



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년03월06일  
(11) 등록번호 10-2086171  
(24) 등록일자 2020년03월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 51/00 (2006.01) H01L 51/40 (2006.01)  
H01L 51/56 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2013-0164173  
(22) 출원일자 2013년12월26일  
심사청구일자 2018년10월30일  
(65) 공개번호 10-2014-0088495  
(43) 공개일자 2014년07월10일  
(30) 우선권주장  
1300032.8 2013년01월02일 영국(GB)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2006269327 A\*  
JP2012060596 A\*  
JP2012126092 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
캠브리지 디스플레이 테크놀로지 리미티드  
영국, 피이29 2엑스지, 캠브리지셔,  
고드맨체스터, 카디널 웨이, 카디널 파크 유닛 12  
(72) 발명자  
아이작 조나단  
영국 피이27 4에스디 캠브리지셔 니딩워쓰 프라이  
어리 로드 2  
버튼 에드워드  
영국 씨비23 6이엘 그레이트 캠본 브로드 스트리  
트 5  
(74) 대리인  
제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 21 항

심사관 : 정미나

(54) 발명의 명칭 유기 전자 장치 제조 방법

(57) 요약

유기 전자 장치를 제조하는 방법은, 상기 장치의 제 1 세트의 요소를 위한 제 1 세트의 영역 및 상기 장치의 제 2 세트의 요소를 위한 제 2 세트의 영역의, 적어도 2개의 세트의 재료 퇴적 영역을 갖는 기판을 제공하는 단계로서, 상기 제 1 세트의 영역과 상기 제 2 세트의 영역은 퇴적될 재료의 상이한 각자의 제 1 목표 두께와 제 2 목표 두께를 갖는 (뒷면에 계속)

대표도 - 도4

HIL 액적

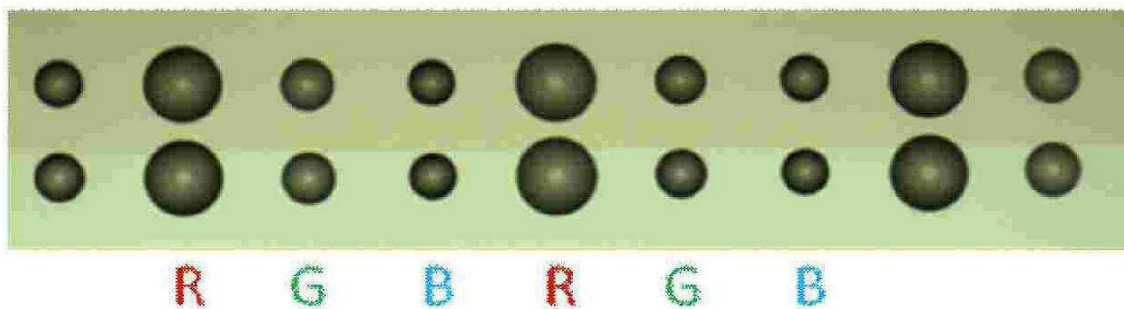


표 두께를 갖는, 상기 기관 제공 단계; 상기 제 1 세트의 영역 및 상기 제 2 세트의 영역 상에 퇴적될 재료의 적어도 하나의 용액을 제공하는 단계; 및 상기 재료의 용액을 상기 제 1 세트의 재료 퇴적 영역 및 상기 제 2 세트의 재료 퇴적 영역 상에 잉크젯 인쇄하는 단계를 포함하며, 상기 잉크젯 인쇄 단계는, 복수의 노즐을 포함하는 인쇄 헤드를 사용해 상기 재료의 적어도 하나의 용액을 퇴적시키는 단계로서, 상기 노즐의 제 1 하위세트는 상기 제 1 세트의 영역 상에 퇴적에 사용되고, 상기 노즐의 제 2 하위세트는 상기 제 2 세트의 영역 상에 퇴적에 사용되는, 상기 퇴적 단계; 및 상이한 각자의 제 1 목표 두께의 재료 및 제 2 목표 두께의 재료를 퇴적시키기 위해 제 1 구동 파형으로 상기 제 1 세트의 노즐을 구동시키고 상이한 제 2 구동 파형으로 상기 제 2 세트의 노즐을 구동시키는 단계를 포함한다.

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

유기 전자 장치를 제조하는 방법에 있어서,

상기 장치의 구성요소 중 제 1 세트를 위한 제 1 세트의 영역 및 상기 장치의 구성요소 중 제 2 세트를 위한 제 2 세트의 영역을 포함하는, 적어도 2개의 세트의 재료 퇴적(deposition) 영역을 갖는 기판을 제공하는 단계로서, 상기 제 1 세트의 재료 퇴적 영역과 상기 제 2 세트의 재료 퇴적 영역은 상기 영역들 내로 퇴적될 재료의 상이한 각자의 제 1 목표 두께와 제 2 목표 두께를 갖는, 상기 기판을 제공하는 단계와,

상기 제 1 세트의 영역 및 상기 제 2 세트의 영역 상에 퇴적될 재료의 적어도 하나의 용액을 제공하는 단계와,

상기 재료의 용액을 상기 제 1 세트의 재료 퇴적 영역 및 상기 제 2 세트의 재료 퇴적 영역 상에 잉크젯 인쇄하는 단계를 포함하며,

상기 잉크젯 인쇄하는 단계는,

복수의 노즐을 포함하는 인쇄 헤드를 사용해 상기 재료의 적어도 하나의 용액을 퇴적시키는 단계로서, 상기 노즐의 제 1 하위세트(subset)는 상기 제 1 세트의 영역 상에의 퇴적에 사용되고, 상기 노즐의 제 2 하위세트는 상기 제 2 세트의 영역 상에의 퇴적에 사용되는, 상기 용액을 퇴적시키는 단계와,

상기 노즐의 제 1 및 제 2 하위세트의 각 개별 노즐을 위한 개별적인 제 1 구동 파형(drive waveform) 또는 개별적인 제 2 구동 파형을, 저장 매체로부터 또는 네트워크를 통해 회수(retrieving)하는 단계와,

상기 상이한 각자의 제 1 목표 두께의 재료 및 제 2 목표 두께의 재료를 퇴적시키기 위해, 상기 개별적인 제 1 구동 파형으로 상기 제 1 세트의 노즐을 구동시키고 상이한 상기 개별적인 제 2 구동 파형으로 상기 제 2 세트의 노즐을 구동시키는 단계를 포함하는

유기 전자 장치 제조 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 세트의 영역과 상기 제 2 세트의 영역 모두 상에 동일한 상기 재료의 용액을 퇴적시키는 단계를 포함하는

유기 전자 장치 제조 방법.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 재료는 상기 장치의 정공 주입 층(hole injection layer) 및/또는 중간층(interlayer)을 위한 재료를 포함하는

유기 전자 장치 제조 방법.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

각자의 상기 제 1 세트의 영역 및 상기 제 2 세트의 영역 상에 퇴적될 재료의 제 1 용액 및 제 2 용액을 제공하는 단계를 포함하며, 상기 용액을 퇴적시키는 단계는 상기 노즐의 각자의 상기 제 1 하위세트 및 상기 제 2 하위세트로부터 상기 재료의 제 1 용액 및 상기 재료의 제 2 용액을 퇴적시키는 단계를 포함하는

유기 전자 장치 제조 방법.

## 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 잉크젯 인쇄하는 단계는 스와스(swathe)로 인쇄하는 단계를 포함하고, 상기 용액을 퇴적시키는 단계는 상기 목표 두께의 재료를 단일의 상기 스와스로 퇴적시키는 단계를 포함하는

유기 전자 장치 제조 방법.

## 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 용액을 퇴적시키는 단계는, 각자의 상기 제 1 세트의 영역 및 상기 제 2 세트의 영역 상에, 상기 제 1 하위세트의 노즐 및 상기 제 2 하위세트의 노즐로부터 상기 용액의 동일한 수의 액적(droplet)을 퇴적시키는 단계를 포함하는

유기 전자 장치 제조 방법.

## 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 액적의 수는 단일 액적인

유기 전자 장치 제조 방법.

## 청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 용액을 퇴적시키는 단계는 상기 제 1 하위세트의 노즐 및 상기 제 2 하위세트의 노즐의 단일의 상기 노즐로부터 각각의 인쇄 위치 상에 상기 용액의 단일 액적을 퇴적시키는 단계를 포함하는

유기 전자 장치 제조 방법.

## 청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 구동 파형 및 상기 제 2 구동 파형은, 퇴적되는 재료의 더 큰 목표 두께에 대해 더 긴 지속 시간(duration)을 포함하는 상이한 각자의 지속 시간의 제 1 펄스 및 제 2 펄스를 포함하는

유기 전자 장치 제조 방법.

## 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 제 1 구동 파형 및 상기 제 2 구동 파형은 제 1 전압 스텝(voltage step) 및 제 2 전압 스텝을 포함하며, 상기 제조 방법은 퇴적되는 재료의 상기 두께의 비정밀 제어(coarse control)를 위해 상기 지속 시간을 사용하고, 퇴적되는 재료의 상기 두께의 정밀 제어(fine control)를 위해 상기 전압 스텝을 사용하는 단계를 포함하는

유기 전자 장치 제조 방법.

## 청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 각자의 제 1 하위세트의 노즐 및 제 2 하위세트의 노즐의 개별 노즐에 대한 각자의 상기 제 1 구동 파형 및 상기 제 2 구동 파형을 결정하는 단계를 더 포함하는

유기 전자 장치 제조 방법.

