



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0073376
(43) 공개일자 2017년06월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/56 (2006.01) *H01L 51/50* (2006.01)
H05B 33/10 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H01L 51/56 (2013.01)
H01L 51/5004 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0182208
(22) 출원일자 2015년12월18일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
엘지디스플레이 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)

(72) 발명자
이상근
경기도 의정부시 시민로 253 신곡신일아파트 201
동 901호
(74) 대리인
특허법인인벤투스

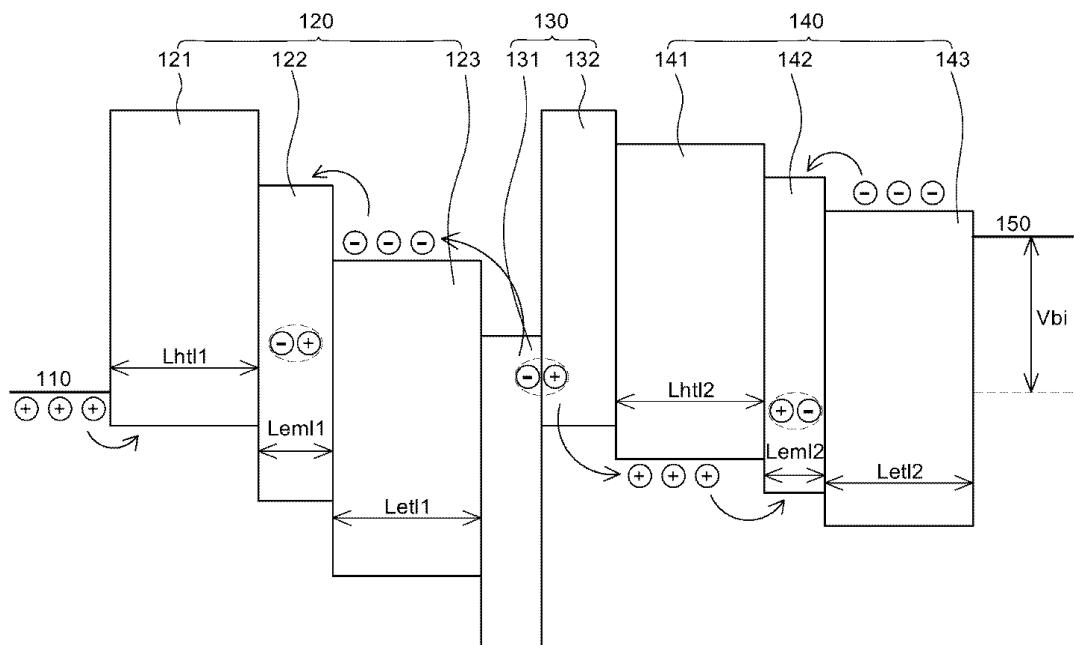
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법 및 이를 이용한 시뮬레이션 장치

(57) 요 약

유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법이 제공된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자는 애노드 전극과 캐소드 전극 사이에 제1 유기물 스택, 전하 생성층 및 제2 유기물 스택이 차례로 적층되고, 이러한 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법은 상기 제1 유기물 스택, 상기 전하 생성층 및 상기 제2 유기물 (뒷면에 계속)

대 표 도



스택에 대한 물리적인 파라미터를 추출하는 단계, 상기 물리적인 파라미터를 이용하여 상기 제1 유기물 스택, 상기 전하 생성층 및 상기 제2 유기물 스택 각각의 전류 밀도를 연산하는 단계 및 상기 제1 유기물 스택, 상기 전하 생성층 및 상기 제2 유기물 스택 각각의 전류 밀도를 기반으로 상기 제1 유기물 스택, 상기 전하 생성층 및 상기 제2 유기물 스택 각각의 전압에 따른 상기 유기 발광 표시 소자의 전기적 특성을 연산하는 단계를 포함할 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법은 각 유기물층의 물리적인 전기적 특성을 반영한 등가 회로에 따른 스파이스 모델링 방법을 이용함으로써, 유기 발광 표시 소자의 전기적 특성을 보다 명확하게 연산할 수 있다.

(52) CPC특허분류

H01L 51/5056 (2013.01)

H01L 51/5072 (2013.01)

H01L 51/5088 (2013.01)

H05B 33/10 (2013.01)

H01L 2251/56 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

애노드 전극과 캐소드 전극 사이에 제1 유기물 스택, 전하 생성층 및 제2 유기물 스택이 차례로 적층된 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법에 있어서,

상기 제1 유기물 스택, 상기 전하 생성층 및 상기 제2 유기물 스택에 대한 물리적인 파라미터를 수신하는 단계;

상기 물리적인 파라미터를 이용하여 상기 제1 유기물 스택, 상기 전하 생성층 및 상기 제2 유기물 스택 각각의 전류 밀도를 연산하는 단계; 및

상기 제1 유기물 스택, 상기 전하 생성층 및 상기 제2 유기물 스택 각각의 전류 밀도를 기반으로 상기 제1 유기물 스택, 상기 전하 생성층 및 상기 제2 유기물 스택 각각의 전압에 따른 상기 유기 발광 표시 소자의 전기적 특성을 연산하는 단계를 포함하는, 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 유기물 스택은 제1 정공 수송층, 제1 유기 발광층 및 제1 전자 수송층을 포함하는, 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 전류 밀도를 연산하는 단계는,

$$J_{htl1} = q \mu_{h1} E_{h1} N_{h1} \exp\left(-\frac{q\phi_{Bh1}}{kT}\right)$$

상기 제1 정공 수송층의 전류 밀도를 수학식
여 연산하는 단계;

$$J_{etl1} = q \mu_{etl1} E_{etl1} N_{etl1} \exp\left(-\frac{q\phi_{bi1} - q\phi_{fi}}{kT}\right)$$

을 이용하여 연산하는 단계; 및

$$J_{etl1} = q \mu_{e1} E_{e1} N_{e1} \exp\left(-\frac{q\phi_{Be1}}{kT}\right)$$

상기 제1 전자 수송층의 전류 밀도를 수학식
산하는 단계를 포함하고,

상기 수학식에서, q 는 기본 전하, μ_{h1} 은 제1 정공 수송층의 이동도, μ_{em11} 은 제1 유기 발광층의 이동도, μ_{e1} 은 제1 전자 수송층의 이동도, E_{h1} 는 제1 정공 수송층의 전기장의 크기, E_{em11} 은 제1 유기 발광층의 전기장의 크기, E_{e1} 는 제1 전자 수송층의 전기장의 크기, N_{h1} 는 제1 정공 수송층의 상태 밀도($eV^{-1} \cdot cm^{-3}$), N_{em11} 는 제1 유기 발광층의 상태 밀도, N_{e1} 는 제1 전자 수송층의 상태 밀도, ϕ_{Bh1} 는 애노드 전극과 제1 정공 수송층 간의 장벽 높이(eV), ϕ_{Be1} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제1 전자 수송층 간의 장벽 높이, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도(K), ϕ_{bi1} 는 제1 정공 수송층과 제1 유기 발광층 간의 장벽 높이, ϕ_{fi} 는 제1 유기 발광층의 페르미(fermi) 장벽 높이인, 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제2 유기물 스택은 제2 정공 수송층, 제2 유기 발광층 및 제2 전자 수송층을 포함하는, 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 전류 밀도를 연산하는 단계는,

$$J_{htl2} = q \mu_{h2} E_{h2} N_{h2} \exp\left(-\frac{q\phi_{Bh2}}{kT}\right)$$

상기 제2 정공 수송층의 전류 밀도를 수학식
하여 연산하는 단계;

상기 제2 유기 발광층의 전류 밀도를 수학식

$$J_{ext2} = q \mu_{ext2} E_{ext2} N_{ext2} \exp\left(-\frac{q\phi_{b2} - q\phi_{f2}}{kT}\right)$$

을 이용하여 연산하는 단계, 몇

$$J_{e2l2} = q \mu_{e2} E_{e2} N_{e2} \exp\left(-\frac{q\phi_{Be2}}{kT}\right)$$

상기 제2 전자 수송층의 전류 밀도를 수학식 (1)을 이용하여
연산하는 단계를 포함하고,

상기 수학식에서, q 는 기본 전하, μ_{h2} 는 제2 정공 수송층의 이동도, μ_{em12} 은 제2 유기 발광층의 이동도, μ_{e2} 는 제2 전자 수송층의 이동도, E_{h2} 는 제2 정공 수송층의 전기장의 크기, E_{em12} 은 제2 유기 발광층의 전기장의 크기, E_{e2} 는 제2 전자 수송층의 전기장의 크기 N_{h2} 는 제2 정공 수송층의 상태 밀도, N_{em12} 는 제2 유기 발광층의 상태 밀도, N_{e2} 는 제2 전자 수송층의 상태 밀도, ϕ_{Bh2} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제2 정공 수송층간의 장벽 높이, ϕ_{Be2} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제2 전자 수송층 간의 장벽 높이, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정온도, ϕ_{bi2} 는 제2 정공 수송층과 제2 유기 발광층 간의 장벽 높이, ϕ_{f2} 는 제2 유기 발광층의 페르미(fermi) 장벽 높이인, 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 전하 생성층은 전자의 주입을 돋는 n형 전하 생성층과 정공의 주입을 돋는 p형 전하 생성층을 포함하고,

상기 전류 밀도를 연산하는 단계는,

$$J_{CGL} = \frac{\sqrt{2m^*}\mu}{4\pi 3\hbar^2} \frac{E(V_{app} - V_{bi})}{E_g^{1/2}} \exp\left(-\frac{4\sqrt{2m^*}}{3q\hbar} \frac{E_g^{3/2}}{E}\right)$$

상기 전하 생성층의 전류 밀도를 수학식

을 이용하여 연산하는 단계를 포함하고,

상기 수학식에서, m^* 은 유효질량, q 는 기본 전하, μ 은 전하 생성층의 정공과 전자의 이동도, h 는 플랑크 상수, E 는 전하 생성층의 상수, E_g 는 밴드갭, V_{app} 는 외부 인가 전압, V_{bi} 는 빌트인 전압인, 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

$$E = \sqrt{\frac{2qn_a p_d (V_{app} + V_{bi})}{\epsilon(n_a + p_d)}}$$

상기 전하 생성층의 상수는 수학식

을 이용하여 연산되고,

상기 수학식에서, q 는 기본 전하, n_a 는 n형 전하 생성층의 전자 밀도(electron density), p_d 는 p형 전하 생성층의 정공 밀도(hole density), ϵ 은 유전 상수, V_{app} 는 외부 인가 전압, V_{bi} 는 빌트인 전압인, 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 빌트인 전압은 상기 애노드 전극과 캐소드 전극 간의 일함수 차이에 해당하는 전압으로, 수학식

$$V_{bi} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{n_a p_d}{n_i^2} \right) = V_{an} - V_{ca}$$

을 이용하여 연산되고,

상기 수학식에서, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도, q 는 기본 전하, n_a 는 n형 전하 생성층의 전자 밀도, p_d 는 p형 전하 생성층의 정공 밀도, n_i 는 진성 캐리어 밀도인, 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

$$n_a = N_{LUMO} \exp \left(\frac{E_f - E_{LUMO}}{kt} \right)$$

상기 n형 전하 생성층의 전자 밀도는 수학식

을 이용하여 연산되고,

상기 수학식에서, N_{LUMO} 는 LUMO 에너지 준위의 상태 밀도, E_f 는 페르미 에너지 준위, E_{LUMO} 는 LUMO 에너지 준위, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도를 각각 나타낸, 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

$$p_d = N_{HOMO} \exp \left(\frac{E_{HOMO} - E_f}{kt} \right)$$

상기 p형 전하 생성층의 정공 밀도는 수학식

을 이용하여 연산되고,

상기 수학식에서, N_{HOMO} 는 HOMO 에너지 준위의 상태 밀도, E_{HOMO} 는 HOMO 에너지 준위, E_f 는 페르미 에너지 준위, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도를 각각 나타낸, 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 기재된 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법을 수행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독가능 기록 매체.

