제7,002,728호에서 설명된 바와 같이 실란-처리되었고, 실란-처리된 백색 안료는 폴리(라우릴 메타크릴레이트) 와 중합되어 코팅된 백색 안료를 수득하였다. 건조 안료 (1100 g) 를 Isopar G (733.33 g) 와 배합하여 최종 백색 분산물을 발생시켰다.

[0255] 부분 B : 전기영동 유체들의 준비

[0256] 유체 (i) : 상기 부분 A 에서 준비된 백색 안료 분산물 (4.95 g) 이, 상기 실시예 5 에서 설명된 바와 같이 준비된 마젠타 분산물 (0.92 g), 상기 실시예 7 에서 설명된 바와 같이 준비된 시안 분산물 (0.61 g 의 24.8% w/w 분산물), 상기 실시예 1 에서 설명된 바와 같이 준비된 황색 안료 분산물 (0.90 g), Solsperse 17000 (Isopar G 내의 0.09 g 의 20% w/w 용액), Isopar G (2.05 g) 및 분자량 850,000 의 폴리(이소부틸렌) (Isopar G 내의 0.48 g 의 15% w/w 용액) 과 배합되었다. 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하여 330 pS/cm 의 전도도를 갖는 전기영동 유체 (즉, 이동상으로 안료를 포함하는 전기영동 조성물) 를 제조하였다.

[0257] 유체 (ii) : 상기 부분 A 에서 준비된 백색 안료 분산물 (3.46 g) 이, 상기 실시예 5 에서 준비된 마젠타 분산물 (0.69 g), 상기 실시예 7 에서 설명된 바와 같이 준비된 시안 분산물 (0.43 g 의 24.9% w/w 분산물), 상기 실시예 2 에서 설명된 바와 같이 준비된 황색 안료 분산물 (0.63 g), Solsperse 17000 (Isopar G 내의 0.07 g 의 20% w/w 용액), Isopar G (1.38 g) 및 분자량 850,000 의 폴리(이소부틸렌) (Isopar G 내의 0.34 g 의 15% w/w 용액) 과 배합되었다. 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하여 200

pS/cm 의 전도도를 갖는 전기영동 유체 (즉, 이동상으로 안료를 포함하는 전기영동 조성물) 를 제조하였다.

[0258] 유체 (iii) : 상기 부분 A 에서 준비된 백색 안료 분산물 (4.93 g) 이, 상기 실시예 5 에서 준비된 마젠타 분산물 (0.85 g), 상기 실시예 7 에서 설명된 바와 같이 준비된 시안 분산물 (0.69 g 의 23.6% w/w 분산물), 상기 실시예 3 에서 설명된 바와 같이 준비된 황색 안료 분산물 (0.90 g), Solsperse 17000 (Isopar G 내의 0.09 g 의 20% w/w 용액), Isopar G (2.05 g) 및 분자량 850,000 의 폴리(이소부틸렌) (Isopar G 내의 0.48 g 의 15% w/w 용액) 과 배합되었다. 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하여 75 pS/cm 의 전도도를 갖는 전기영동 유체 (즉, 이동상으로 안료를 포함하는 전기영동 조성물) 를 제조하였다.

[0259] 유체 (iv) : 상기 실시예 3, 부분 C 에서 준비된 백색 안료 분산물 (4.95 g) 이, 동일한 실시예의 부분 B 에서 준비된 마젠타 분산물 (0.76 g), 상기 실시예들 1 및 2 에서 설명된 바와 같이 준비된 시안 분산물 (0.66 g 의 22.4% w/w 분산물), 상기 실시예 4 에서 준비된 황색 안료 분산물 (0.77 g), Solsperse 19000 (Isopar G 내의 0.38 g 의 20% w/w 용액), Solsperse 17000 (Isopar G 내의 0.09 g 의 20% w/w 용액), Isopar G (1.92 g) 및 분자량 850,000 의 폴리(이소부틸렌) (Isopar G 내의 0.48 g 의 15% w/w 용액) 과 배합되었다. 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하여 134 pS/cm 의 전도도를 갖는 전기영동 유체 (즉, 이동상으로 안료를 포함하는 전기영동 조성물) 를 제조하였다.

[0260] 유체 (v) : 미국 특허 제7,002,728호에서 설명된 바와 같이 준비된 백색 안료 분산물 (4.92 g 의 59.8% w/w 분산물) 이, 상기 실시예 5 에서 준비된 마젠타 분산물 (0.77 g), 상기 실시예 7 에서 설명된 바와 같이 준비된 시안 분산물 (0.61 g 의 24.8% w/w 분산물), 상기 실시예 3 에서 설명된 바와 같이 준비된 황색 안료 분산물 (0.90 g), Solsperse 17000 (Isopar G 내의 0.09 g 의 20% w/w 용액), Isopar G (2.23 g) 및 분자량 850,000 의 폴리(이소부틸렌) (Isopar G 내의 0.48 g 의 15% w/w 용액) 과 배합되었다. 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하여 54 pS/cm 의 전도도를 갖는 전기영동 유체 (즉, 이동상으로 안료를 포함하는 전기영동 조성물) 를 제조하였다.

[0261] 유체 (vi) : 상기 부분 A 에서 준비된 백색 안료 분산물 (4.95 g) 이, 상기 실시예 6 에서 설명된 바와 같이 준비된 마젠타 분산물 (1.43 g 의 24.6% w/w 분산물), 상기 실시예 7 에서 설명된 바와 같이 준비된 시안 분산물 (0.60 g 의 24.9% w/w 분산물), 상기 실시예 3 에서 설명된 바와 같이 준비된 황색 안료 분산물 (0.90 g), Solsperse 19000 (Isopar G 내의 0.15 g 의 20% w/w 용액), Solsperse 17000 (Isopar G 내의 0.08 g 의 20% w/w 용액), Isopar G (1.42 g) 및 분자량 850,000 의 폴리(이소부틸렌) (Isopar G 내의 0.47 g 의 15% w/w 용액) 과 배합되었다. 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하여 100 pS/cm 의 전도도를 갖는 전기영동 유체 (즉, 이동상으로 안료를 포함하는 전기영동 조성물) 를 제조하였다.

[0262] 부분 C : 전기광학 테스트들

[0263] 테스팅될 전기영동 매질이 사이에 도입된, 인듐 주석 산화물 (ITO) 의 투명한 전도성 코팅으로 각각 코팅된 2 개의 수평 50 x 55 mm 유리 플레이트들로 이루어진 평행-플레이트 테스트 셀이 준비되었다. 명목상 20 ㎛ 직경의 실리카 스페이서 비드들이 유리 플레이트들 사이에서 일정한 갭을 유지하도록 포함되었다. 상술된 바와 같이 준비된 전기영동 유체 (95 μL) 가 하위 유리 플레이트의 ITO-코팅된 면 위에 분배된 후에, ITO 코팅이 유체와 접촉하도록 상위 유리 플레이트가 유체 위에 배치되었다. 그 후에, 상부 및 하부 유리 플레이트들 양쪽의 ITO-코팅 면들에 전기적 연결들이 이루어졌다.

[0264] 셀은 표 6 에 요약된 파형을 이용하여 드라이빙되었다. 기본 파형은 6 개의 섹션들로 분할되고, 그 섹션들 각각은 20.5 초 길이이다. 각각의 섹션 동안 30 Hz 주파수를 갖는 구형파 AC 기본파는 표에 나타낸 바와 같이 DC 전압만큼 오프셋된다 (모든 오프셋이 나타나 있지는 않지만, 시퀀스는 표 엔트리들로부터 명백해야 한다). 구형파 AC 의 듀티 사이클 (즉, 포지티브 전압이 인가되는 포지티브 및 네거티브 전압들의 하나의 사이클의 시간의 비율) 은 표에 나타낸 바와 같이 달라진다. 전체 테스트는, "고 V 오프셋", "중간 V 오프셋" 및 "저 V 오프셋" 으로서 나타낸, 매 회 상이한 전압 오프셋 시퀀스를 갖는, 기본 파형의 3 회 반복들로 이루어진다. 따라서, 예를 들어, 초기 "고 V 오프셋" 은 -15V 이다. 구형파 AC 의 크기는 "고 V 오프셋" 시퀀스의 경우 +/- 30V 이고, "중간 V 오프셋" 시퀀스의 경우 +/- 20V 이며, "저 V 오프셋" 시퀀스의 경우 +/- 10V 이다.