## 청구항 12

제 1 항에 있어서,

노즐이 결정된 두께의 재료를 퇴적시키는 데 사용하기 위한 펄스 지속 시간과 펄스 전압 스텝의 조합을 결정하기 위해, 펄스형 구동 파형에 대한 지속 시간 및 전압 스텝의 변동에 대해 상기 인쇄 헤드의 개별 노즐을 교정하는 단계를 더 포함하는

유기 전자 장치 제조 방법.

## 청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 하위세트의 노즐 및 상기 제 2 하위세트의 노즐의 각각의 노즐에 대해 하나씩, 상기 제 1 구동 파형 및 상기 제 2 구동 파형의 제 1 세트 및 제 2 세트를 한정하는 데이터를 비휘발성 저장 매체에 저장하는 단계, 및 프린터의 인쇄 헤드를 제어하기 위해 상기 저장된 데이터를 상기 프린터에 제공하는 단계를 더 포함하는

유기 전자 장치 제조 방법.

## 청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 제조 방법은 적어도 3개의 세트의 상기 재료 퇴적 영역을 갖는 기관과 함께 사용되며,

상기 제조 방법은, 3개의 상이한 각자의 상기 목표 두께의 재료를 퇴적시키기 위해, 상이한 각자의 구동 파형을 갖는 상기 3개의 하위세트의 노즐을 사용해 상기 3개의 세트의 영역 상에 상기 재료의 용액을 잉크젯 인쇄하는 단계를 포함하는

유기 전자 장치 제조 방법.

## 청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 영역은 상기 기관 상의 웰(well) 영역을 포함하는

유기 전자 장치 제조 방법.

## 청구항 16

제 1 항에 있어서,

상기 기관을 건조시켜 상기 재료 퇴적 영역 내에 상기 재료를 남겨두는 단계, 및 상기 건조된 기관을 사용해 상기 유기 전자 장치를 제조하는 단계를 더 포함하는

유기 전자 장치 제조 방법.

## 청구항 17

제 1 항에 있어서,

상기 영역은 유기 다이오드를 한정하는

유기 전자 장치 제조 방법.

## 청구항 18

제 17 항에 있어서,

각각의 상기 영역은 유기 발광 다이오드(OLED)를 한정하며, 상기 유기 전자 장치는 OLED 디스플레이인

유기 전자 장치 제조 방법.

## 청구항 19

제 18 항의 방법을 사용해 컬러 OLED 디스플레이의 컬러 공동(colour cavity)을 조정하는 방법에 있어서, 각각의 상기 영역의 세트는 상이한 각자의 컬러에 대응하는 상이한 목표 광학 공동 길이를 각각 갖는 컬러 OLED 서브-픽셀의 각자의 세트를 한정하며, 상기 재료의 목표 두께는 상기 목표 광학 공동 길이로부터 결정되는 컬러 OLED 디스플레이의 컬러 공동 조정 방법.

## 청구항 20

제 19 항에 있어서, 상기 목표 광학 공동 길이는 광 방출 층의 두께와 각각의 OLED의 정공 주입 층의 두께의 조합에 의해 한정되며, 상기 조정 방법은 상기 광 방출 층과 상기 정공 주입 층 중 하나 또는 둘 모두의 퇴적에 사용되는 컬러 OLED 디스플레이의 컬러 공동 조정 방법.

## 청구항 21

컴퓨터, 및 상기 컴퓨터에 로딩되어 실행될 때 제 1 항 내지 제 20 항 중 어느 한 항에 기재된 방법을 수행하는 명령을 저장하는 저장 수단을 포함하는 잉크젯 프린터.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 유기 전자 장치, 특히 중합체 OLED(organic light emitting diode, 유기 발광 다이오드) 디스플레이와 같은 OLED 장치를 제조하기 위한 기술에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 도 1a는 전형적인 OLED 장치(10)를 통한 단면을 도시하고 있다. 이것은 전형적으로 두께가 약 40 nm로 패터닝될 수 있는 투명 전도성 산화물 층(14), 전형적으로 ITO(Indium Tin Oxide, 인듐 주석 산화물)를 가지고 있는 기판(12)을 포함한다. 이것 위에, 전형적으로 PSS:PEDOT(폴리스티렌-설포네이트-도핑된 폴리에틸렌-다이옥시테오렌)와 같은 전도성 중합체를 포함하는 정공 주입 층(hole injection layer, HIL)(16)이 퇴적된다. 이는 ITO 애노드(anode)와 광 방출 중합체의 정공 에너지 수준을 일치시키는 것을 돕고(그리고 또한 ITO를 평탄화하는 것을 도울 수 있음), 전형적으로 두께가 약 30 nm이지만 잠재적으로 최대 약 150 nm이다. 정공의 추출을 촉진하기 위해 유사한 층이 일반적으로 유기 광기전 장치 내에 존재한다. 시판용 정공 주입 재료가 특히 플렉스트로닉스 인크.(Plextronics Inc.)로부터 입수가능하다.

[0003] 이 예에서, 정공 주입 층에 이어 중간 중합체 층, 중간층(interlayer, IL)(18) - 정공 수송 층(hole transport layer, HTL)으로 또한 알려짐 - 이 뒤따른다. 이는 정공의 효율적인 수송을 허용하는 정공 수송 재료로 제조되는데, 그것은 전형적으로 두께가 20 nm 내지 60 nm 범위이고 정공 주입 층 위에 퇴적되며, 일반적으로 가교결합된다. 중간층이 그로부터 제조될 수 있는 하나의 예시적인 재료는 폴리플루오렌-트라이아릴아민의 공중합체 또는 유사물이다(다른 적합한 재료의 예가 문헌[Bradley et al. in Adv. Mater. vol 11, p241 - 246 (1999) and in Chapter 2 of Li and Meng] - 하기 참조 - 에 의해 기술됨).

[0004] 이 위에, 광 방출 중합체(light emitting polymer, LEP)의 하나 이상의 층(20)이 퇴적되어 LEP 층 또는 스택(stack)을 형성하며; 광 방출 중합체의 전형적인 예는 PPV(폴리(p-페닐렌비닐렌))이다. 예를 들어 알루미늄의 층이 뒤따르는 플루오르화나트륨(NaF)의 층을 포함하는 캐소드(cathode)(22)가 LEP 스택 위에 퇴적된다. 선택적으로, 추가의 전자 수송 층이 LED 스택(20)과 캐소드(22) 사이에 퇴적될 수 있다.

[0005] 도 1a에 도시된 장치는 저면-방출(bottom-emitting) 장치인데, 즉 LEP 스택 내에서 발생된 광이 투명 ITO 애노드 층을 거쳐 기판을 통과해 장치 밖으로 결합된다. 예를 들어 두께가 약 100 nm 미만인 얇은 캐소드 층을 사용해 상면-방출(top-emitting)을 제조하는 것이 또한 가능하다. 도 1의 구조가 LEP 스택을 도시하고 있지만, 동일한 기본 구조가 또한 소분자(및 덴드리머(dendrimer)) 장치에 채용될 수 있다.