청구항 12

애노드 전극과 캐소드 전극 사이에 제1 유기물 스택, 전하 생성층 및 제2 유기물 스택이 차례로 적층된 유기 발광 표시 소자의 시뮬레이션 장치에 있어서,

상기 제1 유기물 스택, 상기 전하 생성층 및 상기 제2 유기물 스택에 대한 물리적인 파라미터를 수신하는 수신부;

상기 물리적인 파라미터를 이용하여 상기 제1 유기물 스택, 상기 전하 생성층 및 상기 제2 유기물 스택 각각의 전류 밀도를 연산하고, 연산된 전류 밀도를 이용하여 공급 전압에 따른 상기 유기 발광 표시 소자의 전기적 특성을 연산하는 연산부; 및

상기 연산부에 의해 산출된 전기적 특성을 출력하도록 제어하고, 전반적인 스파이스 모델링 방법을 제어하는 제어부를 포함하는, 유기 발광 표시 소자의 시뮬레이션 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제1 유기물 스택은 제1 정공 수송층, 제1 유기 발광층 및 제1 전자 수송층을 포함하고,

상기 제2 유기물 스택은 제2 정공 수송층, 제2 유기 발광층 및 제2 전자 수송층을 포함하는, 유기 발광 표시 소자의 시뮬레이션 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제어부는 상기 유기 발광 표시 소자를 직렬 연결된 제1 내지 제6 다이오드 및 빌트인 전압과 상기 전하 생성층의 전압원의 합으로 이루어진 물리적인 등가 회로로 모델링하고,

상기 제1 다이오드는 상기 제1 정공 수송층의 전류 밀도, 상기 제2 다이오드는 상기 제1 유기 발광층의 전류 밀도, 상기 제3 다이오드는 상기 제1 전자 수송층의 전류 밀도, 상기 제4 다이오드는 상기 제2 정공 수송층의 전류 밀도, 상기 제5 다이오드는 상기 제2 유기 발광층의 전류 밀도, 상기 제6 다이오드는 제2 전자 수송층의 전류 밀도 및 상기 빌트인 전압은 상기 애노드 전극과 상기 캐소드 전극 간의 일함수 차이에 대응하는 전압에 기초하여 모델링되는, 유기 발광 표시 소자의 시뮬레이션 장치.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 연산부는

$$J_{htl1} = q \mu_{h1} E_{h1} N_{h1} \exp\left(-\frac{q\phi_{Bh1}}{kT}\right)$$

수학식

을 이용하여 상기 제1 정공 수송층의 전류 밀도

를 연산하고,

$$J_{etl1} = q \mu_{etl1} E_{etl1} N_{etl1} \exp\left(-\frac{q\phi_{be1} - q\phi_{fi}}{kT}\right)$$

수학식

을 이용하여 상기 제1 유기 발광

층의 전류 밀도를 연산하며,

$$J_{etl1} = q \mu_{etl1} E_{etl1} N_{etl1} \exp\left(-\frac{q\phi_{be1}}{kT}\right)$$

수학식

을 이용하여 상기 제1 전자 수송층의 전류 밀도를 연

산하고,

$$J_{htl2} = q \mu_{h2} E_{h2} N_{h2} \exp\left(-\frac{q\phi_{Bh2}}{kT}\right)$$

수학식

을 이용하여 상기 제2 정공 수송층의 전류 밀도를 연

산하며,

$$J_{\text{exp2}} = q \mu_{\text{exp2}} E_{\text{exp2}} N_{\text{exp2}} \exp\left(-\frac{q\phi_{b2}-q\phi_{f2}}{kT}\right)$$

수학식
광층의 전류 밀도를 연산하고,

$$J_{\text{etl2}} = q \mu_{\text{e2}} E_{\text{e2}} N_{\text{e2}} \exp\left(-\frac{q\phi_{Be2}}{kT}\right)$$

수학식
을 이용하여 상기 제2 유기 발
전자 수송층의 전류 밀도를
연산하며,

상기 수학식에서, q 는 기본 전하, μ_{h1} 은 제1 정공 수송층의 이동도, μ_{em11} 은 제1 유기 발광층의 이동도, μ_{e1} 은 제1 전자 수송층의 이동도, μ_{h2} 는 제2 정공 수송층의 이동도, μ_{em12} 는 제2 유기 발광층의 이동도, μ_{e2} 는 제2 전자 수송층의 이동도, E_{h1} 는 제1 정공 수송층의 전기장의 크기, E_{em11} 은 제1 유기 발광층의 전기장의 크기, E_{e1} 는 제1 전자 수송층의 전기장의 크기, E_{h2} 는 제2 정공 수송층의 전기장의 크기, E_{em12} 는 제2 유기 발광층의 전기장의 크기, E_{e2} 는 제2 전자 수송층의 전기장의 크기, N_{h1} 는 제1 정공 수송층의 상태 밀도, N_{em11} 는 제1 유기 발광층의 상태 밀도, N_{e1} 는 제1 전자 수송층의 상태 밀도, N_{h2} 는 제2 정공 수송층의 상태 밀도, N_{em12} 는 제2 유기 발광층의 상태 밀도, N_{e2} 는 제2 전자 수송층의 상태 밀도, ϕ_{Bh1} 는 애노드 전극과 제1 정공 수송층 간의 장벽 높이, ϕ_{Be1} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제1 전자 수송층 간의 장벽 높이, ϕ_{Bh2} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제2 정공 수송층 간의 장벽 높이, ϕ_{Be2} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제2 전자 수송층 간의 장벽 높이, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도, ϕ_{bi1} 는 제1 정공 수송층과 제1 유기 발광층 간의 장벽 높이, ϕ_{bi2} 는 제2 정공 수송층과 제2 유기 발광층 간의 장벽 높이, ϕ_{f1} 는 제1 유기 발광층의 페르미(fermi) 장벽 높이, ϕ_{f2} 는 제2 유기 발광층의 페르미(fermi) 장벽 높이를 각각 나타낸, 유기 발광 표시 소자의 시뮬레이션 장치.

청구항 16

제13항에 있어서,

상기 제어부는 상기 유기 발광 표시 소자를 직렬 연결된 제1 내지 제4 다이오드 및 빌트인 전압과 상기 전하 생성층의 전압원의 합으로 이루어진 물리적인 등가 회로로 모델링하고,

상기 제1 다이오드는 상기 제1 정공 수송층의 전류 밀도, 상기 제2 다이오드는 상기 제1 전자 수송층의 전류 밀도, 상기 제3 다이오드는 상기 제2 정공 수송층의 전류 밀도, 상기 제4 다이오드는 제2 전자 수송층의 전류 밀도 및 상기 빌트인 전압은 상기 애노드 전극과 상기 캐소드 전극 간의 일함수 차이에 대응하는 전압을 나타낸, 유기 발광 표시 소자의 시뮬레이션 장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 연산부는

$$J_{\text{hul1}} = q \mu_{\text{h1}} E_{\text{h1}} N_{\text{h1}} \exp\left(-\frac{q\phi_{\text{Bh1}}}{kT}\right)$$

수학식
를 연산하고,

$$J_{\text{etl1}} = q \mu_{\text{e1}} E_{\text{e1}} N_{\text{e1}} \exp\left(-\frac{q\phi_{\text{Be1}}}{kT}\right)$$

수학식
을 이용하여 상기 제1 전자 수송층의 전류 밀도를 연
산하며,

$$J_{h2l2} = q \mu_{h2} E_{h2} N_{h2} \exp\left(-\frac{q\phi_{Bh2}}{kT}\right)$$
 을 이용하여 상기 제2 정공 수송층의 전류 밀도를 연산하고,

$$J_{e2l2} = q \mu_{e2} E_{e2} N_{e2} \exp\left(-\frac{q\phi_{Be2}}{kT}\right)$$
 을 이용하여 상기 제2 전자 수송층의 전류 밀도를 연산하며,

상기 수학식에서, q 는 기본 전하, μ_{h1} 은 제1 정공 수송층의 이동도, μ_{e1} 은 제1 전자 수송층의 이동도, μ_{h2} 은 제2 정공 수송층의 이동도, μ_{e2} 는 제2 전자 수송층의 이동도, E_{h1} 는 제1 정공 수송층의 전기장의 크기, E_{e1} 는 제1 전자 수송층의 전기장의 크기, E_{h2} 는 제2 정공 수송층의 전기장의 크기, E_{e2} 는 제2 전자 수송층의 전기장의 크기, N_{h1} 는 제1 정공 수송층의 상태 밀도, N_{e1} 는 제1 전자 수송층의 상태 밀도, N_{h2} 는 제2 정공 수송층의 상태 밀도, N_{e2} 는 제2 전자 수송층의 상태 밀도, ϕ_{Bh1} 는 애노드 전극과 제1 정공 수송층 간의 장벽 높이, ϕ_{Be1} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제1 전자 수송층 간의 장벽 높이, ϕ_{Bh2} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제2 정공 수송층 간의 장벽 높이, ϕ_{Be2} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제2 전자 수송층 간의 장벽 높이, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도를 각각 나타낸, 유기 발광 표시 소자의 시뮬레이션 장치.

청구항 18

제13항에 있어서,

상기 전하 생성층은 전자의 주입을 돋는 n형 전하 생성층과 정공의 주입을 돋는 p형 전하 생성층을 포함하고,

$$E = \sqrt{\frac{2qn_a p_d (V_{app} + V_{bi})}{\varepsilon(n_a + p_d)}}$$
 상기 전하 생성층의 상수는 수학식에 의해 연산되며,

$$V_{bi} = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{n_a p_d}{n_i^2}\right) = V_{an} - V_{ca}$$
 상기 빌트인 전압은 수학식에 의해 연산되고,

$$n_a = N_{LUMO} \exp\left(\frac{E_f - E_{LUMO}}{kt}\right)$$
 상기 n형 전하 생성층의 전자 밀도는 수학식에 의해 연산되며,

$$p_d = N_{HOMO} \exp\left(\frac{E_{HOMO} - E_f}{kt}\right)$$
 상기 p형 전하 생성층의 정공 밀도는 수학식에 의해 연산되고,

상기 수학식에서, q 는 기본 전하, n_a 는 n형 전하 생성층의 전자 밀도, p_d 는 p형 전하 생성층의 정공 밀도, ε 은 유전 상수, V_{app} 는 외부 인가 전압, V_{bi} 는 빌트인 전압, n_i 는 진성 캐리어 밀도, N_{LUMO} 는 LUMO 에너지 준위의 상태 밀도, E_f 는 페르미 에너지 준위, E_{LUMO} 는 LUMO 에너지 준위, N_{HOMO} 는 HOMO 에너지 준위의 상태 밀도 및 E_{HOMO} 는 HOMO 에너지 준위 각각을 나타낸, 유기 발광 표시 소자의 시뮬레이션 장치.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 연산부는

$$J_{CGL} = \frac{\sqrt{2m^*}\mu}{4\pi 3\hbar^2} \frac{E(V_{app} - V_{bi})}{E_g^{1/2}} \exp\left(-\frac{4\sqrt{2m^*}}{3q\hbar} \frac{E_g^{3/2}}{E}\right)$$

수학식
전류 밀도를 연산하고,

상기 수학식에서, m^* 은 유효질량, q 는 기본 전하, μ 은 전하 생성층의 정공과 전자의 이동도, \hbar 은 플랑크 상수, E 는 전하 생성층의 상수, E_g 는 밴드갭, V_{app} 는 외부 인가 전압, V_{bi} 는 벌트인 전압을 각각 나타낸, 유기 발광 표시 소자의 시뮬레이션 장치.