표 6

[0265]

섹션	고 V 구형파 AC 크기 (+/- V)	고 V 오프셋 (V)	중간 V 구형파 AC 크기 (+/- V)	중간 V 오프셋 (V)	저 V 구형파 AC 크기 (+/- V)	저 V 오프셋 (V)	구형파 AC 주파수 (Hz)	구형파 AC 듀티 사이클 (%)	지속기간 (ms)
1	30	-15	20	-10	10	-5	30	30	500
	30	-14.25	20	-9.5	10	-4.75	30	30	500
	30	…	20	…	10	…	30	30	500
	30	14.25	20	9.5	10	4.75	30	30	500
	30	15	20	10	10	5	30	30	500
2	30	-15	20	-10	10	-5	30	50	500
	30	-14.25	20	-9.5	10	-4.75	30	50	500
	30	…	20	…	10	…	30	50	500
	30	14.25	20	9.5	10	4.75	30	50	500
	30	15	20	10	10	5	30	50	500
3	30	-15	20	-10	10	-5	30	70	500
	30	-14.25	20	-9.5	10	-4.75	30	70	500
	30	…	20	…	10	…	30	70	500
	30	14.25	20	9.5	10	4.75	30	70	500
	30	15	20	10	10	5	30	70	500
4	30	15	20	10	10	5	30	30	500
	30	14.25	20	9.5	10	4.75	30	30	500
	30	…	20	…	10	…	30	30	500
	30	-14.25	20	-9.5	10	-4.75	30	30	500
	30	15	20	-10	10	-5	30	30	500
5	30	15	20	10	10	5	30	50	500
	30	14.25	20	9.5	10	4.75	30	50	500
	30	…	20	…	10	…	30	50	500
	30	-14.25	20	-9.5	10	-4.75	30	50	500
	30	15	20	-10	10	-5	30	50	500
6	30	15	20	10	10	5	30	70	500
	30	14.25	20	9.5	10	4.75	30	70	500
	30	…	20	…	10	…	30	70	500
	30	-14.25	20	-9.5	10	-4.75	30	70	500
	30	15	20	-10	10	-5	30	70	500

[0266] 셀이 전기적으로 드라이빙됨에 따라 반사 스펙트럼들이 취득되었다. 이들은 파형이 인가됨에 따라 셀로부터 반사된 광에 대한 CIE L^*, a^* 및 b^* 값들을 계산하는데 사용되었다. 각각의 스펙트럼 샘플에 대해, 8 개의 SNAP 원색들 각각으로부터의 셀의 컬러의 $L^*a^*b^*$ 공간에서의 거리가 ΔE^* 의 단위들로 계산되었다. 테스팅된 각각의 전기영동 유체에 대해, SNAP 원색들로부터 디스플레이되는 컬러들의 최소 거리들이 기록되었다; 이 거리가 낮을수록, SNAP 타깃에 대한 전기영동 유체의 성능은 더 근접하게 된다.

[0267] 테스팅된 6 개의 유체들에 대한 이 평가의 결과들이 표 7 에 나타나 있다. 상기 표 2 에 나타낸 바와 같이, 입자들 Y1, Y2, Y3 및 M1 은 최소의 폴리머 쉘을 갖거나 또는 전혀 폴리머 쉘을 갖고 있지 않는 반면, 입자들 W1, W2, M2 및 C1 은 상당한 폴리머 쉘을 갖는다. 입자 W1 은 입자 W2 보다 더 낮은 제타 전위를 갖는다.

표 7

[0268]

		SNAP 타깃에 대한 가장 가까운 근사치 (dE* 단위들)								
유체	입자 구성요소들	R	G	B	Y	C	M	W	K	평균
i	Y1,M1,C1,W1	11	9	1	6	18	15	5	0	8
ii	Y2,M1,C1,W1	11	8	7	8	15	8	7	0	8
iii	Y3,M1,C1,W1	5	8	8	7	13	17	10	0	9
iv	Y4,M1,C1,W1	19	28	5	9	29	13	13	0	15
iii (반복)	Y1,M1,C1,W1	5	8	8	7	13	17	10	0	9
v	Y1,M1,C1,W2	9	15	11	2	16	22	7	3	11
vi	Y1,M2,C1,W1	19	20	0	5	16	36	16	3	14

[0269] 표 7 에서, SNAP 타깃에 대한 가장 가까운 근사치가 더 작은 수일 때 (즉, 타깃에 대한 거리가 더 짧을 때 - 이상적으로는 제로일 것임), 더 양호한 결과가 획득된다. 최상의 제제들은 타입들 3 및 4 (황색 및 마젠타)의 입자들 각각이 최소의 폴리머 쉘을 갖는 것들이라는 것을 알 수 있다. 유체 iv 에서는 황색 입자들이 상당한 폴리머 쉘을 갖는 한편, 유체 vi 에서는 마젠타 입자들이 상당한 폴리머 쉘을 갖는다. 이들 유체들 각각에서, 타깃에 대한 가장 가까운 근사치의 평균 거리는 유체들 i, ii, 및 iii (~8) 과 같은 본 발명의 유체들보다 더 크다 (~14.5). 유체 v 도 또한 대조군보다 성능이 더 떨어진다 : 이 유체에서 백색 안료 (타입 1 입자) 는 유체들 i, ii, 및 iii 에서보다 더 높은 제타 전위를 가지며, 그에 따라 시안 안료 (타입 2 입자) 와 더 강하게 상호작용할 것으로 기대될 것이고, 이는 본 발명에서 선호되지 않는다.

[0270] 실시예 13 : 상술된 바와 같이 제 1 드라이브 방식을 이용한 전기영동 디바이스의 스위칭.

[0271] 부분 A : 디스플레이 디바이스의 준비.

[0272] 투명 전도체 (인듐 주석 산화물, ITO) 의 코팅을 갖는 폴리(에틸렌 테레프탈레이트) 필름 위에 엠보싱된 마이크로셀들의 어레이는 상기 실시예 10 에서 설명된 바와 같이 준비된 전기영동 유체 (iii) 로 채워졌다. 마이크로셀들은 에지에서부터 에지까지 측정된 20 마이크로미터 깊이 및 130 마이크로미터 폭을 갖는 육각형 형상이었다. 초과의 전기영동 유체가 닥터 블레이드에 의해 마이크로셀들로부터 제거되었고, 이들은 2014년 10월 17일자로 출원된 미국 출원 제62/065,575호에서 설명된 것과 같은 복합 폴리머릭 코팅으로 밀봉되었다. 이 어셈블리는 실질적으로 두께가 3 ㎛ 인 미국 특허 제7,012,735호에서 설명된 것과 같은 도핑된 열 접착제를 사용하여 ITO 전극들을 갖는 유리 백플레인에 라미네이팅되어 디스플레이 디바이스를 제조하였다.

[0273] 부분 B : 8 개의 원색들로의 디스플레이 디바이스의 전기적 드라이빙

[0274] 부분 A 에서 설명된 바와 같이 제조된 디바이스는 표 8 에 나타낸 것과 같은 파형을 이용하여 드라이빙되었다. 리셋 섹션의 2 개의 서브페이즈들이 존재하였다 : 1) 높은 어드레싱 전압에서 저 주파수로 드라이빙함 그리고 2) 동일한 전압들로 비교적 높은 주파수로 드라이빙함. 이 페이즈에 후속하여 "컬러-기입" 페이즈가 있는데, 그 페이즈는 도 5 내지 도 7 을 참조하여 상술된 것과 본질적으로 동일한 라인들을 따르고 있다. 파형의 이 페이즈는 나타낸 바와 같이 듀티 사이클 (디스플레이가 전압 V1 에서 드라이빙된 하나의 사이클의 시간의 비율로서 정의됨) 로, 도시된 주파수에서 전압들 V1 과 V2 사이에서 교번하는 구형파 형태를 이용하였다. 전압 "V1" 로 기입 (즉, 전압 "V2" 에서 디스플레이가 어드레싱되었을 부분을 생략) 한 후에 구형파 AC 의 최종 사이클이 종료되었을 때 "종단" 이라고 표시된 컬럼은 엔트리 "V1" 을 갖는다. "종단" 이라고 표시된 컬럼에 어떠한 엔트리도 존재하지 않는 경우들에서, 구형파 AC 의 최종 사이클은 다른 사이클들과 동일하였다.

표 8

		V1 (V)	V2 (V)	듀티 사이클 (%)	주파수 (Hz)	지속기간 (s)	종단
K	리셋 1	-30	30	50	1	2	
	리셋 2	-30	30	50	30	2	
	기입	15	0	50	10	2	
	제로	0	0			2	
B	리셋 1	-30	30	50	1	2	
	리셋 2	-30	30	50	30	2	
	기입	30	-15	28.5	5	3.86	V1
	제로	0	0			2	
R	리셋 1	-30	30	50	1	2	
	리셋 2	-30	30	50	30	2	
	기입	15	-15	71.4	1	4	
	제로	0	0			2	
M	리셋 1	-30	30	50	1	2	
	리셋 2	-30	30	50	30	2	
	기입	30	-15	33	5	4	
	제로	0	0			2	
G	리셋 1	-30	30	50	1	2	
	리셋 2	-30	30	50	30	2	
	기입	-30	15	33	2	4	
	제로	0	0			2	
C	리셋 1	-30	30	50	1	1	
	리셋 2	-30	30	50	30	1	
	기입	-15	15	62.5	1	5	
	제로	0	0			2	
Y	리셋 1	-30	30	50	1	1	
	리셋 2	-30	30	50	30	1	
	기입	-30	15	33	2	3.67	V1
	제로	0	0			2	
W	리셋 1	-30	30	50	1	1	
	리셋 2	-30	30	50	30	1	
	기입	-15	0	50	10	2	
	제로	0	0			2	

[0275]

[0276] 표 9 는 상술된 바와 같이 테스트 디스플레이가 드라이빙된 후에 획득되었던 컬러들을 나타낸다. 모든 8 개의 원색들이 획득가능하였다는 것을 알 수 있다; 그러나, 연색성의 품질은 본 발명의 "제 2 드라이브 방식" 이 채용되었을 때만큼 높지 않았다 (상기 표 4 참조).

