

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0037516 (43) 공개일자 2014년03월27일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01L 51/52 (2006.01) H05B 33/26 (2006.01) (21) 출원번호 10-2012-0103754 (22) 출원일자 2012년09월19일 심사청구일자 2012년09월19일		(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울시 성북구 안암로 145 (안암동) (72) 발명자 김태근 경기 성남시 분당구 양현로94번길 29, 601동 110 5호 (이매동, 이매촌청구아파트) 김희동 서울 성북구 안암로 145, 공학관 436호 (안암동5 가, 고려대학교이과대학) (74) 대리인 특허법인주원

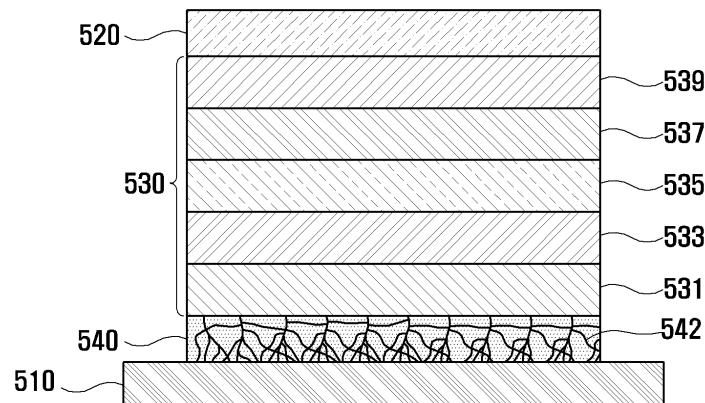
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 전도성 필라멘트가 형성된 투명 전극을 구비하는 유기 발광소자 및 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 전도성 필라멘트가 형성된 투명 전극을 구비하는 유기 발광소자 및 그 제조 방법을 공개한다. 본 발명은 자외선 영역의 빛에 대한 투과도가 높고, 물질에 고유한 임계전압을 초과하는 전압이 인가되면, 내부에 전류가 흐를 수 있는 전도성 필라멘트가 형성되어, 물질의 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 저항변화 물질로 유기 발광소자의 투명 전극을 형성함으로써, 유기 발광소자에서 발생하는 가시광선 영역의 빛뿐만 아니라 자외선 영역의 빛에 대해서도 높은 광투과율을 나타낼뿐만 아니라, 유기 반도체층을 구성하는 유기물층과 오믹 컨택이 이루어져 전기 전도도가 양호한 투명 전극을 얻을 수 있다. 또한, 본 발명은 투명 전극의 상부 또는 하부에 전도성 및 광투과도 특성이 우수한 CNT 또는 그래핀으로 구현되는 전류 확산층을 형성하여 투명 전극 내부에 형성된 전도성 필라멘트들을 상호 연결시킴으로써 투명 전극으로 유입된 전류를 유기물층 전체로 확산시켜 전류 집중 현상을 방지할 수 있다.

대표도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

기판;

상기 기판 위에 형성되고, 인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명 재질의 절연 물질로 형성된 제 1 전극;

상기 제 1 전극 위에 형성되고, 내부에 발광층을 포함하는 유기물층; 및

상기 유기물층 위에 형성되는 제 2 전극;을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 2

기판;

상기 기판위에 형성된 제 2 전극;

상기 제 2 전극 위에 형성되고, 내부에 발광층을 포함하는 유기물층; 및

상기 유기물층 위에 형성되고, 인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명 재질의 절연 물질로 형성된 제 1 전극;을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제 1 전극은 고유한 임계 전압 이상의 전압이 인가되어 포밍(forming) 공정이 수행됨으로써, 내부에 전도성 필라멘트가 형성된 것을 특징으로 하는 발광 소자.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 유기물층과 상기 제 1 전극 사이에 CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀으로 형성되는 전류확산층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광소자.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 제 1 전극의 상기 유기물층이 접촉하는 면의 반대면에 접촉하고, CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀으로 형성되는 전류확산층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광소자.

청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 제 1 전극은 상기 유기물층과 오믹 콘택되는 것을 특징으로 하는 유기 발광소자.

청구항 7

제 3 항에 있어서,

상기 제 1 전극은 투명한 Oxide 계열의 물질, 투명한 Nitride 계열의 물질, 투명한 폴리머 계열의 물질, 및 투명한 나노 물질들 중 어느 하나로 형성되는 것을 특징으로 하는 유기 발광소자.

청구항 8

제 3 항에 있어서,

상기 유기물층은 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층, 전자 수송층, 및 전자 주입층을 포함하는 것을 특징으로

하는 유기 발광 소자.

청구항 9

인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명 재질의 절연물질로 제 1 전극을 기판 위에 형성하는 제 1 전극 형성 단계;

내부에 발광층을 포함하는 유기물층을 상기 제 1 전극 위에 형성하는 유기물층 형성 단계; 및

상기 유기물층 위에 제 2 전극을 형성하는 제 2 전극 형성 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광소자 제조 방법.

청구항 10

기판 위에 제 2 전극을 형성하는 제 2 전극 형성 단계;

내부에 발광층을 포함하는 유기물층을 상기 제 2 전극 위에 형성하는 유기물층 형성 단계; 및

인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명 재질의 절연물질로 제 1 전극을 상기 유기물층 위에 형성하는 제 1 전극 형성 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광소자 제조 방법.