청구항 20

제14항에 있어서,

상기 제어부는 상기 유기 발광 표시 소자의 전류 밀도가 상기 제1 유기물 스택, 상기 전하 생성층 및 상기 제2 유기물 스택 각각에 포함된 유기물 층에 흐르는 전류 밀도와 동일하다는 캐리어 밸런스를 고려하고,

상기 유기 발광 표시 장치의 전압은 상기 제1 유기물 스택, 상기 전하 생성층 및 상기 제2 유기물 스택 각각에 포함된 유기물 층에 흐르는 전압의 합과 동일하다는 것을 고려하여 유기 발광 표시 소자의 전기적 특성을 모델링 하는, 유기 발광 표시 소자의 시뮬레이션 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 유기 발광 표시 소자의 스파이스(SPICE; Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) 모델링 방법 및 이를 이용한 시뮬레이션 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 복수의 유기물 스택 및 그 사이에 전하 생성층이 배치된 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법 및 이를 이용한 시뮬레이션 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

현재 널리 이용되고 있는 평판 표시 장치로는 액정 표시 장치(Liquid Crystal Display; LCD), 플라즈마 표시 장치(Plasma Display Panel Device; PDP), 전계 방출 표시 장치(Field Emission Display Device; FED), 유기 발광 표시 장치(Organic Light Emitting Display; OLED) 등이 있다.

[0003]

이 중, 유기 발광 표시 소자는 별도의 광원을 요구하지 않는 자발광 소자로, 경량 박형이 가능하고 선명한 컬러 표시가 가능하다는 장점을 가지고 있다.

[0004]

유기 발광 표시 소자는 애노드(anode) 전극, 캐소드(cathode) 전극 및 애노드 전극과 캐소드 전극 사이의 유기 발광층을 포함한다. 특히, 유기 발광층은 애노드 전극을 통해 주입된 정공(hole)과 캐소드 전극을 통해 주입된 전자(electron)가 내부로 주입되고, 주입된 전자(electron)와 정공(hole)이 결합하여 형성된 엑시톤(exciton)이 여기 상태(excited state)에서 기저 상태(ground state)로 떨어지면서 자발광한다.

[0005]

이에 따라, 유기 발광 표시 소자에서 유기 발광층은 필수적인 구성요소이다. 유기 발광층은 일반적으로 쉐도우 마스크(shadow mask)를 이용하여 형성되는데, 쉐도우 마스크를 이용하여 형성되는 경우 불량 발생이 많아 그 대안적인 방법이 요구되었다.

[0006]

이러한 쉐도우 마스크를 대체하여 제시되었던 여러 방법 중 하나로 백색 유기 발광 표시 소자가 있다.

[0007]

백색 유기 발광 표시 소자는 애노드 전극과 캐소드 전극 사이의 유기 발광층을 포함한 유기막들을 마스크 없이 중착하는 것을 특징으로 한다.

[0008]

백색 유기 발광 표시 소자에서 백색 발광을 구현하기 위해서는 여러 가지 방법이 있다. 이 중 하나의 방법은 애노드 전극과 캐소드 전극 사이에 각각 다른 색의 유기 발광층을 두 층 이상 적층하여 백색 광을 얻는 방법이 있다. 즉, 다른 색의 유기 발광층을 갖는 백색 유기 발광 표시 소자는 다른 색의 유기 발광층이 동시에 발광이 일어나면서 서로 다른 색이 혼합되어 결과적으로 백색 광이 발광되도록 하는 원리이다.

[0009] 이와 같이, 애노드 전극과 캐소드 전극 사이에 서로 다른 색의 유기 발광층을 두 층 이상 갖는 백색 유기 발광 표시 소자는 텐덤(Tandem) 구조를 갖는 백색 유기 발광 표시 소자라고도 지칭된다.

[0010] 텐덤 구조의 백색 유기 발광 표시 소자는 정공과 전자의 주입을 보다 원활히 하기 위해 서로 다른 색의 유기 발광층 사이에 전하 생성층(Charge Generation Layer; CGL)을 더 포함한다.

[0011] 이에 따라, 텐덤 구조의 백색 유기 발광 표시 소자에서 전하 생성층의 전기적 특성은 텐덤 구조의 백색 유기 발광 표시 소자의 전기적 특성에 중요한 영향을 미치게 된다.

[0012] 따라서, 텐덤 구조의 백색 유기 발광 표시 소자를 설계할 때, 전하 생성층의 전기적 특성을 정확하게 분석할 수 있는 스파이스 모델링 방법이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 스파이스 모델이란 아날로그 회로 시뮬레이션을 할 때에 필요한 소자의 전기적 특성을 나타내는 것이다. 이러한 스파이스 모델이 해당 소자의 전기적 특성을 정확하게 나타내고 있으면 회로 설계 상 오류가 나타나지 않을 수 있다.

[0014] 도 1은 유기 발광 표시 소자를 설계할 때 이용되는 종래의 등가 회로를 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 1을 참조하면, 종래의 유기 발광 표시 소자의 등가 회로는 제1 저항(R_s), 제2 저항(R_p), 캐페시터(C_p) 및 다이오드(10)를 포함한다.

[0015] 그러나, 종래의 유기 발광 표시 소자의 등가 회로는 무기 반도체인 실리콘 다이오드의 모델로, 무기 반도체인 실리콘 다이오드의 전기적 특성을 나타내는 것이다. 다시 말해, 도 1를 이용하여 유기 발광 표시 소자의 전기적 특성을 나타내는 파라미터(parameter)를 추출하는 것은 유기 발광 표시 소자의 물리적 원리가 고려된 것이 아니고 무기 반도체를 고려한 것이기 때문에 물리적으로 정확한 방법은 아니다.

[0016] 이에 따라, 유기 발광 표시 소자의 설계 시, 정확한 시뮬레이션을 위해 유기 발광 표시 소자의 물리적인 전기적 특성을 고려한 스파이스 모델링 확립이 중요하다.

[0017] 그러나, 현재 유기 발광 표시 소자, 특히 복수의 유기물 스택 및 그 사이에 전하 생성층이 배치된 텐덤 구조의 백색 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링은 확립되지 않았다.

[0018] 본 발명의 발명자는 상술한 문제점들을 인식하고, 특히, 텐덤 구조의 백색 유기 발광 표시 소자에서 전하 생성층의 물리적인 전기적 특성을 고려한 스파이스 모델링 방법을 발명하였다.

[0019] 이에, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 전하 생성층의 물리적 전기적 특성을 고려한 스파이스 모델링 방법을 확립하여 텐덤 구조의 백색 유기 발광 표시 소자 설계 시, 정확한 시뮬레이션 동작이 이루어질 수 있는 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법 및 이를 이용한 시뮬레이션 장치를 제공하는 것이다.

[0020] 본 발명의 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0021] 전술한 바와 같은 과제를 해결하기 위하여 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법이 제공된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자는 애노드 전극과 캐소드 전극 사이에 제1 유기물 스택, 전하 생성층 및 제2 유기물 스택이 차례로 적층되고, 이러한 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법은 제1 유기물 스택, 전하 생성층 및 제2 유기물 스택에 대한 물리적인 파라미터를 수신하는 단계, 물리적인 파라미터를 이용하여 제1 유기물 스택, 전하 생성층 및 제2 유기물 스택 각각의 전류 밀도를 연산하는 단계 및 제1 유기물 스택, 전하 생성층 및 제2 유기물 스택 각각의 전류 밀도를 기반으로 제1 유기물 스택, 전하 생성층 및 제2 유기물 스택 각각의 전압에 따른 유기 발광 표시 소자의 전기적 특성을 연산하는 단계를 포함할 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법은 각 유기물층의 물리적인 전기적 특성을 반영한 등가 회로에 따른 스파이스 모델링 방법을 이용함으로써, 유기 발광 표시 소자의 전기적 특성, 예를 들어, J-V 특성, 다시 말해 전류와 전압 사이의 관계 특성을 보다 명확하게 연산할 수 있다.

[0022] 제1 유기물 스택은 제1 정공 수송층, 제1 유기 발광층 및 제1 전자 수송층을 포함할 수 있다.

[0023] 제1 유기물 스택의 전류 밀도를 연산하는 단계는, 제1 정공 수송층의 전류 밀도는 수학식

$$J_{h1l1} = q \mu_{h1} E_{h1} N_{h1} \exp\left(-\frac{q\phi_{Bh1}}{kT}\right)$$

을 이용하여 연산하는 단계, 제1 유기 발광층의 전류 밀도는 수학식

$$J_{e1l1} = q \mu_{e1l1} E_{e1l1} N_{e1l1} \exp\left(-\frac{q\phi_{bi1} - q\phi_{f1}}{kT}\right)$$

을 이용하여 연산하는

$$J_{e1l1} = q \mu_{e1} E_{e1} N_{e1} \exp\left(-\frac{q\phi_{Be1}}{kT}\right)$$

단계 및 제1 전자 수송층의 전류 밀도는 수학식

이용하여 연산하는 단계를 포함할 수 있고, 수학식에서, q 는 기본 전하, μ_{h1} 은 제1 정공 수송층의 이동도, μ_{e1l1} 은 제1 유기 발광층의 이동도, μ_{e1} 은 제1 전자 수송층의 이동도, E_{h1} 는 제1 정공 수송층의 전기장의 크기, E_{e1l1} 은 제1 유기 발광층의 전기장의 크기, E_{e1} 는 제1 전자 수송층의 전기장의 크기, N_{h1} 는 제1 정공 수송층의 상태 밀도($eV^{-1} \cdot cm^{-3}$), N_{e1l1} 는 제1 유기 발광층의 상태 밀도, N_{e1} 는 제1 전자 수송층의 상태 밀도, ϕ_{Bh1} 는 애노드 전극과 제1 정공 수송층 간의 장벽 높이(eV), ϕ_{Be1} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제1 전자 수송층 간의 장벽 높이, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도(K), ϕ_{bi1} 는 제1 정공 수송층과 제1 유기 발광층 간의 장벽 높이, ϕ_{f1} 는 제1 유기 발광층의 페르미(fermi) 장벽 높이를 각각 나타낼 수 있다.

[0024] 제2 유기물 스택은 제2 정공 수송층, 제2 유기 발광층 및 제2 전자 수송층을 포함할 수 있다.