표 9

[0277]

컬러	L*	a*	b*
K	17	2	-2
B	33	2	-11
R	28	18	9
M	42	25	11
G	51	-8	15
C	52	-8	-4
Y	62	2	35
W	70	-1	6
색역 체적 (ΔE^3)	14836		

[0278] 실시예 14 : 타입 2 의 입자 (시안 입자) 의 관능화를 위한 분산 중합 및 실란 처리/중합의 비교

[0279] 부분 A : 폴리머 쉘에 폴리(디메틸실록산) 을 함유하는 시안 입자들의 예시적인 준비

[0280] 500 mL 플라스틱 보틀에 32.0 g 의 Hostaperm 청색 B2G-EDS (Clariant Corporation 225226), 12.5 g 의 메틸 메타크릴레이트, 25 g 의 모노메타크릴레이트 말단 폴리-(디메틸실록산) (Gelest MCR-M22, 분자량 10,000) 및 Isopar E 를 첨가하였다. 보틀을 진탕하였고 내용물들을 500 mL 반응기 내에 부었고 25 C 에서 30 분 동안 균질화하였다. 균질기가 제거되었고 반응기가 질소 주입관, 오버헤드 교반용 임펠러 및 공기 콘덴서와 재어셈블링되었다. 오버헤드 공기 교반기가 400 rpm 으로 설정되었고 반응 혼합물이 65 ℃ 에서 1 시간 동안 질소로 퍼지되었고, 그 후에 주입관이 제거되었고 로토미터 질소 레벨이 설정되었다. 소형 바이알에서, 0.189 g 의 2,2'-아조비스(2-메틸프로피오니트릴) (AIBN) 을 에틸 아세테이트에 용해시켰고 주사기에 넣었다. 그 후에, 바이알을 에틸 아세테이트로 린스하였고 동일한 주사기에 넣었다. 결과적인 AIBN 용액을 단일 첨가로 반응기 내에 주입하였고, 반응 혼합물을 16 내지 24 시간 동안 가열하였다. 그 후에, 반응 혼합물을 1 L 원심분리기 보틀에 분배하였고 원심분리하였다. 상층물을 따라내었고, 잔존 안료를 Isopar E 로 세정하였고 다시 원심분리하였다. 이 세정 절차를 2 회 반복하였고, 최종 상층물을 따라낸 후에, 잔존 안료를 진공 오븐에서 실온에서 하룻밤 동안 건조시켰다.

[0281] 건조된 안료를 음파처리 및 롤링을 이용하여 Isopar G 와의 30 중량% 혼합물에 분산시켰고, 결과적인 분산물을 200 ㎛ 메시를 통해 여과시켰고 분산물 내의 고체 재료의 퍼센티지를 측정하였다.

[0282] 부분 B : 실란 커플링/중합 프로세스를 이용한 폴리머-코팅된 시안 입자들의 예시적인 준비

[0283] 500 mL 플라스틱 보틀에 45.0 g 의 Heliogen 청색 D 7110 F (BASF Corporation), 농축된 암모니아 수용액 및 물을 첨가하였다. 혼합물을 롤링하여 안료를 분산시킨 후에 유리 비드들을 사용하여 마멸시켰다. 별도로, N-[3-(트리메톡시실릴)프로필]-N'-(4-비닐벤질)에틸렌디아민 비스-하이드로클로라이드 7.875g (United Chemical Technologies 로부터 입수가능함), 빙초산 및 물을 유리 바이알에서 혼합하였고 1 시간 동안 롤링 (또는 스피닝) 에 의해 혼합하여 가수분해된 실란의 용액을 형성하였다. 시안 안료의 마멸이 중단되었고 가수분해된 실란 용액이 마멸기 내에 첨가되었다. 농축된 수산화 암모늄 수용액으로 pH 를 약 9.4 로 조정하였다. 그 후에 추가의 1 시간 동안 마멸이 계속되었고, 그 후에 유리 비드들이 여과에 의해 제거되었고, 결과적인 실란-관능화된 안료가 원심분리에 의해 여과액으로부터 격리되었고, 70 ℃ 에서 16 시간 동안 건조된 후에, 모르타르 및 페슬을 이용하여 미세 분말로 그라인딩되었다.

[0284] 라우릴 메타크릴레이트 (이전 단계로부터의 건조된 안료의 그램 당 1g) 및 톨루엔을 그라인딩된 안료에 첨가하였고, 혼합물에는 완전히 분산될 때까지 다수의 사이클들의 음파처리 및 롤링이 가해졌다. 결과적인 혼합물이 200 ㎛ 메시를 통해 콘덴서 및 자석 교반기가 구비된 둥근 바닥 플라스크 내로 여과되었고, 그 후에 플라스

크가 질소로 퍼지되었고 혼합물이 65 ℃ 로 가열되었다. 그 후에, 에틸 아세테이트 내의 AIBN 의 용액 (0.428 g) 을 적상 (dropwise) 첨가하였고, 혼합물을 65 ℃ 에서 17 시간 동안 가열한 후에 냉각시켰고, 안료를 원심분리에 의해 수집하였다. 미정제 안료를 음파처리로 톨루엔 내로 재분산시키고 원심분리 (4500 rpm, 30 분) 에 의해 다시 수집한 후에, 70 ℃ 에서 건조시켰다. 건조된 안료를 음파처리 및 롤링을 이용하여 Isopar G 와의 30 중량% 혼합물에 분산시킨 후에, 200 ㎛ 메시를 통해 여과시켰고 분산물 내의 고체 재료의 퍼센티지를 측정하였다.

[0285] 표 10 은 상기 약술된 일반적인 방법들에 따라 준비된 일련의 안료들의 특성들을 나타낸다. 일부 경우들에서, 중합에 앞서 코어 안료 입자들의 분산을 돕기 위해 계면활성제를 첨가하였다 : 이것은 표에서 "분산 보조제" 로서 나타낸다 (PVP 는 폴리(비닐피롤리돈) 이고; Solsperse 8000 은 Lubrizol Corporation, Wickliffe, OH 로부터 입수가능한 계면활성제이고; OLOA 371 은 Chevron Oronite, Bellaire, TX 로부터 입수가능한 계면활성제이다). 도시된 바와 같이, 소정의 중합들에 대해 가교제 : 트리메틸올프로판 트리메타크릴레이트 (TMPTMA) 가 또한 첨가되었다. 코어 안료들 안료 청색 15:3 및 안료 청색 15:4 는 구리 프탈로시아닌 재료들 (즉, 유기금속 화합물들) 이다. EX1456 및 BL0424 로서 나타낸 코어 안료들은 The Shepherd Color Company, Cincinnati, OH 로부터 입수가능한 무기 재료들이다. 실질적으로 광을 산란시키는 무기 재료들은 상기 준비 방법 B 에서 사용된 실란 커플링제들과 반응하는 관능기들 (예를 들어, 금속에 결합된 산소 원자들) 을 가질 것으로 기대되는 표면들을 갖는다.

표 10

[0286]

입자	코어 안료	관능화 방법	분산 보조제	중합 첨가제	제타 전위, Solsperse 17000 (mV), Isopar G	TGA 에 의해 측정된 폴리머 중량 분율, %
C2	안료 청색 15:3	A		TMPTMA	30	22.9
C3	안료 청색 15:3	A			33	21
C4	안료 청색 15:3	A		TMPTMA	38	22.7
C5	안료 청색 15:3	A		TMPTMA	38	24.9
C6	안료 청색 15:3	A		TMPTMA	41	26.9
C7	안료 청색 15:3	A			53	36.4
C8	안료 청색 15:3	A	Solsperse 8000		5.1	25.6
C9	안료 청색 15:3	A	OLOA 371		10.1	27.2
C10	안료 청색 15:4	B			49	21.8
C11	안료 청색 15:4	B	PVP		57	23.1
C12	안료 청색 15:4	B			61	20.4
C13	안료 청색 15:4	B			65	29
C14	EX1456 (무기)	B			149	2.4
C15	BL0424 (무기)	B			161	4.3

[0287] 부분 C : 전기영동 유체의 준비

[0288] 전기영동 유체들은 시안 입자들 C2 내지 C15 로 준비되었다. 시안 안료들은 흡광 계수들에 반비례한 양으로 전기영동 유체 조성물들에 첨가되었다. 예시적인 준비가 하기에 주어진다.

[0289] 실시예 1 에서 준비된 황색 안료 분산물 (0.64 g) 이, 실시예 5 에서 준비된 마젠타 분산물 (0.85 g), 상기 실시예 10, 부분 A 에서 준비된 백색 분산물 (4.93 g), 및 시안 분산물 (650 nm 에서 측정된 흡광 계수 2.24 m2/g 의 안료에 대한 0.47 g 의 31.7% w/w 분산물), Solsperse 17000 (Isopar G 내의 0.06 g 의 20% w/w 용액), 분자량 850,000 의 폴리(이소부틸렌) 및 부가적인 Isopar G 와 배합되었다. 결과적인 혼합물을 완전히 하룻밤 동안 혼합하였고 90 분 동안 음파처리하여 대략 30 pS/cm 의 전도도를 갖는 전기영동 유체 (즉, 이동상

으로 안료를 포함하는 전기영동 조성물) 를 제조하였다.

