



(51) 국제특허분류:

H01L 27/32 (2006.01)

H01L 27/12 (2006.01)

H01L 51/52 (2006.01)

C09K 11/57 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2018/002495

(22) 국제출원일:

2018년 2월 28일 (28.02.2018)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2017-0026109 2017년 2월 28일 (28.02.2017) KR

10-2017-0026177 2017년 2월 28일 (28.02.2017) KR

(71) 출원인: 한국생산기술연구원 (KOREA INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY) [KR/KR]; 31056 충청남도 천안시 서북구 입장면 양대기로길 89, Chungcheongnam-do (KR).

(72) 발명자: 강경태 (KANG, Kyung Tae); 06501 서울시 서초구 신반포로3길 19, 110동 105호, Seoul (KR). 김성진 (KIM, Seong-Jin); 13600 경기도 성남시 분당구 수내

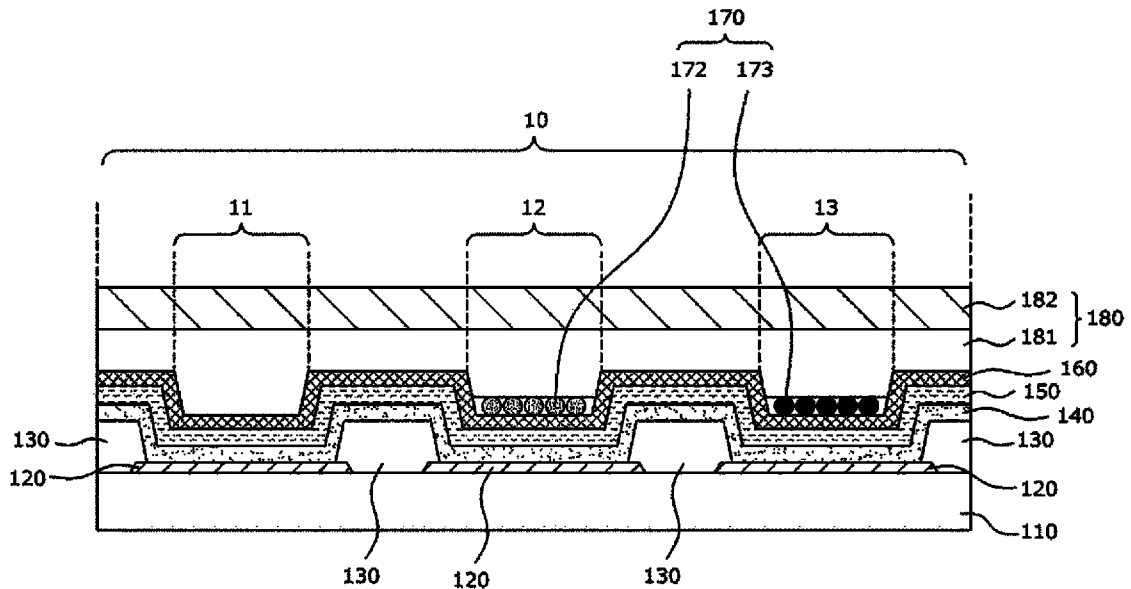
로 174, 402동 105호, Gyeonggi-do (KR). 조관현 (CHO, Kwan Hyun); 16317 경기도 수원시 장안구 수성로245번길 21, 315동 601호, Gyeonggi-do (KR). 임중혁 (IM, Jung Hyuk); 15587 경기도 안산시 상록구 한양대학2길 34, 202호, Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: 특허법인 필앤온지 (PHIL & ONZI INT'L PATENT & LAW FIRM); 06643 서울시 서초구 서초중앙로 36, 3층, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: PRINTED QUANTUM DOT ORGANIC LIGHT EMITTING DISPLAY DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 발명의 명칭: 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자 및 그 제조방법



(57) Abstract: The present invention relates to a printed quantum dot organic light emitting display device having a structure suitable for large-area applications, the device comprising: a substrate; a pixel definition layer formed on the substrate so as to define a pixel and blue, red, and green sub-pixel regions included in the pixel; a reflective anode exposed to each of the sub-pixel regions; a blue organic light emitting diode layer formed on the pixel definition layer; a transparent cathode formed on the blue organic light emitting diode layer; a full protective layer formed on the transparent cathode; and a color conversion layer formed on the full protective layer, wherein the color conversion layer includes red and green conversion portions, and the red and green conversion portions are formed by printing curable ink comprising a curable resin and quantum dot materials for converting blue light emitted from the blue organic light emitting diode layer into red and green light, respectively.



(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도로 공개함 (규칙 48.2(g))

(57) 요약서: 본 발명은 대면적화에 적합한 구조의 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자에 관한 것으로, 기판; 상기 기판에 형성되어 화소 및 상기 화소에 포함된 청색과 적색 및 녹색 부화소 영역을 구분하는 화소정의막; 상기 부화소 영역에 각각 노출된 반사형 애노드; 상기 화소정의막 위에 형성된 청색 유기발광다이오드층; 상기 청색 유기발광다이오드층 위에 형성된 투명 캐소드; 상기 투명 캐소드 위에 형성된 전보호층; 및 상기 전보호층 위에 형성된 색변환층을 포함하여 구성되며, 상기 색변환층은 적색 및 녹색 변환부로 구성되고, 상기 적색 및 녹색 변환부는 청색 유기발광다이오드층에서 방출된 청색의 빛을 적색 및 녹색으로 각각 변환하는 양자점물질과 경화성 레진을 포함하는 경화형 잉크를 프린팅하여 구성된 것을 특징으로 한다.

명세서

발명의 명칭: 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자 및 그 제조방법

기술분야

- [1] 본 발명은 유기발광 디스플레이 소자 및 그 제조방법에 관한 것으로, 더욱 자세하게는 양자점 인쇄를 통해 대면적화에 적합한 구조의 유기발광 디스플레이 소자 및 그 제조방법에 관한 것이다.
- [2] 본 출원은 2017년 2월 28일에 출원된 한국특허출원 제10-2017-0026109호 및 제10-2017-0026177호에 기초한 우선권을 주장하며, 해당 출원의 명세서 및 도면에 개시된 모든 내용은 본 출원에 원용된다.