[0025] 제2 유기물 스택의 전류 밀도를 연산하는 단계는 제2 정공 수송층의 전류 밀도는 수학식

$$J_{h2l2} = q \mu_{h2} E_{h2} N_{h2} \exp\left(-\frac{q\phi_{Bh2}}{kT}\right)$$

을 이용하여 연산하는 단계, 제2 유기 발광층의

$$J_{e2l2} = q \mu_{e2l2} E_{e2l2} N_{e2l2} \exp\left(-\frac{q\phi_{bi2} - q\phi_{f2}}{kT}\right)$$

를 이용하여 연산하는

전류 밀도는 수학식
하는 단계 및 제2 전자 수송층의 전류 밀도는 수학식

$$J_{e2l2} = q \mu_{e2} E_{e2} N_{e2} \exp\left(-\frac{q\phi_{Be2}}{kT}\right)$$

를 이용하여 연산하는 단계를 포함하고, 수학식

에서, q 는 기본 전하, μ_{h2} 은 제2 정공 수송층의 이동도, μ_{e2l2} 은 제2 유기 발광층의 이동도, μ_{e2} 은 제2 전자 수송층의 이동도, E_{h2} 는 제2 정공 수송층의 전기장의 크기, E_{e2l2} 는 제2 유기 발광층의 전기장의 크기, E_{e2} 는 제2 전자 수송층의 전기장의 크기 N_{h2} 는 제2 정공 수송층의 상태 밀도, N_{e2l2} 는 제2 유기 발광층의 상태 밀도, N_{e2} 는 제2 전자 수송층의 상태 밀도, ϕ_{Bh2} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제2 정공 수송층간의 장벽 높이, ϕ_{Be2} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제2 전자 수송층 간의 장벽 높이, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도, ϕ_{bi2} 는 제2 정공 수송층과 제2 유기 발광층 간의 장벽 높이, ϕ_{f2} 는 제2 유기 발광층의 페르미(fermi) 장벽 높이를 각각 나타낼 수 있다.

[0026] 전하 생성층은 전자의 주입을 돋는 n형 전하 생성층과 정공의 주입을 돋는 p형 전하 생성층을 포함할 수 있고,

$$J_{CGL} = \frac{\sqrt{2m^*} \mu}{4\pi 3\hbar^2} \frac{E(V_{app} - V_{bi})}{E_g^{1/2}} \exp\left(-\frac{4\sqrt{2m^*}}{3q\hbar} \frac{E_g^{3/2}}{E}\right)$$

전하 생성층의 전류 밀도는 수학식

용하여 연산하는 단계를 포함하고, 수학식에서, m^* 은 유효질량, q 는 기본 전하, μ 은 전하 생성층의 이동도, \hbar 는 플랑크 상수, E 는 전하 생성층의 상수, E_g 는 밴드갭, V_{app} 는 외부 인가 전압, V_{bi} 는 빌트인 전압을 각각 나타낼 수 있다.

$$E = \sqrt{\frac{2qn_a p_d (V_{app} + V_{bi})}{\epsilon (n_a + p_d)}}$$

[0027] 전하 생성층의 상수는 수학식 을 이용하여 연산될 수 있고, 수학식에서, q 는 기본 전하, n_a 는 n형 전하 생성층의 전자 밀도(electron density), p_d 는 p형 전하 생성층의 정공 밀도(hole density), ϵ 은 유전 상수, V_{app} 는 외부 인가 전압, V_{bi} 는 빌트인 전압을 각각 나타낼 수 있다.

[0028] 빌트인 전압은 애노드 전극과 캐소드 전극 간의 일함수 차이에 해당하는 전압으로, 수학식 $V_{bi} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{n_a p_d}{n_i^2} \right) = V_{an} - V_{ca}$ 을 이용하여 연산될 수 있고, 수학식에서, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도, q 는 기본 전하, n_a 는 n형 전하 생성층의 전자 밀도, p_d 는 p형 전하 생성층의 정공 밀도, n_i 는 진성 캐리어 밀도를 각각 나타낼 수 있다.

$$n_a = N_{LUMO} \exp \left(\frac{E_f - E_{LUMO}}{kt} \right)$$

[0029] n형 전하 생성층의 전자 밀도는 수학식 을 이용하여 연산될 수 있고, 수학식에서, N_{LUMO} 는 LUMO 에너지 준위의 상태 밀도, E_f 는 폐르미 에너지 준위, E_{LUMO} 는 LUMO 에너지 준위, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도를 각각 나타낼 수 있다.

$$p_d = N_{HOMO} \exp \left(\frac{E_{HOMO} - E_f}{kt} \right)$$

[0030] p형 전하 생성층의 정공 밀도는 수학식 을 이용하여 연산될 수 있고, 수학식에서, N_{HOMO} 는 HOMO 에너지 준위의 상태 밀도, E_{HOMO} 는 HOMO 에너지 준위, E_f 는 폐르미 에너지 준위, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도를 각각 나타낼 수 있다.

[0031] 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법을 수행하기 위한 프로그램이 기록된 기록 매체를 포함할 수 있다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자는 애노드 전극과 캐소드 전극 사이에 제1 유기물 스택, 전하 생성층 및 제2 유기물 스택이 차례로 적층되고, 이러한 유기 발광 표시 소자의 시뮬레이션 장치는 제1 유기물 스택, 전하 생성층 및 제2 유기물 스택에 대한 물리적인 파라미터를 수신하는 수신부, 물리적인 파라미터를 이용하여 제1 유기물 스택, 전하 생성층 및 제2 유기물 스택 각각의 전류 밀도를 연산하고, 연산된 전류 밀도를 이용하여 공급 전압에 따른 유기 발광 표시 소자의 전기적 특성을 연산하는 연산부, 연산부에 의해 산출된 전기적 특성을 출력하도록 제어하고, 전반적인 스파이스 모델링 방법을 제어하는 제어부를 포함할 수 있다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 시뮬레이션 장치는 유기 발광 표시 소자 설계 시, 전하 생성층과 유기물층들의 물리적인 파라미터를 고려한 등가 회로에 따른 스파이스 모델링을 이용하여 설계하기 때문에 정확한 시뮬레이션 동작이 이루어질 수 있다.

[0033] 제1 유기물 스택은 제1 정공 수송층, 제1 유기 발광층 및 제1 전자 수송층을 포함할 수 있고, 제2 유기물 스택은 제2 정공 수송층, 제2 유기 발광층 및 제2 전자 수송층을 포함할 수 있다.

[0034] 제어부는 유기 발광 표시 소자를 직렬 연결된 제1 내지 제6 다이오드 및 빌트인 전압과 전하 생성층의 전압원의 합으로 이루어진 물리적인 등가 회로로 모델링하고, 제1 다이오드는 제1 정공 수송층의 전류 밀도, 제2 다이오드는 제1 유기 발광층의 전류 밀도, 제3 다이오드는 제1 전자 수송층의 전류 밀도, 제4 다이오드는 제2 정공 수송층의 전류 밀도, 제5 다이오드는 제2 유기 발광층의 전류 밀도, 제6 다이오드는 제2 전자 수송층의 전류 밀도 및 빌트인 전압은 애노드 전극과 캐소드 전극 간의 일함수 차이에 대응하는 전압을 나타낼 수 있다.

$$J_{htl1} = q \mu_{h1} E_{h1} N_{h1} \exp\left(-\frac{q\phi_{Bh1}}{kT}\right)$$

[0035] 연산부는 수학식 을 이용하여 상기 제1 정공 수송층의

$$J_{eml1} = q \mu_{eml1} E_{eml1} N_{eml1} \exp\left(-\frac{q\phi_{bi1}-q\phi_{fi1}}{kT}\right)$$

전류 밀도를 연산할 수 있고, 수학식 을 이용하여 제1 유기 발광층의 전류 밀도를 연산할 수 있으며, 수학식

$$J_{etl1} = q \mu_{e1} E_{e1} N_{e1} \exp\left(-\frac{q\phi_{Be1}}{kT}\right)$$

을 이용하여 제1 전자 수송층의 전류 밀도를 연산할 수

$$J_{htl2} = q \mu_{h2} E_{h2} N_{h2} \exp\left(-\frac{q\phi_{Bh2}}{kT}\right)$$

있고, 수학식 을 이용하여 제2 정공 수송층의 전류 밀

$$J_{eml2} = q \mu_{eml2} E_{eml2} N_{eml2} \exp\left(-\frac{q\phi_{bi2}-q\phi_{fi2}}{kT}\right)$$

도를 연산할 수 있으며, 수학식 을 이

$$J_{etl2} = q \mu_{e2} E_{e2} N_{e2} \exp\left(-\frac{q\phi_{Be2}}{kT}\right)$$

을 이용하여 제2 전자 수송층의 전류 밀도를 연산할 수 있으며, 수학식에서, q 는 기본 전하, μ_{h1} 은 제1 정공 수송층의 이동도, μ_{eml1} 은 제1 유기 발광층의 이동도, μ_{e1} 은 제1 전자 수송층의 이동도, μ_{h2} 은 제2 정공 수송층의 이동도, μ_{eml2} 은 제2 유기 발광층의 이동도, μ_{e2} 은 제2 전자 수송층의 이동도, E_{h1} 는 제1 정공 수송층의 전기장의 크기, E_{eml1} 은 제1 유기 발광층의 전기장의 크기, E_{e1} 는 제1 전자 수송층의 전기장의 크기, E_{h2} 는 제2 정공 수송층의 전기장의 크기, E_{eml2} 은 제2 유기 발광층의 전기장의 크기, E_{e2} 는 제2 전자 수송층의 전기장의 크기, N_{h1} 는 제1 정공 수송층의 상태 밀도, N_{eml1} 는 제1 유기 발광층의 상태 밀도, N_{e1} 는 제1 전자 수송층의 상태 밀도, N_{h2} 는 제2 정공 수송층의 상태 밀도, N_{eml2} 는 제2 유기 발광층의 상태 밀도, N_{e2} 는 제2 전자 수송층의 상태 밀도, ϕ_{Bh1} 는 애노드 전극과 제1 정공 수송층 간의 장벽 높이, ϕ_{Be1} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제1 전자 수송층 간의 장벽 높이, ϕ_{Bh2} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제2 정공 수송층 간의 장벽 높이, ϕ_{Be2} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제2 전자 수송층 간의 장벽 높이, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도, ϕ_{bi1} 는 제1 정공 수송층과 제1 유기 발광층 간의 장벽 높이, ϕ_{bi2} 는 제2 정공 수송층과 제2 유기 발광층 간의 장벽 높이, ϕ_{fi1} 는 제1 유기 발광층의 페르미(fermi) 장벽 높이, ϕ_{fi2} 는 제2 유기 발광층의 페르미(fermi) 장벽 높이를 각각 나타낼 수 있다.

