



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0112833
(43) 공개일자 2022년08월11일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02F 1/16757 (2019.01) G02F 1/167 (2019.01)
G02F 1/16756 (2019.01)
- (52) CPC특허분류
G02F 1/16757 (2022.01)
G02F 1/167 (2022.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7024234
- (22) 출원일자(국제) 2021년02월04일
심사청구일자 2022년07월13일
- (85) 번역문제출일자 2022년07월13일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2021/016552
- (87) 국제공개번호 WO 2021/158744
국제공개일자 2021년08월12일
- (30) 우선권주장
62/971,285 2020년02월07일 미국(US)

- (71) 출원인
이 잉크 코포레이션
미국 01821 매사추세츠주 빌레리카 테크놀로지 파
크 드라이브 1000
- (72) 발명자
무라리 니쉬트
미국 01821-4165 매사추세츠주 빌레리카 테크놀로
지 파크 드라이브 1000 이 잉크 코포레이션 씨/오
카마에프 파벨
미국 01821-4165 매사추세츠주 빌레리카 테크놀로
지 파크 드라이브 1000 이 잉크 코포레이션 씨/오
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인코리아나

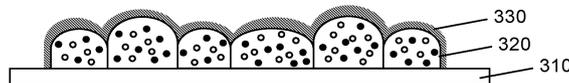
전체 청구항 수 : 총 26 항

(54) 발명의 명칭 **박막 상부 전극을 갖는 전기영동 디스플레이 층**

(57) 요약

전기영동 매질의 마이크로캡슐들의 층 상에 직접 증착되는 다양한 박막들을 포함하는 전기영동 디스플레이 층들을 제조하는 방법. 일 실시형태에서, 전기영동 디스플레이를 위한 투명한 전면 전극을 생성하기 위해 광-투과성 전도성 재료의 박막이 디포지션된다. 일부 실시형태들에서, 유전체 층 및 광-투과성 전도성 재료의 박막 양자가 마이크로캡슐들 상에 증착될 것이다.

대표도 - 도3b



(52) CPC특허분류

G02F 1/16756 (2022.01)

(72) 발명자

밀러 데이비드 대럴

미국 01821-4165 매사추세츠주 빌레리카 테크놀로지 파크 드라이브 1000 이 잉크 코포레이션 씨/오

파울리니 리차드 제이 주니어

미국 01821-4165 매사추세츠주 빌레리카 테크놀로지 파크 드라이브 1000 이 잉크 코포레이션 씨/오

앤세스 제이 윌리엄

미국 01821-4165 매사추세츠주 빌레리카 테크놀로지 파크 드라이브 1000 이 잉크 코포레이션 씨/오

명세서

청구범위

청구항 1

전기영동 디스플레이 층으로서,

제 1 기관;

전기영동 매질을 포함하는 캡슐들의 층으로서, 상기 캡슐들의 층은 평평한 면 및 윤곽면을 갖는, 상기 캡슐들의 층; 및

복수의 상기 캡슐들의 상기 윤곽면과 직접 접촉하는 광-투과성 전도성 재료의 층으로서, 상기 캡슐들의 층은 상기 제 1 기관과 상기 광-투과성 전도성 재료의 층 사이에 배치되는, 상기 광-투과성 전도성 재료의 층을 포함하는, 전기영동 디스플레이 층.

청구항 2

전기영동 디스플레이 층으로서,

제 1 기관;

전기영동 매질을 포함하는 캡슐들의 층으로서, 상기 캡슐들의 층은 평평한 면 및 윤곽면을 갖는, 상기 캡슐들의 층;

복수의 상기 캡슐들의 상기 윤곽면과 직접 접촉하는 제 1 기상-증착 유전체 재료 층으로서, 상기 캡슐들의 층은 상기 제 1 기관과 상기 제 1 기상-증착 유전체 재료 층 사이에 배치되는, 상기 제 1 기상-증착 유전체 재료 층; 및

상기 제 1 기상-증착 유전체 재료 층과 직접 접촉하는 광-투과성 전도성 재료의 층을 포함하는, 전기영동 디스플레이 층.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 전기영동 매질은 인가된 전기장에 응답하여 상기 캡슐 내에서 이동하는 적어도 하나의 유형의 하전 입자를 포함하는, 전기영동 디스플레이 층.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 캡슐들의 층은 상기 캡슐들의 층 내의 상기 캡슐들 중 적어도 일부 사이에 폴리우레탄 결합제를 추가로 포함하는, 전기영동 디스플레이 층.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제 1 기관은 이형 시트인, 전기영동 디스플레이 층.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제 1 기관과 상기 캡슐들의 층 사이에 접착제 층을 더 포함하는, 전기영동 디스플레이 층.

청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 광-투과성 전도성 재료의 층 상에 배치된 평탄화 층을 더 포함하는, 전기영동 디스플레이 층.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 평탄화 층이 상기 광-투과성 전도성 재료의 층과 제 2 기판 사이에 배치되도록, 상기 평탄화 층 상에 배치된 상기 제 2 기판을 더 포함하는, 전기영동 디스플레이 층.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 제 2 기판은 실질적으로 평면인, 전기영동 디스플레이 층.

청구항 10

제 2 항에 있어서,

상기 제 1 기상-증착 유전체 재료 층은 Si_3N_4 , SiO_2 , Al_2O_3 , HfO_2 , ZrO_2 , 또는 폴리머를 포함하는, 전기영동 디스플레이 층.

청구항 11

전기영동 디스플레이로서,

상기 전기영동 디스플레이는, 제 1 항 또는 제 2 항의 전기영동 디스플레이 층을 포함하고,

제 2 전도성 재료 층이 상기 제 1 기판과 전기영동 매질을 포함하는 상기 캡슐들의 층 사이에 배치되는, 전기영동 디스플레이.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 제 2 전도성 재료 층과 상기 캡슐들의 층 사이에 배치된 제 2 유전체 재료 층을 더 포함하는, 전기영동 디스플레이.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 제 2 유전체 재료 층은 Si_3N_4 , SiO_2 , Al_2O_3 , HfO_2 , ZrO_2 또는 폴리머를 포함하는, 전기영동 디스플레이.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 광-투과성 전도성 재료는 인듐 주석 산화물 또는 아연 산화물을 포함하는, 전기영동 디스플레이.

청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 제 1 기판은 실질적으로 평면인, 전기영동 디스플레이.

청구항 16

제 11 항에 있어서,

상기 제 1 기판은 전역적으로 비평면이지만, 국부적으로 평면인, 전기영동 디스플레이.

청구항 17

전기영동 디스플레이 층을 제조하는 방법으로서,

제 1 기판을 제공하는 단계;

상기 제 1 기판 상에 전기영동 매질을 포함하는 캡슐들의 층을 디포짓함으로써, 상기 제 1 기판에 대향하는 상기 캡슐들의 층의 측면 상에 상기 캡슐들의 층의 윤곽 표면을 생성하는 단계; 및

상기 캡슐들의 층의 상기 윤곽 표면 상에 광-투과성 전도성 재료의 층을 디포짓하는 단계를 포함하는, 전기영동 디스플레이 층을 제조하는 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 광-투과성 전도성 재료의 층을 디포짓하는 단계는 133 파스칼 (1 Torr) 미만의 진공 압력에서 발생하는, 전기영동 디스플레이 층을 제조하는 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 광-투과성 전도성 재료의 층을 디포짓하는 단계는 13 파스칼 (100 mTorr) 미만의 진공 압력에서 발생하는, 전기영동 디스플레이 층을 제조하는 방법.

청구항 20

제 18 항에 있어서,

상기 디포짓하는 것은 화학 기상 증착 공정으로 수행되는, 전기영동 디스플레이 층을 제조하는 방법.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

인듐 주석 산화물 또는 아연 산화물이 광-투과성 전도성 층으로서 디포짓되는, 전기영동 디스플레이 층을 제조하는 방법.

청구항 22

제 17 항에 있어서,

전기영동 매질을 포함하는 상기 캡슐들의 층을 디포짓하기 전에 상기 기판 상에 제 1 유전체 층을 디포짓하는 단계를 더 포함하는, 전기영동 디스플레이 층을 제조하는 방법.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 제 1 유전체 층은 Si_3N_4 , SiO_2 , Al_2O_3 , HfO_2 , ZrO_2 , 또는 폴리머를 포함하는, 전기영동 디스플레이 층을 제조하는 방법.

청구항 24

제 17 항에 있어서,

제 2 유전체 층 위에 그리고 상기 캡슐들의 층의 상기 윤곽 표면 상에 상기 광-투과성 전도성 재료의 층을 디포짓하기 전에, 전기영동 매질을 포함하는 상기 캡슐들의 층의 상기 윤곽 표면 상에 상기 제 2 유전체 층을 기상 디포짓하는 단계를 더 포함하는, 전기영동 디스플레이 층을 제조하는 방법.

청구항 25

제 17 항에 있어서,

상기 제 1 기판은 실질적으로 평면인, 전기영동 디스플레이 층을 제조하는 방법.

청구항 26

제 17 항에 있어서,

상기 제 1 기판은 전역적으로 비평면이지만, 국부적으로 평면인, 전기영동 디스플레이 층을 제조하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원들

[0002] 본 출원은 2020 년 2 월 7 일자로 출원된 미국 가특허출원 제62/971,285호를 우선권 주장한다. 본 명세서에서 기술된 모든 특허들 및 공보들은 전부 참조에 의해 통합된다.

배경 기술

[0003] 대부분의 eReader 에서 볼 수 있는 유형의 전형적인 캡슐화된 전기영동 디스플레이에서, 캡슐의 슬러리는 인듐 주석 산화물 (ITO) 이 디포지트된 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (PET) 의 미리 제조된 시트 상에 코팅된다. 그 후에, 코팅된 PET-ITO 재료는 전기영동 디스플레이를 제조하기 위해 또 다른 전극을 포함하는 스택에 통합된다.

전기영동 매질은 통상적으로 젤라틴/아카시아 코아세르베이트와 같은 가요성 유기 매트릭스에서 캡슐화된 비극성 액체에 전기영동 입자, 전하 제어제, 이미지 안정제 및 응집제를 포함한다. PET-ITO 재료는 전기전도성이고, 투명하며, 우수한 배리어 특성을 갖는다. 대부분의 상업적 실시형태들에서, PET-ITO 층은 사용자가 전기영동 매질들에 디스플레이된 패턴들 (예를 들어, 텍스트) 을 보기 위해 이 층을 통해 본다는 점에서 "상부 전극" 으로서 작용한다.

또한, 접촉제 층은 전형적으로 캡슐 슬러리가 코팅되기 전에 PET-ITO 상에 코팅되어 슬러리의 접촉력을 개선하고, 보다 일관된 캡슐 코팅, 바람직하게는 기판 상의 캡슐의 단일층을 생성한다.

이 접촉제층은 통상적으로 적어도 1 μm 두께이고, 보다 빈번하게 대략 5 μm 두께이다. 종종, 접촉제층은 대부분 유전체인 전형적인 접촉제에 비해 전도성을 개선하도록 도핑된다. 통상적으로, 기판 상의 캡슐화된 전기영동 매질의 코팅은 캐리어 매질에서 캡슐들의 슬러리가 슬롯에 대해 이동하고 있는 기판 상으로 슬롯을 통해 강제되는 슬롯 코팅에 의해 실행된다. 상업적 제조 동안, 슬러리가 경화된 후, 제 2 접촉제가 캡슐들의 층들의 대향하는 면 상에 코팅되고, 이어서 이형 시트가 적용되어 전방 평면 라미네이트 (FPL) 를 생성한다.

추후에, 이형 시트가 제거되고, 전방 평면 라미네이트가 백플레인, 예를 들어, 박막 트랜지스터 (AM-TFT) 의 능동 매트릭스에 부착된다. 이 방법은, 예를 들어, 그 전체가 참조로 통합되는 미국 특허 제6,982,178호를 포함하여, E Ink Corporation 에 의해 발행된 여러 특허에 기술된다.

[0004] 그러나, 전방 평면 라미네이트를 제조하는 이러한 표준 방법은 어떤 한계들을 갖는다. 적어도 하나의 접촉제 층이 캡슐화된 전기영동 매질의 스택에 사용되기 때문에, 캡슐들에 걸친 전기장은 캡슐들이, 예를 들어, 2 개의 전극 층들 사이에 직접 있는 경우 그렇지 않은 경우만큼 강하지 않다. 이 조건은 디스플레이에 대한 스위칭 시간을 증가시킨다. 추가로, 접촉제 층은 예를 들어, 박리 및 변색과 같은 실패의 원인일 수 있다.