배경기술

- [3] 유기발광 디스플레이 소자는 OLED(Organic Light-Emitting Device)로도 표현되는 유기발광소자에 의해서 빛을 발광하는 화소들이 집합된 디스플레이 장치이다.
- [4] 이러한 유기발광 디스플레이 소자는 구동 전압이 낮고 휘도가 높으며 시인각이 넓기 때문에 풀 컬러의 평판 디스플레이용으로서 사용 범위가 점차 증가하고 있다.
- [5] 종래에는 유기발광 디스플레이의 적록청(RGB) 화소를 구성하는 3개 색상을 구현하기 위해 FMM(fine metal mask)를 사용하여 위치가 구분된 3종류의 유기발광층을 각각 형성하여, 품질이 뛰어난 유기발광 디스플레이를 제작할 수 있었으나, 대면적 FMM 마스크 제작의 어려움과 FMM 자체의 무게로 인하여 휘어짐이 발생하기 때문에 대면적의 유기발광 디스플레이를 제작하기 어려운 단점이 있다.
- [6] 이러한 FMM 방식의 단점을 보완하여 대면적의 유기발광 디스플레이를 제조하기 위하여, 위치의 구분이 없는 오픈 마스크(open mask)를 통해 적록청(RGB)의 유기발광층을 적층하여 백색광을 구성하고, 백색광은 기존의 LCD에서 사용되던 컬러필터를 통해서 RGB의 3색을 구현하는 기술이 개발되었다. 하지만, 백색광 형성을 위한 적층 구조 형성을 위한 제조공정이 복잡하고 전력효율이 떨어지는 단점이 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [7] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서 양자점 인쇄방식을 적용하여 대면적화에 적합한 구조의 유기발광 디스플레이 소자 및 그 제조방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제 해결 수단

- [8] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이

소자는, 기관; 상기 기관에 형성되어 화소 및 상기 화소에 포함된 청색과 적색 및 녹색 부화소 영역을 구분하는 화소정의막; 상기 기관에 서로 이격되어 형성되며, 상기 부화소 영역에 각각 노출된 반사형 애노드; 상기 화소정의막 위에 형성된 청색 유기발광다이오드층; 상기 청색 유기발광다이오드층 위에 형성된 투명 캐소드; 상기 투명 캐소드 위에 형성된 전보호층; 및 상기 전보호층 위에 형성된 색변환층을 포함하여 구성되며, 상기 색변환층은 상기 부화소 영역 중에서 적색 영역과 녹색 영역에 각각 형성된 적색 변환부와 녹색 변환부로 구성되고, 상기 적색 변환부는 청색 유기발광다이오드층에서 방출된 청색의 빛을 적색으로 변환하는 양자점물질과 경화성 레진을 포함하는 경화형 잉크를 프린팅하여 구성되고, 상기 녹색 변환부는 청색 유기발광다이오드층에서 방출된 청색의 빛을 녹색으로 변환하는 양자점물질과 경화성 레진을 포함하는 경화형 잉크를 프린팅하여 구성된 것을 특징으로 한다.

- [9] 본 발명의 유기발광 디스플레이 소자는 부화소 영역을 구분하지 않는 청색 유기발광다이오드층을 구비하여 오픈 마스크 공정으로 유기발광다이오드층을 형성함으로써, FMM 방식으로 제조된 유기발광 디스플레이 소자에 비하여 대면적의 유기발광 디스플레이를 용이하게 제조할 수 있다.
- [10] 또한, 오픈 마스크 공정으로 형성된 청색 유기발광다이오드층과 양자점물질로 구성된 색변환층을 구비함으로써, 오픈 마스크 공정을 적용하기 위하여 백색의 유기발광다이오드층과 컬러 필터를 사용하여 구성된 종래의 유기발광 디스플레이 소자에 비하여 고해상도의 디스플레이 소자를 낮은 공정비용으로 제조할 수 있다.
- [11] 특히, 용매를 사용하여 상온에서 액체 상태인 일반적인 액체형 잉크가 아닌, 경화성 레진을 포함하여 상온에서 고체상태인 경화형 잉크를 사용하여 프린팅함으로써, 용매의 반응에 의한 문제와 건조과정에서 시인성이 악화되는 문제를 해결할 수 있는 장점이 있다.
- [12] 이때, 색변환층은 잉크젯 프린팅 방법으로 형성된 것이 바람직하다.
- [13] 한편, 상기 색변환층 위에, 수분/산소 등의 주변환경으로부터 보호하기 위해 보호층을 더 포함할 수 있다.
- [14] 이때, 상기 보호층은 SiNx , SiOx , AlOx 등의 무기물질 중 어느 하나를 포함하는 재질일 수 있다.
- [15] 또한 상기 색변환층 및 상기 보호층 사이에 개재되고, 유기물질로 구성된 유기물 코팅층을 더 포함할 수 있다.
- [16] 이때, 상기 유기물 코팅층은 잉크젯 코팅, 롤 코팅 중 하나의 방법으로 수행될 수 있다.
- [17] 또한, 상기 유기물 코팅층은 상기 유기물질이 광경화 공정으로 경화될 수 있다.
- [18] 그리고 적색 변환부와 녹색 변환부에 포함된 양자점물질은 적색 변환부와 녹색 변환부 각각의 부피에 대하여 50% 이하의 부피범위인 것이 바람직하다. 양자점 물질이 부피비율로 50%를 넘는 경우에는 프린팅 공정이 원활하게 수행되지

않는 문제가 있다. 양자점 물질이 포함되는 양의 하한 값은 특별히 제한되는 것은 아니지만, 변환을 위하여 부피비율로 적어도 0.01% 이상 포함되는 것이 바람직하다.