[0036] 제어부는 유기 발광 표시 소자를 직렬 연결된 제1 내지 제4 다이오드 및 빌트인 전압과 전하 생성층의 전압원의 합으로 이루어진 물리적인 등가 회로로 모델링할 수 있고, 이 때, 제1 다이오드는 제1 정공 수송층의 전류 밀도, 제2 다이오드는 제1 전자 수송층의 전류 밀도, 제3 다이오드는 제2 정공 수송층의 전류 밀도, 제4 다이오드는 제2 전자 수송층의 전류 밀도 및 빌트인 전압은 애노드 전극과 캐소드 전극 간의 일함수 차이에 대응하는 전압을 나타낼 수 있다.

$$J_{htl1} = q \mu_{h1} E_{h1} N_{h1} \exp\left(-\frac{q\phi_{Bh1}}{kT}\right)$$

[0037] 연산부는 수학식 을 이용하여 제1 정공 수송층의 전류

$$J_{etl1} = q \mu_{e1} E_{e1} N_{e1} \exp\left(-\frac{q\phi_{Be1}}{kT}\right)$$

밀도를 연산할 수 있고, 수학식 을 이용하여 제1 전자 수송

$$J_{h1l2} = q \mu_{h2} E_{h2} N_{h2} \exp\left(-\frac{q\phi_{Bh2}}{kT}\right)$$

총의 전류 밀도를 연산할 수 있으며, 수학식
하여 제2 정공 수송층의 전류 밀도를 연산할 수 있고, 수학식

$$J_{e1l2} = q \mu_{e2} E_{e2} N_{e2} \exp\left(-\frac{q\phi_{Be2}}{kT}\right)$$

을 이용하여 제2 전자 수송층의 전류 밀도를 연산할 수 있으며, 수학식에서, q 는 기본 전하, μ_{h1} 은 제1 정공 수송층의 이동도, μ_{e1} 은 제1 전자 수송층의 이동도, μ_{h2} 은 제2 정공 수송층의 이동도, μ_{e2} 은 제2 전자 수송층의 이동도, E_{h1} 는 제1 정공 수송층의 전기장의 크기, E_{e1} 는 제1 전자 수송층의 전기장의 크기, E_{h2} 는 제2 정공 수송층의 전기장의 크기, E_{e2} 는 제2 전자 수송층의 전기장의 크기, N_{h1} 는 제1 정공 수송층의 상태 밀도, N_{e1} 는 제1 전자 수송층의 상태 밀도, N_{h2} 는 제2 정공 수송층의 상태 밀도, N_{e2} 는 제2 전자 수송층의 상태 밀도, ϕ_{Bh1} 는 애노드 전극과 제1 정공 수송층 간의 장벽 높이, ϕ_{Be1} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제1 전자 수송층 간의 장벽 높이, ϕ_{Bh2} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제2 정공 수송층 간의 장벽 높이, ϕ_{Be2} 는 애노드 전극 또는 캐소드 전극과 제2 전자 수송층 간의 장벽 높이, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도를 각각 나타낼 수 있다.

[0038]

전하 생성층은 전자의 주입을 돋는 n형 전하 생성층과 정공의 주입을 돋는 p형 전하 생성층을 포함할 수 있고,

$$E = \sqrt{\frac{2qn_a p_d (V_{app} + V_{bi})}{\epsilon (n_a + p_d)}}$$

전하 생성층의 상수는 수학식에 의해 연산될 수 있으며, 빌트인 전압은 수

$$V_{bi} = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{n_a p_d}{n_i^2}\right) = V_{an} - V_{ca}$$

학식에 의해 연산될 수 있고, n형 전하 생성층의 전자 밀도는 수

$$n_a = N_{LUMO} \exp\left(\frac{E_f - E_{LUMO}}{kt}\right)$$

학식에 의해 연산될 수 있으며,

$$p_d = N_{HOMO} \exp\left(\frac{E_{HOMO} - E_f}{kt}\right)$$

[0039]

p형 전하 생성층의 정공 밀도는 수학식에 의해 연산될 수 있고,

수학식에서, q 는 전하, n_a 는 n형 전하 생성층의 전자 밀도, p_d 는 p형 전하 생성층의 정공 밀도, ϵ 은 유전 상수, V_{app} 는 외부 인가 전압, V_{bi} 는 빌트인 전압, n_i 는 진성 캐리어 밀도, N_{LUMO} 는 LUMO 에너지 준위의 상태 밀도, E_f 는 폐르미 에너지 준위, E_{LUMO} 는 LUMO 에너지 준위, N_{HOMO} 는 HOMO 에너지 준위의 상태 밀도 및 E_{HOMO} 는 HOMO 에너지 준위 각각을 나타낼 수 있다.

[0040]

연산부는 수학식을 이용하여 전하 생성층

$$J_{CGL} = \frac{\sqrt{2m^*} \mu}{4\pi 3\hbar^2} \frac{E(V_{app} - V_{bi})}{E_g^{1/2}} \exp\left(-\frac{4\sqrt{2m^*}}{3q\hbar} \frac{E_g^{3/2}}{E}\right)$$

의 전류 밀도를 연산할 수 있고, 수학식에서, m^* 은 유효질량, q 는 기본 전하, μ 은 전하 생성층의 전자 및 정공의 이동도, \hbar 는 플랑크 상수, E 는 전하 생성층의 상수, E_g 는 밴드갭, V_{app} 는 외부 인가 전압, V_{bi} 는 빌트인 전압을 각각 나타낼 수 있다.

[0041]

제어부는 유기 발광 표시 소자의 전류 밀도가 제1 유기물 스택, 상기 전하 생성층 및 상기 제2 유기물 스택 각각에 포함된 유기물층에 흐르는 전류 밀도와 동일하다는 캐리어 밸런스를 고려하고, 유기 발광 표시 소자의 전

암은 제1 유기물 스택, 전하 생성층 및 제2 유기물 스택 각각에 포함된 유기물층에 걸리는 전압의 합과 동일하다는 것을 고려하여 유기 발광 표시 소자의 전기적 특성, 예를 들어, J-V 특성, 다시 말해 전류와 전압 사이의 관계 특성을 모델링할 수 있다.

[0042] 기타 실시예의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

[0043] 본 발명은 텐덤 구조를 갖는 백색 유기 발광 표시 소자의 물리적인 전기적 특성을 고려한 스파이스 모델링을 확립함으로써 텐덤 구조를 갖는 유기 발광 표시 소자 설계 시 정확한 시뮬레이션 동작이 이루어질 수 있는 효과가 있다.

[0044] 본 발명에 따른 효과는 이상에서 예시된 내용에 의해 제한되지 않으며, 더욱 다양한 효과들이 본 명세서 내에 포함되어 있다.

도면의 간단한 설명

[0045] 도 1은 유기 발광 표시 소자를 설계할 때 이용되는 종래의 등가 회로를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 발광 원리를 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 밴드 투 밴드 터널링(tunneling)을 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 빌트인 전압을 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 물리적인 등가 회로를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 물리적인 등가 회로를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법을 이용하는 시뮬레이션 장치를 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0046] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0047] 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 도면에 개시된 형상, 크기, 비율, 각도, 개수 등은 예시적인 것으로 본 발명이 도시된 사항에 한정되는 것은 아니다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다. 본 명세서 상에서 언급된 '포함한다', '갖는다', '이루어진다' 등이 사용되는 경우 '~만'이 사용되지 않는 이상 다른 부분이 추가될 수 있다. 구성 요소를 단수로 표현한 경우에 특별히 명시적인 기재 사항이 없는 한 복수를 포함하는 경우를 포함한다.

[0048] 구성 요소를 해석함에 있어서, 별도의 명시적 기재가 없더라도 오차 범위를 포함하는 것으로 해석한다.

[0049] 위치 관계에 대한 설명일 경우, 예를 들어, '~상에', '~상부에', '~하부에', '~옆에' 등으로 두 부분의 위치 관계가 설명되는 경우, '바로' 또는 '직접'이 사용되지 않는 이상 두 부분 사이에 하나 이상의 다른 부분이 위치할 수도 있다.

[0050] 소자 또는 층이 다른 소자 또는 층 "위 (on)"로 지칭되는 것은 다른 소자 바로 위에 또는 중간에 다른 층 또는 다른 소자를 개재한 경우를 모두 포함한다.

[0051] 비록 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않는다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라

서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있다.

[0052] 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0053] 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 도시된 것이며, 본 발명이 도시된 구성의 크기 및 두께에 반드시 한정되는 것은 아니다.

[0054] 본 발명의 여러 실시예들의 각각 특징들이 부분적으로 또는 전체적으로 서로 결합 또는 조합 가능하며, 당업자가 충분히 이해할 수 있듯이 기술적으로 다양한 연동 및 구동이 가능하며, 각 실시예들이 서로에 대하여 독립적으로 실시 가능할 수도 있고 연관 관계로 함께 실시 가능할 수도 있다.

[0055] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 다양한 실시예들을 상세히 설명한다.

[0056] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 발광 원리를 설명하기 위한 개략적인 도면이다. 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자(100)는 애노드 전극(110), 캐소드 전극(150), 제1 유기물 스택(120), 전하 생성층(130) 및 제2 유기물 스택(140)을 포함한다.

[0057] 애노드 전극(110)은 상대적으로 큰 일함수를 갖는 금속 재질로 이루어질 수 있다.

[0058] 제1 유기물 스택(120)은 애노드 전극(110)과 전하 생성층(130) 사이에 제1 정공 수송층(121), 제1 유기 발광층(122) 및 제1 전자 수송층(123)을 포함한다. 이때, 제1 유기 발광층(122)은 청색 광을 발광할 수 있는 물질을 포함할 수 있다.

[0059] 전하 생성층(130)은 제1 유기물 스택(120)과 제2 유기물 스택(140) 사이에서 전하 균형 조절 역할을 한다. 전하 생성층(130)은 전자의 주입을 위한 n형 전하 생성층(131)과 정공 주입을 위한 p형 전하 생성층(132)을 포함한다.

[0060] 제2 유기물 스택(140)은 전하 생성층(130)과 캐소드 전극(150) 사이에 제2 정공 수송층(141), 제2 유기 발광층(142) 및 제2 전자 수송층(143)을 포함한다. 이때, 제2 유기 발광층(142)은 청색보다 장파장의 광을 발광할 수 있는 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제2 유기 발광층(142)은 황록색(yellow-green) 광을 발광하는 물질을 포함할 수 있다. 다만, 이에 제한되지 않고, 제1 유기 발광층(122)이 황록색 광을 발광하는 물질을 포함하고, 제2 유기 발광층(142)이 청색 광을 발광하는 물질을 포함할 수도 있다.

[0061] 캐소드 전극(150)은 상대적으로 낮은 일함수를 갖는 금속 재질로 이루어질 수 있다.

[0062] 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자(100)는 애노드 전극(110)과 캐소드 전극(150) 각각에 구동 전압이 인가되면 제1 유기물 스택(120) 및 제2 유기물 스택(140)의 제1 정공 수송층(121) 및 제2 정공 수송층(141)의 정공과 제1 전자 수송층(123) 및 제2 전자 수송층(143)의 전자가 각각 제1 유기 발광층(122) 및 제2 유기 발광층(142)으로 이동되어 결합하여 발광하게 된다.

[0063] 상술한 바와 같은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자(100)의 전기적 특성, 예를 들어, J-V 특성, 다시 말해 전류와 전압 사이의 관계 특성을 결정하는 가장 큰 요인은 애노드 전극(110) 및 캐소드 전극(150)과 같은 금속과 제1 유기물 스택(120)을 이루는 유기물층과 제2 유기물 스택(140)을 이루는 유기물층 사이에서 정공과 전자의 공급을 돋는 전하 생성층(130)의 주입 특성이다. 이를 보다 상세히 살펴보기 위해 도 3 및 도 4를 함께 참조한다.