일부 경우들에서, 접촉제들에 사용되는 도펀트들은 고온 하에서 이동가능하게 될 수 있고, 이는 디스플레이를 가로지르는 전기영동 매질의 일관되지 않은 스위칭을 초래하고, 이미지들의 픽셀들이 함께 혼합되게 할 수도 있으며, 이는 "블루밍 (blooming)" 으로서 알려진 조건이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0005] 본 명세서에 기술된 바와 같이, 상부 평면 전극을 제조하기 위한 대안적이고 개선된 방법이 제공된다. 캡슐화된 전기영동 매질을 진공 챔버 내로 도입하는 것이 가능하기 때문에, 캡슐화된 전기영동 매질의 바로 위에 전

극층을 코팅하기 위해 박막 증착 방법을 사용하는 것이 가능하고, 이에 의해, 결과적인 재료의 스택을 더 얇게 만들고, 동일한 전압을 제공하고 대략 동일한 양의 에너지를 사용하면서 높은 국소 전기장을 달성한다. 또한, 박막 증착의 이러한 기술들은 캡슐화된 재료들을 유전체의 박막으로 코팅하도록 확장될 수 있으며, 이는 수분의 침입을 방지하고, 예를 들어, 경화된 바인더 내의 캡슐들과 핀홀들 사이의 갭들로 인한 단락 회로들을 방지하고, 전기영동 매질의 광학 응답을 개선하는데 유리할 수도 있다.

[0006] 따라서, 일 양태에서, 전기영동 디스플레이 층은 제 1 기관, 전기영동 매질을 포함하는 캡슐들의 층으로서, 상기 캡슐들의 층은 평평한 면 및 윤곽면을 갖는, 상기 캡슐들의 층, 및 복수의 캡슐들의 윤곽면과 직접 접촉하는 광-투과성 전도성 재료의 층을 포함하고, 상기 캡슐들의 층은 상기 제 1 기관과 상기 광-투과성 전도성 재료의 층 사이에 배치된다. 일부 실시형태들에서, 전기영동 매질은 인가된 전기장에 응답하여 캡슐 내에서 이동하는 적어도 하나의 유형의 하전 입자를 포함한다. 일부 양태들에서, 캡슐들의 층은 캡슐들의 층 내의 캡슐들 중 적어도 일부 사이에 폴리우레탄 결합제를 추가로 포함한다. 일부 실시형태들에서, 제 1 기관은 이형 시트이다. 일부 실시형태들에서, 접착제 층이 제 1 기관과 캡슐들의 층 사이에 존재한다. 일부 실시형태들에서, 평탄화 층이 상기 광-투과성 전도성 재료의 층 상에 배치된다. 일부 실시형태들에서, 평탄화 층이 광-투과성 전도성 재료의 층과 제 2 기관 사이에 배치되도록, 평탄화 층 상에 배치되는 제 2 기관이 있다. 일부 실시형태들에서, 제 1 유전체 재료 층이 캡슐들의 층과 광-투과성 전도성 재료의 층 사이에 배치된다. 일부 실시형태들에서, 제 1 유전체 재료 층은 Si_3N_4 , SiO_2 , Al_2O_3 , HfO_2 , ZrO_2 , 또는 폴리머를 포함한다. 일부 실시형태들에서, 제 2 전도성 재료 층은 제 1 기관과 전기영동 매질을 포함하는 캡슐들의 층 사이에 배치된다. 일부 실시형태들에서, 제 2 유전체 재료 층은 제 2 전도성 재료 층과 캡슐들의 층 사이에 배치된다. 일부 실시형태들에서, 광-투과성 전도성 재료는 인듐 주석 산화물 또는 아연 산화물을 포함한다. 일부 실시형태들에서, 제 1 기관은 실질적으로 평면이다. 일부 실시형태들에서, 제 1 기관은 전역적으로 평면이 아니지만 국부적으로 평면이다. 일부 실시형태들에서, 제 2 기관은 실질적으로 평면이다.

[0007] 다른 양태에서, 전기영동 디스플레이 층을 제조하는 방법은, 제 1 기관을 제공하는 단계, 제 1 기관 상에 전기영동 매질을 포함하는 캡슐들의 층을 디포짓함으로써, 제 1 기관에 대항하는 캡슐들의 층의 측면 상에 캡슐들의 층의 윤곽 표면을 생성하는 단계, 및 캡슐들의 층의 윤곽 표면 상에 광-투과성 전도성 재료의 층을 디포짓하는 단계를 포함한다. 일부 실시형태들에서, 광-투과성 전도성 재료의 층을 디포짓하는 단계는 133 파스칼 (1 Torr) 미만의 진공 압력에서 발생한다. 일부 실시형태들에서, 광-투과성 전도성 재료의 층을 디포짓하는 단계는 13 파스칼 (100 mTorr) 미만의 진공 압력에서 발생한다. 일부 실시형태들에서, 디포짓하는 단계는 화학 기상 증착 공정으로 수행된다. 일부 실시형태들에서, 인듐 주석 산화물 또는 아연 산화물은 광-투과성 전도성 층으로서 디포짓된다. 일부 실시형태들에서, 방법은 전기영동 매질을 포함하는 캡슐들의 층을 디포짓하기 전에 기관 상에 제 1 유전체 층을 디포짓하는 단계를 추가로 포함한다. 일부 실시형태들에서, 유전체 층은 Si_3N_4 , SiO_2 , Al_2O_3 , HfO_2 , ZrO_2 , 또는 폴리머를 포함한다. 일부 실시형태들에서, 상기 방법은 제 2 유전체 층 위에 그리고 전기영동 매질을 포함하는 캡슐들의 층의 윤곽 표면 상에 광-투과성 전도성 재료의 층을 디포짓하기 전에, 전기영동 매질을 포함하는 캡슐들의 층의 윤곽 표면 상에 제 2 유전체 층을 디포짓하는 단계를 추가로 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1a 내지 도 1e 는 감소된 주변 압력에서 인듐 주석 산화물 (ITO) 의 기상 증착을 사용하여 전기영동 디스플레이 층을 생성하는 본 발명의 방법을 예시한다. 도 1a 는 전극을 포함하는 기관 상에 캡슐 슬러리를 코팅하는 것을 도시한다. 도 1b 는 상부 투명 전극을 생성하기 위해 감소된 주변 압력에서 코팅된 캡슐들 바로 위에 ITO 를 디포짓하는 것을 도시한다. 도 1c 는 전극 사이에 그리고 캡슐화된 전기영동 매질을 가로질러 전압 소스를 제공하는 것을 도시한다. 클로즈업 뷰가 도 1d 에 도시되며, 여기서 캡슐들은 화이트 상태로 스위칭되었고, 상부 투명 전극은 보이지 않는다. 극성을 스위칭할 때, 클로즈업 뷰는 반대로-하전된 어두운 입자가 관찰 표면으로 이동됨에 따라 검게 변한다.

도 2 는 본 명세서에 설명된 방법의 흐름도를 도시하며, 여기서 기관은 디포짓된 ITO 의 일부가 디포지션 동안 캡슐층을 통한 통로를 발견하는 경우에 디바이스를 단락되는 것으로부터 보호하기 위해 유전체 재료의 매우 얇은 층으로 옵션적으로 코팅된다. 도 2 는 코팅된 캡슐들 위에 유전체 층, 뿐만 아니라 디포짓된 투명 전도체 위의 수분 장벽 및 수분 장벽 위의 평탄화 층의 디포지션을 추가로 고려한다.

도 3a 내지 도 3e 는 전기영동 매질을 포함하는 캡슐들의 층 상에 직접 광-투과성 전도성 재료의 디포지션을 포

합하는, 전기영동 디스플레이 층의 생성에서의 다양한 단계를 도시한다.

도 4a 내지 도 4e 는 전기영동 매질을 포함하는 캡슐들의 층 상에 직접 광-투과성 전도성 재료의 디포지션을 포함하는, 전기영동 디스플레이 층의 생성에서의 다양한 단계를 도시한다. 도 4a 내지 도 4e 에서, 제 2 전극을 포함하는 기관은 코팅된 광-투과성 전도성 재료의 제 2 전극으로의 단락을 방지하기 위해 유전체로 코팅되었다. 원 영역 (405) 을 참조한다.

도 5a 내지 도 5e 는 전기영동 매질을 포함하는 캡슐들의 층 상에 직접 디포지션된 유전체 층 위에 광-투과성 전도성 재료의 디포지션을 포함하는, 전기영동 디스플레이 층의 생성에서의 다양한 단계들을 도시한다. 유전체 층은 매우 얇을 수도 있지만 (예를 들어, 100 nm, 예를 들어, 50 nm, 예를 들어, 20 nm 이하), 수분 장벽으로서 작용하고, 또한 결과적인 전기영동 디스플레이에서 전극들 사이의 단락을 방지할 수도 있다.

도 6 은 기관 상에 전기영동 매질의 캡슐들을 디포지션하기 위해 사용될 수도 있는 스프레이 헤드를 도시한다.

도 7 은 PET/ITO의 층, PET/ITO 상에 스프레이된 마이크로캡슐들의 층, 및 캡슐들 상에 디포지션된 ITO의 얇은 층만을 포함하는 디스플레이 스택에 대한 3 개의 동작 온도들에서의 측정된 광학 킥백을 도시한다.

도 8 은 2 개의 간단한 마이크로캡슐 디스플레이들에 대한 온도의 함수로서 킥백을 도시한다. 개재 유전체 층을 포함함으로써, 킥백은 넓은 온도 범위에 걸쳐 감소된다.

도 9 는 도 8 의 2 개의 간단한 마이크로캡슐 디스플레이들에 대한 화이트 및 블랙 상태들 사이의 전체 콘트라스트 및 마이크로캡슐과 PET/ITO 의 적어도 하나의 층 사이에 도핑된 접착제 층을 포함하는 "종래의" 마이크로캡슐 전기영동 디스플레이와의 비교를 도시한다.

도 10a 내지 도 10e 는 전기영동 재료의 캡슐을 활성-매트릭스 백플레인(backplane) 상에 스프레이-코팅한 후, 투명 전도체를 캡슐 상에 직접 스퍼터링함으로써 eReader 로서 사용하기에 적합한 활성-매트릭스 전기영동 디스플레이를 형성하는 방법을 도시한다. 도 10a 는 1448 x 1072 전극들 및 기관에 결합된 이미지 제어기를 포함하는 표준 6" 박막 트랜지스터(TFT) 기관 상의 스프레이 코팅된 캡슐을 도시한다. 도 10b 는 상부 투명 전극을 생성하기 위해 감소된 주변 압력에서 스프레이된 캡슐들 바로 위에 ITO 를 디포지션하는 것을 도시한다.

도 10c 는 상부 평면 연결 (T.P.C.) 을 기관 상의 T.P.C. 구동 전극과 디포지션된 ITO 층 사이에 만드는 것을 도시한다. 이미지 제어기가 외부 드라이버에 결합될 때, 도 10d 및 도 10e 에 도시된 바와 같이, 매우 날카로운 텍스트를 생성하고 페이지들 사이에서 이동시키는 것은 사소하다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 본 발명은 특히 전기영동 매질의 캡슐들의 층 상에 직접 디포지션되는 다양한 박막을 포함하는 전기영동 디스플레이 층을 포함한다. 예를 들어, 전기영동 디스플레이를 위한 투명한 전면 전극을 생성하기 위해 광-투과성 전도성 재료의 박막이 디포지션될 수도 있다. 예를 들어, 유전체 재료의 박막은 수분 침투를 방지하기 위한 배리어 층을 생성하도록 디포지션될 수 있다. 대안적으로, 유전체 층 및 광-투과성 전도성 재료의 박막 양자는 전기영동 매질의 캡슐들의 층 위에 디포지션될 수 있다. 일부 구성들에서, 유전체 층은 광-투과성 전도성 재료의 박막이 디포지션되기 전에 캡슐들 상에 디포지션된다. 다른 구성들에서, 광-투과성 전도성 재료의 박막은 유전체 층이 디포지션되기 전에 디포지션될 것이다. 스퍼터링 (sputtering), 어블레이션 (ablation), 및 증기 또는 용액 증착과 같은 다양한 박막 증착 방법들이 이러한 재료들을 디포지션하는데 사용될 수도 있다. 일부 실시형태들에서, 디포지션은 대기압 미만, 예를 들어 100 Torr 이하에서 수행된다.