- [19] 적색 변환부와 녹색 변환부에 포함된 경화성 레진이 광경화성 관능기를 포함하는 경우 광경화에 의해서 경화시키는 것이 가능하기 때문에 프린팅 이후의 경화공정이 더욱 원활해진다.
- [20] 경화형 잉크를 구성하는 경화성 레진은 유기 모노머를 적용할 수 있고, 특히 아크릴계 모노머는 100°C 근처의 고온에서 10cp 이하 수준의 점도를 나타내고 80°C 이하에서 경화되기 때문에 경화형 잉크의 경화성 레진으로 적합하다.
- [21] 적색 변환부와 녹색 변환부가 컬러필터 특성을 나타내는 입자를 더 포함하는 경우에 색순도가 높아진다. 컬러필터는 액정 디스플레이에서 컬러를 구현할 수 있도록 배면광원에서 나오는 빛을 변환하는 부분이며, 컬러필터에 사용되는 상용의 입자를 적용할 수도 있고 동일한 특성을 나타내는 입자를 적용할 수도 있다. 일반적으로 컬러 필터에 사용되는 상업화된 착색제는 안료인데, 본 명세서에서는 컬러 필터의 특성을 갖는 염료 입자 또는 컬러 필터의 특성을 지니는 나노구조의 입자까지 모두 포함하는 용어로서 사용하였다.
- [22] 전보호층은 스퍼터링, PECVD, 증발증착법 및 ALD 공정 중 하나의 방법으로 형성된 것이 좋고, SiO_x, SiN_x 및 AlO_x 제질 중에 하나인 것이 바람직하다.
- [23] 한편, 상기 색변환층의 두께는 1 μm 내지 50 μm, 바람직하게는 2 μm 내지 30 μm일 수 있다.
- [24] 보호층은 페이스 쉴 공정으로 형성된 것이 바람직하다.
- [25] 청색 유기발광다이오드층은 정공주입층, 정공수송층, 청색 유기발광층, 전자수송층 및 전자주입층이 적층된 구조일 수 있다.
- [26] TFT가 형성된 능동 매트릭스 회로층이 상기 기판의 하부에 위치하는 능동형 유기발광 디스플레이 소자일 수 있다.
- [27] 투명캐소드와 전보호층의 사이에 유기물질로 형성된 CPL(capping layer)을 더 포함할 수 있다.
- [28] 본 발명의 다른 형태에 의한 유기발광 디스플레이 소자의 제조방법은, 기판 위에 서로 이격된 반사형 애노드를 형성하는 단계; 상기 반사형 애노드가 청색과 적색 및 녹색 부화소 영역에 각각 노출되도록 화소정의막을 형성하는 단계; 오픈 마스크를 사용하여 청색 유기발광다이오드층을 형성하는 단계; 상기 청색 유기발광다이오드층의 위에 투명 캐소드를 형성하는 단계; 상기 투명 캐소드 위에 전보호층을 형성하는 단계; 및 상기 전보호층 위에 색변환층을 형성하는 단계를 포함하여 구성되며, 상기 색변환층을 형성하는 단계는, 청색 유기발광다이오드층에서 방출된 청색의 빛을 적색으로 변환하는 양자점물질과 경화성 레진을 포함하는 경화형 잉크를 상기 적색 부화소 영역에 프린팅하여 적색 변환부를 형성하고, 청색 유기발광다이오드층에서 방출된 청색의 빛을 녹색으로 변환하는 양자점물질과 경화성 레진을 포함하는 경화형 잉크를 상기

녹색 부화소 영역에 프린팅하여 녹색 변환부를 형성하여 수행되는 것을 특징으로 한다.

- [29] 이때, 색변환층을 형성하는 단계는 잉크젯 프린팅 방법으로 수행되는 것이 바람직하다.
- [30] 양자점물질로서 무기 양자점물질을 사용하는 것이 바람직하고, CdS, CdSe 등의 카드뮴 기반 양자점 물질 및 InP, GaP 등과 같은 비카드뮴 기반 양자점 물질들을 모두 적용할 수 있다. 특히 Mn을 포함하는 양자점물질을 적용하는 것이 바람직하다. 또한 카드뮴 기반/인듐 기반 양자점 물질 외에 페로브스카이트계 양자점 물질도 사용할 수 있다.
- [31] 그리고 적색 변환부와 녹색 변환부를 형성하기 위한 경화형 잉크에 포함된 양자점물질은 잉크 내에서 부피비율로 50% 이하인 것이 바람직하다. 부피비율로 50%보다 많은 양자점물질을 포함하는 경우에는 프린팅 공정이 원활하게 수행되지 않는 문제가 있다. 양자점 물질이 포함되는 양의 하한 값은 특별히 제한되는 것은 아니지만, 변환을 위하여 부피비율로 적어도 0.01% 이상 포함되는 것이 바람직하다.
- [32] 적색 변환부와 녹색 변환부를 형성하기 위한 경화형 잉크에 포함된 경화성 레진이 광경화성 관능기를 포함하는 경우 광경화에 의해서 경화시키는 것이 가능하기 때문에 프린팅 이후의 경화공정이 더욱 원활해진다.
- [33] 경화형 잉크를 구성하는 경화성 레진은 유기 모노머를 적용할 수 있고, 특히 아크릴계 모노머는 100°C 근처의 고온에서 10cp 이하 수준의 점도를 나타내고 80°C이하에서 경화되어 경화형 잉크의 경화성 레진으로 적합하다.
- [34] 적색 변환부와 녹색 변환부를 형성하는 과정에서 양자점물질 이외에 컬러필터 입자를 더 혼합하는 것이 좋다.
- [35] 전보호층을 형성하는 단계는 스퍼터링, PECVD, 증발증착법 및 ALD 공정 중 하나의 방법으로 수행되는 것이 좋고, 보호층을 형성하는 단계는 페이스 쉴 공정으로 수행되는 것이 바람직하다.
- [36] 전보호층을 형성하는 단계 전에, 투명 캐소드 위에 유기물질로 CPL(capping layer)을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있으며, 전보호층 형성을 위한 PECVD 등의 공정 단계에서 사용되는 플라즈마로부터 CPL이 투명 캐소드를 보호한다.
- [37] 청색 유기발광다이오드층을 형성하는 단계가 정공주입층, 정공수송층, 청색 유기발광층, 전자수송층 및 전자주입층을 순차적으로 적층하여 수행될 수 있다.
- [38] TFT가 형성된 능동 매트릭스 회로층과 연결하는 단계를 더 포함함으로써, 능동형 유기발광 디스플레이 소자를 제조할 수 있다.

발명의 효과

- [39] 상술한 바와 같이 구성된 본 발명의 유기발광 디스플레이 소자는 부화소 영역을 구분하지 않는 청색 유기발광다이오드층을 구비하여 오픈 마스크 공정으로 유기발광다이오드층을 형성함으로써, FMM 방식으로 제조된

유기발광 디스플레이 소자에 비하여 대면적의 유기발광 디스플레이를 용이하게 제조할 수 있다.

[40] 또한, 오픈 마스크 공정으로 형성된 청색 유기발광다이오드층과 양자점물질로 구성된 색변환층을 구비함으로써, 오픈 마스크 공정을 적용하기 위하여 백색의 유기발광다이오드층과 컬러 필터를 사용하여 구성된 종래의 유기발광 디스플레이 소자에 비하여 고해상도의 디스플레이 소자를 낮은 공정비용으로 제조할 수 있다.

[41] 나아가 본 발명은, 양자점물질로 구성된 색변환층을 형성하기 전에 전보호층을 형성함으로써, 유기발광다이오드층을 보호하고 색변환층을 상대적으로 저렴한 프린팅 공정으로 형성할 수 있다.

[42] 그리고, 광원으로 청색 유기발광다이오드층을 사용하기 때문에, 청색 발광 특성만 제어하도록 하여, TFT 회로를 단순화할 수 있으므로 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자를 낮은 공정 비용으로 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[43] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자의 구조를 나타낸 단면도이다.