[0064] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 밴드 투 밴드 터널링을 설명하기 위한 개략적인 도면이다. 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 빌트인 전압을 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

[0065] 도 3에 도시된 바와 같이, 제1 유기물 스택(120)의 제1 전자 수송층(123)은 전자 주입을 돋는 n형 전하 생성층(131)과 접촉하고, 제2 유기물 스택(140)의 제2 정공 수송층(141)은 정공 주입을 돋는 p형 전하 생성층(132)과 접촉한다. 여기서, 전하 생성층(130)에서의 전자와 정공의 주입이 잘 되기 위해서는 제1 전자 수송층(123) 쪽으로 전자가, 제2 정공 수송층(141) 쪽으로는 정공이 각각 터널링되어야 전류가 잘 흐르게 된다.

[0066] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자(100)의 정확한 전기적 특성을 위해서는 애노드 전극(110)과 제1 정공 수송층(121) 간의 장벽 높이(ϕ_{Bh1}), 캐소드 전극(150)과 제1 전자 수송층(123) 간의 장벽 높이(ϕ_{Be1}), 애노드 전극(110)과 제2 정공 수송층(141) 간의 장벽 높이(ϕ_{Bh2}) 및 캐소드 전극(150)과 제2 전자 수

송충(143) 간의 장벽 높이(ϕ_{Be2})가 고려되어야 한다.

[0067] 덧붙여, 도 4에 도시된 바와 같이, 플랫 밴드(flat band) 상태를 위해 애노드 전극(110)과 캐소드 전극(140)의 일함수 차이에 해당하는 전압(V_{bi})을 인가해야 하므로 빌트인 전압이 존재하게 된다.

[0068] 상술한 바와 같은 전극들과 유기물층들 간의 장벽 높이, 전자 이동도 및 빌트인 포텐셜 등의 물리적 특성에 기초하면 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자(100)의 물리적인 등가 회로가 모델링될 수 있다.

[0069] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 물리적인 등가 회로를 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자(100)의 물리적인 등가 회로는 제1 내지 제6 다이오드(D1 ~ D6) 및 전압원($V_{cgl}+V_{bi}$)을 포함할 수 있다.

[0070] 제1 다이오드(D1)는 제1 정공 수송층(121)의 전류 밀도(J_{htl1})를 고려한 것이고, 제1 전압(V_{htl1})은 제1 다이오드(D1)의 양단 전압이다. 제2 다이오드(D2)는 제1 유기 발광층(122)의 전류 밀도(J_{eml1})를 고려한 것이고, 제2 전압(V_{eml1})은 제2 다이오드(D2)의 양단 전압이다. 제3 다이오드(D3)는 제1 전자 수송층(123)의 전류 밀도(J_{etl1})를 고려한 것이고, 제3 전압(V_{etl1})은 제3 다이오드(D3)의 양단 전압이다. 제4 다이오드(D4)는 제2 정공 수송층(141)의 전류 밀도(J_{htl2})를 고려한 것이고, 제4 전압(V_{htl2})은 제4 다이오드(D4)의 양단 전압이다. 제5 다이오드(D5)는 제2 유기 발광층(142)의 전류 밀도(J_{eml2})를 고려한 것이고, 제5 전압(V_{eml2})은 제5 다이오드(D5)의 양단 전압이다. 제6 다이오드(D6)는 제2 전자 수송층(143)의 전류 밀도(J_{etl2})를 고려한 것이고, 제6 전압(V_{etl2})은 제6 다이오드(D6)의 양단 전압이다.

[0071] 전압원($V_{cgl}+V_{bi}$)은 전하 생성층(130)의 전압(V_{cgl})과 애노드 전극(110)과 캐소드 전극(150) 간의 일함수 차이에 해당하는 전압인 빌트인 전압(V_{bi})의 합이다.

[0072] 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자(100)의 전기적 특성 중 전류 밀도(J)는 각 층에 흐르는 전류 밀도와 같다는 캐리어 밸런스(Carrier Balance)를 고려할 수 있다. 다시 말해, 제1 정공 수송층(121)의 전류 밀도(J_{htl1}), 제1 유기 발광층(122)의 전류 밀도(J_{eml1}), 제1 전자 수송층(123)의 전류 밀도(J_{etl1}), 제2 정공 수송층(141)의 전류 밀도(J_{htl2}), 제2 유기 발광층(142)의 전류 밀도(J_{eml2}), 제2 전자 수송층(143)의 전류 밀도(J_{etl2}) 및 전하 생성층(130)의 전류 밀도(J_{cgl}) 각각은 총 전류 밀도(J)와 같다. 이를 식으로 나타내면 다음 수학식 1과 같다.

수학식 1

$$J = J_{htl1} = J_{etl1} = J_{cgl} = J_{htl2} = J_{etl2}$$

[0073] [0074] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자(100)의 전기적 특성 중 다른 하나인 제1 내지 제6 다이오드(D1 ~ D6)에 인가되는 총 전압(V)은 각 층에 흐르는 전압 및 빌트인 전압의 합과 같다는 것을 고려할 수 있다. 다시 말해, 제1 정공 수송층(121)의 전압(V_{htl1}), 제1 유기 발광층(122)의 전압(V_{eml1}), 제1 전자 수송층(123)의 전압(V_{etl1}), 전하 생성층(130)의 전압(V_{cgl}), 제2 정공 수송층(141)의 전압(V_{htl2}), 제2 유기 발광층(142)의 전압(V_{eml2}), 제2 전자 수송층(143)의 전압(V_{etl2}) 및 빌트인 전압(V_{bi})의 합은 총 전압(V)과 같다. 이를 식으로 나타내면 다음 수학식 2와 같다.

수학식 2

$$V = V_{htl1} + V_{etl1} + V_{cgl} + V_{bi} + V_{htl2} + V_{etl2}$$

[0076] 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자(100)의 제1 유기물 스택(120) 및 제2 유기물 스택(140)을 이루는 각 유기물층의 이동도는 $1\text{cm}^2/\text{Vs}$ 이하로 매우 낮기 때문에 낮은 이동도를 고려하여 제1 유기물 스택(120) 및 제2 유기물 스택(140)을 이루는 유기물층들의 전류 밀도는 각각 인젝션-리미티드 방정식에 의해 모델링될 수 있다.

[0077] 먼저, 제1 유기물 스택(120)의 제1 정공 수송층(121)의 전류 밀도(J_{ht11})는 다음의 수학식 3과 같이 모델링될 수 있다.

수학식 3

$$J_{ht11} = q \mu_{h1} E_{h1} N_{h1} \exp\left(-\frac{q\phi_{Bh1}}{kT}\right)$$

[0078]

[0079] 수학식 3에서, q 는 기본 전하, μ_{h1} 은 제1 정공 수송층(121)의 이동도, E_{h1} 는 제1 정공 수송층(121)의 전기장의 크기, N_{h1} 는 제1 정공 수송층(121)의 상태 밀도, ϕ_{Bh1} 는 애노드 전극(110)과 제1 정공 수송층(121) 간의 장벽 높이, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도를 각각 나타낸다. 덧붙여, 제1 정공 수송층(121)의 전기장(E_{h1})의 크기는 제1 정공 수송층(121)의 전압(V_{ht11})/소자 길이(L_{ht11})로 나타낼 수 있다.

[0080]

다음으로, 제1 유기물 스택(120)의 제1 유기 발광층(122)의 전류 밀도(J_{em11})는 다음의 수학식 4와 같이 모델링될 수 있다.

수학식 4

$$J_{em11} = q \mu_{em11} E_{em11} N_{em11} \exp\left(-\frac{q\phi_{b11} - q\phi_{f1}}{kT}\right)$$

[0081]

[0082] 수학식 4에서, q 는 기본 전하, μ_{em11} 은 제1 유기 발광층(122)의 이동도, E_{em11} 은 제1 유기 발광층(122)의 전기장의 크기, N_{em11} 는 제1 유기 발광층(122)의 상태 밀도, ϕ_{b11} 는 제1 정공 수송층(121)과 제1 유기 발광층(122) 간의 장벽 높이, ϕ_{f1} 는 제1 유기발광층(122)의 페르미(fermi) 장벽 높이, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도를 각각 나타낸다. 덧붙여, 제1 유기 발광층(122)의 전기장(E_{em11})의 크기는 제1 유기 발광층(122)의 전압(V_{em11})/소자 길이(L_{em11})로 나타낼 수 있다.

[0083]

수학식 4에서, 제1 유기 발광층(122)의 페르미 장벽 높이(ϕ_{f1})는 페르미 레벨에 의해 제1 정공 수송층(121)과 제1 유기 발광층(122)의 계면에 누적되는 정공량을 나타내는 것으로, 이는 페르미 레벨에 의해 제1 정공 수송층(121)과 제1 유기 발광층(122)의 계면에 누적되는 누적 정공량을 고려하기 위함이다. 이에 따라, 제1 유기 발광층(122)의 전류 밀도(J_{em11})의 방정식에서 제1 유기 발광층(122)의 장벽 높이는 제1 정공 수송층(121)과 제1 유기 발광층(122)의 계면에 형성되는 내부 장벽 높이(ϕ_{b11})에서 페르미 장벽 높이(ϕ_{f1})의 차이 값으로 모델링된다.

[0084]

다음으로, 제1 유기물 스택(120)의 제1 전자 수송층(123)의 전류 밀도(J_{et11})는 다음의 수학식 5와 같이 모델링될 수 있다.

수학식 5

$$J_{e11} = q \mu_{e1} E_{e1} N_{e1} \exp\left(-\frac{q\phi_{Be1}}{kT}\right)$$

[0085]

[0086] 수학식 5에서, q 는 기본 전하, μ_{e1} 은 제1 전자 수송층(123)의 이동도, E_{e1} 는 제1 전자 수송층(123)의 전기장의 크기, N_{e1} 는 제1 전자 수송층(123)의 상태 밀도, ϕ_{Be1} 는 애노드 전극(110) 또는 캐소드 전극(150)과 제1 전자 수송층(123) 간의 장벽 높이, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도를 각각 나타낸다. 덧붙여, 제1 전자 수송층(123)의 전기장(E_{e1})의 크기는 제1 전자 수송층(123)의 전압(V_{e11})/소자 길이(L_{e11})로 나타낼 수 있다.

[0087]

다음으로, 제2 유기물 스택(140)의 제2 정공 수송층(141)의 전류 밀도(J_{ht12})는 다음의 수학식 6과 같이 모델링 될 수 있다.

수학식 6

$$J_{ht12} = q \mu_{h2} E_{h2} N_{h2} \exp\left(-\frac{q\phi_{Bh2}}{kT}\right)$$

[0088]

[0089] 수학식 6에서, q 는 기본 전하, μ_{h2} 은 제2 정공 수송층(141)의 이동도, E_{h2} 는 제2 정공 수송층(141)의 전기장의 크기, N_{h2} 는 제2 정공 수송층(141)의 상태 밀도, ϕ_{Bh2} 는 애노드 전극(110) 또는 캐소드 전극(150)과 제2 정공 수송층(141) 간의 장벽 높이, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도를 각각 나타낸다. 덧붙여, 제2 정공 수송층(141)의 전기장(E_{h2})의 크기는 제2 정공 수송층(141)의 전압(V_{ht12})/소자 길이(L_{ht12})로 나타낼 수 있다.