[0010] 캡슐화된 전기영동 디스플레이는 통상적으로, 종래의 전기영동 디바이스들의 클러스터링 및 유연한 실패 모드를 경험하지 않으며, 넓은 포맷의 유연한 기관들 상에 디스플레이를 인쇄하거나 코팅하는 능력과 같은 추가의 장점들을 제공한다. ("인쇄" 라는 단어의 사용은 패치 다이 코팅, 슬롯 또는 압출 코팅, 슬라이드 또는 캐스케이드 코팅, 커튼 코팅과 같은 프리-미터링된 코팅들; 나이프 오버 롤 코팅, 순방향 및 역방향 롤 코팅과 같은 롤 코팅; 그라비아 코팅; 딥 코팅; 스프레이 코팅; 매니스커스 코팅; 스핀 코팅; 브러시 코팅; 에어 나이프 코팅; 실크 스크린 인쇄 공정; 정전 인쇄 공정; 열 인쇄 공정; 잉크 젯 인쇄 공정; 전기영동 성막 (미국 특허 제 7,339,715 호 참조); 및 기타 유사한 기법들을 제한없이 포함하는 인쇄 및 코팅의 모든 형태들을 포함하도록 의도된다.) 따라서, 결과적인 디스플레이는 크고 유연할 수 있다. 또한, 디스플레이 매질은 (다양한 방법들을 사용하여) 인쇄될 수 있기 때문에; 디스플레이 자체가 저렴하게 제조될 수 있다.

[0011] 일부 전기 광학 재료들은 재료들이 고형의 외부 표면들을 갖는다는 의미에서 고체이지만, 재료들은 내부 액체 또는 가스 충전된 공간들을 가질 수도 있고 종종 갖는다. 고체 전기 광학 재료들을 사용하는 그러한 디스플레이

레이들은 이하 편의상 "고체 전기 광학 디스플레이들" 로서 지칭될 수도 있다. 따라서, 용어 "고체 전기 광학 디스플레이들" 은 회전 2색성 부재 디스플레이들, 캡슐화된 전기영동 디스플레이들, 마이크로셀 전기영동 디스플레이들 및 캡슐화된 액정 디스플레이들을 포함한다.

[0012] 용어들 "쌍안정" 및 "쌍안정성" 은 적어도 하나의 광학 특성에 있어서 상이한 제 1 및 제 2 디스플레이 상태들을 갖는 디스플레이 엘리먼트들을 포함하는 디스플레이들을 지칭하도록 당업계에서의 그 종래의 의미로 본 명세서에서 사용되며, 그에 따라, 임의의 주어진 엘리먼트가 그 제 1 또는 제 2 디스플레이 상태 중 어느 하나를 가정하기 위해 유한한 지속기간의 어드레싱 펄스에 의해 구동된 이후, 어드레싱 펄스가 종료된 후, 그 상태는 디스플레이 엘리먼트의 상태를 변경하는데 요구된 어드레싱 펄스의 최소 지속기간의 적어도 수배, 예를 들어, 적어도 4배 동안 지속될 것이다. 미국 특허 제7,170,670호에서, 그레이 스케일이 가능한 일부 입자 기반 전기영동 디스플레이들은 그 극단적인 블랙 및 화이트 상태들에서 뿐만 아니라 그 중간의 그레이 상태들에서도 안정적이고, 동일한 것이 일부 다른 타입들의 전기 광학 디스플레이들에도 마찬가지로 나타나 있다. 이러한 타입의 디스플레이는 쌍안정적이라기 보다는 "멀티-안정적" 으로 적절히 지칭되지만, 편의상, 용어 "쌍안정" 은 쌍안정 및 멀티-안정 디스플레이들 양자 모두를 커버하도록 본 명세서에서 사용될 수도 있다.

[0013] 수년 동안 집중적인 연구 및 개발의 대상이 되었던 일 타입의 전기 광학 디스플레이는, 복수의 하전된 입자들이 전기장의 영향 하에서 유체를 통해 이동하는 입자 기반 전기영동 디스플레이이다. 전기영동 디스플레이들은, 액정 디스플레이들과 비교할 때, 양호한 밝기 및 콘트라스트, 넓은 시야각, 상태 쌍안정성, 및 낮은 전력 소비의 속성들을 가질 수 있다. 그럼에도 불구하고, 이들 디스플레이들의 장기간 이미지 품질에 대한 문제들은 그들의 광범위한 사용을 방해하였다. 예를 들어, 전기영동 디스플레이들을 구성하는 입자들은 침강하는 경향이 있어서, 이들 디스플레이들에 대해 불충분한 서비스 수명을 초래한다.

[0014] Massachusetts Institute of Technology (MIT) 와 E Ink Corporation 에 양도된, 또는 이들의 명칭의 수많은 특허 및 출원은 캡슐화된 전기영동 및 다른 전기 광학 매질에 사용되는 다양한 기술을 설명한다. 이러한 캡슐화된 매질은 다수의 작은 캡슐을 포함하며, 그 각각은 그 자체가 유체 매질에 전기영동적으로 이동가능한 입자들을 함유하는 내부 상 및 그 내부 상을 둘러싸는 캡슐 벽을 포함한다. 통상적으로, 캡슐은 그 자체로 폴리머 바인더 내에 유지되어 두 전극들 사이에 배치되는 코히런트층 (coherent layer) 을 형성한다. 이러한 특허 및 출원에 기재된 기술들은 다음을 포함한다:

[0015] (a) 전기영동 입자, 유체 및 유체 첨가제; 예를 들어, 미국 특허 제 7,002,728 및 7,679,814 호 참조;

[0016] (b) 캡슐, 바인더 및 캡슐화 공정; 예를 들어, 미국 특허 제 6,922,276 및 7,411,719 호 참조;

[0017] (c) 전기영동 재료들을 포함하는 필름들 및 서브-어셈블리들; 예를 들어 미국 특허 제 6,825,829; 6,982,178; 7,236,292; 7,443,571; 7,513,813; 7,561,324; 7,636,191; 7,649,666; 7,728,811; 7,729,039; 7,791,782; 7,839,564; 7,843,621; 7,843,624; 8,034,209; 8,068,272; 8,077,381; 8,177,942; 8,390,301; 8,482,835; 8,786,929; 8,830,553; 8,854,721; 및 9,075,280 호; 그리고 미국 특허출원 공보 제 2009/0109519; 2009/0168067; 2011/0164301; 2014/0027044; 2014/0115884; 및 2014/0340738 호 참조;

[0018] (d) 디스플레이들에 사용된 백플레인들, 접착제 층들 및 다른 보조 층들 및 방법들; 예를 들어 미국 특허 제 D485,294; 6,124,851; 6,130,773; 6,177,921; 6,232,950; 6,252,564; 6,312,304; 6,312,971; 6,376,828; 6,392,786; 6,413,790; 6,422,687; 6,445,374; 6,480,182; 6,498,114; 6,506,438; 6,518,949; 6,521,489; 6,535,197; 6,545,291; 6,639,578; 6,657,772; 6,664,944; 6,680,725; 6,683,333; 6,724,519; 6,750,473; 6,816,147; 6,819,471; 6,825,068; 6,831,769; 6,842,167; 6,842,279; 6,842,657; 6,865,010; 6,967,640; 6,980,196; 7,012,735; 7,030,412; 7,075,703; 7,106,296; 7,110,163; 7,116,318; 7,148,128; 7,167,155; 7,173,752; 7,176,880; 7,190,008; 7,206,119; 7,223,672; 7,230,751; 7,256,766; 7,259,744; 7,280,094; 7,327,511; 7,349,148; 7,352,353; 7,365,394; 7,365,733; 7,382,363; 7,388,572; 7,442,587; 7,492,497; 7,535,624; 7,551,346; 7,554,712; 7,583,427; 7,598,173; 7,605,799; 7,636,191; 7,649,674; 7,667,886; 7,672,040; 7,688,497; 7,733,335; 7,785,988; 7,843,626; 7,859,637; 7,893,435; 7,898,717; 7,957,053; 7,986,450; 8,009,344; 8,027,081; 8,049,947; 8,077,141; 8,089,453; 8,208,193; 8,373,211; 8,389,381; 8,498,042; 8,610,988; 8,728,266; 8,754,859; 8,830,560; 8,891,155; 8,989,886; 9,152,003; 및 9,152,004 호; 그리고 미국 특허출원공보 제 2002/0060321; 2004/0105036; 2005/0122306; 2005/0122563; 2007/0052757; 2007/0097489; 2007/0109219; 2009/0122389; 2009/0315044; 2011/0026101; 2011/0140744; 2011/0187683; 2011/0187689; 2011/0292319; 2013/0278900; 2014/0078024; 2014/0139501; 2014/0300837; 2015/0171112; 2015/0205178; 2015/0226986; 2015/0227018; 2015/0228666; 및 2015/0261057 호; 및 국제출원공보 제 WO

00/38000 호; 유럽 특허 제 1,099,207 B1 및 1,145,072 B1 호 참조;

- [0019] (e) 컬러 형성 및 컬러 조정; 예를 들어 미국 특허 번호 제 7,075,502 및 7,839,564 호 참조;
- [0020] (f) 디스플레이들을 구동하기 위한 방법들; 예를 들어, 미국 특허 제 7,012,600; 및 7,453,445 호 참조;
- [0021] (g) 디스플레이들의 애플리케이션들; 예를 들어 미국 특허 제 7,312,784 및 8,009,348 호 참조; 및
- [0022] (h) 미국 특허 제 6,241,921; 6,950,220; 7,420,549; 8,319,759; 및 8,994,705 호 및 미국 특허출원공개 제 2012/0293858 호에 설명된 바와 같은, 비-전기영동 디스플레이들.
- [0023] 위에 언급된 특허 및 출원 중 다수는, 캡슐화된 전기영동 매질에서 별개의 마이크로캡슐들을 둘러싸는 벽들이 연속 상에 의해 대체됨으로써, 전기영동 매질이 전기영동 유체의 복수의 별개 액적들 및 폴리머 재료의 연속 상을 포함하는 이른바 폴리머 분산형 전기영동 디스플레이를 제조할 수 있고, 그리고 이러한 폴리머 분산형 디스플레이 내의 전기영동 유체의 별개 액적들은 별개의 캡슐 멤브레인이 각각의 개별 액적과 연관되지 않음에도 불구하고 캡슐 또는 마이크로캡슐로서 간주될 수도 있다는 것을 인식한다; 예를 들어, 위에 언급된 미국 특허 제 6,866,760 호를 참조한다. 따라서, 본 출원의 목적들을 위해, 그러한 폴리머 분산형 전기영동 매질은 캡슐화된 전기영동 매질의 서브종으로서 간주된다.
- [0024] 전기영동 매질은 종종 불투명하고 (예를 들어 많은 전기영동 매질에서, 입자가 디스플레이를 통해 가시 광의 투과를 실질적으로 차단하기 때문에) 반사 모드에서 동작할 수도 있지만, 많은 전기영동 디스플레이들은 하나의 디스플레이 상태가 실질적으로 불투명하고 하나는 광-투과성인 이른바 "서터 모드" 에서 동작하도록 만들어질 수 있다. 예를 들어, 미국 특허 제 5,872,552; 6,130,774; 6,144,361; 6,172,798; 6,271,823; 6,225,971; 및 6,184,856 호를 참조한다. 전기영동 디스플레이와 유사하지만 전기장 강도의 변동에 의존하는 유전영동 디스플레이가 유사한 모드에서 동작할 수 있다; 예를 들어 미국 특허 제 4,418,346 호 참조. 다른 타입의 전기-광학 디스플레이가 또한 서터 모드에서 동작하는 것이 가능할 수도 있다. 서터 모드에서 동작하는 전기 광학 매질은 풀 컬러 디스플레이들을 위한 다층 구조들에서 유용할 수도 있으며; 이러한 구조들에서, 디스플레이의 뷰잉 표면에 인접한 적어도 하나의 층은 뷰잉 표면으로부터 더 멀리 떨어진 제 2 층을 노출 또는 은닉하도록 서터 모드에서 동작한다.
- [0025] 용어 "광-투과성" 은 이 특허와 본 명세서에서, 이와 같이 지정된 층이, 그 층을 통해 보는 관찰자가, 전기 전도성 층 및 인접 기관 (존재하는 경우) 을 통해 일반적으로 뷰잉될, 전기 광학 매질의 디스플레이 상태에서 변화를 관찰하는 것을 가능하게 하기에 충분한 광을 투과하는 것을 의미하며; 전기 광학 매질이 비가시성 파장에서 반사율의 변화를 디스플레이하는 경우, 용어 "광-투과성" 은 물론 관련 비가시성 파장의 투과를 지칭하는 것으로 해석되어야 한다.
- [0026] 본 명세서에 기술된 방법은 일반적으로, 캡슐화된 전기영동 매질의 층으로 기관을 코팅하고 이어서 광-투과성 전도성 재료의 얇은 층으로 캡슐화된 전기영동 매질의 층을 코팅하는데 적용가능하다. 다수의 예시들에서, 기관은 약 1 내지 약 25 mil (25 내지 634 μm), 바람직하게는 약 2 내지 약 10 mil (51 내지 254 μm) 의 범위의 두께를 갖는 실질적으로 평면의, 예를 들어 폴리머 필름일 것이다. 기관은, 예를 들어, 전기영동 디스플레이 재료를 예를 들어, 백플레인에 라미네이팅하기 전에 전기영동 디스플레이 재료의 층으로부터 제거되도록 설계된 이형 시트일 수도 있다. 다른 실시형태들에서, 기관은 백플레인 자체, 예를 들어, 픽셀 전극들을 포함하는 박막 트랜지스터 (TFT) 백플레인일 수도 있다. 그러나, 다른 실시형태들에서, 기관은 가용성, 예를 들어 인듐 주석 산화물과 같은 투명한 전도체로 코팅된 폴리머 필름일 수도 있으며, 이는 투명한 전도체가 손상되기 전에 어느 정도 가요성일 수 있다. 다른 실시형태들에서, 그래핀 또는 탄소 나노튜브 함침 폴리머와 같은 액조틱 가요성 투명 전도성 재료가 기관으로서 사용될 수 있다. 다른 실시형태들에서, 기관은 단순한 전도성 전극, 예컨대 금속 필름 또는 그라파이트 층일 수 있다. 다른 실시형태들에서, 기관은 실질적으로 투명한, 예를 들어 유리일 수도 있다. 기관은 필름 또는 실질적으로 평면인 재료일 필요는 없으며, 예를 들어, 기관은 차량의 바디의 일부와 같은 불규칙한 표면을 갖는 물체일 수도 있다. 이러한 경우에, 기관은 전형적으로 국부적으로 평면일 것이며, 그 점에서 마이크로캡슐 층은 기관에 대해 실질적으로 평평하게 디포짓되고, 이에 의해 광-투과성 투명 전도체의 박막이 디포짓될 수 있는 대향 윤곽 표면을 생성한다. 그러나, 기관 자체는 전역적으로 비평면이다. 매우 작은 스케일의 마이크로캡슐들 때문에, 국부적으로 평면인 기관은 단지 1 센티미터, 예를 들어, 단지 5 센티미터에 대해 실질적으로 평면일 수도 있다.
- [0027] 전기영동 디스플레이에서, 종종 층들의 스택에 하나 이상의 접착제 층이 있다. 예를 들어, 전기영동 층과 전극 사이에 접착제 층이 있을 수도 있으며, 이 접착제 층이 최종 디스플레이에 남는다. 물론, 이 접착제