청구항 11

제 9 항 또는 제 10 항에 있어서, 상기 제 1 전극 형성 단계는

상기 제 1 전극에 임계 전압 이상의 전압을 인가함으로써 포밍(forming) 공정을 수행하여, 상기 제 1 전극 내부에 전도성 필라멘트를 형성하는 것을 특징으로 하는 유기 발광소자 제조방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 제 1 전극 형성 단계는

CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀으로 전류 확산층을 형성하는 단계;

상기 전류 확산층 위에 인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명 재질의 절연물질로 제 1 전극을 형성하는 단계; 및

상기 제 1 전극에 임계 전압 이상의 전압을 인가함으로써 포밍(forming) 공정을 수행하여, 상기 제 1 전극 내부에 전도성 필라멘트를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자 제조 방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 제 1 전극 형성 단계는

인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명 재질의 절연물질로 제 1 전극을 형성하는 단계;

상기 제 1 전극에 임계 전압 이상의 전압을 인가함으로써 포밍(forming) 공정을 수행하여, 상기 제 1 전극 내부에 전도성 필라멘트를 형성하는 단계; 및

상기 제 1 전극 위에, CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀으로 전류 확산층을 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자 제조 방법.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 제 1 전극은 상기 유기물층과 오믹 콘택되는 것을 특징으로 하는 유기 발광소자 제조 방법.

청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 제 1 전극은 투명한 Oxide 계열의 물질, 투명한 Nitride 계열의 물질, 투명한 폴리머 계열의 물질, 및 투명한 나노 물질들 중 어느 하나로 형성되는 것을 특징으로 하는 유기 발광소자 제조방법.

청구항 16

제 11 항에 있어서, 상기 유기물층 형성 단계에서

정공 주입층, 정공 수송층, 발광층, 전자 수송층, 및 전자 주입층이 순차적으로 형성되는 것을 특징으로 하는 유기 발광 소자 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 유기 발광 소자 및 그 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 오믹 콘택 특성 및 광투과도가 양호한 투명 전극을 구비하는 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 정부의 저탄소 녹색성장 정책기조에 부응하여 반도체 광원인 LED (Light Emitting Diode) 와 OLED (Organic Light Emitting Diode) 조명이 주목받고 있다. 반도체 조명은 친환경 조명으로 수은과 납과 같은 환경 유해물질이 포함되어 있지 않으며, 저소비전력형 조명으로 기존 전통조명보다 전력효율이 월등히 높다. 특히 점 광원인 LED와 달리 OLED는 얇은 면광원의 형태를 가지며 기존 광원이 구현하기 힘든 투명하면서 유연한 조명이 가능하다.

[0003] 또한, OLED는 투명 FLEXIBLE 조명으로 신개념 smart window, 두루마리처럼 말아서 휴대할 수 있는 조명, 커튼조명 등에 응용될 수 있어 최근 활발한 연구가 진행되고 있다.

[0004] 하지만, OLED가 여러 분야에서 응용되기 위해서는, 투명전극과 유기반도체 사이의 낮은 오믹특성으로 인한 높은 구동 전압의 문제점이 해결되어야 한다. OLED의 구동 전압은 크게 전하의 주입과 이동에 의하여 결정되며, 구동 전압 개선을 위해서는 이 두 가지 특성이 모두 개선되어야 한다.

[0005] 전하의 주입 특성은 전극과 유기반도체 사이의 에너지 준위에 의하여 결정되므로, 각 층간의 에너지 장벽 차이를 줄여 오믹접촉을 형성하면 원활한 전하의 주입과 이동이 가능하여 낮은 구동 전압에서 소자를 구현할 수 있다.

[0006] 그러나, 현재 OLED에서 투명 전극으로 주로 이용되는 ITO(4.3eV)는 유기반도체(6.3eV)와의 큰 일함수 차이로 인하여 오믹 특성이 저하되고, 이에 따라서 전하 주입 효율이 낮은 문제점이 발생하고 있다. 또한, ITO는 자외선 영역에서 높은 투과도 손실을 가지기 때문에 현재 Organic UV-LED는 낮은 광추출 효율의 문제점이 발생한다.

[0007] 이를 해결하기 위해서는, 투명전극으로 사용되는 ITO와 유기반도체 사이에 오믹 접촉을 형성하여 원활한 전하 주입이 이루어져야 하는데, 현재 일반적으로 적용되는 투명전극은 투과도와 전기 전도도 사이의 Trade-off 관계를 갖는다. 즉, 자외선 영역에서 이용될 수 있을 만큼 높은 투과도를 가지는 물질은 큰 밴드갭(wide band-gap)을 가지므로, 전극으로 이용되기에는 전도성이 매우 낮고 반도체 물질과 Ohmic contact 이 이루어지지 않아 전극으로 이용하는 것이 불가능하다.