[44] 도 2는 본 실시예의 청색 유기발광다이오드층의 구조를 나타낸 단면도이다.

[45] 도 3은 양자점 드롭(QD drop) 수에 따른 양자점의 세기(Normalized intensity) 스펙트럼이다.

[46] 도 4는 본 발명에 따른 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자의 사용 형태를 나타낸 단면도이다.

[47] [부호의 설명]

[48] 10: 화소 11: 청색 부화소 영역

[49] 12: 녹색 부화소 영역 13: 적색 부화소 영역

[50] 100: 유기발광 디스플레이층 110: 기판

[51] 120: 반사형 애노드 130: 화소정의막

[52] 140: 청색 유기발광 다이오드층 141: 정공주입층

[53] 142: 정공수송층 143: 청색 유기발광층

[54] 144: 전자수송층 145: 전자주입층

[55] 150: 투명 캐소드 160: 전보호층

[56] 170: 색변환층 172: 녹색 변환부

[57] 173: 적색 변환부 180: 보호층

[58] 181: PSA층 182: 보호필름

[59] 200: 능동 매트릭스 회로층 210: 기판

[60] 220: 게이트 절연막 230: 층간절연막

[61] 240: 버퍼층 250: 패시베이션층

[62] 260: 소스전극 270: 게이트전극

[63] 280: 드레인전극 290: 활성부

발명의 실시를 위한 형태

[64] 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시예를 상세히 설명한다.

[65] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자의 구조를 나타낸 단면도이다.

[66] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자에 포함되는 1개의 화소(pixel)(10)를 도시한 것이며, 유기발광 디스플레이 소자는 복수의 화소들을 포함하여 구성된다. 각 화소(10)는 3개의 부화소(sub-pixel) 영역으로 구분되며, 구체적으로 청색 부화소 영역(11)과 녹색 부화소 영역(12) 및 적색 부화소 영역(13)으로 구분된다.

[67] 본 실시예의 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자는 기관(110), 반사형 애노드(120), 화소정의막(130), 청색 유기발광다이오드층(140), 투명 캐소드(150), 전보호층(160) 및 색변환층(170)을 포함하여 구성되며, 추가적으로 보호층(180)을 더 포함하여 구성될 수 있으며, 이들을 순차적으로 적층하여 제조되며, 이하에서는 제조방법과 함께 구조를 설명한다.

[68] 먼저, 기관(110) 위에 서로 이격된 반사형 애노드(120)를 형성한다. 본 실시예의 유기발광 디스플레이 소자는 도시된 단면도의 위쪽으로 빛이 발광되기 때문에 기관(110)의 재질은 특별히 제한되지 않으며, 반사형 애노드(120)는 아래쪽으로 발산된 빛을 반사하여 위쪽으로 반사하는 금속 재질이 사용 가능하고, "ITO/Ag/ITO"와 같이 금속 재질과 투명 전도성막을 적층한 구조를 적용할 수 있다.

[69] 그리고 각각의 부화소 영역(11, 12, 13)에 반사형 애노드(120)가 노출되도록 기관(110) 위에 화소정의막(PDL, pixel defined layer)을 형성한다. 화소정의막(130)은 유기 절연막 소재로서 화소(10) 및 화소에 포함된 부화소 영역(11, 12, 13)들을 구분하며, 이격된 반사형 애노드(120)는 화소정의막(130)에 의해서 서로 절연되어 애노드 사이의 단락을 방지한다.

[70] 다음으로 청색 유기발광다이오드층(140)을 형성한다. 본 실시예의 유기발광 디스플레이 소자는 3개의 부화소 영역(11, 12, 13)이 분리되어 있지만, 청색 유기발광다이오드층(140)을 형성하는 과정에서는 부화소 영역을 구분하지 않고 오픈 마스크(open mask)공정으로 전체 표면에 형성한다.

[71] 도 2는 본 실시예의 청색 유기발광다이오드층의 구조를 나타낸 단면도이다.

[72] 본 실시예의 청색 유기발광다이오드층(140)은 정공주입층(141), 정공수송층(142), 청색 유기발광층(143), 전자수송층(144) 및 전자주입층(145)을 순차적으로 적층하여 구성된다. 이러한 청색 유기발광다이오드층(140)은 일반적인 유기발광다이오드의 구조이며, 이에 한정되는 것은 아니고 청색의 단일색을 발광하는 유기발광다이오드에 적용될 수 있는 구조는 모두 적용될 수 있다.

- [73] 본 실시예는 오픈 마스크 공정으로 표면 전체에 유기발광다이오드층을 형성하기 때문에 각각의 부화소 영역에 서로 다른 유기발광다이오드층을 형성하기 위하여 FMM을 사용하는 경우에 비하여 넓은 면적에 고해상도의 유기발광 디스플레이 소자를 제조할 수 있는 장점이 있다.
- [74] 또한, 본 실시예는 오픈 마스크 공정으로 표면 전체에 유기발광다이오드층을 형성하지만, 종래의 유기발광 디스플레이 소자가 백색 발광을 위하여 3가지 색을 발광하는 유기발광다이오드층을 적층한 것과는 달리, 청색을 발광하는 유기발광다이오드층만을 형성하는 점에서 공정이 매우 간단하며, 유기발광층의 적층에 따른 전력 효율 감소 문제가 발생하지 않는 장점이 있다.
- [75] 청색 유기발광다이오드층(140)의 위에 투명 캐소드(150)를 형성한다. 본 실시예는 캐소드가 빛이 발산되는 위쪽에 위치하기 때문에 투명한 재질로 구성하며, 투명 캐소드(150)의 경우도 부화소 영역의 구분 없이 전체 표면에 형성된다.
- [76] 투명 캐소드(150)의 위에 전보호층(pre-barrier, 160)을 형성한다. 본 실시예의 유기발광 디스플레이 소자는 단일의 청색 유기발광다이오드층(140)만을 구비하고, 추후에 구체적으로 설명할 색변환층(170)에 의해서 녹색과 적색을 구현하기 때문에 색변환층(170)의 형성이 용이하도록 투명 캐소드(150)의 위에 전보호층(160)을 형성하였다. 전보호층(160)은 PECVD 공정으로 SiN_x 층을 형성하거나 ALD 공정으로 AlO_x 층(일례로 Al_2O_3 층)을 형성할 수 있다.
- [77] 이때, 투명 캐소드(150)를 형성한 다음 전보호층(160)을 형성하기 전에 유기 물질로 CPL(capping layer)를 형성할 수 있다. CPL 형성을 통해서 전보호층(160) 형성을 위한 PECVD 등의 공정 단계에서 사용되는 플라즈마에 의한 투명 캐소드(150)의 손상을 방지할 수 있다.
- [78] 색변환층(170)은 청색 유기발광다이오드층(140)에서 발산되는 청색의 빛을 녹색과 적색으로 변환하는 녹색 변환부(172)와 적색 변환부(173)로 구성된다. 녹색 변환부(172)와 적색 변환부(173)는 각각 화소정의막(130)에 의해 구분된 녹색 부화소 영역(12)과 적색 부화소 영역(13)에 형성된다. 청색 부화소 영역(11)은 청색 유기발광다이오드층(140)에서 발산되는 청색의 빛이 그대로 통과한다.
- [79] 녹색 변환부(172)는 청색 유기발광다이오드층(140)에서 발산되는 청색의 빛을 녹색으로 변환하는 양자점물질로 구성되고, 적색 변환부(173)는 청색 유기발광다이오드층(140)에서 발산되는 청색의 빛을 적색으로 변환하는 양자점물질로 구성된다. 본 실시예의 색변환층(170)은, 양자점물질로 구성되기 때문에 컬러 필터 형성에 필요한 고가의 리소그래피 공정을 적용하지 않고 잉크젯 프린팅 등의 프린팅 방식에 의해서 녹색 변환부(172)와 적색 변환부(173) 각각을 녹색 부화소 영역(12)과 적색 부화소 영역(13)에 구분하여 형성할 수 있다.
- [80] 이때, 본 발명은 잉크젯 프린팅 등의 프린팅을 위한 잉크로서 용매(solvent)를