[0090]

다음으로, 제2 유기물 스택(140)의 제2 유기 발광층(142)의 전류 밀도(J_{em12})는 다음의 수학식 7과 같이 모델링 될 수 있다.

수학식 7

$$J_{em12} = q \mu_{em12} E_{em12} N_{em12} \exp\left(-\frac{q\phi_{bi2} - q\phi_{f2}}{kT}\right)$$

[0091]

[0092] 수학식 7에서, q 는 기본 전하, μ_{em12} 은 제2 유기 발광층(142)의 이동도, E_{em12} 은 제2 유기 발광층(142)의 전기장의 크기, N_{em12} 는 제2 유기 발광층(142)의 상태 밀도, ϕ_{bi2} 는 제2 정공 수송층(141)과 제2 유기 발광층(142) 간의 장벽 높이, ϕ_{f2} 는 제2 유기 발광층(142)의 페르미(fermi) 장벽 높이, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도를 각각 나타낸다. 덧붙여, 제2 유기 발광층(142)의 전기장(E_{em12})의 크기는 제2 유기 발광층(142)의 전압(V_{em12})/소자 길이(L_{em12})로 나타낼 수 있다.

[0093]

수학식 7에서, 제2 유기 발광층(142)의 페르미 장벽 높이(ϕ_{f2})는 페르미 레벨에 의해 제2 정공 수송층(141)과 제2 유기 발광층(142)의 계면에 누적되는 정공량을 나타내는 것으로, 이는 페르미 레벨에 의해 제2 정공 수송층(141)과 제2 유기 발광층(142)의 계면에 누적되는 누적 정공량을 고려하기 위함이다. 이에 따라, 제2 유기 발광층(142)의 전류 밀도(J_{em12})의 방정식에서 제2 유기 발광층(142)의 장벽 높이는 제2 정공 수송층(141)과 제2 유기 발광층(142)의 계면에 형성되는 내부 장벽 높이(ϕ_{bi2})에서 페르미 장벽 높이(ϕ_{f2})의 차이 값으로

모델링된다.

[0094] 다음으로, 제2 유기물 스택(140)의 제2 전자 수송층(143)의 전류 밀도(J_{etl2})는 다음의 수학식 8과 같이 모델링 될 수 있다.

수학식 8

$$J_{etl2} = q \mu_{e2} E_{e2} N_{e2} \exp\left(-\frac{q\phi_{Be2}}{kT}\right)$$

[0095] [0096] 수학식 8에서, q 는 기본 전하, μ_{e2} 는 제2 전자 수송층(143)의 이동도, E_{e2} 는 제2 전자 수송층(143)의 전기장의 크기, N_{e2} 는 제2 전자 수송층(143)의 상태 밀도, ϕ_{Be2} 는 애노드 전극(110) 또는 캐소드 전극(150)과 제2 전자 수송층(143) 간의 장벽 높이, k 는 볼츠만 상수, T 는 설정 온도를 각각 나타낸다. 덧붙여, 제2 전자 수송층(143)의 전기장(E_{e2})의 크기는 제2 전자 수송층(143)의 전압(V_{etl2})/소자 길이(L_{etl2})로 나타낼 수 있다.

[0097] 마지막으로, 전하 생성층(130)의 전류 밀도(J_{cgl})는 다음의 수학식 9와 같이 모델링될 수 있다.

수학식 9

$$J_{cgl} = \frac{\sqrt{2m^*}\mu}{4\pi 3\hbar^2} \frac{E(V_{app} - V_{bi})}{E_g^{1/2}} \exp\left(-\frac{4\sqrt{2m^*}}{3q\hbar} \frac{E_g^{3/2}}{E}\right)$$

[0098] [0099] 수학식 9에서, m^* 은 유효질량, q 는 기본 전하, μ 은 전하 생성층(130)의 정공과 전자의 이동도, \hbar 는 펄랑크 상수, E 는 전하 생성층(130)의 상수, E_g 는 밴드갭, V_{app} 는 외부 인가 전압, V_{bi} 는 빌트인 전압을 각각 나타낸다.

[0100] 전하 생성층(130)의 상수(E)는 다음의 수학식 10과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 10

$$E = \sqrt{\frac{2qn_a p_d (V_{app} + V_{bi})}{\varepsilon (n_a + p_d)}}$$

[0101] [0102] 수학식 10에서, q 는 전하, n_a 는 n형 전하 생성층(131)의 전자 밀도, p_d 는 p형 전하 생성층(132)의 정공 밀도, ε 은 유전 상수, V_{app} 는 외부 인가 전압, V_{bi} 는 빌트인 전압을 각각 나타낸다.

[0103] 또한, 빌트인 전압(V_{bi})은, 앞서 설명한 바와 같이, 애노드 전극(110)과 캐소드 전극(150) 간의 일함수 차이에 해당하는 전압($V_{an} - V_{ca}$)으로, 다음의 수학식 11과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 11

$$V_{bi} = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{n_a p_d}{n_i^2}\right) = V_{an} - V_{ca}$$

[0104]

[0105] 수학식 11에서, k는 볼츠만 상수, T는 설정 온도, q는 기본 전하, n_a 는 n형 전하 생성층(131)의 전자 밀도, p_d 는 p형 전하 생성층(132)의 정공 밀도, n_i 는 진성 캐리어 밀도를 각각 나타낸다.

[0106] 또한, n형 전하 생성층(131)의 전자 밀도(n_a)는 다음의 수학식 12와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 12

$$n_a = N_{LUMO} \exp\left(\frac{E_f - E_{LUMO}}{kt}\right)$$

[0107]

[0108] 수학식 12에서, N_{LUMO} 는 LUMO 에너지 준위의 상태 밀도, E_f 는 페르미 에너지 준위, E_{LUMO} 는 LUMO 에너지 준위, k는 볼츠만 상수, T는 설정 온도를 각각 나타낸다.

[0109]

또한, p형 전하 생성층(132)의 정공 밀도(p_d)는 다음의 수학식 13과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 13

$$p_d = N_{HOMO} \exp\left(\frac{E_{HOMO} - E_f}{kt}\right)$$

[0110]

[0111] 수학식 13에서, N_{HOMO} 는 HOMO 에너지 준위의 상태 밀도, E_{HOMO} 는 HOMO 에너지 준위, E_f 는 페르미 에너지 준위, k는 볼츠만 상수, T는 설정 온도를 각각 나타낸다.

[0112]

상술한 바와 같은, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자(100)의 스파이스 모델링 방법을 이용하면 제1 유기물 스택(120)과 제2 유기물 스택(140) 및 전하 생성층(130) 각각의 전류 밀도와 전압을 고려하여 등가 회로를 모델링하기 때문에 유기 발광 표시 소자의 전기적 특성, 예를 들어, J-V 특성, 다시 말해 전류와 전압 사이의 관계 특성을 보다 명확하게 연산할 수 있다.

[0113]

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 물리적인 등가 회로를 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 6을 참조하면 본 발명의 다른 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 등가 회로를 살펴보면, 도 5의 등가 회로와 비교했을 때, 제1 유기물 스택(120)에서 제1 유기 발광층(122)의 전류 밀도(J_{em11})을 고려한 제2 다이오드(D2)와 제2 유기물 스택(140)에서 제2 유기 발광층(142)의 전류 밀도(J_{em12})를 고려한 제5 다이오드(D5)가 생략되었다. 즉, 본 발명의 다른 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 물리적인 등가 회로는 제1 내지 제4 다이오드(D1~D4) 및 전압원($V_{cg1}+V_{bi}$)을 포함할 수 있다. 또한 각각의 유기물층을 나타내는 전류 밀도 또한 도 5를 참조하여 설명한 내용과 동일하기에 자세한 설명은 생략하기로 한다.

[0114]

다만, 도 6에 도시된 바와 같이, 제1 유기물 스택(120) 및 제2 유기물 스택(140)에서 제1 유기물 발광층(122) 및 제2 유기 발광층(142)이 생략될 수 있는 이유는 유기 발광 표시 소자가 전자와 정공이 만나 엑시톤을 형성하여 발광하는 소자이기 때문에 전자와 정공이 잘 결합되게 하는 구조를 갖도록 설계한다면 유기 발광층이 없어도 발광할 수 있기 때문이다.

[0115]

도 6에서 설명한 본 발명의 다른 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 모델링 방법을 이용하면 제1 유기물 스택(120)과 제2 유기물 스택(140) 각각에 포함된 제1 유기 발광층(122) 및 제2 유기 발광층(142)의 전류 밀도를 고려하지 않아도 되기 때문에 일 실시예의 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법보다 간단해질 수 있다.

[0116]

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법을 이용하는 시뮬레이션 장치를 설명하기 위한 개략적인 도면이다. 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 스파이스 모델링 방법을 이용한 시뮬레이션 장치(200)는 수신부(210), 제어부(220), 연산부(230) 및 출력부(240)를 포함한다.

[0117] 수신부(210)는 사용자로부터 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자(100)의 물리적인 파라미터를 수신한다. 수신부(210)는 수신된 파라미터를 제어부(220)에 전달한다.

[0118] 제어부(220)는 수신부(210)로부터 전달된 파라미터를 연산부(230)에 전달한다. 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자(100)의 물리적인 파라미터는 수학식 3 내지 수학식 13의 연산에 필요한 파라미터다.

[0119] 연산부(230)는 제어부(220)에서 제공된 파라미터를 이용하여 수학식 3 내지 13을 통해 제1 유기물 스택(120)과 제2 유기물 스택(140)을 구성하는 각 유기물층의 전류 밀도들을 연산한다. 각 유기물층에 제공되는 공급되는 전압에 따른 전류 밀도를 연산하여 다시 제어부(220)에 제공한다.

[0120] 제어부(220)는 연산된 결과를 전기적 특성, 예를 들어, J-V 특성, 다시 말해 전류와 전압 사이의 관계 특성으로 수치화하거나 그래프화하여 출력부(240)를 통해 표시부에 표시되도록 한다. 제어부(220)는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자(100)의 물리적인 전기적(전압-전류) 특성을 고려한 스파이스 모델링 방법을 이용한 시뮬레이션 전반적인 동작을 제어한다.

[0121] 이와 같은 시뮬레이션 장치는 다양한 컴퓨터 수단에서 수행될 수 있는 시뮬레이션 프로그램의 형태로 구현될 수 있고, 시뮬레이션 프로그램은 컴퓨터로 판독할 수 있는 하드 디스크, CD-ROM, 룸(ROM) 메모리, 램 메모리, 플래시 메모리, SSD 메모리 등과 같은 기록 매체에 저장될 수 있다. 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자의 시뮬레이션 프로그램은 Verilog-A 언어를 이용한 라이브러리 함수로 이루어질 수 있다.

[0122] 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 표시 소자(100)의 시뮬레이션 장치(200)는 유기 발광 표시 소자 설계 시, 전하 생성층(130)의 물리적인 파라미터를 고려한 등가 회로에 따른 스파이스 모델링을 이용하여 설계할 수 있기 때문에 보다 정확한 시뮬레이션 동작이 이루어질 수 있다.