[0290] 부분 D : 전기광학 테스팅

[0291] 상기 부분 C 에서 준비된 전기영동 유체들을 실시예 12, 부분 C 에서 상술된 바와 같이 테스팅하였다. 도 19 내지 도 21 은, Isopar G 내의 폴리머릭 안정제 (폴리(이소부틸렌)) 및 전하 제어제 (4:1 비율의 Solsperse 19000 및 Solsperse 17000 의 혼합물) 와 함께, 각각이 상이한 시안 입자를 함유하지만 동일한 백색, 마젠타, 및 황색 입자들을 동일한 질량비로 함유하는 14 개의 상이한 전기영동 매질들에 대한 모든 8 개의 원색들의 SNAP 표준으로부터의 평균 거리를 도시한다. 상기 언급된 바와 같이, 시안 입자들은 이들의 흡광 계수들에 반비례하여 로딩되었다. 시안 입자의 3 개의 상이한 타입들이 사용되었다 : a) 상기 부분 A 에서 설명된 바와 같이 메틸 메타크릴레이트 및 모노메타크릴레이트 말단 폴리(디메틸실록산) 모노머들을 사용하여 분산 중합에 의해 관능화된 재료들 (도 19 내지 도 21 의 비어있는 원들로 도시된 입자들 C2 내지 C9); b) 실란 처리 다음에 라우릴 메타크릴레이트와의 중합에 의해 상기 부분 B 에서 설명된 바와 같이 관능화된 유기금속 재료들 (도 19 내지 도 21 의 비어있는 사각형들로 도시된 입자들 C10 내지 C13); 및 c) 실란 처리 다음에 라우릴 메타크릴레이트와의 중합에 의해 상기 부분 B 에서 설명된 바와 같이 관능화된 무기 재료들 (도 19 내지 도 21 의 채워진 사각형들로 도시된 입자들 C14 및 C15).

[0292] 도 19 내지 도 21 의 그래프들의 가로좌표들은 전하 제어제로서 Solsperse 17000 으로 측정된 것과 같은 시안 안료와 마젠타 안료 사이의 제타 전위의 차이이다 (모든 경우들에서 마젠타 안료는 상기 실시예 5 에서 설명된 바와 같이 준비된 입자 M1 이었다). 이들 제타 전위들은 Isopar E 또는 Isopar G 에서 측정되었다. 도 19 내지 도 21 의 그래프들에서, SNAP 로부터 거리의 보다 작은 값들은 보다 양호한 컬러 성능에 대응한다는 것에 주목한다.

[0293] 도 19 로부터, 유기금속 코어 시안 안료가 분산 중합에 의해 코팅될 때 (방법 A, 비어있는 원들) 시안 컬러 성능이 시안 안료가 실란 처리/폴리(라우릴 메타크릴레이트) 로 코팅될 때 (방법 B, 비어있는 사각형들) 보다 일반적으로 더 양호하다는 것을 알 수 있다. 이 결과의 하나의 합리화는 분산 중합 프로세스가 실란 처리 프로세스보다 유기금속 코어 시안 안료 (타입 2 의 입자) 에 대한 더 효과적인 입체 장벽을 제공한다는 것이다.

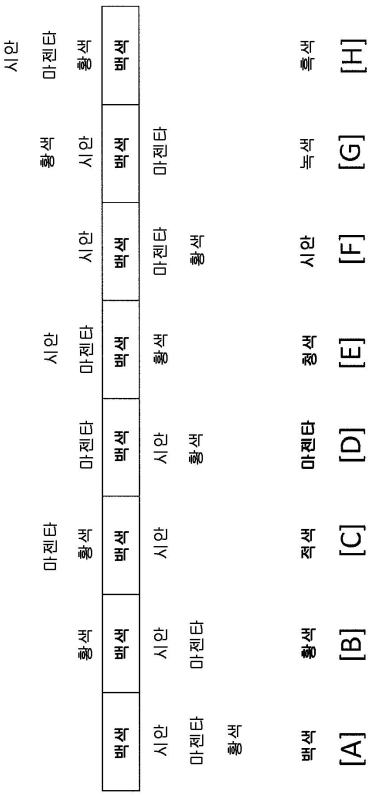
방법 A 를 이용하여 분산제 (C8 및 C9) 로 준비된 2 개의 시안 입자들은 보다 낮은 제타 전위들을 나타내고, 분산제의 사용 없이 준비된 입자들보다 더 열악한 성능을 발생시킨다는 것이 주목할 만하다. 무기 시안 입자들 (채워진 사각형들) 은 훨씬 더 높은 제타 전위를 가지며 양호한 컬러 결과들을 발생시키는데, 이는 어쩌면 상기 언급된 바와 같이 실란 처리가 유기 표면보다 무기 표면에 적용되었을 때 더 효과적이기 때문이다. 그러나, 무기 코어 안료는 실질적으로 광을 산란시키고, 이들 제제들로부터 획득된 흑색 상태 (C14 및 C15 에 대해 각각 L^* 34 및 36) 는 보다 양호한 유기금속 안료들로부터 획득된 흑색 상태 (예를 들어, C3 및 C4 에 대해 각각 L^* 28 및 27) 보다 훨씬 더 열악하였다.

[0294] 도 20 은 컬러 마젠타에 대한 동일한 경향을 도시한다. 상기 진보된 가설에 따르면, 마젠타 안료가 시안 안료 (타입 2 의 입자임, 타입 1 의 입자들과의 약한 헤테로응집만을 가짐) 보다 (이 경우에는 타입들 1 및 4 의 입자들 사이의 헤테로응집으로 인해) 더 느리게 백색 안료를 통해 이동할 때 마젠타 컬러가 형성된다. 실란 처리는 유기금속 코어 시안 안료의 분산 중합 프로세스만큼 효과적인 입체 폴리머 쉘을 제공하지 못하여, 마젠타 및 시안 안료들 사이의 구별이 덜 명백한 것으로 여겨진다.

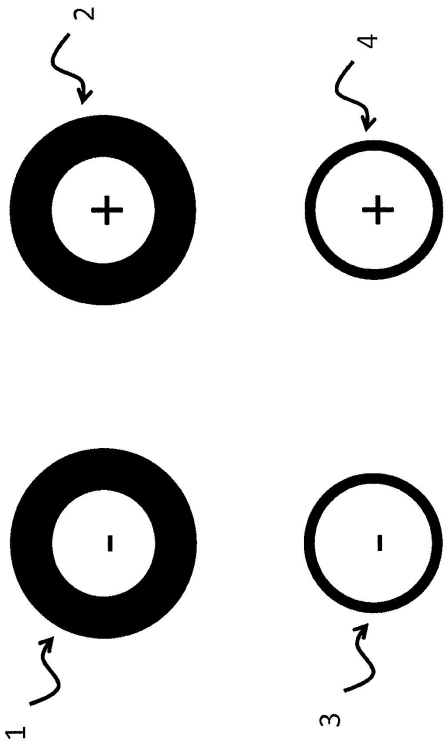
[0295] 도 21 은 시안 안료의 폴리머 처리가 황색 컬러의 렌더링과 거의 차이가 없음을 도시한다. 이것은 예기치 못한 것이 아닌데, 이는 상기 논의된 바와 같이 황색 컬러의 형성을 매개한다고 생각되는 마젠타 및 황색 안료들 사이의 상호작용의 강도때문이다.

도면

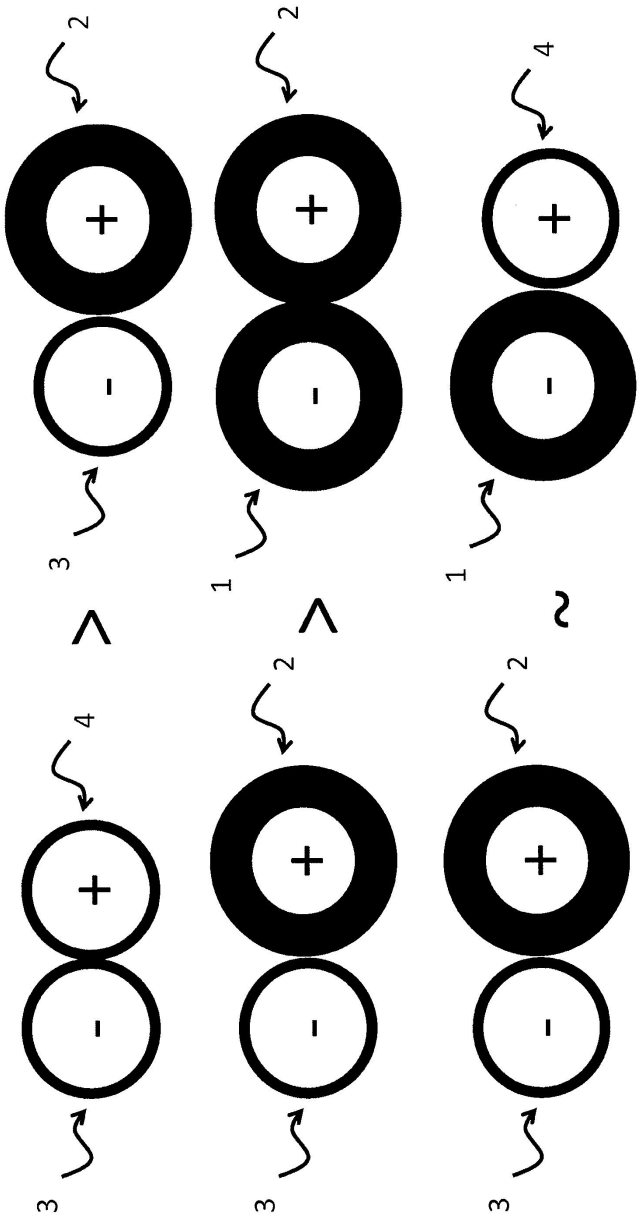
도면1


백색
시안
마젠타
황색
황색
백색
시안
마젠타
황색
마젠타
황색
백색
시안
마젠타
황색
시안
마젠타
황색
백색
시안
마젠타
황색
시안
마젠타
황색
백색
시안
마젠타
황색
백색
황색
적색
마젠타
청색
시안
녹색
흑색
[A]
[B]
[C]
[D]
[E]
[F]
[G]
[H]