층은 디스플레이의 전기 광학 특성에 상당한 영향을 미친다. 필연적으로, 전극들 사이의 전압 강하 중 일부는 접착제 층 내에서 발생하여, 전기영동 층을 구동하는데 이용가능한 전압을 감소시킨다. 접착제의 효과는 저온에서 더 커지는 경향이 있으며, 이러한 온도에 따른 접착제 효과의 변동은 디스플레이의 구동을 복잡하게 한다. 예를 들어, 미국 특허 제 7,012,735 및 7,173,752 호에 기재된 바와 같은 테트라부틸암모늄 헥사플루오로포스페이트 또는 다른 재료로 층을 도핑하는 것에 의해 접착제 층의 전도성을 증가시킴으로써, 접착제 내의 전압 강하가 감소될 수 있고 디스플레이의 저온 동작이 개선된다.

[0028] 박막 상부 전극을 제조하는 일반화된 방법이 도 1 에 예시된다. 기판 (110) 이 제공되며, 그 위에 캡슐화된 전기영동 매질의 층 (120) 이 예를 들어 슬롯 코팅, 딥 코팅, 페인팅, 스프레이 코팅 등으로 디포지션된다. 기판 (110) 은 가요성이거나 가요성이 없을 수도 있고, 전극층을 포함할 수도 있으며, 예컨대 기판 (110) 은 TFT 어레이일 수도 있다. 대안적으로, 기판은 투명하거나, 반투명하거나, 또는 불투명한 연속의 또는 세그먼트화된 전극층을 포함할 수도 있다. 캡슐화된 전기영동 매질의 층 (120) 은, 예를 들어 상기 특허에 기재된 바와 같이, 하전된 안료 입자의 1 초과의 타입을 포함할 수도 있다. 따라서, 캡슐화된 전기영동 매질의 층 (120) 은 예를 들어 백색 및 흑색 사이에서 교번할 수도 있다. 대안으로, 캡슐화된 전기영동 매질의 층 (140) 은 3개의 입자를 포함할 수도 있고, 하전된 안료 입자들의 제 1 세트는 적색이고 하전된 안료 입자들의 제 2 세트는 녹색이며, 하전된 안료 입자들의 제 3 세트는 청색이다. 대안으로, 캡슐화된 전기영동 매질의 층 (120) 은 3 개의 입자를 포함할 수도 있고, 하전된 안료 입자들의 제 1 세트는 적색이고 하전된 안료 입자들의 제 2 세트는 흑색이며, 하전된 안료 입자들의 제 3 세트는 백색이다. 대안으로, 캡슐화된 전기영동 매질의 층 (120) 은 4 개의 입자를 포함할 수도 있고, 하전된 안료 입자들의 제 1 세트는 백색이고, 하전된 안료 입자들의 제 2 세트는 청록색이고, 하전된 안료 입자들의 제 3 세트는 황색이며, 하전된 안료 입자들의 제 4 세트는 자홍색이다. 대안적으로, 캡슐화된 전기영동 매질의 층은 4 개의 입자를 포함할 수도 있고, 여기서 하전된 안료 입자들의 제 1 세트는 적색이고, 하전된 안료 입자들의 제 2 세트는 녹색이고, 하전된 안료 입자들의 제 3 세트는 청색이며, 하전된 안료 입자들의 제 4 세트는 흑색이다. 대안적으로, 캡슐화된 전기영동 매질의 층은 4 개의 입자를 포함할 수도 있고, 여기서 하전된 안료 입자들의 제 1 세트는 적색이고, 하전된 안료 입자들의 제 2 세트는 황색이고, 하전된 안료 입자들의 제 3 세트는 청색이며, 하전된 안료 입자들의 제 4 세트는 흑색이다.

[0029] 캡슐화된 전기영동 재료의 층 (120) 이 기판 (110) 상에 코팅되고 경화된 후에, 조립체는 박막 증착에 적합한 진공 챔버에 배치된다. 배킹 압력이 감소된 후에, 디포지션 디바이스 (130) 는, 즉 도 1b 및 도 1c 에 도시된 바와 같이, 광-투과성 전도성 재료의 층 (150) 을 생성하기 위해 캡슐화된 전기영동 재료의 층 (120) 상에 직접 광-투과성 전도성 재료의 박막 (140) 을 디포지션하기 위해 사용된다. 디포지션 디바이스 (130) 는 스퍼터링 디바이스, 어블레이션 디바이스, 화학 기상 증착 디바이스, 또는 원자층 증착 디바이스일 수도 있다. 예를 들어, 다양한 박막 증착 용액이 Veeco Corporation, Plainview, NY 로부터 입수가 가능하다. 박막 증착 프로세스는 전형적으로 적어도 대기압 미만, 예를 들어, 100 Torr 미만, 예를 들어, 50 Torr 미만, 예를 들어, 10 Torr 미만, 예를 들어, 1 Torr 미만, 예를 들어, 100 mTorr 미만에서 수행된다. 일부 경우에, 버스트 캡슐들을 회피하기 위해 캡슐화된 전기영동 재료의 층 (120) 상의 대기를 천천히 감소시킬 필요가 있을 수도 있다. 일부 경우에, 예를 들어, 건조 질소 하에 일정 시간 동안 저장함으로써 캡슐화된 전기영동 재료의 층 (120) 을 의도적으로 탈수시킬 필요가 있을 수도 있다.

[0030] 일단 광-투과성 전도성 재료의 층 (150) 이 디포지션되면, 광-투과성 전도성 재료의 층 (150) 을 전압 소스 (180) 에 연결함으로써, 캡슐화된 전기영동 재료의 층 (120) 에 걸쳐 전기장을 제공하여, 도 1c 에 도시된 바와 같은 전기영동 디스플레이를 생성하는 것이 가능하다. 관찰자는 캡슐화된 전기영동 재료의 층 (120) 의 상태를 보기 위해 광-투과성 전도성 재료의 층 (150) 을 통해 볼 것이다. 예를 들어, 기판 (110) 이 그라파이트로 코팅된 유리 슬라이드인 경우, 도 1d에 도시된 바와 같이, 광학 현미경 하에서 화이트 상태가 복수의 원들로 나타난다. 전압 소스 (180) 의 극성이 반전되면, 필드는 도 1e 에 도시된 바와 같이 완전히 흑색으로 나타난다.

[0031] 기판 (110) 은 강성일 필요는 없으며, 구부러짐이 전기영동 매질의 층 내에서 캡슐들의 파열을 야기하지 않거나 광-투과성 전도성 재료의 층 (150) 또는 후면 전극 재료가 실패하게 하는 정도로 가요성일 수 있음이 이해될 것이다. 예를 들어, 기판 (110) 은 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (PET), 폴리카보네이트, 폴리프로필렌, 아크릴, 또는 사이클릭 올레핀 코폴리머 (COC) 와 같은 투명한 폴리머를 포함할 수도 있다. 광-투과성 전도성 재료의 층 (150) 의 완전성은 폴리우레탄 층과 같은 배리어 층으로 광-투과성 전도성 재료의 층 (150) 을 오버-코팅함으로써 강화될 수 있다.

[0032] 전기영동 디스플레이 층을 제조하는 방법은 도 2의 흐름도에 의해 표현된 광-투과성 전도성 재료의 층을 포함한다. 도 3 내지 도 5와 관련하여 명확해질 바와 같이, 도 2의 흐름도는 예시적이며, 더 적거나 더 많은 층들을 갖는 전기영동 디스플레이 층을 생성하기 위해 다른 변형들이 사용될 수 있다. 단계 (210)에서 시작하여, 기판이 제공된다. 상기 논의된 바와 같이, 기판은 폴리머를 포함할 수도 있지만; 금속 또는 유리와 같은 다른 재료가 또한 적합하다. 기판은 공정이 열성형, 주조, 사출 몰딩, 블로우-몰딩, 연삭, 에칭 또는 절단과 같은 공정으로 시작되기 전에 성형될 수도 있다. 기판은 더 큰 구성요소에 대한 부분, 예를 들어, 차량의 일부 또는 창문과 같은 건축 재료일 수도 있다. 기판은 전도성 재료를 포함할 수도 있다. 단계 (210)에서 기판이 제공된 후에, 단계 (220)에서 옵션적인 유전체 층이 적용된다. 유전체 층은 임의의 적합한 재료를 포함할 수도 있다. 일부 예에서, Si_3N_4 , SiO_2 , Al_2O_3 , HF_2 , ZrO_2 , 또는 폴리머들과 같은 고유전체 재료들의 박막이 바람직하다. 이러한 재료의 필름은 두께가 1 μm 미만, 예를 들어 두께가 500 nm 미만, 예를 들어 두께가 200 nm 미만, 예를 들어 두께가 100 nm 미만, 예를 들어 두께가 50 nm 미만, 예를 들어 두께가 20 nm 미만, 예를 들어 두께가 10 nm 미만일 수도 있다. 예를 들어, 박막 유전체 층들은 두께가 1 nm 내지 500 nm, 예를 들어, 두께가 10 nm 내지 100 nm 일 수도 있다. 다른 유전체 재료들은, 예를 들어, 기상-증착으로 달성될 수 있는 얇은 폴리머 코팅들일 수도 있다.