사용하지 않고 경화성 레진을 사용하는 경화형 잉크를 적용하는 것을 특징으로 한다. 경화형 잉크는 용매를 사용하여 상온에서 액체 상태인 일반적인 액체형 잉크와 달리, 경화성 레진으로서 상온에서는 고체 상태이고 고온에서는 점도가 낮아지는 모노머(monomer)를 사용한 잉크로서, 고체형 잉크(solid like ink)로 표현되기도 한다. 일반적인 잉크젯 프린팅에 사용되는 액체형 잉크를 사용하는 경우, 잉크를 제조하는 과정에서 포함된 용매가 발광층의 상부와 반응하여 품질의 열화를 가져오는 문제가 있고, 액체상태의 잉크를 건조하는 과정에서 불균일한 표면을 형성하여 시인성을 악화(coffee ring 현상)시키는 문제가 있다. 반면에, 본 발명은 경화형 잉크를 사용하기 때문에 용매에 의한 문제가 발생하지 않는 장점이 있다. 본 발명에서 사용된 경화성 레진은 용매 건조과정 없이 경화되는 것들이며, 예를 들면, 약 100°C의 고온에서 10cp 이하 수준의 점도를 나타내는 아크릴계 모노머(Acryl Base Monomer)들 중에서 80°C이하에서 열경화되는 물질을 사용하거나 UV 경화가 가능한 물질을 사용할 수 있다. 또한, 이러한 경화성 레진의 구체적인 예로는 우레탄 아크릴레이트(Urethane Acrylate) 등이 있다. 에폭시(Epoxy) 계열 그리고 실리콘 계열의 수지도 사용될 수 있다. 내열성을 개선하기 위해 폴리 이미드(Polyimide) 수지 또는 폴리 이미드(Polyimide)가 포함된 수지를 사용할 수 있다. 점성이 낮은 재료로서 경화 이후 유리 전이온도가 100°C 이상이 되는 경우가 바람직하다. 물론, 이러한 조건에 한정되는 것은 아니며, 경화성 레진의 점도가 낮아지는 온도와 점도 및 경화온도 등은 용매를 사용하지 않는 경화형 잉크를 적용하는 구체적 형태에 따라서 조절될 수 있다. 잉크젯 프린팅 과정에서 프린터헤드의 온도를 올려서 경화형 잉크에 포함된 모노머의 점도를 낮추어 잉크젯 프린팅을 수행하고, 온도를 낮추거나 UV를 조사하여 모노머를 경화시킴으로써 색변환층(170)을 형성한다. 또한, 본 발명에서 경화형 잉크의 경우, 용매를 전혀 사용하지 않는 것으로 한정되는 것은 아니고, 소량의 용매가 첨가될 수 있으며, 이때 용매를 건조하는 과정에서 다양한 문제가 발생하는 종래의 액체형 잉크와 달리 본 발명은 상기한 건조공정의 문제가 발생하지 않는 최소한의 건조공정이 필요한 정도로만 용매를 포함함으로써 건조 과정에서 품질이 저하되는 문제가 발생하지 않는다.

- [81] 그리고 청색 부화소 영역(11)은 청색 유기발광다이오드층(140)에서 발산되는 청색의 빛이 그대로 통과하도록 양자점 물질을 분산시키지 않은 경화형 잉크로 잉크젯 프린팅하여 투명한 레진층을 형성할 수도 있다.
- [82] 이러한 프린팅 공정은 대면적의 유기발광 디스플레이 소자를 제조하기에 적합하며, 특히 본 실시예는 전보호층(160)의 위에 경화형 잉크를 사용한 잉크젯 프린팅 공정을 수행하기 때문에, 아래쪽에 위치하는 청색 유기발광다이오드층(140)과 투명 캐소드(150)에 영향을 주지 않고 용이하게 색변환층(170)을 형성할 수 있다.
- [83] 또한, 본 실시예는 녹색 변환부(172)와 적색 변환부(173)를 구성하는

양자점물질로서 신뢰성과 안정성이 높은 무기 양자점물질을 사용함으로써, 상대적으로 저렴한 잉크젯 프린팅 공정을 적용함에도 불구하고 뛰어난 품질의 색변환층(170)을 형성할 수 있다.