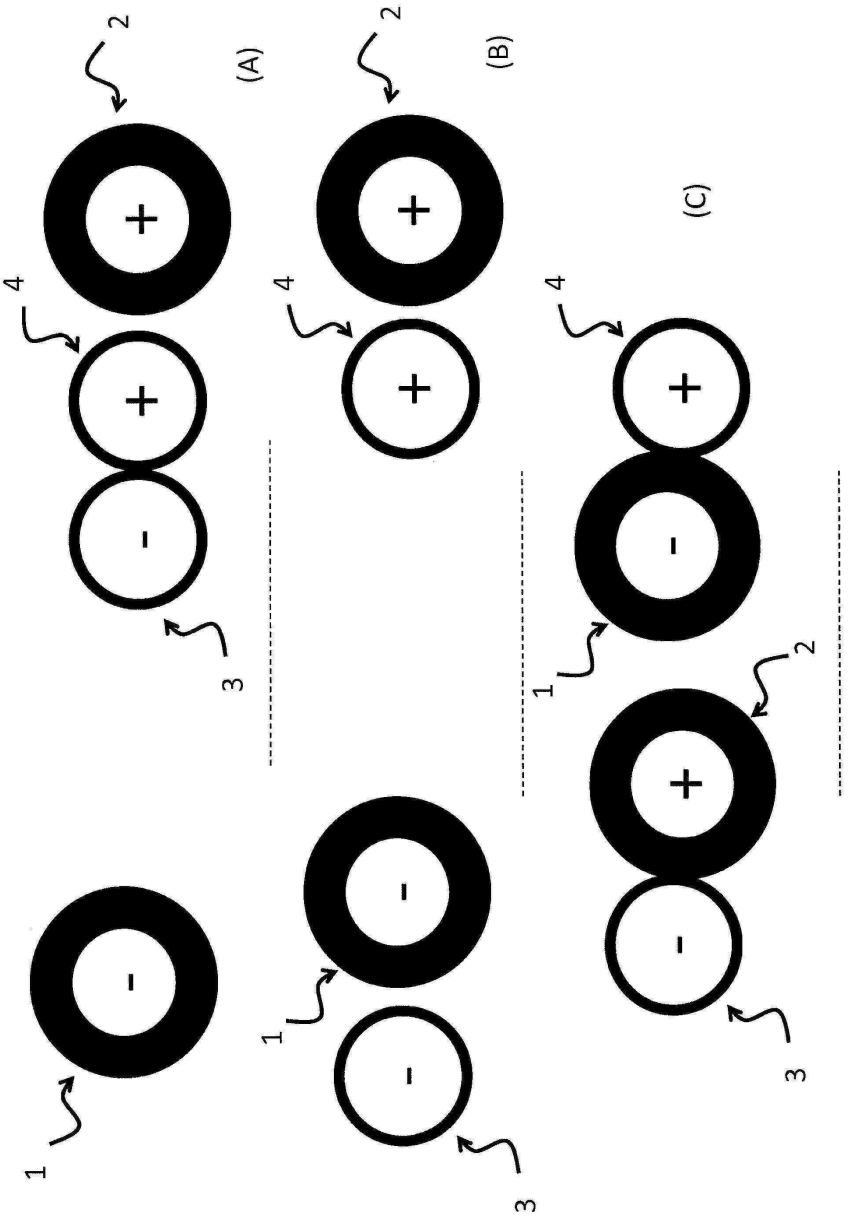
도면2


1
2
3
4
+
-
+
-

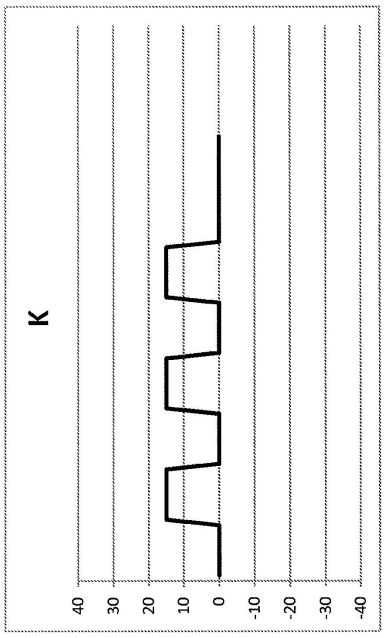
도면3



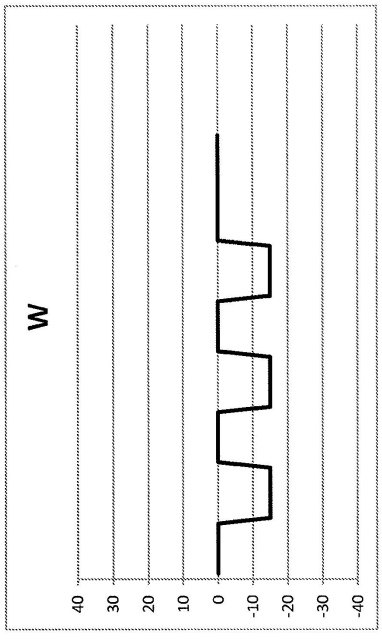
도면4



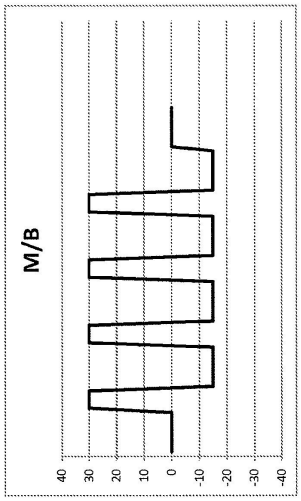
도면5a



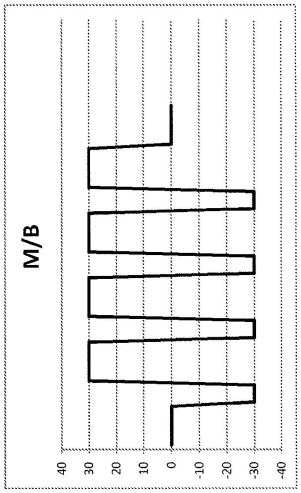
도면5b



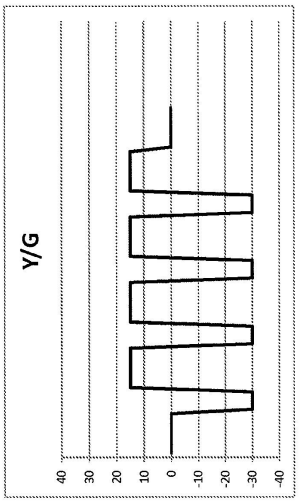
도면6a



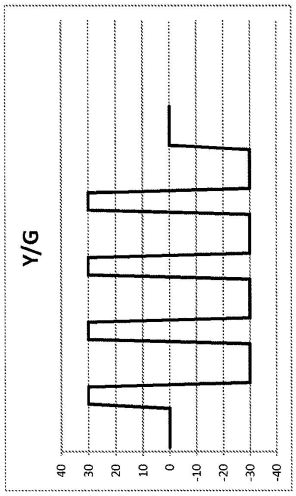
도면6b