- [0006] 설명한 어느 기술이 채용될 수 있는지와 관련하여 유기 전자 장치 제조 공정의 많은 변형이 있음을 당업자는 인식할 것이다. 예를 들어, ITO 층이 생략되고 대신에 정공 주입 층(16)이 애노드 층으로서 사용될 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 정공 주입 층(16)의 전기 전도성은 밑에 있는 금속 그리드(grid)(이것은 선택적으로 미세한 그리드 라인 및/또는 얇은 금속을 사용함으로써 투명할 수 있음)에 의해 지원될 수 있다. 그러한 접근법은, 예를 들어 큰 면적의 적용 범위(coverage) 및 예지에서 연결부를 갖는 OLED 조명 타일에 채용될 수 있다. 선택적으로, PET(폴리에틸렌 테레프탈레이트) 또는 폴리카르보네이트와 같은 가요성 기판이 채용될 수 있다.
- [0007] 유사한 기본 구조가 다른 분자 유기 다이오드, 예를 들어 유기 광기전 장치에 채용될 수 있다.
- [0008] 도 1b는 활성 컬러 층 중 하나의 퇴적 후의 예시적인 3-컬러 활성 매트릭스 픽셀화된 OLED 디스플레이(200)의 일부분의, 위로부터의 도면을 보여주고 있다. 이 도면은 디스플레이의 픽셀을 한정하는 뱅크(bank)(112) 및 웰(well)(114)의 어레이를 보여주고 있다. 컬러 디스플레이에서, 상이한 컬러의 (서브)픽셀은 녹색, 적색 및 청색 광 방출 중합체 층을 각각 포함할 수 있다.
- [0009] 유기 전자 장치는 저비용, 저온, 유리 및 플라스틱을 포함한 다양한 기판 상에의 대규모 제조를 포함한 많은 잠재적인 이점을 제공한다. 유기 발광 다이오드 디스플레이는 다른 디스플레이 기술과 비교해 추가의 이점을 제공한다 - 특히, 그것은 밝고, 색채가 풍부하고, 전환이 빠르고, 광시야각을 제공함 -. OLED 장치(이것은 본 명세서에서 유기금속 장치, 및 하나 이상의 형광체를 포함하는 장치를 포함함)는 중합체 또는 소분자를 사용해, 사용되는 재료에 따라 다양한 색상으로 그리고 다색 디스플레이로 제조될 수 있다. 일반적인 배경기술 정보를 위해, 예를 들어 국제 공개 W090/13148 호, W095/06400 호, W099/48160 호 및 미국 특허 제 4,539,570 호뿐만 아니라, 문헌["Organic Light Emitting Materials and Devices" edited by Zhigang Li and Hong Meng, CRC Press (2007), ISBN 10: 1-57444-574X] - 이것은 다수의 재료 및 장치, 소분자와 중합체 둘 모두를 기술함 - 을 참조할 수 있다. (본 명세서에서, "소분자"는 비-중합체 소분자를 말함 - 덴드리머 말단과 같은 일부의 이른바 소분자는 비교적 클 수 있지만, 그럼에도 불구하고 중합에 의해 집합되는 다수의 반복 단위를 포함하지 않는 특징화된 특성을 갖는다).
- [0010] OLED 또는 다른 유기 전자 장치를 제조하기 위한 재료는 잉크젯 인쇄에 의해 퇴적될 수 있다. 도 2a 및 도 2b는 유럽 특허 EP 1,219,980 호로부터 취해지며, 전계발광 디스플레이(electroluminescent display)의 적색, 녹색 및 청색 컬러 필터를 퇴적시키기 위한 잉크젯 인쇄 장치를 도시하지만, 일반적인 원리를 예시한다. 도 2a 및 도 2b는 "횡방향" 인쇄를 도시하고 있으며, 도 2c는 대안적인 인쇄 헤드 배향의 예를 도시하고 있다.
- [0011] 따라서, 도 2a는 기판(212) 및 잉크젯 인쇄 헤드(222)를 2개의 직교 축(Y, X)을 따라 서로에 대해 이동시키기 위한 제 1 및 제 2 리니어 포지셔너(206, 208)를 지지하는 베이스(209)를 포함하는 잉크젯 프린터(200)를 도시하고 있다. 포지셔너(206)는 기판(212)이 그 위에 지지되는 테이블 또는 베드(bed)(249)를 지지하는 턴테이블(251)이 제공된 슬라이더(256)를 장착하는 한 쌍의 레일(254)을 포함한다. 기판(212)은 기판의 2개의 예지가 맞닿는 정지부(stop)(250)에 의해 테이블 또는 베드(249) 상에 정렬된다. 턴테이블(251)은 정렬 목적을 위해 인쇄 헤드(222)에 대한 테이블 및 기판(249, 212)의 약간의 제한된 회전을 허용한다(그러나 원하는 경우 완전 회전 능력이 제공될 수 있다).
- [0012] 포지셔너(208)는 인쇄 헤드를 유지하는 인쇄 헤드 유닛(226)이 3개의 직교 축을 중심으로 독립적으로 회전되는 것을 허용하는 로터리 포지셔너(244, 246, 247)를 유지하는 슬라이더(253)를 장착하는 한 쌍의 레일(252)을 포함한다. 인쇄 헤드는 약 90도의 이용가능한 회전을 가지며, 적은 양의 스크류-제어식 이동이 둘 모두의 다른 축에서 이용가능하다(예를 들어, 노즐 플레이트가 기판과 평행하게 정렬되는 것을 허용하기 위해). 인쇄 헤드 유닛 및 인쇄 헤드가 Z-방향으로, 즉 기판(212)을 향해 그리고 기판(212)으로부터 멀어지는 쪽으로 병진되는 것을 허용하기 위해 추가의 리니어 포지셔너(248)가 또한 슬라이더(253) 상에 장착된다.
- [0013] 잉크젯 프린터 시스템(200)은 공급선(umbilical)(204)을 통해 컴퓨터 단말기(202)에 의해 제어된다. 단말기(202)는, 종래 방식으로, 전송된 리니어 및 로터리 포지셔너에 인터페이싱하기 위한 인터페이스 하드웨어, 가동 운영 체제, 사용자 인터페이스 및 기타 잉크젯 프린터 구동 및 제어 소프트웨어를 갖는 범용 컴퓨터를 포함할 수 있다. 따라서, 단말기(202)는 전형적으로 인쇄될 패턴을 한정하는 데이터를 수신하기 위한 플로피 디스크 드라이브의 네트워크 인터페이스와 같은 데이터 입력 장치, 및 저장된 또는 입력 데이터에 따라 패턴을 인쇄하도록 프린터 하드웨어를 제어하는 프린터 제어 소프트웨어를 포함한다. 다른 종래의 기능, 예를 들어 검사 기능, 헤드 세정 기능 등이 또한 일반적으로 단말기(202) 상에서 가동되는 소프트웨어에 의해 제공된다.
- [0014] 도 2b는 예시적인 인쇄 헤드(222)를 보다 상세히 도시하고 있다. 인쇄 헤드는, 전형적으로 인쇄 헤드로부터 기



판 상에 유체의 액적을 분출하기 위한 노즐 플레이트 내의 오리피스인, 복수의 노즐(227)을 갖는다. 인쇄를 위한 유체 공급물(도 2b에 도시되지 않음)이 인쇄 헤드 또는 인쇄 헤드 유닛 내의 저장소(reservoir)에 의해 제공될 수 있거나, 유체가 외부 공급원으로부터 공급될 수 있다. 도시된 예에서, 인쇄 헤드(222)는 단일 열(row)(228)의 노즐(227)을 갖지만, 인쇄 헤드의 다른 예에서 하나 초과 열의 노즐에 1차원 또는 2차원으로 오프셋된 노즐이 제공될 수 있다. 노즐(227)의 오리피스의 직경은 전형적으로 10  $\mu\text{m}$  내지 100  $\mu\text{m}$ 이고, 액적 크기는 더 작다. 인접한 노즐 오리피스 사이의 간격 또는 피치는 전형적으로 50  $\mu\text{m}$  내지 1000  $\mu\text{m}$ 이다.

[0015] 일반적으로, 액적의 체적 분포는 비-균일하고, 인쇄 헤드의 에지에 있는(즉, 노즐의 열의 단부 부근의) 노즐에서 증가하거나 감소하며, 인쇄 헤드 내의 요소 사이의 구동 효율의 편차로부터 추가의 비-균일성이 발생한다. 그러나, OLED와 같은 분자 전자 장치를 위한 재료를 퇴적시킬 때, 가장 높은 해상도 그래픽에 대해 요구되는 것보다 대체로 더 나은 고 해상도와, (예를 들어, 휘도/구동 전류/수명을 제어하기 위해) 퇴적되는 재료의 체적의 정밀 제어 둘 모두에 대한 필요성이 존재하며, 이는 잉크 액적 체적의 정밀 제어를 수반한다.

[0016] 퇴적되는 재료의 체적을 보다 정밀하게 제어하기 위한 하나의 공지된 전략은 단일 액적보다는 복수의 순차적으로 퇴적되는 액적을 사용해 픽셀을 덮거나 웰을 충전하는 것이다. 그러나, 이는 불리한 점을 갖고 있으며, 따라서 본 출원인은 1% 이내까지 균일한 액적 체적을 달성하기 위한 대안적인 기술을 이전에 기술하였다(본 출원인의 국제 공개 WO2004/049466 호). 그러나, 이러한 기술은, 예를 들어 LEP와 HIL이 공동(cavity)을 한정하고 공동 두께가 OLED 픽셀로부터의 광학 출력을 최적화하도록 조정될 필요가 있는 컬러 OLED 디스플레이를 제조하는 문제에 대처하지 않는다.

[0017] 원칙적으로, 컬러 디스플레이는 동일한 패널 상에 3개의 상이한 인쇄를 사용해 제조될 수 있다. 그러나, 이는 처리 시간을 3배로 증가시키고 또한 균일성 문제를 도입하기 시작하는데, 그 이유는 3번째 및 최종 인쇄가 완료되기 전에 첫번째 인쇄가 프린터 캐비닛 내에서 비교적 제어되지 않은 방식으로 건조되기 시작하기 때문이다. 이러한 3개의 인쇄 각각은 독립적으로 건조될 수 있지만, 이는 처리 시간을 추가로 증가시킬 것이다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0018] 따라서, 본 출원인은, 이러한 문제에 대처하고, 또한 OLED 디스플레이 및 유기 광기전 장치와 같은 분자 전자 장치의 제조에 대한 더 넓은 응용을 갖는 기술을 설명할 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0019] 따라서, 본 발명에 따르면, 유기 전자 장치를 제조하는 방법이 제공되며, 본 방법은 상기 장치의 제 1 세트의 요소를 위한 제 1 세트의 영역 및 상기 장치의 제 2 세트의 요소를 위한 제 2 세트의 영역의, 적어도 2개의 세트의 재료 퇴적(deposition) 영역을 갖는 기판을 제공하는 단계로서, 상기 제 1 세트의 재료 퇴적 영역과 상기 제 2 세트의 재료 퇴적 영역은 상기 영역 내로 퇴적될 재료의 상이한 각자의 제 1 목표 두께와 제 2 목표 두께를 갖는, 상기 기판 제공 단계; 상기 제 1 세트의 영역 및 상기 제 2 세트의 영역 상에 퇴적될 재료의 적어도 하나의 용액을 제공하는 단계; 및 상기 재료의 용액을 상기 제 1 세트의 재료 퇴적 영역 및 상기 제 2 세트의 재료 퇴적 영역 상에 잉크젯 인쇄하는 단계를 포함하며, 상기 잉크젯 인쇄 단계는, 복수의 노즐을 포함하는 인쇄 헤드를 사용해 상기 재료의 적어도 하나의 용액을 퇴적시키는 단계로서, 상기 노즐의 제 1 하위세트(subset)는 상기 제 1 세트의 영역 상에 퇴적에 사용되고, 상기 노즐의 제 2 하위세트는 상기 제 2 세트의 영역 상에 퇴적에 사용되는, 상기 퇴적 단계; 및 상기 상이한 각자의 제 1 목표 두께의 재료 및 제 2 목표 두께의 재료를 퇴적시키기 위해 제 1 구동 파형(drive waveform)으로 상기 제 1 세트의 노즐을 구동시키고 상이한 제 2 구동 파형으로 상기 제 2 세트의 노즐을 구동시키는 단계를 포함한다.