[0033] 박막에 적합한 폴리머는 폴리우레탄, 폴리이미드, 및 폴리아크릴레이트를 포함한다. 캡슐 층과 관찰층 전극 사이의 유전체 폴리머 층은 광-투과성이어야 하고, 아래에 캡슐 층의 광학 조건을 왜곡하지 않는 굴절률을 가져야 한다. 특히, 낮은 전도도 (25°C에서 5000 pS/cm 미만) 및 중간 상대 유전율 (바람직하게는, 1.8 - 10의 범위)을 갖는 폴리머 층은 전기영동 매질과 광-투과성 전극 사이의 유전체 분리의 원하는 조합을 제공한다. 전형적으로, 이러한 층은 0.5 μm 미만, 바람직하게는 300 nm 미만, 바람직하게는 200 nm 미만, 바람직하게는 100 nm 미만의 두께를 갖는다. 폴리머 층은 폴리이미드, 폴리카보네이트, 폴리에테르, 폴리에스테르, 폴리퀴놀린, 폴리퀴놀살린, 폴리옥사디아졸, 폴리노르보르넨, 시클로-올레핀 및 시클로-올레핀 공중합체, 폴리테트라플루오로에틸렌, 폴리퍼플루오로시클로부텐, 폴리벤조시클로부텐, 폴리벤족사졸, 및 플루오로카본, 예컨대 폴리테트라플루오로에틸렌, 예를 들어 테플론 AF (폴리[4,5-디플루오로-2,2-비스(트리플루오로메틸)-1,3-디옥솔-코-테트라플루오로에틸렌]) 으로부터 형성될 수도 있다. 일부 실시형태들에서, 유전체는 또한 접착제, 예컨대 폴리우레탄 접착제, 비닐 아세테이트 접착제, 에폭시, 및 아크릴 접착제, 예컨대 본 명세서에 참조로 통합되는 미국 특허 제7,012,735호에 기재된 것들로서 작용할 수도 있다.

[0034] 단계 (230)에서, 결과적인 구조 (기판 및 옵션적인 유전체 층)는 캡슐화된 전기영동 매질의 층으로 코팅된다. 이 단계는 슬롯 코팅, 스프레이 코팅, 딥 코팅, 전극 증착, 분말 코팅, 실크 스크리닝 또는 브러시 페인팅과 같은 공정을 사용하여 달성될 수도 있다. 캡슐화된 전기영동 매질은 캡슐들과 폴리우레탄 바인더의 슬러리로서 전달될 수도 있거나 캡슐화된 전기영동 매질은 "동결 건조되어", 즉 "동결 건조" 후 전달될 수도 있다. 전형적으로, 코팅된 재료는 예를 들어, 열 및/또는 압력으로 경화되어 결합체를 설정하거나, 또는 자외선 방사로 방사-경화될 것이다. 고체 전기 광학 층은 통상적으로 캡슐화된 전기영동 층이지만 폴리머-분산된 전기영동 층 또는 회전 이색성 부재 또는 전기변색성 층일 수도 있다.

[0035] 캡슐화된 전기영동 매질의 층이 코팅된 후, 코팅된 기판은 다음 단계를 실행하기 전에 컨디셔닝될 필요가 있을 수도 있다. 일부 경우에, 단계 (235)에 도시된 바와 같이, 개재 유전체 층이 캡슐 층 상에 디포지션될 것이다. 단계 (220)와 관련하여 앞서 논의된 유전체 재료들 중 임의의 것이 단계 (235)에서 사용될 수 있다. 유전체 층의 디포지션 후에, 또는 유전체 층이 사용되지 않으면, 단계 (240)에서 박막 전도체가 디포지션된다. 일부 경우에, 조립체를 박막 전도체로 코팅하기 전에, 예를 들어 마스킹 테이프로 캡슐화된 전기영동 매질의 층 및/또는 기판의 일부를 마스킹하는 것이 유용할 수도 있다. 따라서, 마스크가 제거되면, 전면 및 후면 전도체들을 전압 소스에 쉽게 커플링할 수 있도록 후면 전도체에 대한 명확한 액세스가 제공된다. 마스킹 층으로서 유용한 것으로 알려진 폴리머 필름은 Kapton® 테이프 (du Pont de Nemours & Company로부터 입수가 가능한 폴리이미드 테이프) 및 RP301 필름 (Nitro America, Inc., Fremont CA로부터 입수가 가능한 아크릴 필름)을 포함한다.

[0036] 도 1과 관련하여 설명된 바와 같이, 단계 (240)에서 광-투과성 전도성 재료의 박막이 캡슐화된 전기영동 재료의 층에 적용된다. 방법은 스퍼터링, 어블레이션 (ablation), 또는 화학 기상 증착 또는 용액 증착을 포함할 수도 있다. 재료는 인듐 주석 산화물, 아연 산화물, 카드뮴 산화물, 도핑된 인듐 주석 산화물, 도핑된 아연 산화물, 또는 도핑된 카드뮴 산화물과 같은, 박막을 형성할 수 있는 임의의 적합한 광-투과성 전도성 재료일 수도 있다. 광-투과성 전도성 재료의 층이 디포지션된 후에, 옵션적인 수분 장벽이 단계 (250)에서 광-투과성 전도성 재료의 층 위에 디포지션될 수도 있다. 수분 장벽은 캡슐화된 전기영동 매질의 성능을 감소시킬

캡슐층 내로 물이 들어가는 것을 방지할 것이다. 수분 장벽은 단계 (220) 와 관련하여 전술한 바와 같은 박막 유전체일 수도 있다. 수분 장벽은 또한 폴리우레탄, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 예를 들어, HDPE 또는 PET, 또는 에틸렌 비닐 알코올과 같은 낮은 수증기 투과율 (WVTR) 폴리머일 수도 있다. 수분 장벽은 실질적으로 광-투과성이어야 한다. 수분 장벽은 두께가 1 nm (박막) 내지 20 μm (코팅된 폴리머 필름) 의 범위일 수도 있다. 예를 들어, 얇은 수분 장벽 재료는 두께가 1 μm 미만, 예를 들어 두께가 500 nm 미만, 예를 들어 두께가 200 nm 미만, 예를 들어 두께가 100 nm 미만, 예를 들어 두께가 50 nm 미만일 수도 있다. 예를 들어, 박막 유전체 층들은 두께가 1 nm 내지 500 nm, 예를 들어, 두께가 10 nm 내지 100 nm 일 수도 있다. 도 2 의 흐름도에는 설명되지 않았지만, 박막 수분 장벽은 도 5c 에 도시된 바와 같은 광-투과성 전도성 재료의 박막의 증착 전에 도 5b 에 도시된 바와 같이 캡슐화된 전기영동 매질의 층 상에 직접 디포지팅될 수 있다는 것이 또한 고려된다.

[0037] 마지막으로, 옵션적인 수분 장벽이 적용된 후에, 옵션적인 평탄화 층이 단계 (260) 에서 디포지팅될 수도 있다. 평탄화 층은 도 3d, 도 4d, 및 도 5e 에서 가장 잘 보인다. 평탄화 층은 코팅 단계로부터 초대되는 표면 모폴로지를 "평평하게" 하고, 상부 기관, 예를 들어 보호 시트, 예를 들어 UV 필터 층, 또는 일부 다른 밀봉 층과의 더 균일한 결합을 보장한다. 즉, 조성물은 불규칙한 표면 위에 확산되고 경화되어 얇고, 매끄럽고, 상기 불규칙한 표면과 상기 조성물 사이에 실질적으로 보이드 (void) 가 없는 접착제 층을 생성할 수 있다. 평탄화 층은 폴리에스테르, 우레탄, 또는 아크릴을 포함할 수도 있고, 도펀트, 가교제, 및/또는 접착 촉진제를 포함할 수도 있다. 일부 실시형태들에서, 평탄화 층은 25 μm 두께 미만, 즉 10 μm 두께 미만, 즉 5 μm 두께 미만, 즉 3 μm 두께 미만일 수도 있다. 평탄화 층은 10¹⁰ Ohm·cm 미만, 즉 약 10⁹ Ohm·cm 의 전체 체적 저항률을 가질 수도 있다.

[0038] 다양한 실시형태들, 및 이들 실시형태들의 층별 구성은 도 3a 내지 도 5f 에서 볼 수 있다. 특히, 층들과 피쳐들은 일정 배율이 아니다. 예를 들어, 마이크로캡슐들 (320) 은 전형적으로 30-50 μm 정도인 반면, 광-투과성 전도성 재료 (330) 는 50-200 nm 정도이다. 간단한 전기영동 층의 구성이 도 3a 내지 도 3e 에 도시된다. 도 3a 에서, 접착제를 이용한 금속화된 이형 시트일 수 있는 간단한 기관 (310) 은 탄화수소 용매에서 전기영동 입자 (325) 를 갖는 마이크로캡슐 (320) 을 포함하는 슬러리로 코팅된다. 도 3b 에서, 마이크로캡슐들 (320) 의 층은 인듐-주석 산화물 (ITO) 과 같은 광-투과성 전도성 재료 (330) 로 코팅된다. 다음으로, 도 3c 에서 광-투과성 전도성 재료 (330) 에 배리어 층 (340) 이 적용되어 수분 침투를 관리한다. 배리어 층 (340) 은 예를 들어, 폴리에틸렌, 또는 일부 다른 유전체일 수도 있다. 다음으로, 도 3d 에서, 폴리우레탄 평탄화 층 (350) 이 배리어 층 (340) 에 적용된다. 보호 시트 (360) 가 최종적으로 스택에 적용되어 전기영동 디스플레이 층을 완성한다. 완료 후에, 기관 (310) 은 제거될 수도 있고, 스택의 나머지는 전극 구조, 예를 들어 픽셀 전극들의 액티브 매트릭스에 라미네이팅된다.

[0039] 대안적으로, 간단한 전기영동 디스플레이가 도 4a 내지 도 4e 에 도시된 바와 같이 생성될 수 있다. 도 4a 에서, 기관 (410) 은 유전체 층 (415) 뿐만 아니라 하부 전극 층 (412) 으로 코팅되었다. 완성된 기관/전극/유전체는 더 큰 물체의 일부일 수도 있거나, 활성 매트릭스 백플레인 또는 세그먼트화된 백플레인일 수도 있다. 앞에서와 같이, 기관 (410) 은 탄화수소 용매에서 전기영동 입자 (425) 를 갖는 마이크로캡슐 (420) 을 포함하는 슬러리로 코팅된다. 도 4a 에서, 그 층에서 일부 마이크로캡슐 (420) 사이에 갭이 존재한다는 것이 주목할 만하다. 이들 갭의 결과로서, 마이크로캡슐 (420) 이 ITO 와 같은 광-투과성 전도성 재료 (430) 로 코팅될 때, ITO 의 일부는 하부 전극 (412) 에 대한 전기적 단락을 생성할 수 있지만, 이러한 단락은 유전체 층 (415) 에 의해 방지된다. 예를 들어, 도 4b 의 원 영역 (405) 을 참조한다. 광-투과성 전도성 재료 (430) 의 도포에 이어서, 도 3c 에서 광-투과성 전도성 재료 (430) 에 배리어층 (440) 이 도포된다. 다음으로, 도 4d 에서, 폴리우레탄 평탄화 층 (450) 이 배리어 층 (440) 에 적용된다. 보호 시트 (460) 가 최종적으로 스택에 도포되어 전기영동 디스플레이를 완성한다. 이러한 디스플레이는 주어진 구동 전압에 대해 개선된 콘트라스트 비를 나타내는데, 이는 국부적 전기장이 전극들 사이의 접착제 층의 부족으로 인해 실제로 상당히 더 강하기 때문이다.

[0040] 또 다른 실시형태에서, 도 5b 에 도시된 바와 같이, 유전체 층 (528) 은 수분 장벽을 제공하고, 광-투과성 전도성 재료 (530) 가 도 5c 에 도시된 바와 같이 수분 장벽 위에 디포지팅될 때 단락을 방지하기 위해 마이크로캡슐들 (520) 위에 형성될 수 있다. 또한, 실시예들에서 논의된 바와 같이, 개재 유전체 층은 킥백을 감소시킴으로써 디스플레이의 전체 광학 성능을 개선한다. 도 3a 내지 도 3e 및 도 4a 내지 도 4e 와 유사하게, 도 5a 내지 도 5f 에서, 스택업은 또한 기관 (510), 마이크로캡슐들 (520), 전기영동 안료들 (525), 광-투과성 전

도성 재료 (530), 배리어 층 (540), 평탄화 층 (550), 및 보호 시트 (560) 를 포함할 수도 있다.