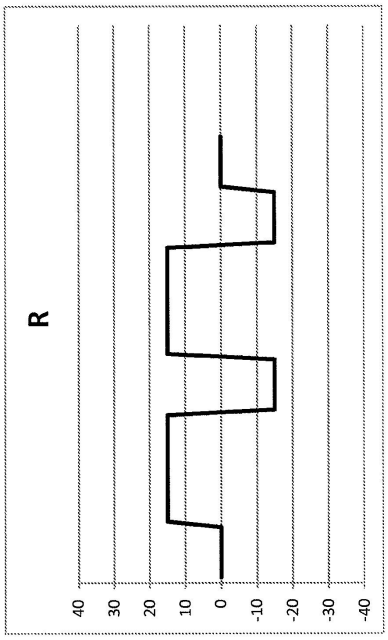
도면6c



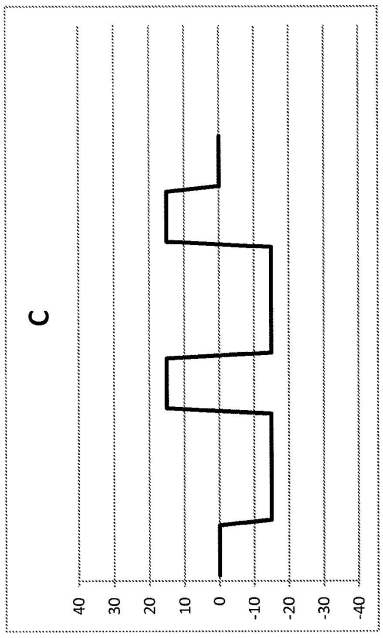
도면6d



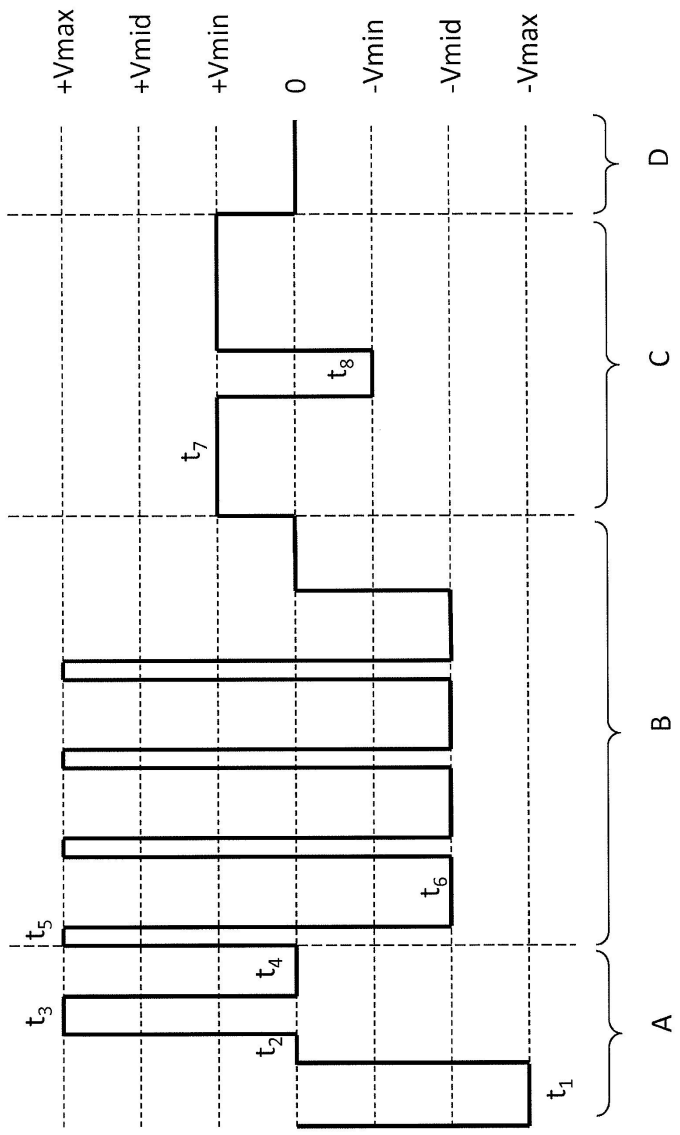
도면7a



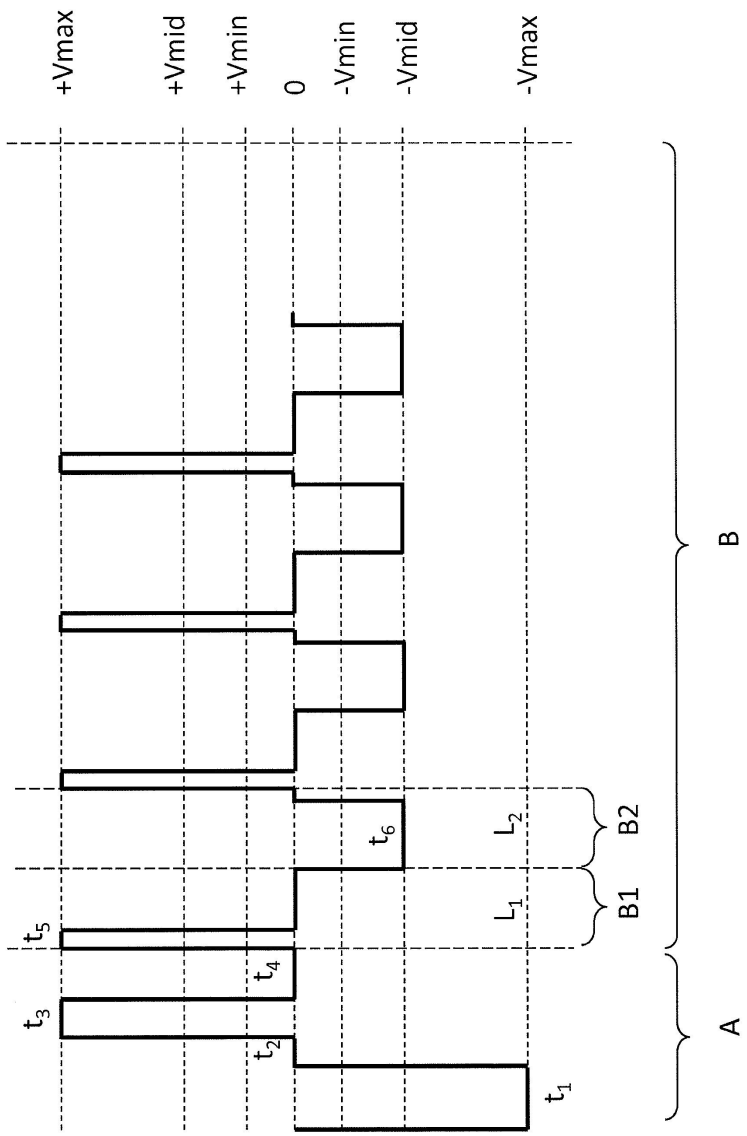
도면7b



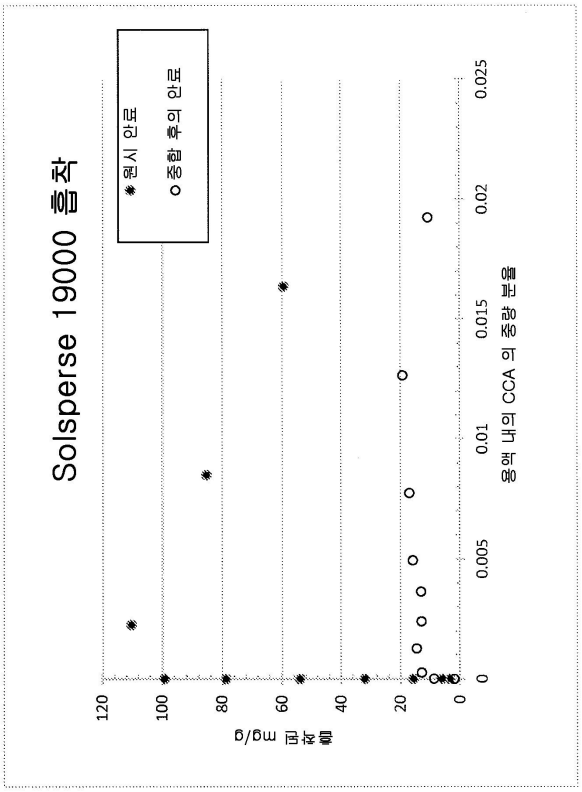
도면8



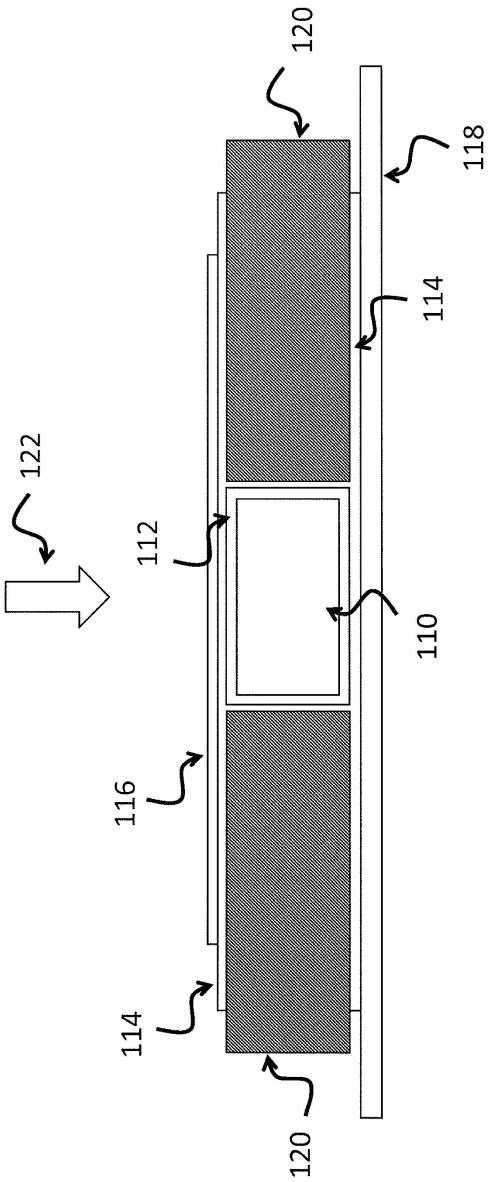
도면9



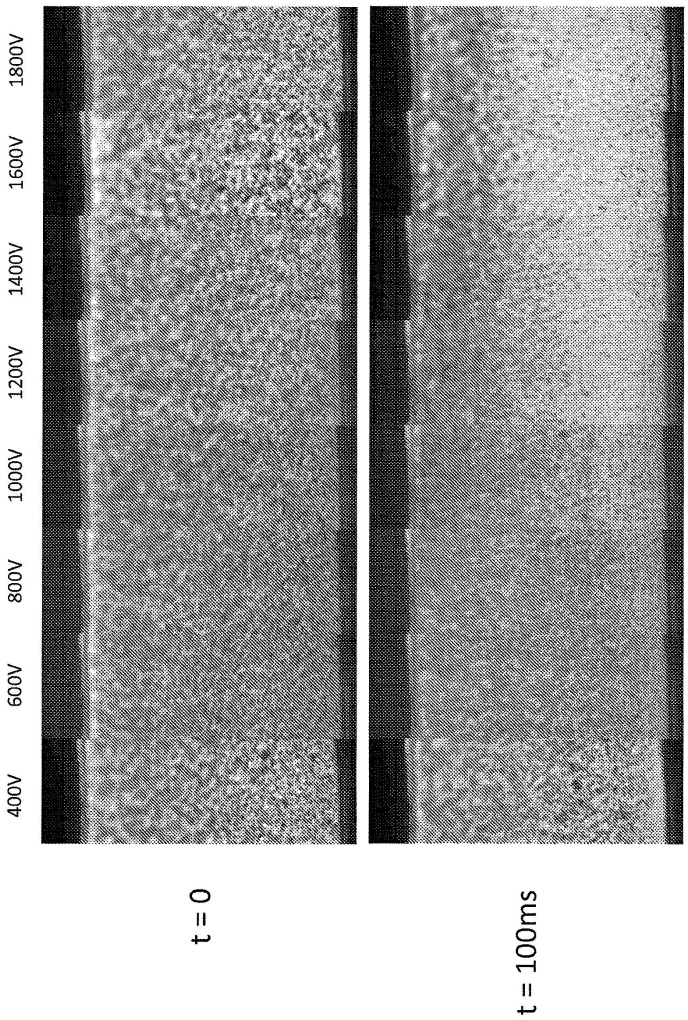
도면10


Solsperse 19000 흡착
원시 안료
중합 후의 안료