[0020] 이 기술의 실시예는 단일 인쇄 헤드 내의 독립적인 노즐의 체적을 정밀하게 조정하는 것을 용이하게 하여, 고정된 액적 수를 갖고서 상이한 목표 두께로, 예를 들어 정공 주입 층 또는 중간층을 단일-패스(single-pass) 인쇄하는 것을 허용한다. 나중에 기술되는 바와 같이, 특히 유용한 경우에, 본 방법의 실시예는 컬러 OLED 디스플레이의 제조를 위해, 인쇄 헤드 전체를 가로질러 반복되는 패턴으로 3개의 상이한 체적을 단일-패스 인쇄하는 것을 용이하게 한다. 따라서, 본 출원인이 기술하는 접근법의 실시예는 LED 컬러 층에 인접한(그 아래에 있는) HIL 및/또는 중간층의 공동 조정을 용이하게 한다. 이는 처리 시간을 매우 크게 개선할 수 있는데, 그 이유는 실시예에서 기판이 원하는 HIL 두께를 달성하기 위해 HIL/IL(중간층) 인쇄 헤드 아래로 한번만 통과하면 되기 때문이다. 인쇄 위치 또는 웰당 고정된 액적 수를 사용해 상이한 액적 체적이 사실상 동시에, 즉 단일-패스 내



에 인쇄되는 것을 허용하는 것은, 그렇지 않으면 잉크젯 인쇄 도구가 직면할 수 있는 많은 처리 문제를 회피한다.

- [0021] 실시예에서, 모든 노즐로부터 동일한 재료, 예를 들어 OLED의 HIL 및/또는 IL을 위한 재료가 인쇄되지만, 원칙적으로, 예를 들어 상이한 노즐이 상이한 "잉크" 저장소, 즉 퇴적될 재료의 상이한 용액과 유체 연통하는 경우, 노즐의 상이한 그룹 또는 하위세트로부터 상이한 재료를 인쇄하는 기술이 채용될 수 있다. (그러한 배열이 전기 구동 또는 다른 목적을 위해 노즐의 그룹화와 일치할 수 있거나 일치하지 않을 수 있음을 당업자는 인식할 것이다).
- [0022] 전술된 바와 같이, 바람직한 실시예에서, 잉크젯 인쇄는 스와스(swathe)로 인쇄하고, 재료의 목표 두께가 단일 스와스로 퇴적된다. 바람직하게는, 용액의 동일한 수의 액적이 노즐의 각각의 하위세트의 노즐로부터 퇴적을 위한 각각의 영역 상에 퇴적된다. 이는 각각의 영역에 상이한 액적 수를 인쇄 - 이는 액적이 매우 빨리 인쇄되어야 할 것이기 때문에(그리고 그래도 퇴적되는 재료의 체적이 액적 크기에 의해 "양자화"될 것이기 때문에), 그리고 (흔히 있듯이) 헤드 이동 속도가 고정된 경우 변화하는 액적 퇴적 주파수를 필요로 할 것이기 때문에 어렵다 - 할 필요성을 회피한다. 예를 들어, 저 체적 픽셀은 단지 3개의 액적만을 필요로 할 수 있는 반면 더 높은 체적 픽셀은 10개의 액적을 필요로 할 수 있지만, 3개의 액적 픽셀은 일반적으로 10개의 액적 픽셀과 동일한 피치(간격)로 있을 것이어서, 3개의 액적 픽셀을 균등하게 충전하는 것을 어렵게 만든다. 따라서, 일부 바람직한 실시예에서, 단일 액적이 노즐의 하위세트의 각각의 노즐로부터 각각의 인쇄 위치에 퇴적된다. (여기서 인쇄 위치는 "수직" 인쇄 위치로 정의될 수 있으며, 여기서 "수직"은 스와스/헤드 운동 방향에 수직이다). 당업자가 인식하는 바와 같이, 단일 액적만이 각각의 인쇄 위치에 퇴적되는 경우에도, 그럼에도 불구하고, OLED 픽셀을 제조할 때 재료가 퇴적되는 영역 또는 웰의 길이를 따라 1개 초과 액적이 있을 수 있다.
- [0023] 본 방법의 실시예에서, 구동 파형은 퇴적되는 재료의 더 큰 목표 두께에 대해 더 긴 지속 시간(duration)의, 상이한 각각의 지속 시간의 펄스를 포함한다. 특히 압전 구동 헤드가 채용되는 경우, 펄스 지속 시간은 어떤 의미에서는 노즐의 "게이트(gate)"가 개방되는 지속 시간에 대응하고, 펄스 내의 전압 스텝(voltage step)(위 또는 아래)은 압전 재료에 제공되는 "킥(kick)"의 정도에 대응한다. 퇴적되는 재료의 체적/두께의 비정밀 제어(coarse control)를 위해 펄스의 지속 시간을 사용하고 이어서 정밀 조정(fine adjustment)을 위해 하나 이상의 전압 스텝을 변화시키는 것이 바람직함을 알게 되었다. 따라서, 퇴적되는 재료의 더 큰 목표 두께를 위한 파형이 더 큰 전압 스텝을 채용할 것이라는 것은 반드시 사실은 아니다. 본 방법의 일부 바람직한 구현예에서, 퇴적되는 재료의 정밀 제어를 달성하기 위해, 인쇄 헤드의 개별 노즐에 대해 개별 파형이 한정된다.
- [0024] 따라서, 본 방법의 바람직한 실시예는 각각의 특정 노즐에 대해 채용하기 위한 펄스 지속 시간과 전압 스텝의 조합을 결정하기 위해 (펄스형 구동 파형에 대한) 지속 시간 및 전압 스텝의 치수 또는 파라미터에 대해 인쇄 헤드의 개별 노즐을 교정하는 교정 단계를 포함한다.
- [0025] 하나의 접근법에서, 이러한 교정은 유기 전자 장치의 제조 동안에 그 특정 노즐로부터 퇴적될 재료의 목표 두께를 결정함으로써 수행되고, 이어서 펄스 지속 시간/전압이 이 목표 두께를 달성하도록, 예를 들어 반복하여 변화된다. 예를 들어, 재료가 퇴적되고 이어서 퇴적된 두께가 간섭계(interferometry)에 의해, 예를 들어 자이조 뉴 뷰(Zygo New View) 5000 시리즈 기구와 같은 백색 광 간섭계를 사용해 측정된다. 다른 접근법에서, 펄스 지속 시간 및/또는 전압 스텝이, 바람직하게는 조직적으로 변화될 있고, 이들 파라미터 중 하나 또는 둘 모두에 대해 퇴적된 재료의 측정된 두께를 한정하는 가장 적합한 곡선 또는 표면이 확인될 수 있다. 이어서 원하는 펄스 지속 시간/전압이 이러한 곡선/표면으로부터 내삽되거나 외삽될 수 있다.
- [0026] 바람직하게는, 노즐은 실제 장치를 제조할 때 구동되는 것과 실질적으로 동일한 방식으로 인쇄 헤드의 다른 노즐을 구동시키는 동안 교정되며, 예를 들어 이때 장치를 제조할 때 채용되는 바와 같이 헤드가 동일한 피치로 회전되고 구동 펄스가 실질적으로 동일한 타이밍으로 인가된다. 이는 노즐 내의 압전 재료 내의 크로스토크(crosstalk)가 다른 노즐의 거동에 영향을 미치는 하나의 노즐의 발사를 야기할 수 있기 때문이다.
- [0027] 본 방법의 실시예는 또한 잉크젯 프린터의 인쇄 헤드를 제어하기 위해 노즐에 대한 구동 파형을 한정하는 데이터를 비휘발성 저장 매체에 저장하는 단계를 포함한다.
- [0028] 전술된 기술은 임의의 유형의 분자, 특히 유기, 전자 장치의 제조에 채용될 수 있다. 그러나, 전술된 기술은 유기 발광 다이오드 또는 유기 광기전 다이오드와 같은 유기 광전자 장치의 제조에 특히 유용하다. 따라서, 실시예에서, 영역의 각각의 세트는 상이한 각각의 컬러에 대응하는 상이한 목표 광학 공동 길이를 각각 갖는 컬러 OLED 서브-픽셀(여기서 서브-픽셀은 컬러 OLED 디스플레이의 픽셀의 다수의 상이한 컬러의 픽셀 중 하나임)의

각자의 세트를 한정한다. 재료의 목표 두께는 목표 공동 길이로부터 결정되며, 목표 광학 공동 길이는 광 방출 층의 두께와 각각의 OLED의 정공 주입 층의 두께의 조합에 의해 한정된다. 따라서, 본 방법은 이들 층의 하나 또는 둘 모두의 퇴적에 사용될 수 있다.

[0029] 3 컬러 디스플레이의 경우에 전술된 기술은 재료의 3개의 상이한 목표 두께를 퇴적시키기 위해 상이한 각자의 구동 파형을 갖는 노즐의 3개의 하위세트를 채용하도록 확장될 수 있음을 당업자는 인식할 것이다. 유사하게, 본 기술은 원하는 경우 4 컬러 이상의 컬러로 확장될 수 있다.