[0008] 현재의 기술로는 가시광 영역뿐만 아니라 자외선 영역에서도 높은 투과도를 나타내면서도, Ohmic contact 이 이루어져 높은 전기전도도를 나타내는 투명 전극을 구현할 수 없다. 따라서, 가시광 영역부터 UV 영역까지 적용될 수 있는 OLED를 구현하기 위해서는, 높은 투과도를 지니는 동시에 유기반도체층과 오믹 접촉 형성이 가능한 투명전극 개발이 필수적이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 자외선 영역의 빛에 대해서도 높은 투과도를 나타내면서도 유기 반도체층과 양호한 오믹 콘택 특성을 나타내는 투명 전극을 구비하는 유기 발광소자 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 유기 발광 소자는, 기판; 상기 기판 위에 형성되고, 인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명 재질의 절연 물질로 형성된 제 1 전극; 상기 제 1 전극 위에 형성되고, 내부에 발광층을 포함하는 유기물층; 및 상기 유기물층 위에 형성되는 제 2 전극;을 포함한다.
- [0011] 또한, 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 다른 바람직한 실시예에 따른 유기 발광 소자는 기판; 상기 기판 위에 형성된 제 2 전극; 상기 제 2 전극 위에 형성되고, 내부에 발광층을 포함하는 유기물층; 및 상기 유기물층 위에 형성되고, 인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명 재질의 절연 물질로 형성된 제 1 전극;을 포함한다.
- [0012] 또한, 상기 유기 발광 소자들의 제 1 전극은 고유한 임계 전압 이상의 전압이 인가되어 포밍(forming) 공정이 수행됨으로써, 내부에 전도성 필라멘트가 형성될 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 유기 발광 소자들의 상기 유기물층과 상기 제 1 전극 사이에 CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀으로 형성되는 전류확산층을 더 포함할 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 유기 발광 소자들은 상기 제 1 전극의 상기 유기물층이 접촉하는 면의 반대면에 접촉하고, CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀으로 형성되는 전류확산층을 더 포함할 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 유기 발광 소자들의 상기 제 1 전극은 상기 유기물층과 오믹 콘택될 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 유기 발광 소자들의 상기 제 1 전극은 투명한 Oxide 계열의 물질, 투명한 Nitride 계열의 물질, 투명한 폴리머 계열의 물질, 및 투명한 나노 물질들 중 어느 하나로 형성될 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 유기 발광 소자들의 상기 유기물층은 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층, 전자 수송층, 및 전자 주입층을 포함할 수 있다.
- [0018] 한편, 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 유기 발광 소자 제조 방법은, 인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명 재질의 절연물질로 제 1 전극을 기판 위에 형성하는 제 1 전극 형성 단계; 내부에 발광층을 포함하는 유기물층을 상기 제 1 전극 위에 형성하는 유기물층 형성 단계; 및 상기 유기물층 위에 제 2 전극을 형성하는 제 2 전극 형성 단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 한편, 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 바람직한 다른 실시예에 따른 유기 발광 소자 제조 방법은, 기판 위에 제 2 전극을 형성하는 제 2 전극 형성 단계; 내부에 발광층을 포함하는 유기물층을 상기 제 2 전극 위에 형성하는 유기물층 형성 단계; 및 인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명 재질의 절연물질로 제 1 전극을 상기 유기물층 위에 형성하는 제 1 전극 형성 단계;를 포함할 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 유기 발광 소자 제조 방법들의 제 1 전극 형성 단계는, 상기 제 1 전극에 임계 전압 이상의 전압을 인가함으로써 포밍(forming) 공정을 수행하여, 상기 제 1 전극 내부에 전도성 필라멘트를 형성할 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 유기 발광 소자 제조 방법들의 제 1 전극 형성 단계는, CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀으로 전류 확산층을 형성하는 단계; 상기 전류 확산층 위에 인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명 재질의 절연물질로 제 1 전극을 형성하는 단계; 및 상기 제 1 전극에 임계 전압 이상의 전압을 인가함으로써 포밍(forming) 공정을 수행하여, 상기 제 1 전극 내부에 전도성 필라멘트를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 유기 발광 소자 제조 방법들의 제 1 전극 형성 단계는, 인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항

상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명 재질의 절연물질로 제 1 전극을 형성하는 단계; 상기 제 1 전극에 임계 전압 이상의 전압을 인가함으로써 포밍(forming) 공정을 수행하여, 상기 제 1 전극 내부에 전도성 필라멘트를 형성하는 단계; 및 상기 제 1 전극 위에, CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀으로 전류 확산층을 형성하는 단계;를 포함할 수 있다.

- [0023] 또한, 상기 유기 발광 소자 제조 방법들에서 형성되는 상기 제 1 전극은 상기 유기물층과 오믹 콘택될 수 있다.
- [0024] 또한, 상기 유기 발광 소자 제조 방법들에서 형성되는 상기 제 1 전극은 투명한 Oxide 계열의 물질, 투명한 Nitride 계열의 물질, 투명한 폴리머 계열의 물질, 및 투명한 나노 물질들 중 어느 하나로 형성될 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 유기 발광 소자 제조 방법들의 상기 유기물층 형성 단계에서는, 정공 주입층, 정공 수송층, 발광층, 전자 수송층, 및 전자 주입층이 순차적으로 형성될 수 있다.

발명의 효과

- [0026] 본 발명은 자외선 영역의 빛에 대한 투과도가 높고, 물질에 고유한 임계전압을 초과하는 전압이 인가되면, 내부에 전류가 흐를 수 있는 전도성 필라멘트가 형성되어, 물질의 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 저항변화 물질로 유기 발광소자의 투명 전극을 형성함으로써, 유기 발광소자에서 발생하는 가시광선 영역의 빛뿐만 아니라 자외선 영역의 빛에 대해서도 높은 광투과율을 나타낼뿐만 아니라, 유기 반도체층을 구성하는 유기물층과 양호한 오믹 콘택이 이루어져 전기 전도도가 양호한 투명 전극을 얻을 수 있고, 이에 따라서 구동 전압을 낮출수 있다.
- [0027] 또한, 본 발명은 투명 전극의 상부 또는 하부에 전도성 및 광투과도 특성이 우수한 CNT 또는 그래핀으로 구현되는 전류 확산층을 형성하여 투명 전극 내부에 형성된 전도성 필라멘트들을 상호 연결시킴으로써 투명 전극으로 유입된 전류를 유기물층 전체로 확산시켜 전류 집중 현상을 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따른 투명 전극을 구비하는 유기 발광소자의 구조를 도시하는 도면이다.
- 도 2a 및 도 2b 는 저항 변화 물질의 특성을 설명하는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따른 유기 발광소자를 제조하는 방법을 설명하는 도면이다.
- 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 바람직한 제 1 실시예의 변형 실시예의 유기 발광소자의 구성을 도시하는 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 바람직한 제 2 실시예에 따른 투명 전극을 구비하는 유기 발광소자의 구조를 도시하는 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 바람직한 제 2 실시예에 따른 유기 발광소자의 제조 방법을 설명하는 도면이다.
- 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 바람직한 제 2 실시예의 변형 실시예에 따른 유기 발광소자의 구조를 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명한다.
- [0030] 도 1은 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따른 투명 전극(140)을 구비하는 유기 발광소자의 구조를 도시하는 도면이다.
- [0031] 도 1을 참조하면, 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따른 유기 발광소자는 Top-emission 방식의 유기 발광 소자로서, 기판(110)위에 제 2 전극(120) 및 발광층(135)을 포함하는 유기물층(130)이 순차적으로 형성되어 있고, 유기물층(130)은 정공 주입층(131), 정공 수송층(133), 발광층(135), 전자 수송층(137) 및 전자 주입층(139)이 순차적으로 형성된 구조로 구현될 수 있으며, 이하에서는 유기물층(130)이 정공 주입층(131) 내지 전자 주입층

(139)을 포함하는 경우를 예시적으로 설명한다. 기관(110)부터 전자 주입층(139)까지의 구성은 현재 공지된 모든 유기 발광소자에 적용되는 구조가 동일하게 적용될 수 있다.