흡착된 mg/g
0
20
40
60
80
100
120
0
0.005
0.01
0.015
0.02
0.025
용액 내의 CCA 의 중량 분율

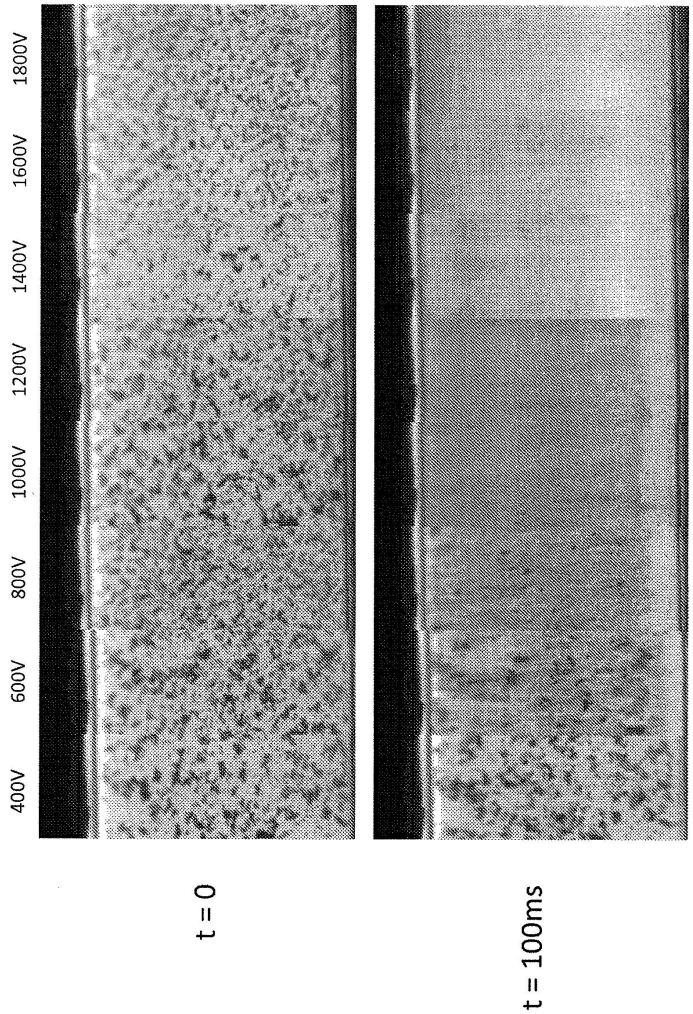
도면11



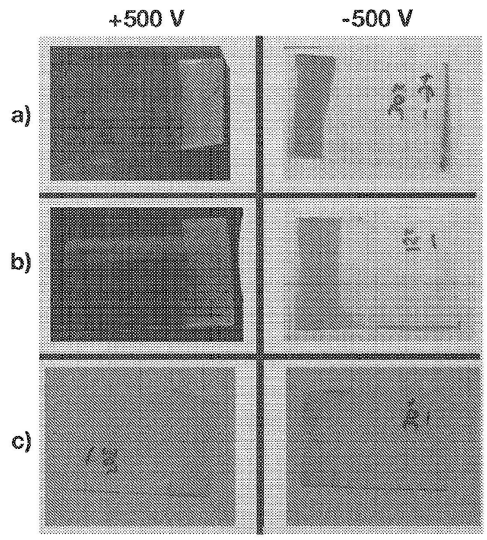
도면12



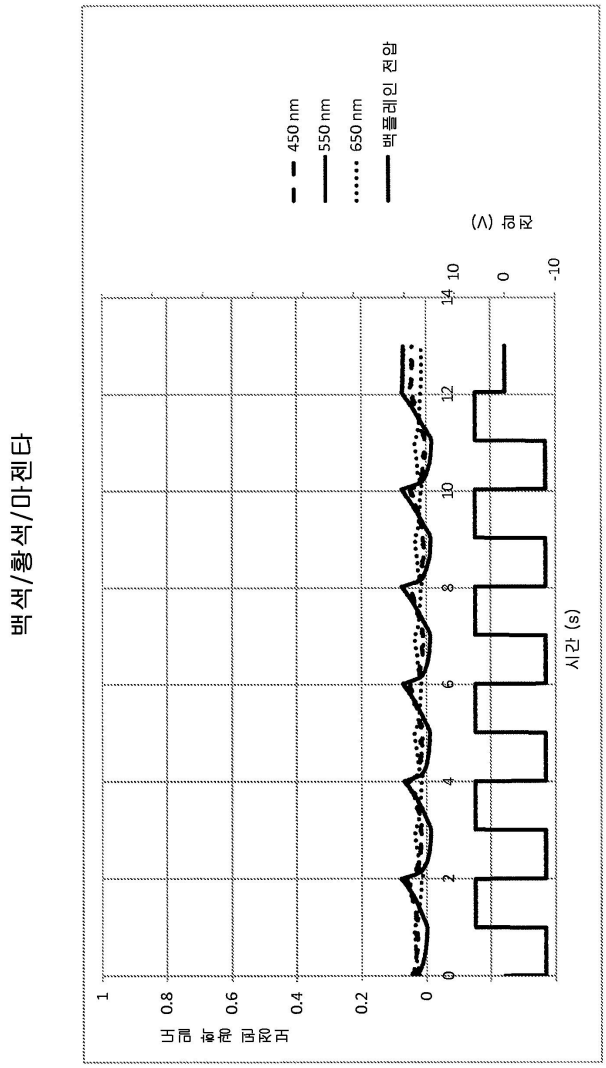
도면13


1800V
1600V
1400V
1200V
1000V
800V
600V
400V
t = 0
t = 100ms

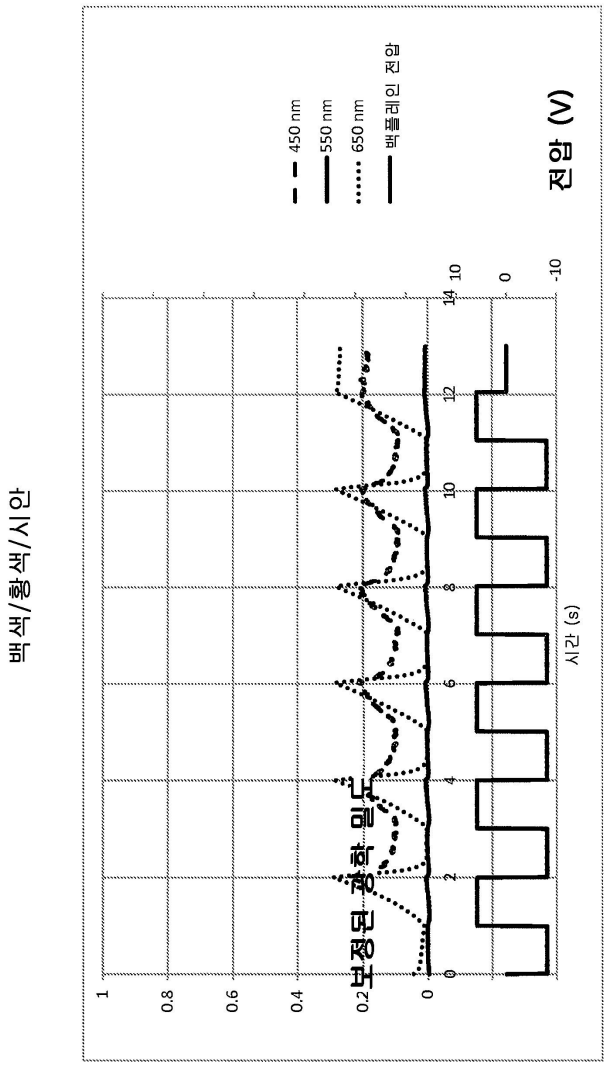
도면14


+500 V
-500 V
a)
b)
c)