[0030] 관련 태양에서, 본 발명은 또한 전술된 비휘발성 저장 매체, 및 특히 본 방법을 구현하기 위한 저장된 데이터를 포함하는, 전술된 방법을 구현하도록 프로그래밍된 잉크젯 프린터를 제공한다.

[0031] 이제, 본 발명의 이들 및 다른 태양이 첨부 도면을 참조하여 단지 예로서 추가로 기술될 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0032] 도 1a 및 도 1b는 각각 OLED 구조를 통한 단면의 제 1 예, 및 3컬러 픽셀화된 OLED 디스플레이의 일부분의, 위로부터의 도면을 보여주는 도면,

도 2a 내지 도 2c는 각각 종래 기술에 따른 잉크젯 프린터의 예 및 잉크젯 프린터 헤드의 예, 및 대안적인 인쇄 헤드 배향의 예를 도시하는 도면,

도 3a 내지 도 3d는 각각 컬러 OLED 디스플레이를 위한 링-뱅크(ring-bank) 구조의 예 및 이 구조에 의해 형성되는 웰 내로의 용해된 분자 전자 재료의 액적-기반 퇴적, 및 수직 단면에서의 패시브 매트릭스(passive matrix) OLED 디스플레이의 웰의 측면도 및 사시도를 보여주는 도면,

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 방법에서 적색, 녹색 및 청색 컬러에 채용되는 상이한 액적 크기의 예를 도시하는 도면,

도 5는 전형적인 인쇄 헤드 구동 파형을 도시하는 도면,

도 6은 짧은 펄스 폭 및 긴 펄스 폭, 및 인쇄 헤드 노즐에 의해 생성되는 대응하는 액적 체적을 개략적으로 도시하는 도면,

도 7a 및 도 7b는 각각 인쇄 헤드의 한 세트의 노즐에 대한, 구동 전압(펄스 스텝)에 대한 측정된 액적 체적의 예시적인 맵핑(mapping), 및 본 발명에 따른 방법의 실시예에 채용될 수 있는 추가의 예시적인 구동 파형을 도시하는 도면.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] OLED 제조를 위해 본 출원인이 채용하는 프린터의 예는 (후지필름 다이매틱스, 인크.(Fujifilm Dimatix, Inc.)로부터의) 다이매틱스(Dimatix) SX3 잉크젯 인쇄 헤드를 갖는 리트렉스(Litrex) 1408, 리트렉스 142 및 리트렉스 140P 프린터이다. 전형적으로, 인쇄 헤드는 연속되는 스와스(swathe)를, 이를테면 Y-방향으로 인쇄하며, 각각의 스와스 사이에서 X-방향으로 스텝핑(steping)한다. 선택적으로, 인쇄 헤드는 도트 피치를  $\cos \phi$  만큼 감소시키기 위해 X-방향에 대해 각도  $\phi$  로 위치설정될 수 있다.

[0034] 도 3a는 컬러 OLED 디스플레이의 일부분의 다수의 픽셀을 가로지른 스위핑 헤드(sweeping head)(222)의 통과를 도시하고 있다. 이 도면은 "폴로(polo)"-유형 링-뱅크(ring-bank)(112) 내의 퇴적된 액적을 도식적으로 보여주고 있다. 도면에서, 적색(R), 녹색(G) 및 청색(B) 서브-픽셀 각각은 베이스에 애노드 금속(14)을 갖는 개별적인 웰(well)을 갖는다. 단지 예로서, 소형의 평판 디스플레이에서, 픽셀은 폭이  $50 \mu\text{m}$ 이고 길이가  $150 \mu\text{m}$  내지  $250 \mu\text{m}$ 일 수 있으며 이때 이를테면  $10 \mu\text{m}$  또는  $20 \mu\text{m}$  폭의 뱅크를 가지며; 컬러 텔레비전과 같은 응용에 더 적합한 더 큰 디스플레이에서, 픽셀 폭은 대략  $200 \mu\text{m}$ 일 수 있다. 본 발명의 실시예에서, 퇴적되는 잉크 체적은 픽셀 피치(뱅크 치수)에 있어서의 상당한 변화 없이 대단히 많이 증가될 수 있다.

[0035] 도 3b는 링-뱅크(112)가 복수의 컬러 서브-픽셀을 위한 재료를 각각 유지하는 종방향 채널을 한정하는 배열 - 서브-픽셀 자체는 애노드 금속(14)에 의해 한정됨 - 을 도시하고 있다. 실시예에서, 애노드 섬(island)은 규소 산화물 또는 질화물 또는 SOG(spin-on-glass)와 같은 밑에 있는 패시베이션 층(passivation layer)에 의해 분리될 수 있다. 도 3a 및 도 3b의 실시예에서, 하나의 픽셀의 링-뱅크의 어느 부분도 다른 픽셀과 공유되지 않는다.

[0036] 도 3c는 패시브 매트릭스(passive matrix) OLED 디스플레이와 같은 디스플레이의 일부분을 통한 단면을 도시하고 있으며, 여기서 후에 퇴적되는 캐소드(cathode) 재료로부터 애노드 금속을 절연시키기 위해 절연 재료의 층(116)이 애노드 금속의 부분 위에 제공된다. 이는 도 3d에서 보다 명확히 볼 수 있으며, 여기서 그것은 캐소드 금속(118)을 절연시킨다(애노드 금속 전극에 대해 직각에 전극을 제공하기 위해). 절연체는 산화물, 질화물 또는 SOG 또는 레지스트(resist) 재료를 포함할 수 있다.

[0037] 도 3c는 또한 액적이 처음에 퇴적될 때 그것의 체적은 웰의 체적보다 훨씬 크지만, 액적은 건조되어 웰의 저면을 가로질러 이전에 용해된 재료의 얇은 층을 남기는 것을 도시하고 있다. 예를 들어, 웰의 깊이는 약 1  $\mu\text{m}$ 일 수 있고, 건조된 퇴적 재료의 두께는 약 0.1  $\mu\text{m}$ 일 수 있고, 액적의 초기 높이는 약 10  $\mu\text{m}$ 일 수 있다.

[0038] P-OLED 장치에서, 각각의 상이한 LEP 컬러에 대해 별개의 HIL 두께를 갖는 것이 바람직하다. 전형적으로, 상대적으로 얇은 HIL은 최적의 청색 성능에 대해 바람직한 반면, 특히 두꺼운 층은 적색에 대해 바람직하다. 대체로 말하면, LEP와 HIL의 조합은 공동(cavity)을 한정하고, OLED로부터의 광학 출력은 공동 두께(깊이)에 따라 정현파형으로 변화하며, 대략적으로 두께가 출력 파장에서 반파장의 정수를 한정하는 경우에 피크를 이룬다. 따라서, 광학 출력이 피크인 다수의 두께가 존재하며, 총 LEP + HIL 두께가 이들 중 하나와 일치하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 하나의 구조에서, R, G 및 B 컬러의 (서브)픽셀은 다음의 층 두께를 갖는다:

	LEP	HIL
B	65 nm	20 nm
G	100 nm	50 nm
R	80 nm	160 nm

[0039]

[0040] 전형적으로, 장치 내의 다른 층은 R, G 및 B 컬러의 (서브)픽셀에 대해 실질적으로 동일한 두께를 갖는다.

[0041]

HIL 층을 인쇄할 때, 각각의 노즐은 HIL을 인쇄하지만, 상이한 목표 층 두께가 존재한다. 잠재적으로, HIL 및/또는의 층 두께는 또한 스와스 내의 위치에 좌우되어 조직적으로 변화될 수 있다 - 예를 들어, 그렇지 않으면 스와스의 에지에서, 또는 스와스의 하나의 단부 또는 다른 단부에서 감소될 출력 세기(intensity)를 보상하기 위해 -.

[0042]

인쇄 헤드의 노즐의 체적 출력을 1%의 허용 오차 내로 일치시키기 위해 본 출원인이 이전에 설명한 기술은 노즐이 모두 동일한 방식으로 거동한다는 내재적 가정을 가졌지만, 실험은 이것이 맞지 않다는 것을 보여주었다. 전형적인 SX3 인쇄 헤드는 20  $\mu\text{m}$ 의 노즐 직경 및 508  $\mu\text{m}$ 의 노즐 분리를 갖는다. 노즐은 평평한 노즐 플레이트 상으로 개방되며, 압전 변환기가 위치되는 제한부(restriction)를 경유하여 체(sieve)로서의 역할을 하는 록 트랩 필터(rock trap filter)를 거쳐 저장소와 연결된다. 퇴적된 재료는 시럽 같은 농도, 8 내지 10 센티푸아즈(cenitpoise) 점도를 갖고; 분출된 액적은 8 pL의 체적을 가질 수 있다. 모든 노즐은 다수의 이유로 약간 상이하게 거동하는데: 노즐 자체가 제조 허용 오차로 인해 약간 다른 크기를 갖고, 헤드가 정밀하게 일치되지 않는 별개의 세트의 헤드 전자장치(electronics)에 의해 구동되는 홀수 노즐 및 짝수 노즐로 분리되며; 고려할 다른 요인이 존재한다.