[0032] 한편, 전자 주입층(139) 위에는 본 발명의 투명한 재질의 제 1 전극(140:이하 "투명 전극"으로 칭함)이 형성되어 있다. 본 발명의 투명 전극(140)은 자외선 영역을 포함하는 빛에 대한 투과도가 높으면서도 인가된 전계에 의해서 저항상태가 변화되는 투명 재질의 절연 물질(저항 변화 물질)로 형성된다. 이러한, 저항 변화 물질은 주로 ReRAM(Resistive RAM) 분야에서 이용되는 것으로서, 물질에 고유한 임계치 이상의 전압을 물질에 인가하면, electro-forming이 수행되어, 최초에는 절연체인 물질의 저항 상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되어 전도성을 나타내게 된다.

[0033] 구체적으로, 절연체인 저항 변화 물질에 임계치 이상의 전압을 인가하면, 전기적 스트레스(forming process)에 의해 박막 내부로 전극 금속 물질이 삽입되거나 박막내 결합구조에 의해 도 1에 도시된 바와 같이 저항 변화 물질 내부에 전도성 필라멘트(142:conducting filaments)(또는, 금속 필라멘트(metallic filaments))가 형성된다. 이 후에는, 물질에 인가된 전압이 제거되어도 전도성 필라멘트(142)는 유지되고, 이러한 전도성 필라멘트(142)를 통해서 전류가 흐르게 되어, 물질의 저항 상태가 저저항 상태로 유지된다.

[0034] 도 2a 및 도 2b 는 저항 변화 물질의 특성을 설명하는 도면이다.

[0035] 도 2a를 참조하면, 저항 변화 물질(예컨대, AlN)은 forming과정 전에는 절연체 특성을 보이다가 forming 과정 이후 금속의 I-V 특성을 나타냄을 확인 할 수 있다.

[0036] 도 2b는 전도성 필라멘트(142)가 형성된 후 얼마나 안정적으로 유지 될 수 있는가를 보여 주는 그래프로서, 그래프의 빨간색 점선이 보여 주는 것과 같이 전도성 필라멘트(142)가 형성 된 후 10년 동안 안정적으로 저저항 상태가 유지 될 수 있음을 알 수 있다.

[0037] 본 발명의 바람직한 실시예에서는, 이러한 저항 변화 물질로서, 투명한 전도성 Oxide 계열의 물질(SiO₂, Ga₂O₃, Al₂O₃, ZnO, ITO 등), 투명한 전도성 Nitride 계열의 물질(Si₃N₄, AlN, GaN, InN 등), 투명한 전도성 폴리머 계열의 물질(polyaniline(PANI)), poly(ethylenedioxythiophene)-polystyrene sulfonate (PEDOT:PSS) 등), 및 투명한 전도성 나노 물질(CNT, CNT-oxide, Graphene, Graphene-oxide 등) 등을 이용하였으나, 상술한 물질 이외에도 투명하고 상술한 저항 변화 특성을 나타내는 물질이라면 본 발명의 투명 전극(140)을 형성하는데 이용될 수 있음은 물론이다. 다만, 상기 물질들이 전도성을 갖는다는 의미는, 포밍(forming) 공정에 의해서 내부에 전도성 필라멘트(142)가 형성된 이 후에, 전도성을 갖는다는 의미이고, 본 발명의 투명 전극(140)은 포밍 공정이 수행되어, 내부에 전도성 필라멘트가 형성된 것임을 주의해야 한다.

[0038] 도 1에 도시된 바와 같이 유기 발광 소자가 완성되면, 투명 전극(140)으로 주입된 전류는 투명 전극(140) 내부에서 서로 연결된 전도성 필라멘트(142)를 통해서 전체 영역으로 확산되어 전자 주입층(139) 전체 영역으로 주입되고, 자외선 영역의 빛을 포함한 발광층(135)에서 발생된 모든 빛은 밴드 갭이 큰 투명 전극(140)을 통해서 상부로 유출된다.

[0039] 도 3은 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따른 유기 발광소자를 제조하는 방법을 설명하는 도면이다.

[0040] 도 3을 참조하여 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따른 유기 발광소자의 제조 방법을 설명하면, 먼저, 종래의 유기 발광소자 제조 방법과 동일한 방식으로 기관(110)위에 제 2 전극(120) 및 발광층(135)을 포함하는 유기물층(130)을 형성한다(도 3의 (a)참조). 상술한 바와 같이, 유기물층(130)은 정공 주입층(131), 정공 수송층(133), 발광층(135), 전자 수송층(137) 및 전자 주입층(139)이 순차적으로 형성된 구조로 구현될 수 있고, 종래의 투명 전극(140) 형성 방식과 동일한 방식으로 상술한 바와 같은 저항 변화 물질로 유기물층(130)(특히, 전자 주입층(139)) 위에 제 1 전극(140:이하, "투명 전극"이라 칭함)을 형성한다.

[0041] 그 후, 투명 전극(140) 위에 포토레지스트층(180)을 형성하고, 포토 리소그래피 공정을 수행하여 포토레지스트층(180) 중에서 금속 패드(170)가 형성될 영역의 일부에 포밍 전극(182)을 형성하기 위한 패턴을 형성하고(도 3의 (b)참조), e-beam, 스퍼터 또는 기타 금속 증착 공정을 수행하여 패턴 내부에 포밍 전극(182)을 형성한 후, lift-off 공정을 통해서 포밍 전극(182)을 제외한 포토레지스트층(180)을 제거하여 포밍 전극(182)을 완성한다(도 3의 (c)참조).