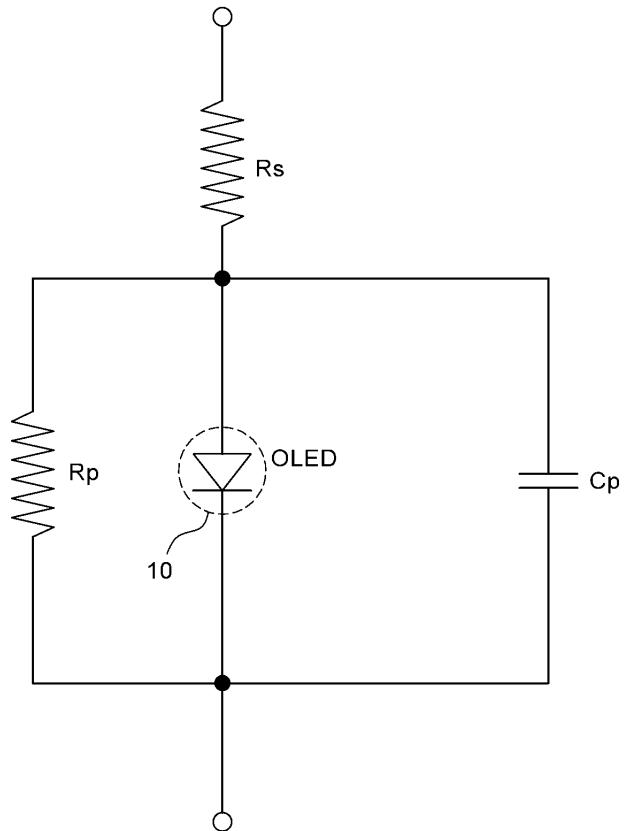
[0123] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 더욱 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 반드시 이러한 실시예로 국한되는 것은 아니고, 본 발명의 기술사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양하게 변형 실시될 수 있다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

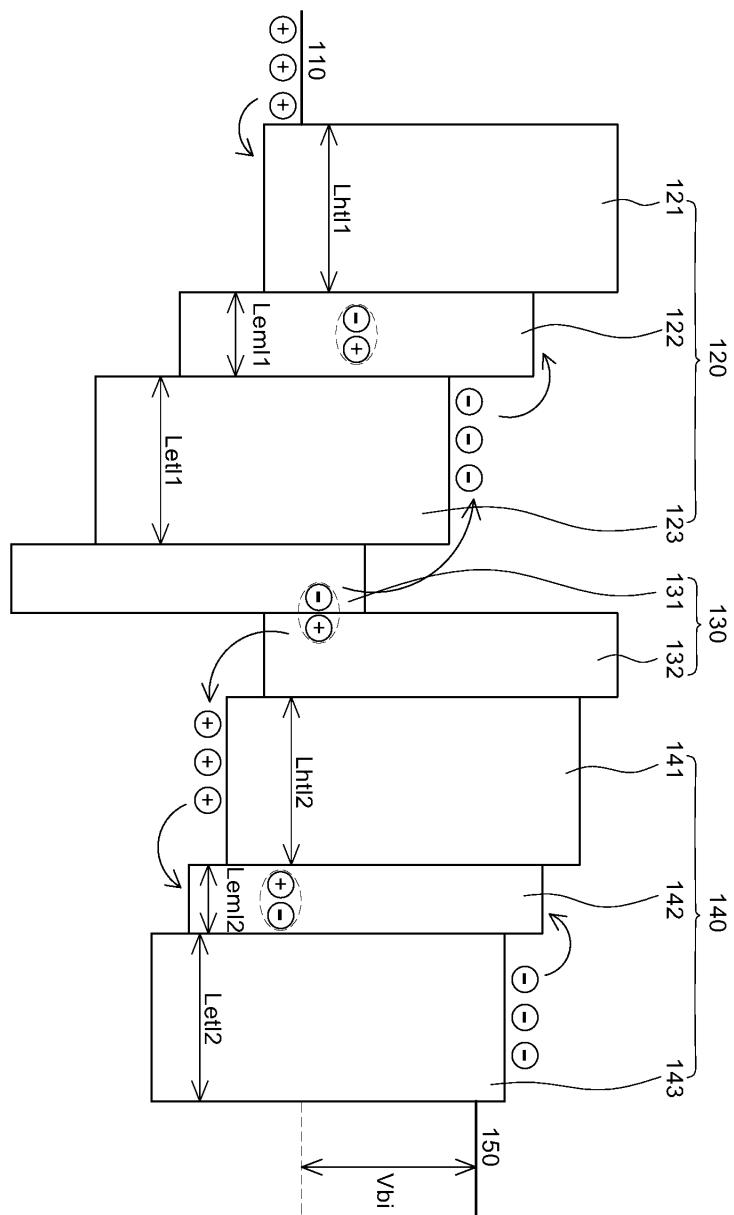
[0124] 100: 유기 발광 표시 소자
 110: 애노드 전극
 120: 제1 유기물 스택
 121: 제1 정공 수송층
 122: 제1 유기 발광층
 123: 제1 전자 수송층
 130: 전하 생성층
 131: n형 전하 생성층
 132: p형 전하 생성층
 140: 제2 유기물 스택
 141: 제2 정공 수송층
 142: 제2 유기 발광층
 143: 제2 전자 수송층

도면

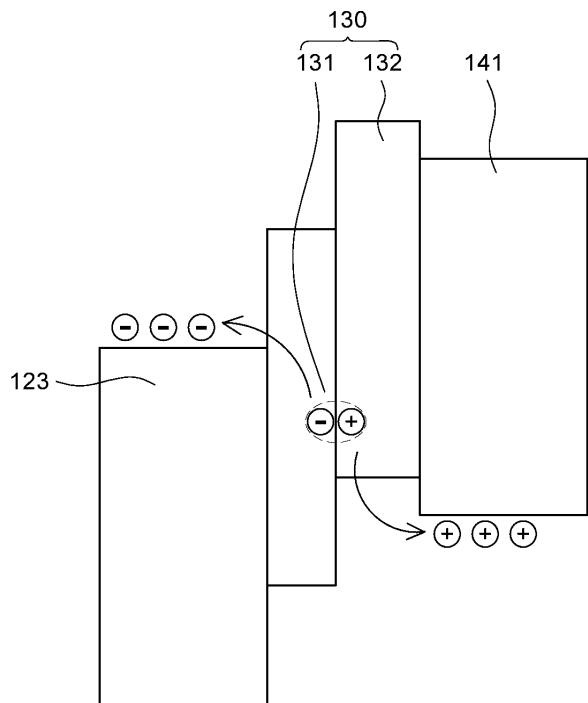
도면1



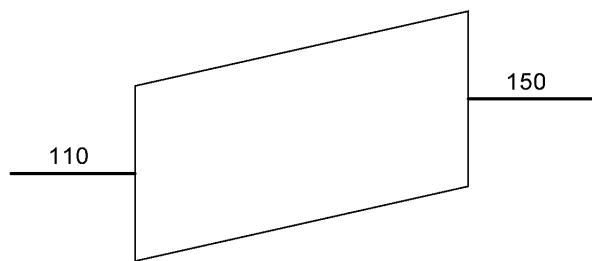
도면2



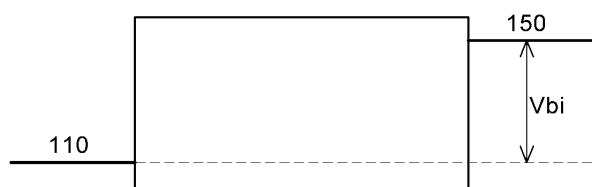
도면3



도면4

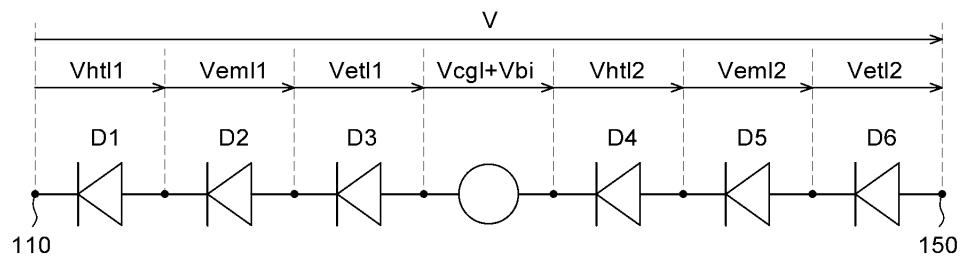


$$V_{\text{apply}} = 0$$

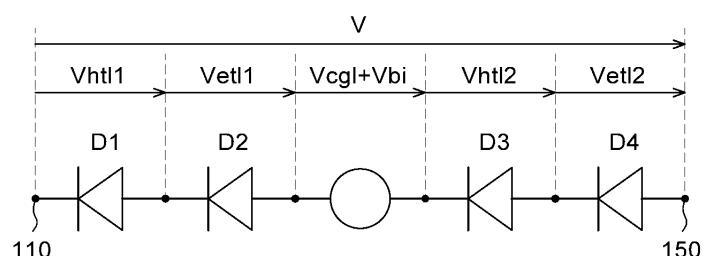


Built-in Voltage

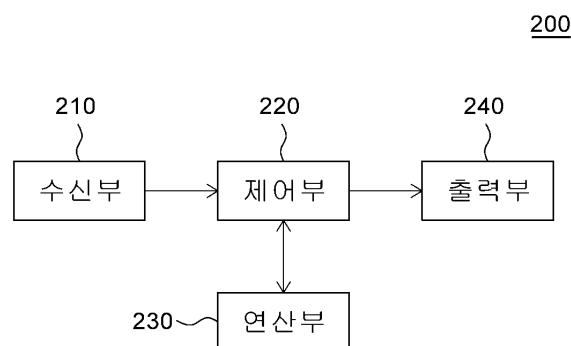
도면5



도면6



도면7



专利名称(译)	有机发光显示装置的香料建模方法及使用其的模拟装置		
公开(公告)号	KR1020170073376A	公开(公告)日	2017-06-28
申请号	KR1020150182208	申请日	2015-12-18
[标]申请(专利权)人(译)	乐金显示有限公司		
申请(专利权)人(译)	LG显示器有限公司		
[标]发明人	LEE SANG GUN 이상근		
发明人	이상근		
IPC分类号	H01L51/56 H01L51/50 H05B33/10		
CPC分类号	H01L51/56 H01L51/5056 H01L51/5072 H01L51/5088 H01L51/5004 H05B33/10 H01L2251/56		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供了有机发光二极管显示器的调料建模方法。根据本发明优选实施方案的有机发光二极管显示器包括阴极中的阳极和第一生物堆叠，这种有机发光二极管显示器的香料造型方法是第一生物堆叠电荷产生层和第二生物堆叠依次层叠，提取第二生物堆叠和电荷生成层的物理参数的步骤，第一生物堆叠使用上述物理参数，步骤和第一生物堆栈计算电荷生成层和第二生物堆叠各自电流密度，基于电荷产生层的第一生物堆叠和第二生物堆叠每个电流密度，以及根据电荷产生层和第二生物堆叠计算有机发光二极管显示器的电特性的步骤每个电压。因此，使用根据本发明优选实施例的有机发光二极管显示器的调料建模方法的等效电路的调料建模方法，其反映了每个有机层的物理特性的电特性。以这种方式，有机发光二极管显示器的电特性可以更具体地说计算。