[0043]

본 출원인은 단일 인쇄 헤드 내의 출력 액적 체적을 조정하는 것을 채용하여, 3개의 상이한 액적 체적이 단일-인쇄 스와스 내에서 R, G 및 B 위치에 인쇄되는 것을 허용하는 기술을 설명할 것이다. 인쇄 헤드 상의 노즐은 3개의 그룹으로 분할되고, 이들 그룹 각각은 각각의 컬러에 대한 최적의 공동 두께에 요구되는 관련 액적 체적을 목표로 향하도록 조정된다. 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 방법에서 적색, 녹색 및 청색 컬러에 채용되는 상이한 액적 크기의 예를 도시하고 있다. 본 출원인이 설명하는 기술은 잉크젯 인쇄 OLED 디스플레이의 제조에 사용되는 유형의 단일-인쇄 헤드 시스템과 다수-헤드 인쇄 바아 둘 모두에 적합하다.

[0044]

도 5는 전형적인 인쇄 헤드 구동 파형을 도시하고 있으며, 압전 변환기에 인가되는 전압을 예시하고 있다. 이는 초기 전압 수준 V1, 예를 들어 135 V - 이것은 효과적으로 0 또는 기준 전압 수준으로서 취해질 수 있음 - 에서 시작된다. 전압은 이어서, 예를 들어 이러한 예에서 대략 85 V일 수 있는 V2로 감소되어, 50 볼트의 전압차를 제공한다. 전압은 이어서, 제 1 값 V1과 동일할 수 있거나 상이할 수 있는 제 3 값 V3로 복귀하고, 사이클이 이어서 계속된다.

[0045]

전형적으로, 액적을 발사하기 위해, 특정 노즐에 가까이에 있는 PZT를 가로질러 전압차가 생성된다. 노즐을 위한 PZT에 있는 하나의 전극에서의 전압은 고정된 전압이고, 모든 노즐에 대해 공통이다(전형적으로, 커먼 레일

(common rail)로 불림). 파형 파라미터 모두는 다른 가변 전극에만 작용한다. 휴지(rest)시 V1(시작 전압)은 커먼 레일과 동일하거나 유사하다. 일반적으로, 도면에서 V3인 최종 전압 슬롯이 또한 커먼 레일과 동일하거나 유사하다(그러나, 이론상으로는, 발사 이벤트(event) 사이에 액적을 발사하지 않지만 PZT를 응력 상태로 유지하는, 가변 전극과 커먼 레일 사이의 전압을 갖는 것이 가능하다).

[0046] 펄스의 전형적인 반복 스트림에서, 제 1 위상(phase)은 이를테면 3  $\mu$ s의 지속 시간(duration)을 가질 수 있고, 제 2 위상은 5  $\mu$ s, 그리고 제 3 위상은 3  $\mu$ s의 지속 시간을 가질 수 있다. 액적 분출은 위상 2와 3 사이의 전이부에서 일어나며, 이 전에 노즐은 "충만"된다. 전압 V2의 값이 감소되어, V1과 V2 사이의 전압 스텝을 증가시키면, 액적의 체적이 증가한다.

[0047] 그러나, 이것은 노즐 거동의 단순화이고, 인쇄 헤드의 노즐에 대한 V2의 전압과 체적 사이의 선형 스케일 계수(linear scale factor)를 결정하려는 시도는 잘 되지 않는데, 그 이유는 속도-전압-체적 관계가 비선형이고 인쇄 헤드의 전체 거동이 복잡하기 때문이다.

[0048] 처음에, 파형 펄스 폭과 생성되는 체적 사이의 관계가 결정된다(파형 상의 펄스 폭을 조정하는 것은 출력 액적 체적에 가장 큰 영향을 미친다 - 펄스 폭이 길수록 액적 체적이 더 크다). 따라서, 하나의 접근법에서, 모든 노즐이 고정된 구동 전압에서 제 1 펄스 폭, 예를 들어 3  $\mu$ s와 같은 짧은 펄스 폭으로 설정되고, 이어서 교정 샘플이 인쇄되며 여기서 모든 노즐이 평면 기관 상으로 개별적으로 인쇄한다. 이어서 노즐 모두는 동일한 고정된 전압에서 제 2 펄스 폭, 바람직하게는 훨씬 더 긴 펄스 폭, 예를 들어 대략 7  $\mu$ s로 설정된다. 이어서 제 2 교정 샘플이 인쇄된다. 이어서 교정 샘플 각각으로부터의 각각의 개별 인쇄된 액적이, 예를 들어 자이조(Zygo) 백색 광 간섭계를 사용해 두께가 측정된다. 이는 건조된 재료에 대한 퇴적 두께를 제공하며, 초기 용액의 체적 비 농도(by-volume concentration)로부터, 각각의 액적의 체적이 결정될 수 있다. 이는 이어서 각각의 인쇄된 액적에 대해 사용된 펄스 폭에 상관될 수 있어, 이러한 특정 예에서 4  $\mu$ s 범위에 걸쳐, 각각의 개별 노즐에 대한 펄스 폭 대 체적 관계가 결정되는 것을 허용한다. 도 6은 짧은 펄스 폭(510) 및 긴 펄스 폭(520)과, 프린터 헤드 노즐에 의해 생성되는 대응하는 액적 체적을 개략적으로 도시하고 있다.

[0049] 바람직하게는, 범위의 각각의 끝에 있는 펄스 폭 값은 측정된 범위를 넘어 외삽하기 보다는 내삽을 허용하도록 결정된다. 바람직하게는, 펄스 폭 대 체적 관계의 보다 정밀한 맵핑(mapping)을 허용하기 위해, 하나 이상의 중간 펄스 폭이 또한 채용된다. 바람직하게는, 각각의 두께 값이 여러번, 이를테면 10회 측정되고, 바람직하게는 각각의 펄스 폭에서 액적에 대한 여러번의, 이를테면 10회의 반복 퇴적이 존재하여서, 상당한 양의 데이터를 제공한다(예를 들어, 각각에 대해 100회 반복을 갖는 128개의 노즐이 있을 수 있음). 바람직하게는, 소수성 코팅을 갖는 기관이 교정 샘플을 위해 채용된다.

[0050] 이러한 교정에 기초해, OLED 디스플레이의 각각의 컬러 서브-픽셀에 대해 HIL 및/또는 IL 두께에 대한 목표 두께 요건에 가까운 3개의 별개의 펄스 폭이 선택된다.

[0051] 이어서, 보다 정확한 별개의 체적 목표/두께를 위해, 각각의 픽셀에 대한 구동 전압 대 체적 관계가 또한 교정된다.

[0052] 따라서, 전술된 바와 동일한 측정 절차를 사용해, 목표 체적/두께에 대해 결정된 펄스 폭에 의해 파형이 설정된다(그것의 반복되는 RGB 패턴으로). 구동 전압이 모든 노즐에 걸쳐 동일한 값으로 설정되고, 이어서 교정 샘플이 인쇄된다. 이어서 모든 노즐에 걸친 구동 전압이 상이한 값으로, 예를 들어 제 1 값보다 5 볼트 더 높게 설정되고, 이어서 제 2 교정 샘플이 인쇄된다. 이어서 이들 교정 샘플이 전술된 바와 같은 자이조 간섭계를 사용해 측정되고, 이어서 출력 체적 데이터가 노즐 위치에 상관되어 각각의 노즐의 상대 펄스 폭에서의 구동 전압과 액적 체적/퇴적된 재료 두께 사이의 관계를 결정한다. 전술된 바와 같이, 하나의 노즐에 전력 공급하는 것은 다른 노즐에 영향을 미칠 수 있기 때문에, 바람직하게는 실제 장치를 제조할 때 사용되는 것과 동일한 조건 하에서 교정 샘플이 인쇄된다. 예를 들어, 장치 제조 동안에 사용되는 바와 같은 교정 스폿(spot)의 (수직) 열을 인쇄할 때 헤드가 동일한 피치(헤드의 운동 방향에 대한 노즐의 열의 각도)로 회전될 수 있다 - 따라서 노즐 발사가 동일한 타이밍을 갖는다 -.

[0053] 바람직하게는, 이어서 목표 퇴적 두께/체적에 보다 가까이 접근하기 위해, 반복적으로 구동 전압을 반복적으로 조절하고 두께/체적을 측정함으로써 목표 체적/두께로 미세 조정하도록 이 절차가 반복된다. 도 7a는 프린터 헤드의 한 세트의 노즐에 대하여 구동 전압(펄스 스텝)에 대한 측정 액적 체적의 예시적인 맵핑을 도시하고 있다.

[0054] 원칙적으로 펄스 폭 또는 구동 전압 중 어느 하나가 원하는 목표 퇴적 두께/액적 체적을 달성하도록 저절로 변

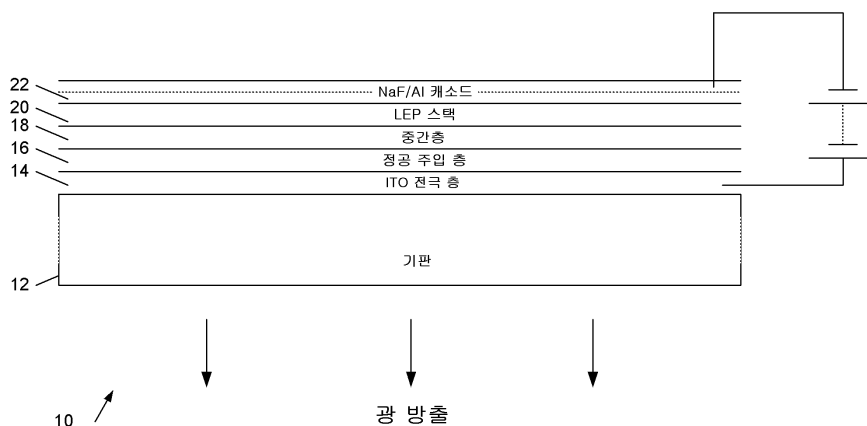


화될 수 있지만, 보다 정확한 결과를 달성하기 위해 둘 모두를 변화시키는 것이 바람직하다.