[0042] 그 후, 도 3의 (d)에 도시된 바와 같이, 투명 전극(140) 위에 형성된 포밍 전극(182)에 물질에 고유한 임계 전압 이상의 전압을 인가하면, 절연물질인 투명 전극(140) 내부에 전도성 필라멘트(142)가 형성되어, 투명 전극

(140)의 저항 상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화된다.

- [0043] 투명 전극(140) 내부에 전도성 필라멘트(142)가 형성되면, 투명 전극(140) 위에 금속 전극 패드(170)를 형성한다(도 3의 (e)참조). 이 때, 금속 전극 패드(170)를 형성하는 방법은 포밍을 수행하기 위한 전극(182)을 제거하고 별도의 금속 전극 패드(170)를 형성할 수도 있고, 도 3의 (e)에 도시된 바와 같이, 마스크(184)를 이용하여 포밍 전극(182) 위에 추가로 금속을 증착하여 금속 전극 패드(170)를 형성할 수도 있다.
- [0044] 지금까지 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따른 유기 발광소자 및 그 제조 방법에 대해서 설명하였다. 도 1 내지 도 3을 참조하여 상술한 제 1 실시예에서, 투명 전극(140)내에 형성된 일부 전도성 필라멘트(142)는 다른 전도성 필라멘트들(142)과 연결되지 않을 가능성이 있다. 이 경우, 투명 전극(140)으로 유입되는 전류가 투명 전극(140) 전체로 확산되지 못하고 국부적으로 집중되고, 이에 따라서 투명 전극(140)에 접촉하는 전자 주입층(139)에도 국부적으로 전류가 집중되는 문제점이 발생할 수도 있다.
- [0045] 도 4a 및 도 4b는 이러한 전류 집중 문제를 해결하기 위한 본 발명의 바람직한 제 1 실시예의 변형 실시예에 따른 유기 발광소자의 구성을 도시하였다.
- [0046] 도 4a 및 도 4b에 도시된 예에서는, 투명 전극(140)의 전류 확산 특성(current spreading)을 향상시키기 위해서, 투명 전극(140)에 형성된 전도성 필라멘트들(142)을 상호 연결시키는 CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀(graphene)으로 구현되는 전류 확산층(150)을 투명 전극(140)의 상면 또는 하면에 형성하였다. 도 4a에서는 CNT 또는 그래핀으로 구현되는 전류 확산층(150)을 투명 전극(140)위에 형성한 예를 도시하였고, 도 4b에서는 CNT 또는 그래핀으로 구현된 전류확산층(150)을 투명 전극(140)층과 전자 주입층(139) 사이에 형성한 예를 도시하였다.
- [0047] CNT 및 그래핀은 전도성 및 빛의 투과도가 뛰어난 특성이 있고, 본 발명은 이러한 특성을 이용하여 투명 전극(140)의 일면에 접촉하도록 CNT 또는 그래핀으로 전류확산층(150)을 형성하여 투명 전극(140)의 전도성 필라멘트(142)를 상호 연결함으로써, 투명 전극(140)으로 유입된 전류가 전자 주입층(139) 전체 영역으로 확산되도록 하였다.
- [0048] 이 때, 전류확산층(150)이 두껍게 형성될수록 내부의 CNT 및 그래핀이 상호 연결되고, 이에 따라서 전도성 필라멘트들(142)이 상호 연결될 확률이 높아져서 투명 전극(140)의 전도성은 향상되지만 투과도가 낮아진다. 따라서, 본 발명의 전류확산층(150)은 투명 전극(140)의 전도성 필라멘트들(142)을 상호 연결시키기에는 충분하면서도 투과도가 저해되지 않는 한도내에서 가능한 얇게 형성되는 것이 바람직하다.
- [0049] 도 4a 및 도 4b에 도시된 본 발명의 실시예에서는, 약 2nm 내지 약 100nm 의 두께로 전류확산층(150)을 형성하였다. 2nm는 CNT 및 그래핀을 단일층으로 형성할 수 있는 최소의 두께이고, 100nm는 빛의 투과도를 80% 이상으로 유지할 수 있는 최대의 두께이다.
- [0050] 도 4a 및 도 4b에 도시된 예의 경우에, 투명 전극(140)이 형성된 직후 또는 투명 전극(140)이 형성되기 직전에 CNT 또는 그래핀으로 전류확산층(150)을 형성한다는 점을 제외하면, 나머지 구성은 도 1 내지 도 3을 참조하여 설명한 것과 동일하므로, 구체적인 설명은 생략한다.
- [0051] 도 5는 본 발명의 바람직한 제 2 실시예에 따른 투명 전극(540)을 구비하는 유기 발광소자의 구조를 도시하는 도면이다.
- [0052] 도 5를 참조하면, 본 발명의 바람직한 제 2 실시예에 따른 유기 발광 소자는 Bottom-emission 방식의 유기 발광 소자로서, 투명한 유리 또는 플라스틱 재질의 기판(510)위에 제 1 전극(540:이하, "투명 전극"이라 칭함)이 형성되어 있고, 투명 전극(540) 위에 발광층(535)을 포함하는 유기물층(530)과 제 2 전극(520)이 순차적으로 형성되어 있다. 유기물층(530)은 정공 주입층(531), 정공 수송층(533), 발광층(535), 전자 수송층(537), 및 전자 주입층(539)이 차례로 형성된 구조로 구현될 수 있고, 이하에서는 이러한 구조를 예시적으로 설명한다. 투명한 기판(510)과, 정공 주입층(531)부터 제 2 전극(520)까지의 구조는 종래의 일반적인 Bottom-emission 방식의 유기 발광소자에 적용되는 구성과 동일한 구조로 형성될 수 있다.
- [0053] 한편, 투명한 기판(510) 위에 형성되는 투명 전극(540)은 상술한 제 1 실시예의 투명 전극(540)과 마찬가지로 저항 변화 물질로 형성되고, 포밍 공정이 수행되어서 내부에 전도성 필라멘트(542)가 형성되고, 이 전도성 필라

멘트들(542)은 서로 연결됨으로써 전류가 잘 흐르는 저저항 상태가 유지된다. 따라서, 투명 전극(540)은 가시광 영역의 빛 뿐만 아니라, UV 영역의 빛에 대한 투과도가 매우 높을 뿐만 아니라, 정공 주입층(531)과도 오믹 콘택이 형성되어 유기 발광소자의 구동 전력이 감소된다.