[0041]

스프레이 코팅 공정

[0042]

이미 언급된 바와 같이, 본 발명은 기관 상으로 전기영동 매질의 캡슐들을 스프레이함으로써 구축될 수도 있다. 이 공정은 액체에 캡슐들의 분산액을 형성하는 것, 제 1 오리피스를 통해 분산액을 공급하는 것, 및 제 1 오리피스를 둘러싸고 있는 제 2, 환형 오리피스를 통해 가스의 연속적인 스트림을 공급함으로써, 캡슐들의 스프레이를 형성하는 것을 포함한다. 이 스프레이 코팅 공정은 슬롯 코팅에 비해 스프레이 코팅이 보통 스프레이 되고 있는 액체에서 레올로지 조절제의 사용을 필요로 하지 않으므로, 최종 코팅이 이러한 레올로지 조절제가 없고 따라서 이러한 레올로지 조절제가 슬롯 코팅된 전기영동 매질의 특성들에 대해 미칠 수도 있는 영향이 없다는 장점이 있다. 통상적으로, 스프레이 코팅에서는, 최종 제품에 실제로 필요한 첨가제들만이 스프레이되는 액체에 부가되어야 한다.

[0043]

도 6 는 본 발명의 스프레이 코팅 공정에 사용될 수도 있는 단순한 스프레이 코팅 노즐 (일반적으로 600 으로 지정됨) 을 통한 개략적인 단면도이다. 노즐 (600) 은 중심, 축방향 보어 (604) 를 갖는 실질적으로 원통형 바디 (602) 를 포함하며, 이를 통해 액체 (또한 나타내지 않음) 에 분산된 전기영동 캡슐들 (미도시) 인 펄핑된다. 중심 보어 (604) 는 환형 보어 (606) 에 의해 둘러싸여 있으며, 이를 통해 가스의 연속적인 스트림이 강제된다. 중심 보어 (604) 의 하부 단부는 오리피스 (608) 에서 종료되고, 환형 보어 (606) 의 하부 단부는 오리피스 (608) 를 둘러싸는 환형 오리피스 (610) 에서 종료된다. 원통형 배플 (612) 은 환형 오리피스 (610) 를 둘러싼다. 배플 (612) 에 의해 제약된 환형 오리피스 (610) 를 통한 공기 흐름은 스프레이 또는 제트 (614) 를 형성하기 위해 오리피스 (608) 를 통과하는 캡슐들의 분산을 야기한다.

[0044]

노즐 (600) 에는 또한 6개 또는 8개일 수도 있는 성형 공기 보어들 (616) 이 제공된다. 도 6 에 도시된 바와 같이, 보어 (616) 가 통과하는 노즐 (600) 의 주변부는 오리피스들 (608 및 610) 및 배플 (612) 아래로 하향 연장되고, 보어 (616) 의 하부는 직접적으로 하향 및 내부로 향하고 있다. 성형 공기는 보어들 (616) 을 통해 연속적으로 강제되어 제트 (614) 에 충돌하고, 이에 의해 제트가 넓은 스프레이 (618) 내로 개방되게 하여, 노즐 (600) 아래에 배치된 기관 (620) 에 충돌한다.

[0045]

캡슐 코팅의 품질은 그들의 재현성 입도, 평균 코팅 중량, 균일성 및 결함 밀도와 관련하여 평가된다; 결함 밀도는 본 목적들을 위해, 25 μm 의 라미네이션 접착제 층, 20 μm 의 캡슐 층 및 25 μm 폴리에틸렌 테레프탈레이트 필름 상에 ITO 층을 포함하는 전면 기관을 이순서로 지나는 백플레인으로서 정의되는 표준 디스플레이 구조에서 단위 디스플레이 면적 당 비스위칭 캡슐의 수에 의해 정량화된다. 바람직하게, 캡슐 분산액 출구 단면에 대한 원자화 (atomization) 공기 출구 단면의 비는 약 8.5 이하, 바람직하게는 약 5.0 와 약 7.0 사이이다. 캡슐 분산 오리피스 직경은 바람직하게는 약 1.0-1.40 mm 범위이다. 캡슐 분산액은 바람직하게는 약 38.0 와 약 40.5 중량% 사이의 중량 분율로 캡슐들을 함유할 수도 있고; 이 분산액은 선택적으로 최대 약 4.0 중량% 농도의 1-부탄올 및 최대 약 0.04 중량% 농도의 Triton X-100 과 같은 계면활성제를 함유할 수도 있다.

[0046]

광범위한 캡슐 분산액 공급 레이트 및 원자화 공기 공급 레이트가 본 발명의 스프레이 코팅 공정에서 사용될 수 있다. 통상적으로, 캡슐 분산액 공급 레이트, M_f 는 약 30g/min 이상 약 70g/min 이하이고, 최적은 주로 원자화 구역, 즉 제 1 오리피스에서 나오는 캡슐 분산 컬럼이 유체의 시트들로 부서지고, 후속하여 인대로 그리고 최종적으로 액적으로 부서지는 영역에서 적절한 상주 시간에 기초하여 결정된다. 바람직하게, 액적 사이즈 분포는 액적 당 평균 캡슐 수가 약 5.0 미만이고 표준 편차가 약 3.0 미만인 액적 당 캡슐이 되도록 한다. 원자화 공기 공급 레이트는 제 2 오리피스에서 측정된 임계 공기 속도, v^* 에 기초하여 설정되며, 통상적으로 약 100 m/초 정도이다. 바람직한 공정에서, 대략 150 내지 200 g/min 의 총 공기 공급 레이트, M_A (원자화 공기 및 성형 공기 포함) 는 성형 공기의 부재시에 채용되며, 성형 공기로는 최대 300 g/min 이다.

[0047]

또한 스프레이된 캡슐 코팅의 품질 및 균일성은 기관의 전처리 및 캡슐 분산액에 첨가된 첨가제에 의해 크게 영향을 받을 수 있음을 알아내었다. 유용한 전처리 및 첨가제는 다음을 포함되지만 이에 제한되지 않는다:

[0048]

1) 기관 표면의 습윤성을 개선하기 위해, Triton X -100, 부탄올 등과 같은 계면활성제를 포함하는 캡슐 분산액;

[0049]

2) Triton X-100, 1-부탄올 및 세제 구조를 갖는 다른 것들, 그리고 선택적으로 폴리우레탄 라텍스와 같은 계면활성제를 포함하는 서브층들로 기관 표면의 프리-코팅;

[0050]

3) 대기압 플라즈마 또는 코로나 방전 처리로 기관을 전처리하는 것; 및

- [0051] 4) 캡슐 분산액은 폴리머 결합제, 예를 들어 폴리우레탄 라텍스를 함유할 수도 있음.
- [0052] 이미 언급된 바와 같이, 본 발명의 스프레이-코팅 공정은 마스크 재료의 제거 후에, 캡슐들이 마스크 재료가 존재하지 않았던 기관의 그러한 부분들 상에만 남도록, 기관의 일부를 커버하는 마스크 재료의 사용을 포함할 수도 있다. 기관의 일부를 커버하는데 사용된 마스크 재료는 다공성이 아니어야 하거나, 적어도 기관의 마스크된 영역에 대한 캡슐 성막이 발생하지 않는 것을 보장하기에 충분히 낮은 다공성을 가져야 한다. 마스크 재료는 캡슐들이 분산되는 액체 (보통 수성) 를 크게 흡수하지 않아야 하며, 기관의 마스크되지 않은 영역들에서 마스크된 영역으로 마스크 재료 아래의 캡슐들의 측방향 드래프트가 발생하지 않는 기관에 충분히 가깝게 배치되어야 한다. 캡슐들이 기관 상에 성막된 후, 캡슐들은 마스크 재료가 제자리에 있는 상태로 건조될 수도 있거나 (또는 그렇지 않으면 예를 들어, 방사선에 대한 노출에 의해, 코히런트 층을 형성하도록 처리됨) 마스크 재료가 먼저 제거된 다음 캡슐들이 건조되거나 그렇지 않으면 처리된다. 어느 경우든, 마스크 재료와 캡슐 분산액의 물리적 특성은, 마스크 재료의 제거 동안, 캡슐이 기관의 이전에 마스크된 영역으로 드래그되지 않고, 캡슐이 마스크되지 않은 영역에서 제거되지 않도록 선정되어야 한다 (예를 들어, 캡슐의 코히런트 건조 층의 불규칙한 티어링에 의해).
- [0053] 마스크 필름은 캡슐이 성막될 표면 상으로 미리-라미네이트된 접착제, 및 스프레이에 노출된 이형 필름을 포함할 수도 있다. 캡슐 성막 후, 이형 필름이 제거된 다음 부가 공정이 이어진다. 결과의 스프레이-인쇄된 필름은 그 후 투명하거나 불투명할 수도 있는 백플레인에 라미네이팅될 수도 있다.
- [0054] 실시예들
- [0055] 실시예 1
- [0056] 도 4a 에 도시된 바와 같이, 흑색 및 백색 하전 전기영동 매질의 콜라겐/아카시아 캡슐의 폴리우레탄 슬러리를 PET-ITO 기관 상에 슬롯 다이 코팅함으로써 캡슐화된 전기영동 매질의 층을 제조하였다. 캡슐화 공정, 슬러리 형성, 및 슬롯 코팅 공정에 대한 보다 상세한 내용들은 미국 특허 제6,982,178호에서 찾을 수 있다. 코팅 전에, Kapton® 테이프를 사용하여 기관의 가장자리를 마스크함으로써, 공정의 완료시 용이한 전기적 연결을 가능하게 하였다. 바인더를 열로 경화시킨 후에, 인듐 주석 산화물 (ITO) 의 100 nm 의 키포멀 코팅이 라디오-주파수 스퍼터링 (Semicore Equipment, Livermore, CA) 을 사용하여 캡슐의 단일층 상에 디포짓되었다. 스퍼터링 공정 동안, 캡슐화된 전기영동 매질의 층은 1500 초 동안 8 mTorr 의 진공에 노출되었다.
- [0057] 도 1c 와 유사하게, 스퍼터링된 ITO 전극과 기관 상의 ITO 사이에 전위를 프로브함으로써 전기영동 디스플레이를 생성하였다. 스퍼터링된 ITO 측에서 보았을 때, $\pm 30V$ 로 구동하였을 때 화이트 상태는 $81 \pm 1L^*$ 로 측정되었고, 다크 상태는 $45 \pm 1L^*$ 로 측정되었다. 다크 상태 뿐만 아니라 화이트 상태는 광택 마감 (glossy finish) 를 나타내었는데, 이는 아마도 ITO 를 마이크로캡슐 표면 상에 디포짓함으로써 형성된 패킷으로부터의 광의 산란으로 인한 것이다.
- [0058] 간단한 PET-ITO - 캡슐 - ITO 스택의 화이트 및 다크 상태가 상당히 양호하였으나, 자가 소거량 (키크백으로 알려짐) 은 도 7 에 도시된 바와 같이 실질적인 것으로 발견되었다. 특히 화이트 상태로 지속적으로 구동한 후, 블랙 상태로 역전 시 키크백은 $15L^*$ 정도였고, 이는 시청자에게 매우 두드러지고, 통상적으로 상업적 응용에는 허용되지 않는다. (도 7 의 점선 원을 참조한다). 더 높은 온도에서 키크백이 더 작았다는 것이 관찰된 반면, 키크백의 전체 양은 여전히 상당히 높다.
- [0059] 실시예 2
- [0060] 제 2 샘플을 실시예 1 에서와 같이 제조하였으나, 추가로 스퍼터링된 100 nm ITO 위에 폴리우레탄 평탄화 층을 포함하였고, 매트 PET 의 필름을 추가 보호를 위해 평탄화 층의 상부 위에 적층하였다. 제 2 샘플의 화이트 상태는 거의 동일하게 유지된 반면 다크 상태는 36% 내지 $29L^*$ 로 감소되었다.

[0061] 표 1. 샘플들에 대한 반사 전기-광학 측정들은 ± 30V 에서 구동된다.