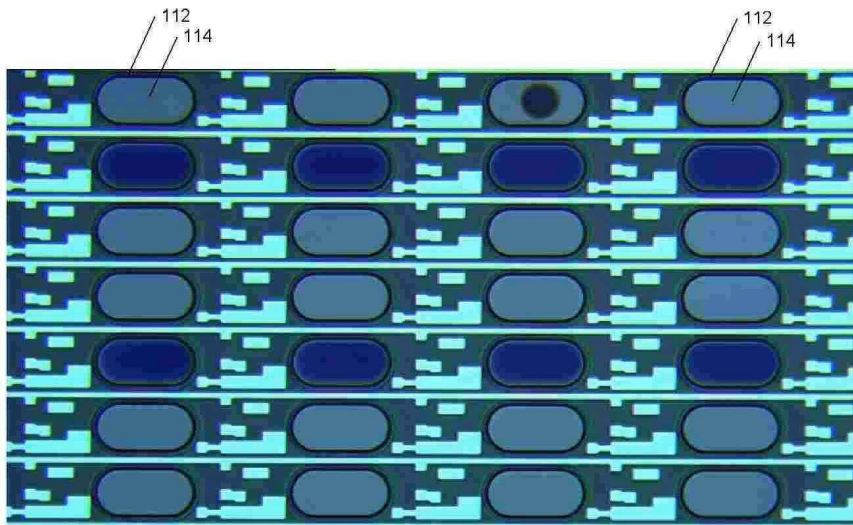
- [0055] 도시된 예시적인 과정은 단순하지만, 보다 복잡한 구동 파형이 대안적으로 채용될 수 있음을 당업자는 인식할 것이다. 예를 들어, 도 7b는 분출된 액적의 클리너 컷-오프(cleaner cut-off)를 제공하기 위해, 메인 펄스(main pulse) 후의 액적 클리브 펄스(droplet cleave pulse)(710)를 갖는 구동 파형의 예를 도시하고 있다. 제 1 펄스는 액적을 발사시키지만, 그것은 또한 발사 이벤트(event)가 완료된 후에 계속되는 작은 압력 파(메아리와 유사한 비트(bit))를 개시하며, 제 2 펄스는 제 1 펄스의 여파를 상쇄하는 데 사용된다. 제 1 펄스와 제 2 펄스 사이의 주기, 제 2 펄스의 강도 또는 구동은, 그 자체가 액적을 발사하지 않지만 클리너 브레이크(cleaner break)를 제공하여, 위성 액적을 감소시키고 다른 노즐에 대한 크로스토크(crosstalk)를 감소시키도록 조정된다.
- [0056] 도 7b의 제 2 대안적인 파형은 720에서의 약간의 오버슈트(overshoot) 및 초기 전압 값으로의 점진적인 복귀를 나타내는 파형을 도시하고 있다. 프린터가 관련 하강 시간 또는 음의 기울기를 조정하기 위한 설비를 갖는 경우, 이는 분출되는 액적의 시퀀스를 안정시키는 것을 도울 수 있어, 개선된 반복성을 제공한다.
- [0057] 구동 펄스 파형의 형상에 있어서의 이들 및 다른 변화가 가능하고, 전술된 바와 같은 교정 절차가 그러한 형상 변화에 대해 교정하도록 채용될 수 있음을 당업자는 인식할 것이다.
- [0058] 일단 각각의 개별 노즐에 대한 파형이 결정되면, 파형 데이터는 저장 매체에 저장된 또는 컴퓨터 네트워크를 통한 파형 파일로서 잉크젯 프린터에 제공될 수 있다. 리트렉스 프린터에 대한 그러한 파형 파일의 일 예는, 예를 들어 0 V와 135 V와 같은 레일 전압(rail voltage) 사이의 전압을 한정하는 9개의 비트를 사용해 전압 수준 및 지속 시간을 한정하는, 각각의 노즐에 대한 데이터를 포함한다. 따라서, 인쇄 파형을 한정하기 위해, 이러한 파형 데이터를 한정하는 텍스트 파일을 프린터 내로 로딩하는 것이 단지 필요하다.
- [0059] 본 출원인은 인쇄 헤드 내의 개별 노즐에 대해 별개의 체적 목표를 채용하는 기술을 설명하였다. 예를 들어, 노즐 0으로부터 매 3번째 노즐은 이를테면 적색에 대한 하나의 특정 액적 체적으로 조정될 수 있고, 노즐 1로부터 매 3번째 노즐은 녹색에 대한 다른 목표 액적 체적으로 조정될 수 있으며, 노즐 2로부터 매 노즐은 청색에 대한 제 3 목표 액적 체적으로 조정될 수 있다. 이는 OLED 또는 유기 PV(광기전) 기관이 요망되는 HIL/IL 두께를 달성하는 것을 허용하여 HIL/IL 퇴적의 단일-패스(single-pass)에서 최적의 LEP 성능을 제공한다. 이는 그러한 장치의 제조 동안의 제작 시간의 매우 상당한 양을 절약한다. 보다 큰 체적 차이/개선된 정밀도를 위해, 펄스 폭과 구동 전압 둘 모두가 조정될 수 있다.
- [0060] 전술된 기술은 유기 발광 다이오드(소분자 또는 중합체)의 제조에서의 사용으로 제한되는 것이 아니라, 재료가 용매 중에 용해되고 액적 퇴적 기술에 의해 퇴적되는 임의의 유형의 분자 전자 장치의 제조에 채용될 수 있음을 당업자는 인식할 것이다. 물론, 많은 효과적인 대안이 당업자에 의해 구상될 것이며, 본 발명은 기술된 실시예로 제한되는 것이 아니라, 본 명세서에 첨부된 특허청구범위의 범주 내에 있는, 당업자에게 명백한 변경을 포함한다는 것이 이해될 것이다.