[0054] 도 6은 본 발명의 바람직한 제 2 실시예에 따른 유기 발광소자의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

[0055] 도 6을 참조하여 제 2 실시예에 따른 유기 발광 소자를 제조 방법을 설명하면, 먼저, 투명한 유리 기판(510) 또는 투명한 플라스틱 기판(510)과 같이, bottom emission 방식의 유기 발광소자의 제조에 일반적으로 이용되는 기판(510)위에 저항 변화 물질로 투명 전극(540)(제 1 전극)을 형성한다(도 6의 (a) 참조).

[0056] 그 후, 투명 전극(540) 위에 포토레지스트층(580)을 형성하고, 포토 리소그래피 공정을 수행하여 포토레지스트층(580)에 포밍 전극(582)을 형성하기 위한 패턴을 형성하고(도 6의 (b)참조), e-beam, 스퍼터 또는 기타 금속 증착 공정을 수행하여 패턴 내부에 포밍 전극(582)을 형성한 후, lift-off 공정을 통해서 포밍 전극(582)을 제외한 포토레지스트층(580)을 제거하여 포밍 전극(582)을 완성한다.

[0057] 그 후, 도 6의 (d)에 도시된 바와 같이, 투명 전극(540) 위에 형성된 포밍 전극(582)에 물질에 고유한 임계 전압 이상의 전압을 인가하면, 절연물질인 투명 전극(540) 내부에 전도성 필라멘트(542)가 형성되어, 투명 전극(540)의 저항 상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화된다.

[0058] 투명 전극(540)의 포밍 공정이 수행된 후, 투명 전극(540)위에 정공 주입층(531), 정공 수송층(533), 발광층(535), 전자 수송층(537), 전자 주입층(539), 및 제 2 전극(520)이 순차적으로 형성된다(도 6의 (e)참조). 정공 주입층(531) 내지 제 2 전극(520)을 형성하는 과정은 종래의 bottom emission 방식의 유기 발광소자의 제작 공정이 그대로 적용될 수 있다.

[0059] 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 바람직한 제 2 실시예의 변형 실시예에 따른 유기 발광소자의 구조를 도시하는 도면이다. 도 7a 및 도 7b에 도시된 변형 실시예는 도 4a 및 도 4b에 도시된 제 1 실시예의 변형 실시예와 마찬가지로, 전류 확산 효율을 향상시키기 위해서, 투명 전극(540)의 상면 또는 하면에 접촉하도록 전류 확산층(550)을 CNT 또는 그래핀으로 형성한다. 도 7a에는 투명 전극(540) 위에 전류 확산층(550)을 형성한 예를 도시하였고, 도 7b에는 투명한 기판(510) 위에 전류 확산층(550)을 형성하고, 그 위에 투명 전극(540)을 형성한 예를 도시하였다.

[0060] 도 7a 에 도시된 예에서, 정공은 1차적으로 전류 확산층(550)에 의해서 유기 발광 소자 전체 영역으로 확산되어 투명 전극(540)으로 주입되고, 2차적으로 투명 전극(540)에서 유기 발광소자 전체 영역으로 확산됨으로써, 정공 주입층(531)에 균일하게 정공이 주입된다. 또한, 도 7b에 도시된 예에서, 정공은 1차적으로 투명 전극(540)에 의해서 유기 발광 소자 전체 영역으로 확산되어 전류 확산층(550)으로 주입되고, 2차적으로 전류 확산층(550)에서 유기 발광소자 전체 영역으로 확산됨으로써, 정공 주입층(531)에 균일하게 정공이 주입된다.

[0061] 전류 확산층(550)을 포함하는 유기 발광소자는 제2 과정은 투명 전극(540) 형성전 또는 투명 전극(540) 형성후에 전류 확산층(550)을 형성한다는 점만 차이가 있으므로, 구체적인 설명은 생략한다.

[0062] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

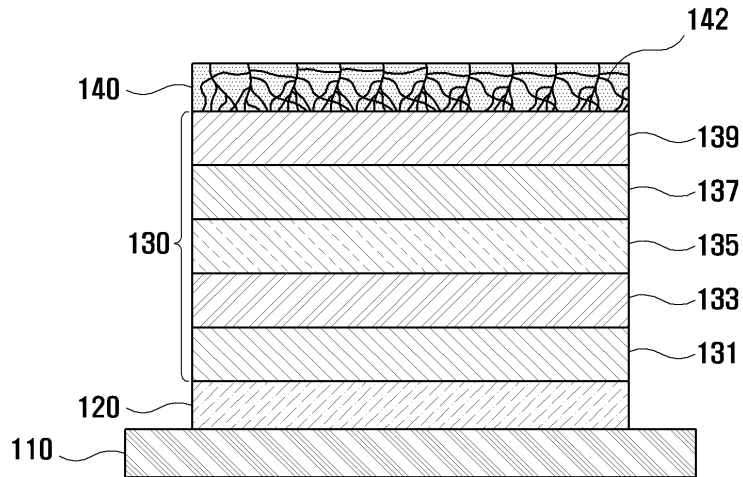
부호의 설명

[0063]	110,510 기관	120,520 제 2 전극
	130,530 유기물층	131,531 정공 주입층

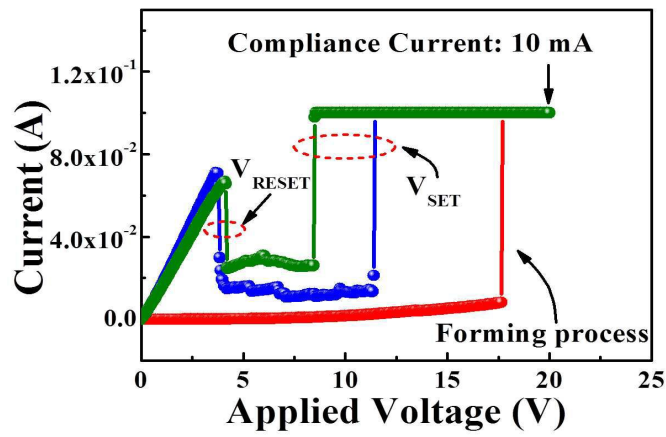
133,533 정공 수송층 135,535 발광층
 137,537 전자 수송층 139,539 전자 주입층
 140,540 투명 전극(제 1 전극) 142,542 전도성 필라멘트
 150,550 전류 확산층