- [84] 나아가 본 실시예는 녹색 변환부(172)와 적색 변환부(173)를 구성함에 있어서, 양자점물질과 함께 컬러필터 특성을 나타내는 입자를 혼합하여 사용함으로써 색순도를 높일 수 있다. 일반적으로 컬러 필터에 사용되는 상업화된 착색제는 안료(pigment)인데, 본 발명에서는 컬러 필터의 특성을 갖는 염료(dye) 입자 또는 컬러 필터의 특성을 지니는 나노구조의 입자까지 모두 포함하는 용어로서 사용하였다. 녹색 변환부에 적용될 수 있는 컬러필터 특성을 나타내는 입자는 메탈로프탈로시아닌 등이 있으며, 적색 변환부에 적용될 수 있는 컬러필터 특성을 나타내는 입자는 다이케토피롤로피롤과 피그먼트 레드(Pigment Red) 254 등이 있다.
- [85] 또한 녹색 변환부(172)와 적색 변환부(173)를 통해서는 청색 유기발광다이오드층(140)에서 발생된 청색 빛이 나오지 않아야 하므로, 청색 빛을 흡수하는 입자 또는 청색 빛의 흡수를 조절하는 입자가 포함될 수 있다.
- [86] 한편, 상기 색변환층(170)은 1 μm 내지 50 μm , 바람직하게는 2 μm 내지 30 μm 의 범위인 두께를 갖도록 형성될 수 있다.
- [87] 이때, 색변환층(170)의 두께가 1 μm 미만인 경우, 색변환층(170)에서 일부분만 색변환되어 방출되는 문제점이 있다. 반대로, 색변환층(170)의 두께가 50 μm 를 초과한 경우, 색변환층(170)은 청색광의 흡수가 과도하게 진행되는 문제점이 있다. 따라서, 색변환층(170)의 두께는 1 μm 내지 50 μm 의 범위인 것이 바람직하다.
- [88] 한편, 양자점물질에 혼합된 양자점은 반도체 나노입자로서, 불안정한 상태의 전자가 전도대에서 가전자대로 내려오면서 발광하는데, 양자점의 입자가 작을수록 짧은 파장의 빛이 발생하고, 입자가 클수록 긴 파장의 빛이 발생한다. 따라서 양자점의 크기를 제어하면 다양한 색을 구현할 수 있다. 또한, 양자점을 포함한 색변환층(170)은 종래의 컬러 필터와 같이 광을 흡수하는 것이 아니라 광의 파장을 변환시켜 방출하기 때문에 광 효율이 높다. 양자점은 무기 성분의 양자점을 적용할 수 있으며, CdS, CdSe 등의 카드뮴 기반 양자점 및 InP, GaP 등과 같은 비카드뮴 기반 양자점들이 적용될 수 있으나, 양자점 성분은 이에 한정되지는 않는다. 또한, 카드뮴 기반/인듐 기반 양자점물질 외에 페로브스카이트계 양자점 물질도 사용할 수 있다.
- [89] 도 3은 양자점 드롭(QD drop) 수에 따른 양자점의 세기(Normalized intensity) 스펙트럼이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 양자점 드롭 수가 2 이하일 때, 450 내지 500nm 범위의 파장 부분인 청색 파장 부분과 620 내지 670nm 범위의 파장 부분인 적색 파장 부분의 발광 세기는 비슷한 수준을 보인다. 반면, 양자점 드롭 수가 3 이상이면, 적색 파장 부분의 발광 세기가 청색 파장 부분의 발광 세기에 비해 큰 폭으로 증가한다. 이때, 1드롭 당 5 μL 의 양자점이 포함되므로 드롭 수가

3 이상이더라도 형성되는 양자점 층의 두께는 수 μm 에 불과하다. 이와 같이, 양자점은 수 μm 의 두께를 가진 층으로만 형성되더라도 청색광의 파장을 적색광 또는 녹색광의 파장으로 변환시킬 수 있다.

[90] 그리고 색변환층(170) 위에는 보호층(180)을 더 형성하여, 색변환층(170)과 청색 유기발광다이오드층(140)을 포함한 유기발광 디스플레이 소자의 표면을 보호할 수 있다. 보호층(180)은 페이스 씸(face seal) 공정으로 형성된다. 구체적으로 압력감응식 접착제(PSA: Pressure Sensitive Adhesives)를 전체면에 도포하여 보호 PSA층(181)을 형성하고, 그 위에 보호필름(182)을 부착하여 보호층(180)을 형성한다.

[91] 이러한 보호층(180)은 SiN_x , SiO_x , AlO_x 중 어느 하나를 포함하는 재질일 수 있다. 보호층(180)은 외부로부터 색변환층(170) 및 청색 유기발광다이오드(140)로 산소 및 수분이 침투하는 것을 방지하여 디스플레이 소자를 보호할 수 있다. 또한 양자점 물질이 산화하는 현상을 방지하기 때문에 내구성을 개선할 수 있다.

[92] 한편, 색변환층(170)을 형성한 다음 보호층(180)을 형성하기 전에, 색변환층(170) 위에 유기물질로 구성된 유기물 코팅층을 형성할 수 있다. 유기물 코팅층 형성을 통해서 보호층(180)을 형성하기 위한 PECVD 등의 공정 단계에서 사용되는 플라즈마에 의한 색변환층(170)의 손상을 방지할 수 있다. 유기물 코팅층은 두께가 $5\mu\text{m}$ 이하가 되도록 형성될 수 있다.

[93] 또한, 유기물 코팅층은 잉크젯 코팅, 롤 코팅 등의 방법을 적용하여 형성할 수 있다. 이때, 색변환층(170) 위에 형성된 유기물질은 광경화 공정으로 경화될 수 있다.

[94] 도 4는 본 발명에 따른 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자의 사용 형태를 나타낸 단면도이다.

[95] 본 실시예의 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자는, 앞서 설명한 것과 같은 구조의 유기발광 디스플레이층(100)의 하부에 능동 매트릭스 회로층(200)이 연결된다.

[96] 능동 매트릭스 회로층(200)은 각 부화소에 대응되는 TFT(thin film transistor)를 구비하며, 각각의 TFT는 부화소의 반사형 애노드와 연결된다. TFT는 소스전극(260), 게이트전극(270), 드레인전극(280) 및 활성부(290)를 포함하며, 드레인전극(280)이 반사형 애노드(120)와 연결된다. 능동 매트릭스 회로층(200)은 TFT 구동을 위하여 기판(210), 게이트 절연막(220), 층간절연막(230), 버퍼층(240) 및 패시베이션층(250)을 포함하여 구성된다. 이러한 능동 매트릭스 회로층은 일반적인 능동 매트릭스 회로의 구조이며, 이에 한정되는 것은 아니고 능동형 유기발광디스플레이에 적용될 수 있는 구조는 모두 적용될 수 있다.

[97] 한편, 전술한 바와 같이 유기발광 디스플레이층(100)의 하부에 능동 매트릭스 회로층(200)이 연결되는 구조 대신, 박막 트랜지스터층(TFT)이 기판(110) 위에

형성될 수도 있다.