	화이트 상태 (L*)	다크 상태 (L*)	콘트라스트 비
샘플 1: PET ITO 층에서 관찰됨	75.70	19.0	3.98
샘플 1: 스퍼터링된 ITO 층에서 관찰됨	80.2	45.4	1.76
샘플 2: 스퍼터 ITO 층에서 관찰됨 (평탄화 층 및 보호 시트를 가짐)	79.97	29.3	2.73

[0062]

[0063] 평탄화 층 및 매트 PET 필름에 의한 개선된 다크 상태는 측정 기법의 인공물이었을 가능성이 있다. 스퍼터링된 ITO 는 매우 매끄럽기 때문에, 전기영동 매질이 다크 상태로 구동되었을 때에도, 이는 상당한 양의 입사광을 반사시킨다. 대부분의 전기영동 디스플레이에 대해 전형적으로 그러하듯이, 매트 PET 상부 보호 시트가 일단 추가되면, 역반사가 더 적었고, 측정된 다크 상태는 L* 에서 감소하였다.

[0064] 실시예 3.

[0065] 실시예 1 에 대한 또 다른 변형이 생성되었고, 슬롯-코팅된 마이크로캡슐 바로 위에 RF 스퍼터링을 통해 디포지트된 얇은 (10 nm 두께) SiO₂ 층을 포함하고, 이어서, 또한 무선-주파수 스퍼터링을 사용하여 디포지트된 100 nm 의 인듐 주석 산화물 (ITO) 을 포함하였다. 결과적인 조립체는 전술된 도 5c 와 유사하다.

[0066] 개재 유전체 층을 추가하는 것은 도 8 에 도시된 바와 같이, 특히 더 높은 온도에서 측정된 킥백을 크게 개선시켰다. 킥백은 자체적으로 광학적 자체-소거로서 나타난다; 전기-광학 디스플레이가 드라이브 펄스의 인가에 의해 하나의 극한 광학 상태에서부터 상반된 극한 광학 상태로 구동되고, 그 후에 단시간 동안 전기-광학 매질에 인가된 전계가 없도록 허용될 때, 전기-광학 매질이 구동되었던 하나의 극한 광학 상태로 다시 완화된다. 예를 들어, 도 7 을 참조한다. 특히, 도 8 에 도시된 바와 같이, 킥백은 마이크로캡슐들과 전도성 ITO 층 사이에 다소 얇은 유전체 층이 존재하는 경우에 대략 절반만큼 컸다.

[0067] 관찰된 킥백을 감소시키는 것 이외에, ITO 가 캡슐 상에 직접 스퍼터링될 때와 비교하여, 개재하는 SiO₂ 층을 추가하는 것은 ITO 가 캡슐 상에 직접 스퍼터링되는 스택과 비교하여 화이트 및 블랙 상태들 사이의 총 콘트라스트 (ΔL*) 를 오직 약간만 낮추는 것으로 밝혀졌다. 도 9 에 도시된 바와 같이, 캡슐 - 유전체 - ITO 스택에 대한 화이트 및 블랙 상태 사이의 총 콘트라스트는 동작 온도 범위에 걸쳐 감소된 킥백에 의해 비교적 평탄하였고, 특히 0 °C 내지 35 °C, 즉 전형적인 옥외 동작 조건들에서 우수한 성능을 가졌다. 따라서, 캡슐 층과 상부 스퍼터링된 전도체 사이에 얇은 유전체 층을 추가하는 것은 전체 전기영동 매질 성능을 옥외 사이니지 (signage) 에 적합하게 할 수 있는 것으로 보인다.

[0068] 실시예 4.

[0069] 캡슐 스프레이와 ITO 스퍼터링을 결합하여 매우 얇은 (~25 μm) eReader 스택을 생성하였다. 도 10a 내지 도 10c 에 도시된 바와 같이. 1448 x 1072 전극을 포함하는 표준 6" 박막 트랜지스터 (TFT) 기관 (710) 및 상기 기관 (Innolux Corporation) 에 결합된 이미지 컨트롤러를 이소프로판올로 세척하고 건조시켰다. 반대로-하전된 흑색 및 백색 안료를 포함하는 전기영동 디스플레이 캡슐들 (720) 의 단일층이 상기 설명된 기법들을 사용하여 백플레인의 픽셀 전극들 상에 직접 스프레이되었다. 이어서, 대략 100 nm 의 ITO (740) 를 감소된 주변 압력에서 분사된 캡슐 바로 위에 디포지트시켜 상부 투명 전극 (750) 을 생성하였다. 이어서, 상부 평면 연결부 (T.P.C.) 가 기관 (710) 상의 상부 평면 구동 전극과 상부 투명 전극 (750) 사이에서 얇은 은 와이어 (780) 로 형성되어, 구동 칩이 상부 투명 전극 (750) 에 대한 레퍼런스 전압을 갖게 하였다. 플렉스 커넥터 (도 10a 내지 도 10c 에 도시되지 않음) 는 백플레인과 상용 eReader 컨트롤러 (Freescale Electronics) 사이에 인터페이스를 제공했다. 추가적인 코팅 및 구동 전자 장치에 대한 수정 없이, 조립된 디스플레이는 선명한 텍스트를 디스플레이할 수 있었고, 페이지들 사이에서 쉽게 스위칭할 수 있었다. (그러나, 매 페이지 전환마다 킥백이 눈에 띄었다.) 결과적인 디스플레이는, 아마도 건조로 인한 캡슐 층의 수축 및 ITO 층의 후속적인 균열로 인한, 비스위칭 영역을 나타내기 전에 수 주 동안 기능하여, 상부 투명 전극 (750) 의 전기적 무결성을 감소시켰다.

[0070] 따라서, 본 명세서에 기술된 바와 같이, 캡슐들을 광-투과성 전도성 재료의 박막으로 직접 코팅함으로써 표준

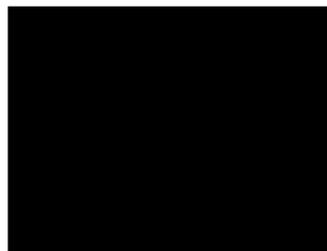
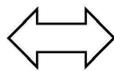
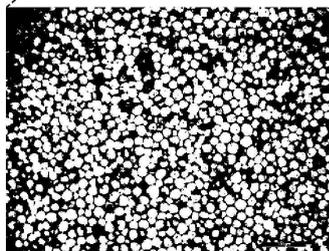
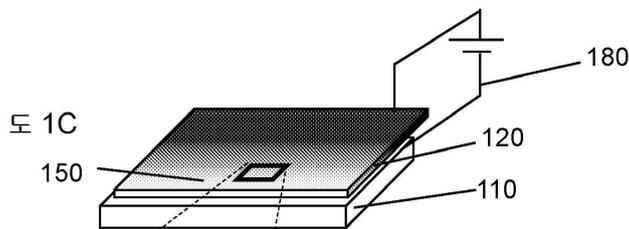
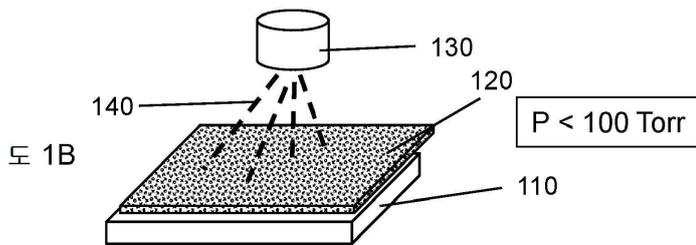
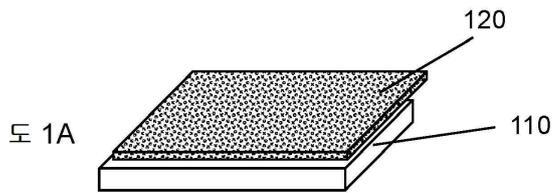
캡슐화된 전기영동 매질의 전기-광학 성능이 개선된다는 것이 명백하다. 또한, 캡슐이 예를 들어 스프레이 코팅 또는 딥 코팅 (dip coating) 으로 도포되는 경우, 전기영동 디스플레이의 구성을 완료하기 위해 적층 장비를 사용할 필요가 없다. 또한, 이러한 기술들은, 얇은 투명 전극 층이 표면에 균일하게 적용될 수 있다면, 복잡한 형상들을 갖는 전기영동 디스플레이들을 생성하는 데 사용될 수 있다.

[0071]

다수의 변경들 및 수정들이 본 발명의 범위로부터 이탈함 없이 상기 설명된 본 발명의 특정 실시형태들에서 이루어질 수 있음이 당업자에게 자명할 것이다. 이에 따라, 전술한 설명의 전부는 한정적인 의미가 아닌 예시적인 의미로 해석되어야 한다.