도면

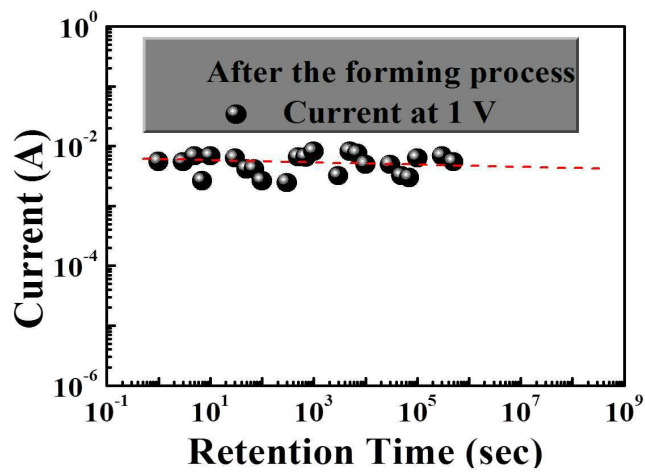
도면1



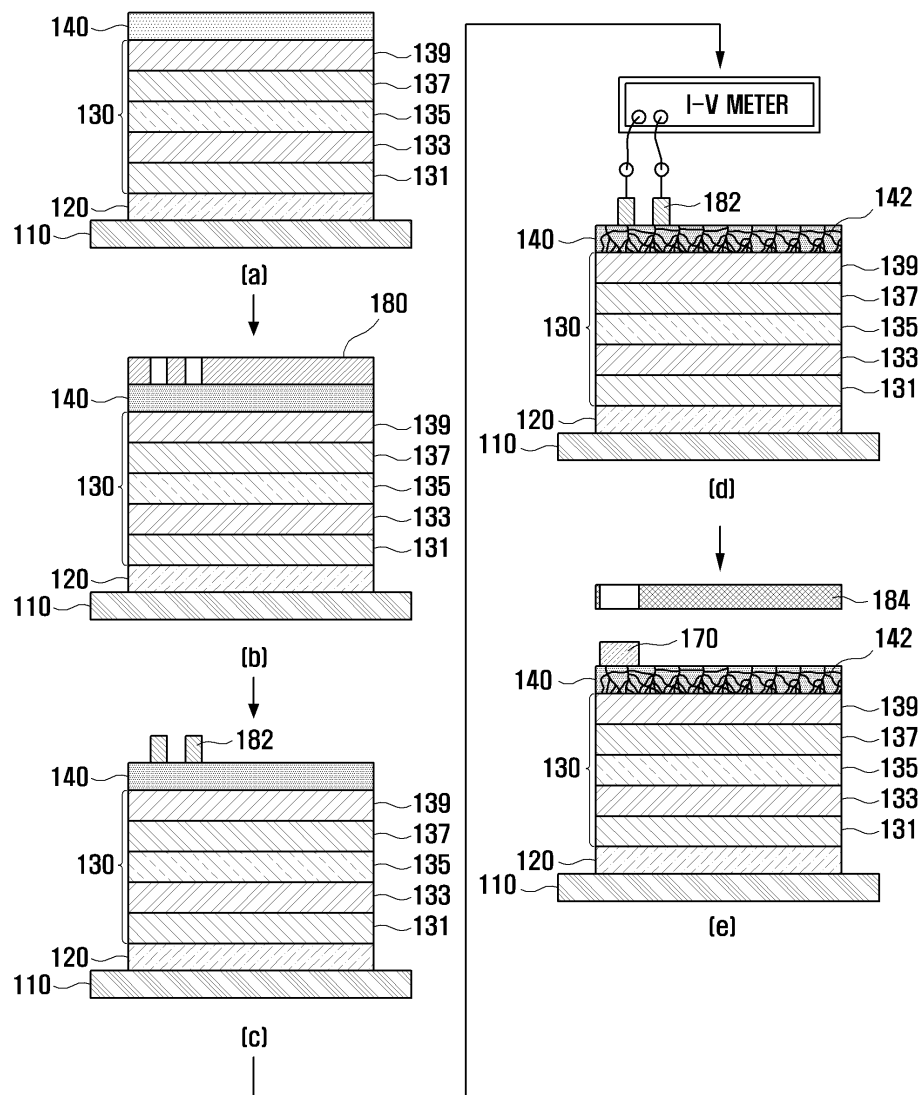
도면2a



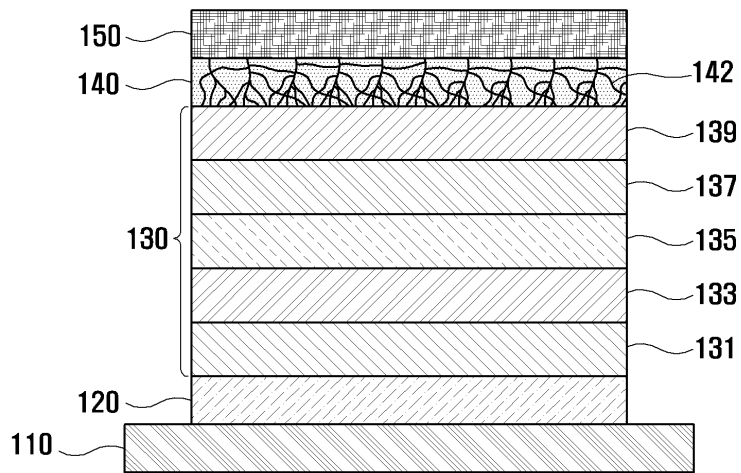
도면2b



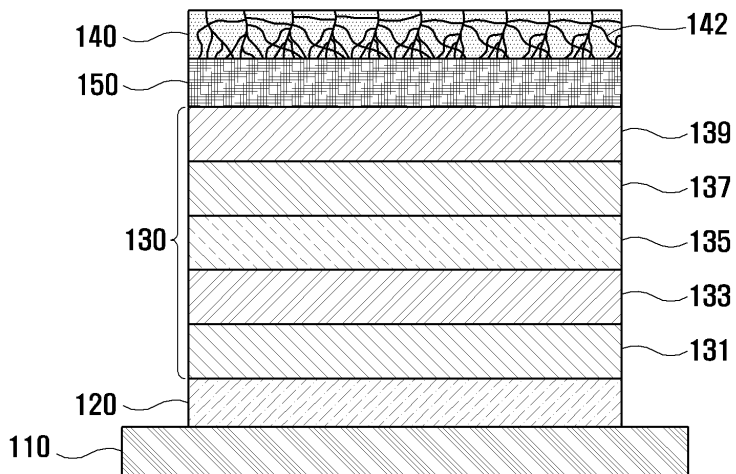