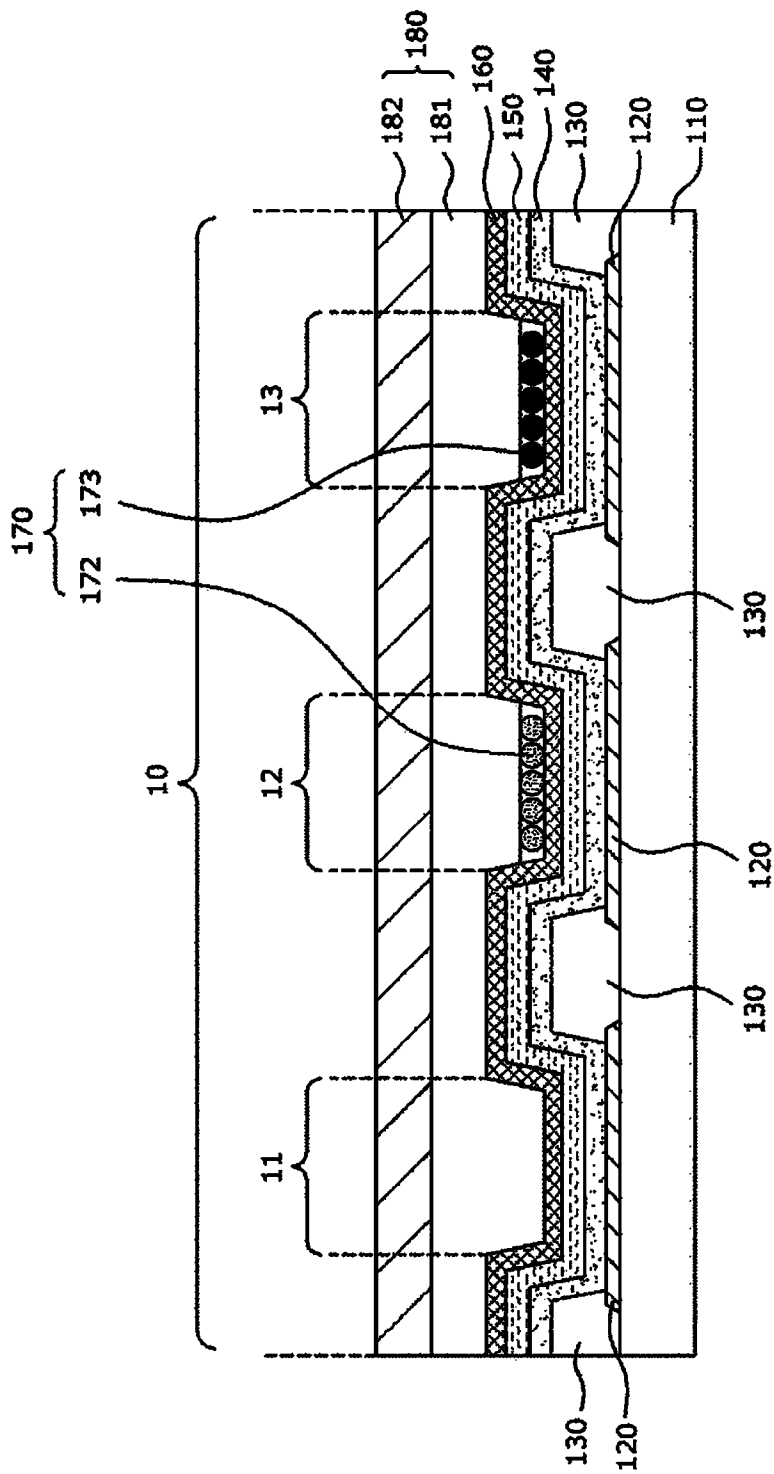
- [98] 이때, 박막 트랜지스터층은 각각의 화소 별로 형성된 게이트 배선, 데이터 배선, 전원 배선, 스위칭 박막 트랜지스터 및 구동 박막 트랜지스터를 포함하여 이루어진다. 박막 트랜지스터층의 스위칭 박막 트랜지스터 및 구동 박막 트랜지스터는 게이트 전극이 반도체층 아래에 형성되는 바텀 게이트(bottom gate) 구조 또는 게이트 전극이 반도체층 위에 형성되는 탑 게이트(top gate) 구조로 형성될 수 있다. 이와 같은 박막 트랜지스터층은 당업계에 공지된 다양한 형태로 형성될 수 있다.
- [99] 본 실시예의 양자점 디스플레이 장치는 박막 트랜지스터층이 청색의 유기발광다이오드층에 대해서만 발광 특성을 제어하기 때문에 트랜지스터 회로는 Blue Pixel 영역으로만 구성될 수 있으며, 이로 인해 단순화된 트랜지스터 회로를 포함할 수 있다. 또한, 박막 트랜지스터층의 활성층은 산화 아연을 포함하는 산화물 반도체 또는 실리콘을 포함하는 제질일 수 있다.
- [100] 이상 본 발명을 바람직한 실시예를 통하여 설명하였는데, 상술한 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과하며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 변화가 가능함은 이 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 보호범위는 특정 실시예가 아니라 특허청구범위에 기재된 사항에 의해 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술적 사상도 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

청구범위

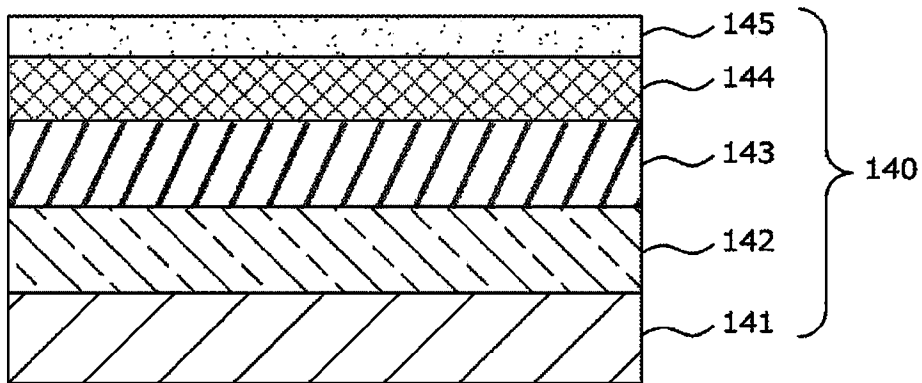
- [청구항 1] 기판;
 상기 기판에 형성되어 화소 및 상기 화소에 포함된 청색과 적색 및 녹색 부화소 영역을 구분하는 화소정의막;
 상기 기판에 서로 이격되어 형성되며, 상기 부화소 영역에 각각 노출된 반사형 애노드;
 상기 화소정의막 위에 형성된 청색 유기발광다이오드층;
 상기 청색 유기발광다이오드층 위에 형성된 투명 캐소드;
 상기 투명 캐소드 위에 형성된 전보호층; 및
 상기 전보호층 위에 형성된 색변환층을 포함하여 구성되며,
 상기 색변환층은 상기 부화소 영역 중에서 적색 영역과 녹색 영역에 각각 형성된 적색 변환부와 녹색 변환부로 구성되고,
 상기 적색 변환부는 청색 유기발광다이오드층에서 방출된 청색의 빛을 적색으로 변환하는 양자점물질과 경화성 레진을 포함하는 경화형 잉크를 프린팅하여 구성되고, 상기 녹색 변환부는 청색 유기발광다이오드층에서 방출된 청색의 빛을 녹색으로 변환하는 양자점물질과 경화성 레진을 포함하는 경화형 잉크를 프린팅하여 구성된 것을 특징으로 하는 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서,
 상기 색변환층 위에 형성된 보호층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자.
- [청구항 3] 청구항 2에 있어서,
 상기 보호층은 SiN_x , SiO_x , AlO_x 중 어느 하나를 포함하는 재질인 것을 특징으로 하는 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자.
- [청구항 4] 청구항 2에 있어서,
 상기 색변환층 및 상기 보호층 사이에 개재되고, 유기물질로 구성된 유기물 코팅층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자.
- [청구항 5] 청구항 1에 있어서,
 상기 적색 변환부와 상기 녹색 변환부에 포함된 경화성 레진이 광경화성 관능기를 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자.
- [청구항 6] 청구항 1에 있어서,
 상기 적색 변환부와 상기 녹색 변환부에 포함된 경화성 레진이 유기 모노머인 것을 특징으로 하는 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자.
- [청구항 7] 청구항 6에 있어서,
 상기 유기 모노머가 아크릴계 모노머인 것을 특징으로 하는 양자점 인쇄