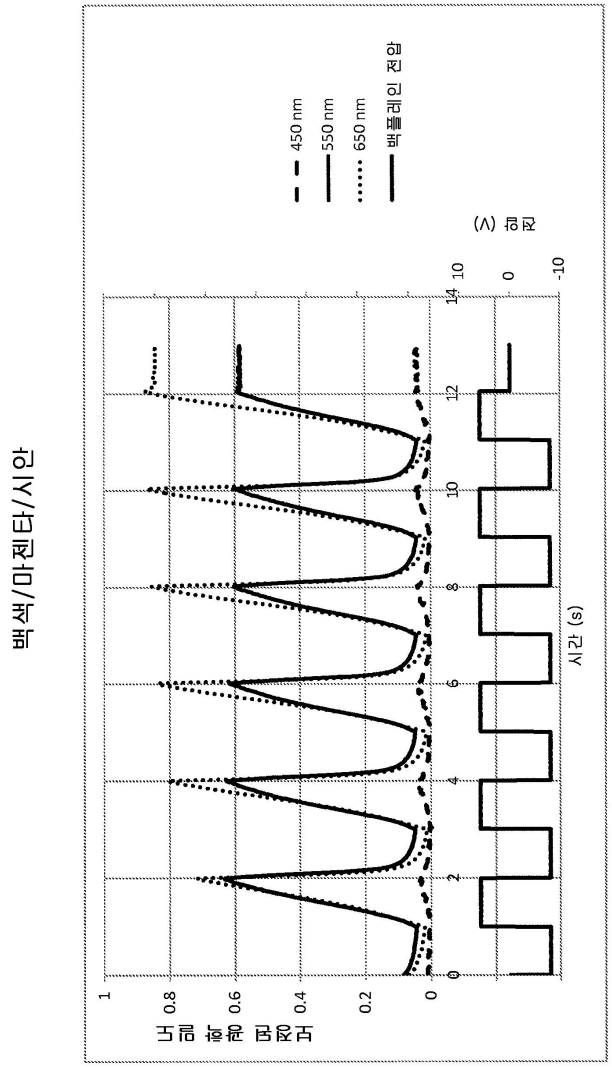
도면15


백색/황색/마젠타
보정된 광학 밀도
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
2
4
6
8
10
12
14
시간 (s)
10
0
-10
전압 (V)
450 nm
550 nm
650 nm
백플레인 전압

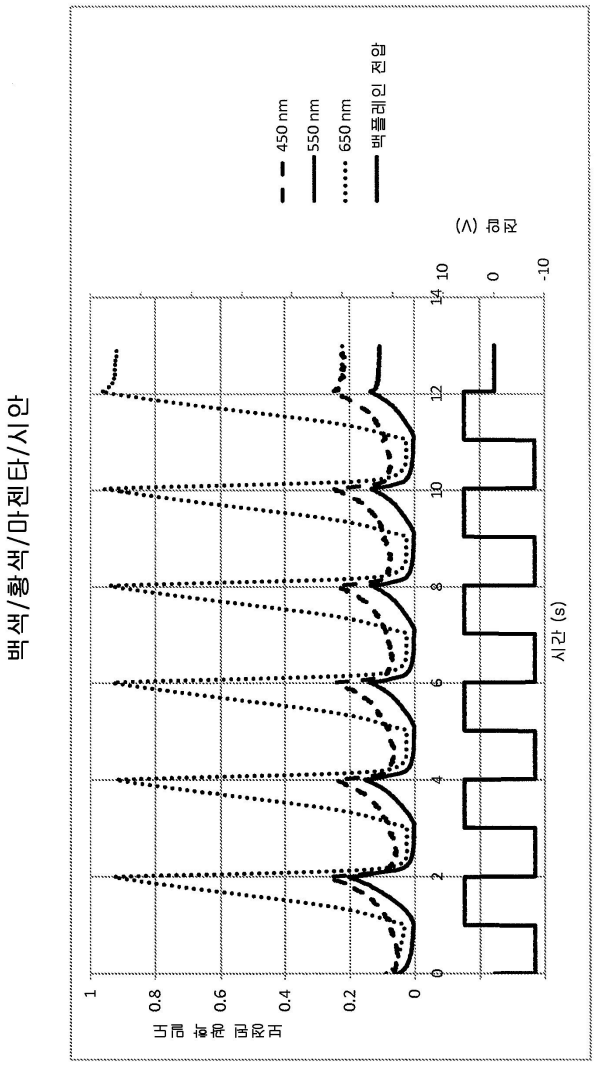
도면16



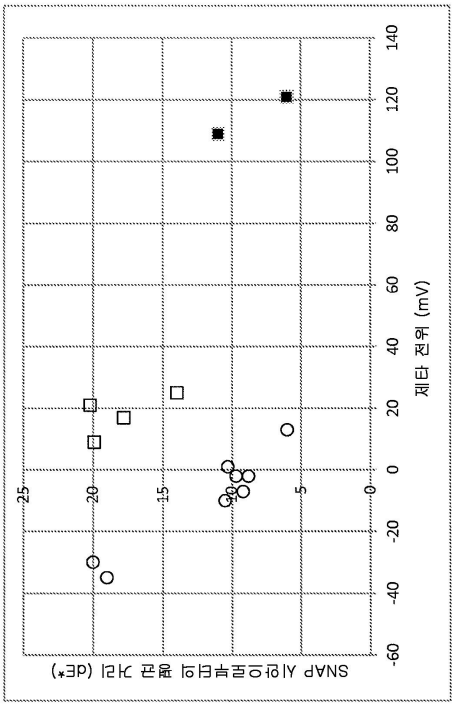
도면17



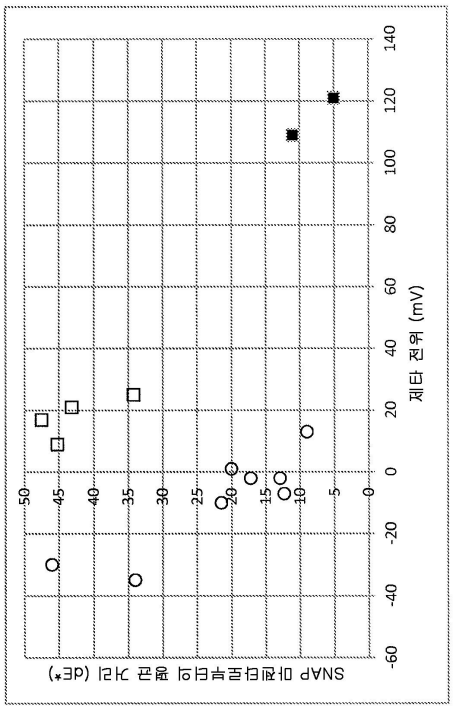
도면18



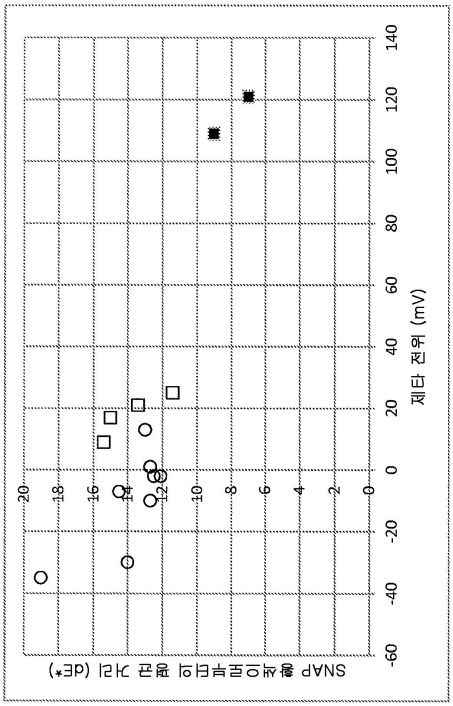
도면19



도면20



도면21


제타 전위 (mV)
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
SNAP 활성화으로부터의 평균 거리 (dE*)
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0