도면3



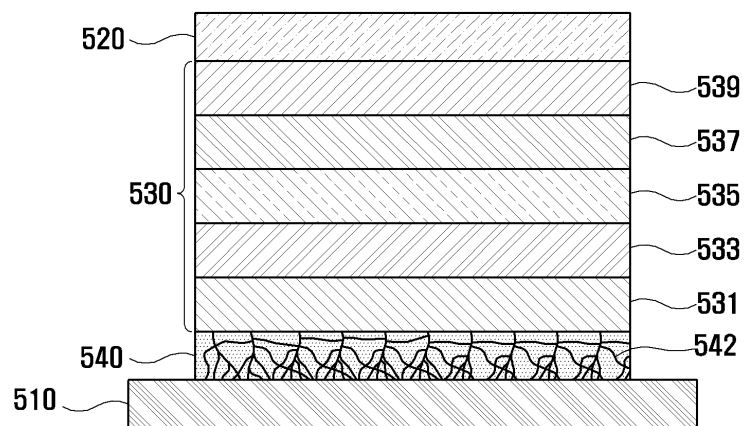
도면4a



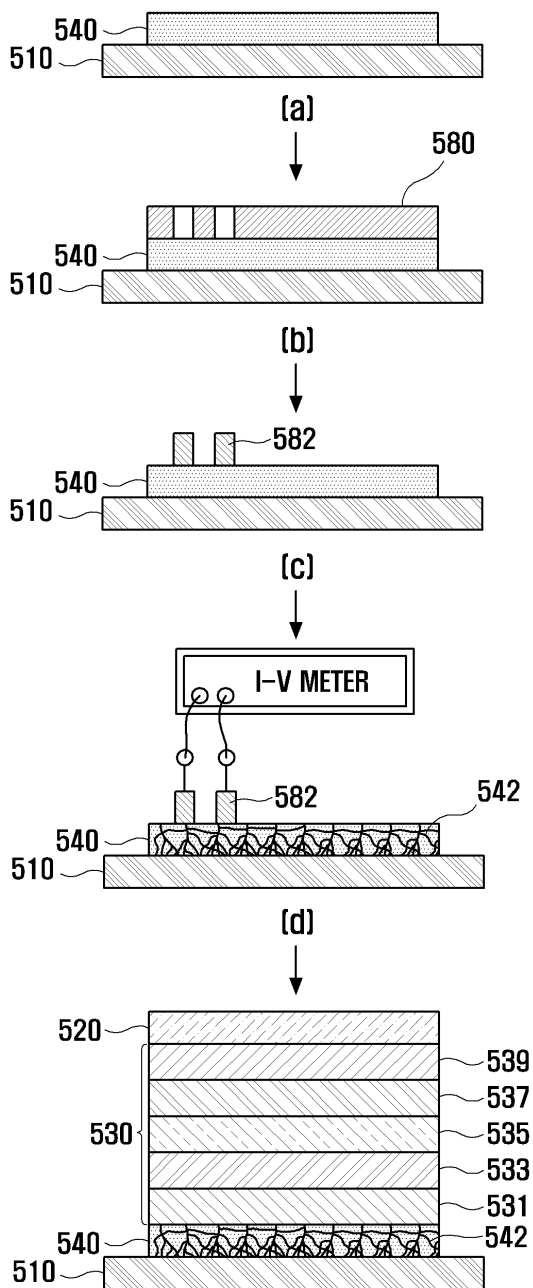
도면4b



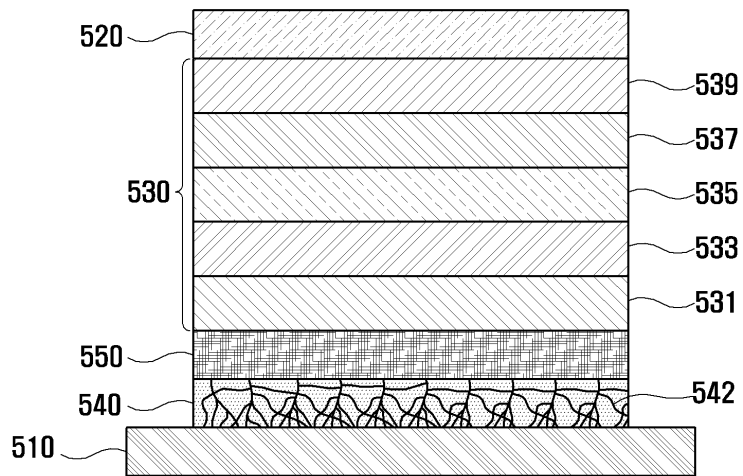
도면5



도면6



도면7a



도면7b