## 도면

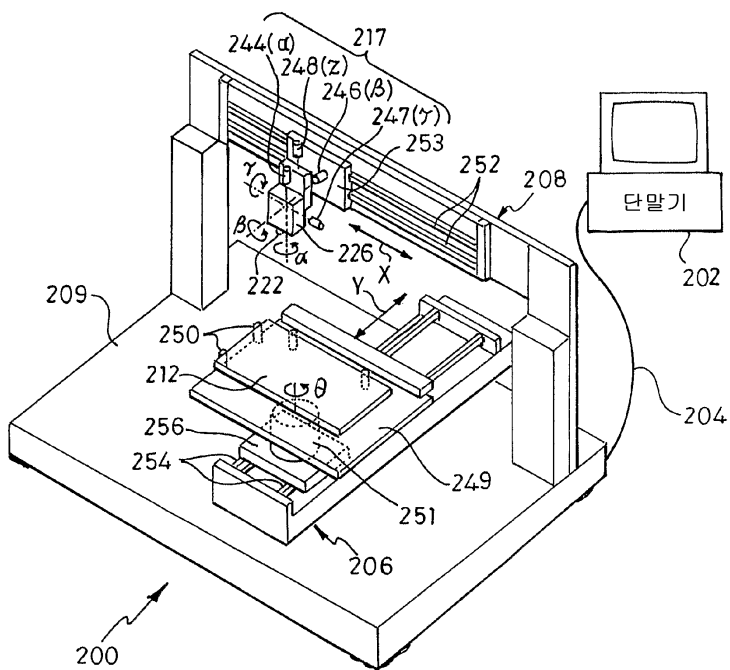
### 도면1



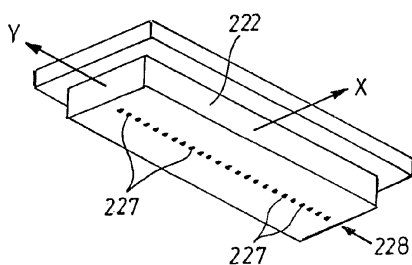
도면1b



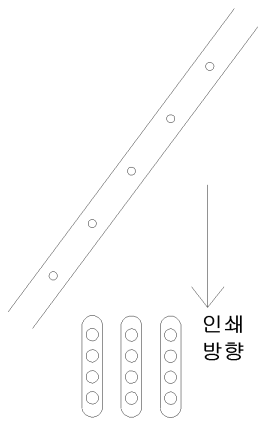
도면2a



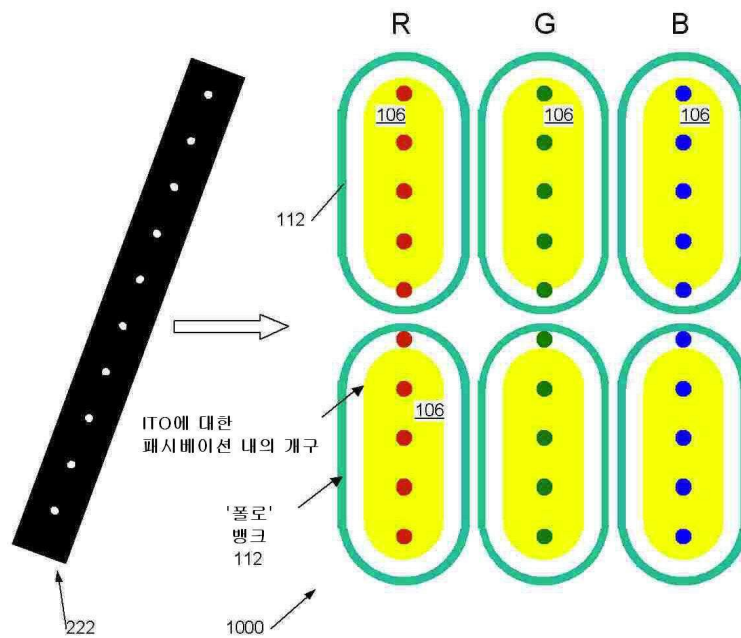
도면2b



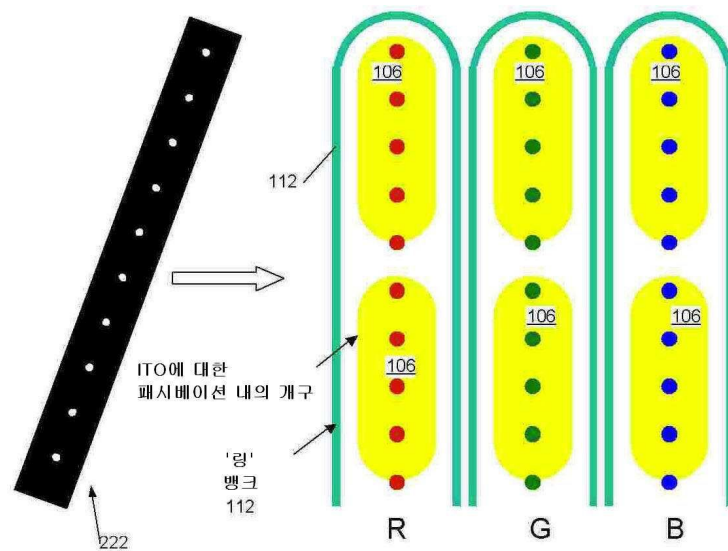
도면2c



도면3a

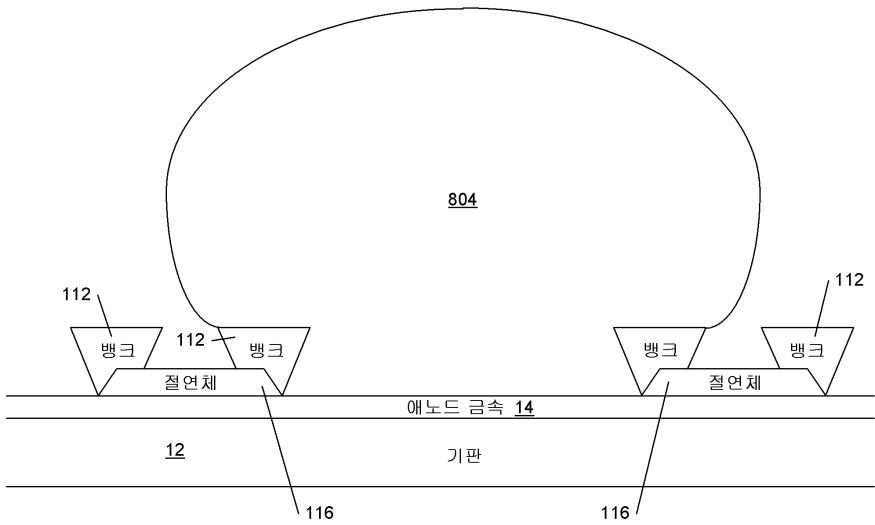


도면3b

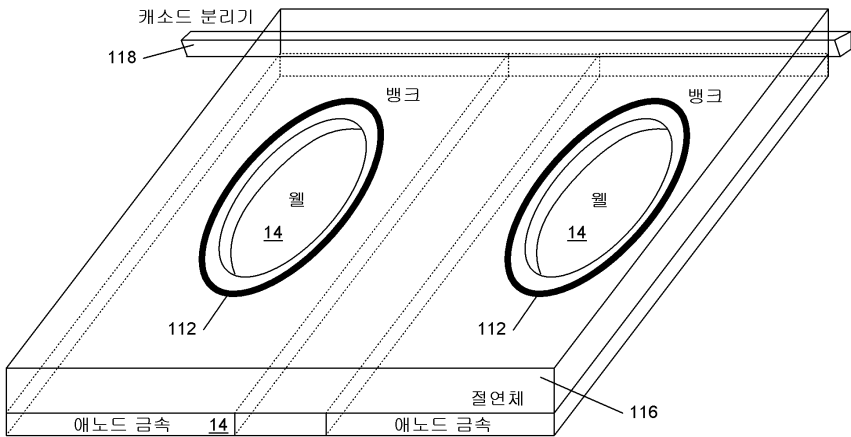




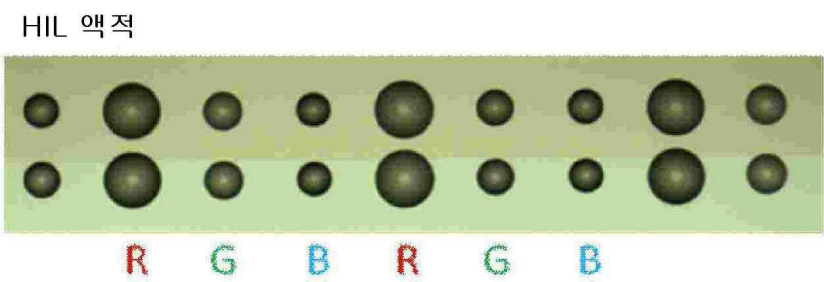
도면3c



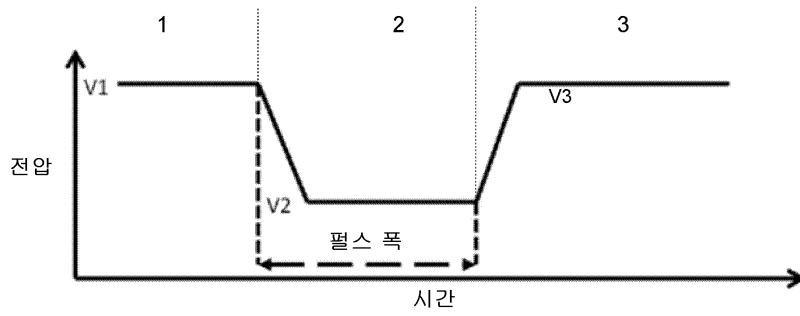
도면3d



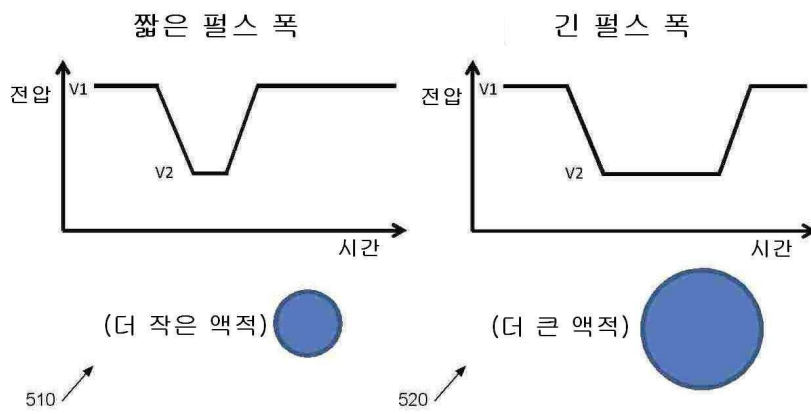
도면4



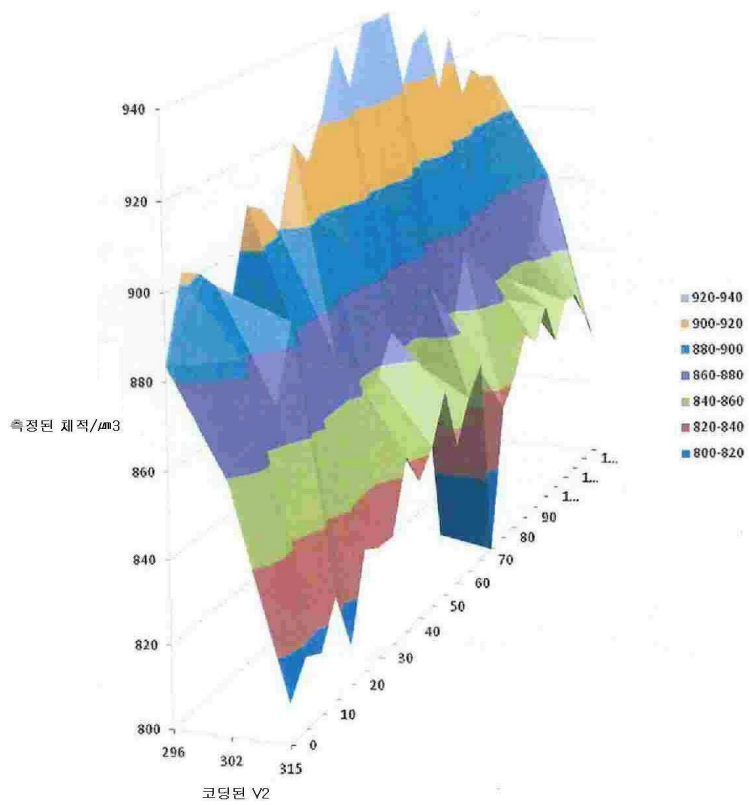
도면5



도면6



도면7a



도면7b