도면

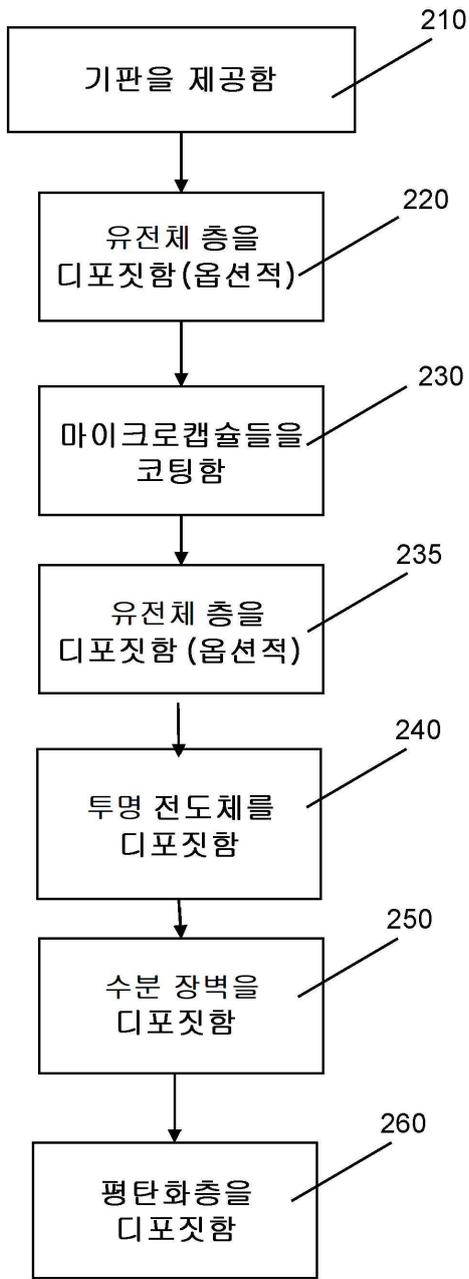
도면1



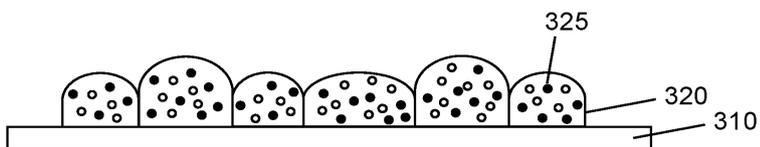
도 1D

도 1E

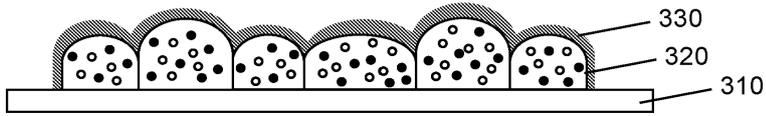
도면2



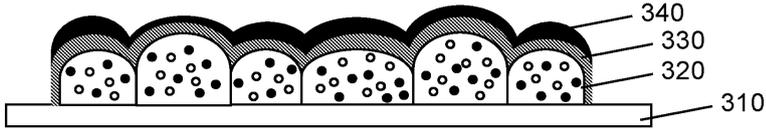
도면3a



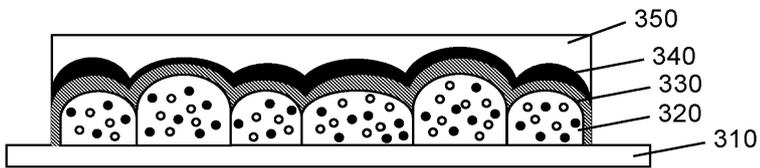
도면3b



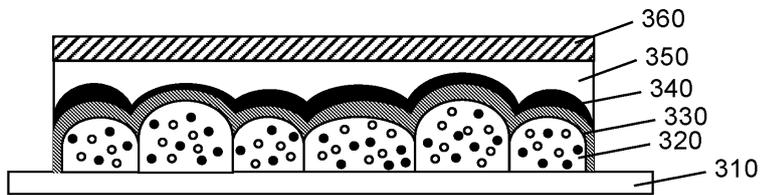
도면3c



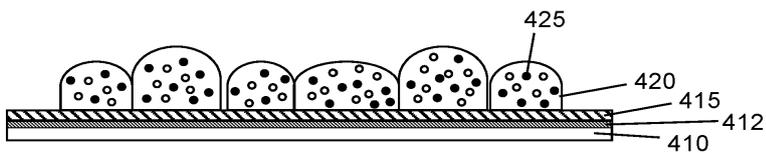
도면3d



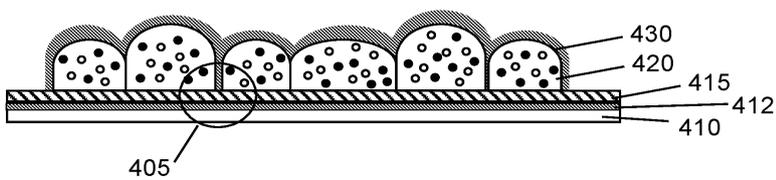
도면3e



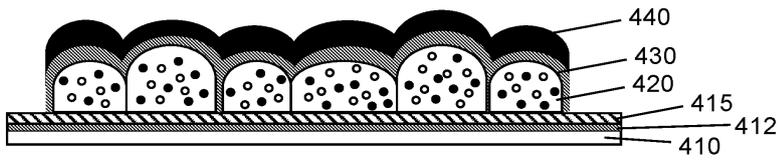
도면4a



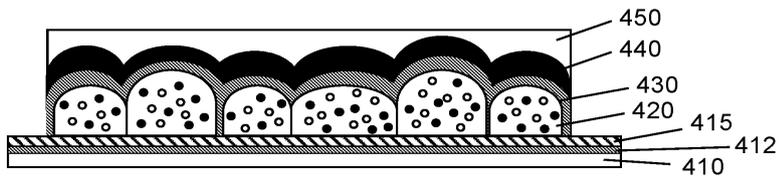
도면4b



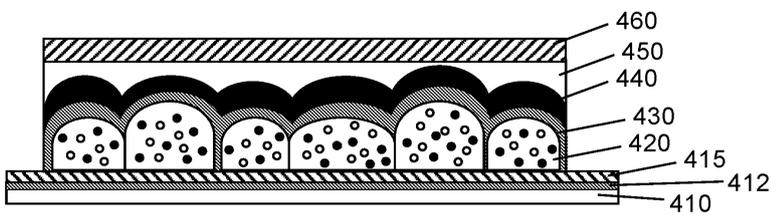
도면4c



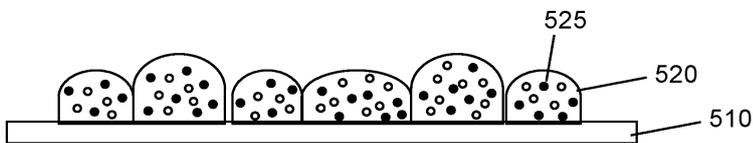
도면4d



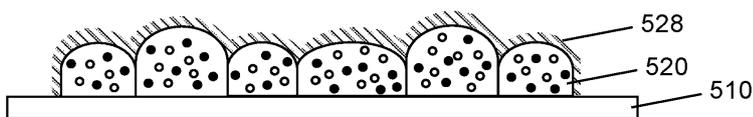
도면4e



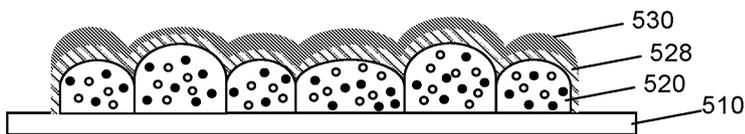
도면5a



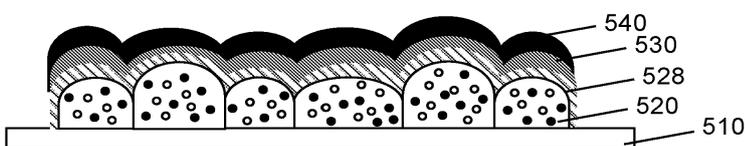
도면5b



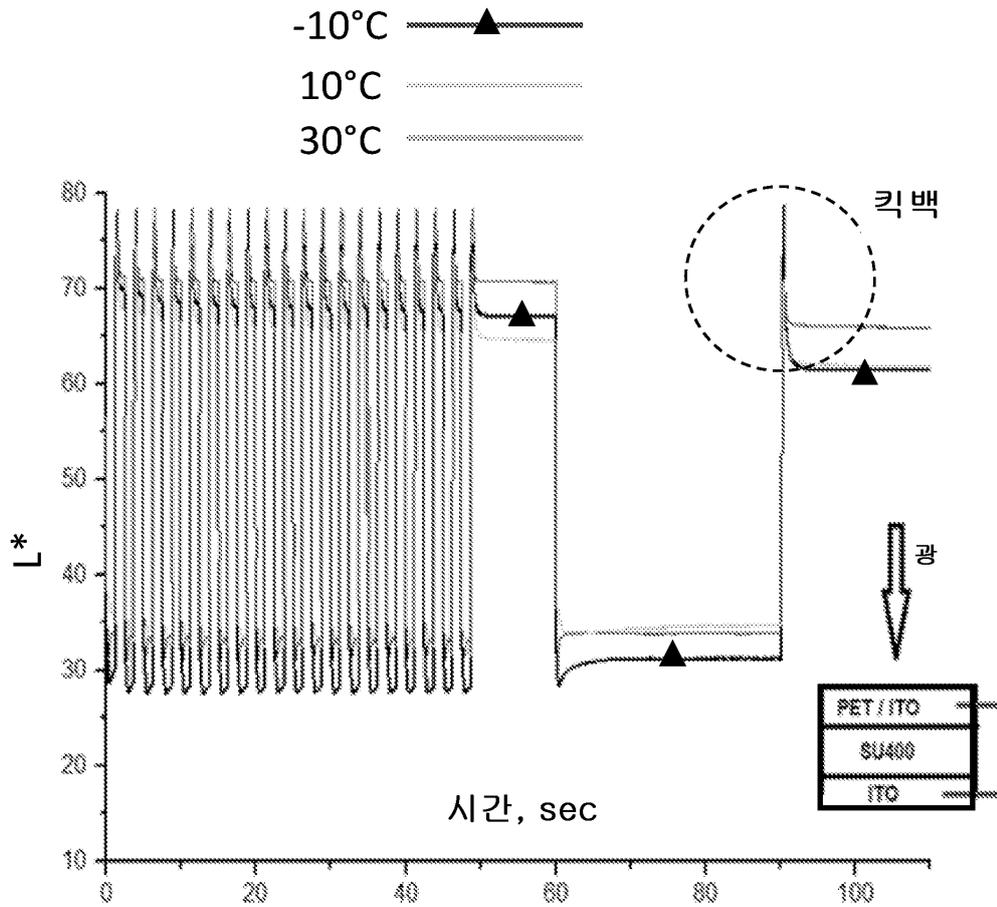
도면5c



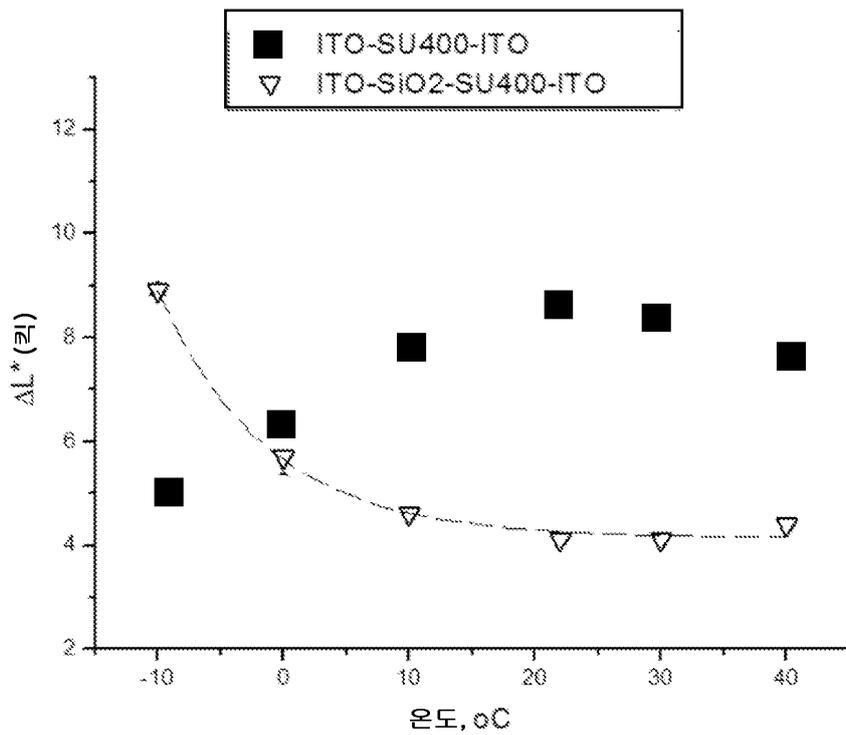
도면5d



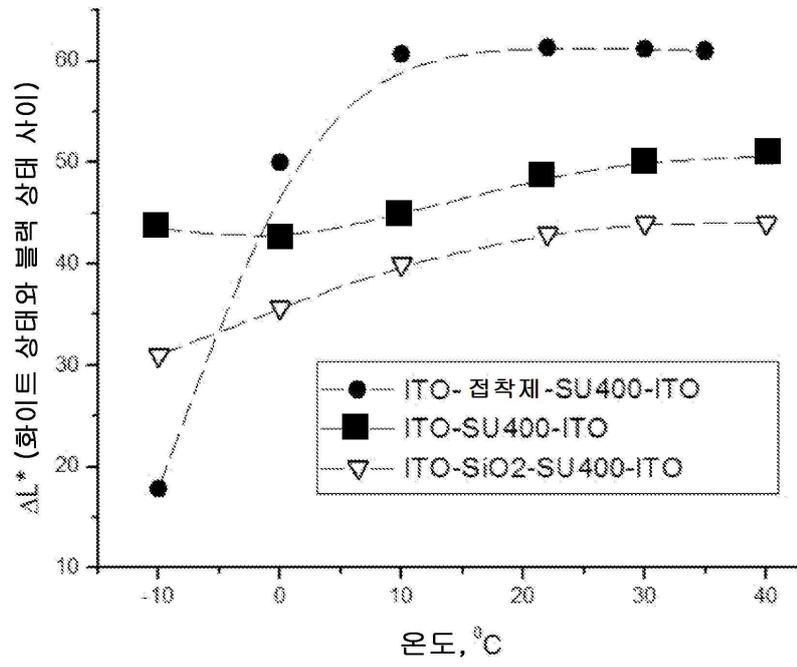
도면7



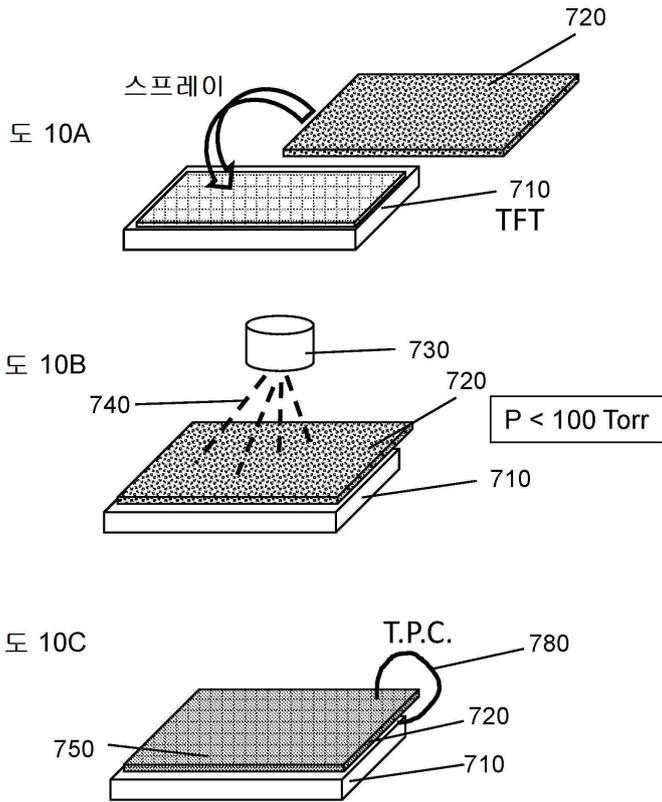
도면8



도면9

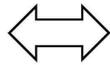


도면10



It was the best
of times, it was the
worst of times, it was
the age of wisdom, it

도 10D



was the age of
foolishness, it was the
epoch of belief, it was
the epoch of
incredulity, it was the
season of light, it was

도 10E