- 유기발광 디스플레이 소자.
- [청구항 8] 청구항 1에 있어서,
상기 전보호층은 SiO_x , SiN_x 및 AlO_x 재질 중에 하나인 것을 특징으로 하는 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자.
- [청구항 9] 청구항 1에 있어서,
상기 색변환층의 두께는 $1\ \mu\text{m}$ 내지 $50\ \mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자.
- [청구항 10] 청구항 1에 있어서,
상기 반사형 애노드에 연결된 TFT가 형성된 능동 매트릭스 회로층이 상기 기판의 하부에 위치하는 것을 특징으로 하는 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자.
- [청구항 11] 청구항 1에 있어서,
상기 투명 캐소드와 상기 전보호층의 사이에 유기물질로 구성된 CPL(capping layer)을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자.
- [청구항 12] 기판 위에 서로 이격된 반사형 애노드를 형성하는 단계;
상기 반사형 애노드가 청색과 적색 및 녹색 부화소 영역에 각각 노출되도록 화소정의막을 형성하는 단계;
오픈 마스크를 사용하여 청색 유기발광다이오드층을 형성하는 단계;
상기 청색 유기발광다이오드층의 위에 투명 캐소드를 형성하는 단계;
상기 투명 캐소드 위에 전보호층을 형성하는 단계; 및
상기 전보호층 위에 색변환층을 형성하는 단계를 포함하여 구성되며,
상기 색변환층을 형성하는 단계는, 청색 유기발광다이오드층에서 방출된 청색의 빛을 적색으로 변환하는 양자점물질과 경화성 레진을 포함하는 경화형 잉크를 상기 적색 부화소 영역에 프린팅하여 적색 변환부를 형성하고, 청색 유기발광다이오드층에서 방출된 청색의 빛을 녹색으로 변환하는 양자점물질과 경화성 레진을 포함하는 경화형 잉크를 상기 녹색 부화소 영역에 프린팅하여 녹색 변환부를 형성하여 수행되는 것을 특징으로 하는 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자의 제조방법.
- [청구항 13] 청구항 12에 있어서,
상기 색변환층을 형성하는 단계는 잉크젯 프린팅 방법으로 수행되는 것을 특징으로 하는 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자의 제조방법.
- [청구항 14] 청구항 12에 있어서,
상기 색변환층 위에 페이스 쉴 공정으로 보호층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 인쇄 유기발광 디스플레이 소자의 제조방법.

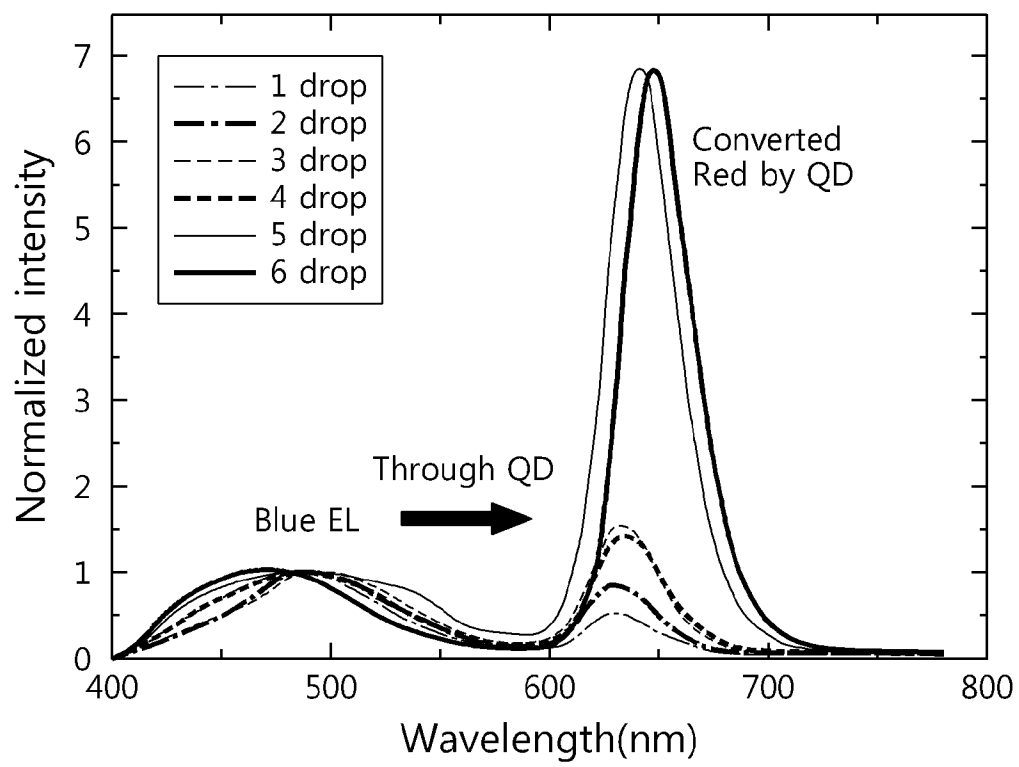
[도1]



[도2]



[도3]



[54]

