(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0043239
(43) 공개일자 2016년04월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/56 (2006.01) *H01L 21/66* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0137014
(22) 출원일자 2014년10월10일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성디스플레이 주식회사
경기 용인시 기흥구 삼성로1(농서동)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
양정진
서울특별시 강남구 논현로68길 23,202호
송원준
경기도 화성시 동탄중앙로 171, 353동 2101호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
박영우

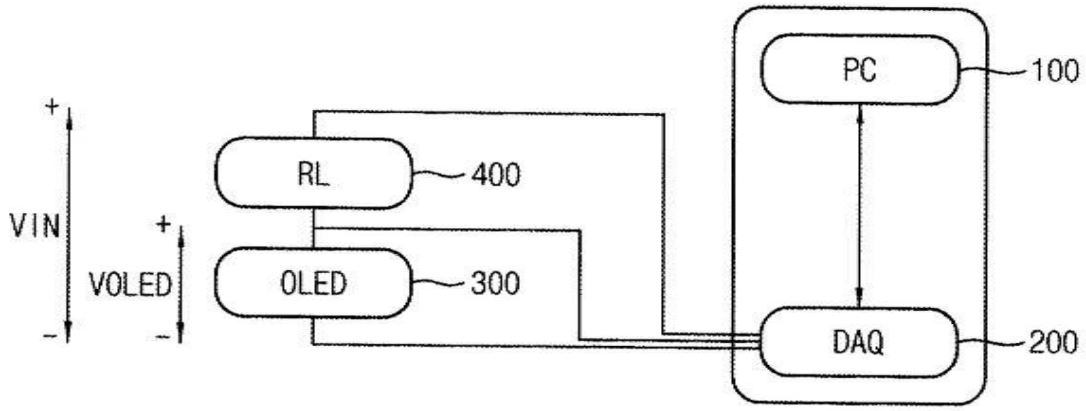
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 **유기 발광 다이오드의 품질 검사 방법 및 이를 수행하기 위한 유기 발광 다이오드의 품질 검사 장치**

(57) 요 약

유기 발광 다이오드의 검사 방법은 유기 발광 다이오드에 입력 전압을 인가하여 상기 유기 발광 다이오드의 양단에 걸리는 유기 발광 다이오드 전압 및 상기 유기 발광 다이오드에 흐르는 유기 발광 다이오드 전류를 측정하는 단계, 상기 유기 발광 다이오드 전류 및 상기 유기 발광 다이오드 전압을 이용하여, 상기 유기 발광 다이오드의 파라미터를 추정하는 단계 및 상기 파라미터를 이용하여, 상기 유기 발광 다이오드의 물리적 특성을 추출하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

윤문채

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 공학관 750호

김규태

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 공학관 240호

윤태웅

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 공학관 750호

명 세 서

청구범위

청구항 1

유기 발광 다이오드에 입력 전압을 인가하여 상기 유기 발광 다이오드의 양단에 걸리는 유기 발광 다이오드 전압 및 상기 유기 발광 다이오드에 흐르는 유기 발광 다이오드 전류를 측정하는 단계;

상기 유기 발광 다이오드 전류 및 상기 유기 발광 다이오드 전압을 이용하여, 상기 유기 발광 다이오드의 파라미터를 추정하는 단계; 및

상기 파라미터를 이용하여, 상기 유기 발광 다이오드의 물리적 특성을 추출하는 단계를 포함하는 유기 발광 다이오드의 검사 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 유기 발광 다이오드는 저항 및 캐패시터로 모델링 되는 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드의 검사 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 유기 발광 다이오드는 애노드, 상기 애노드 상에 배치되는 홀 주입 층, 상기 홀 주입 층 상에 배치되는 홀 수송 층, 상기 홀 수송 층 상에 배치되는 발광 층, 상기 발광 층 상에 배치되는 전자 수송 층, 상기 전자 수송 층 상에 배치되는 전자 주입 층 및 상기 전자 주입 층 상에 배치되는 캐소드를 포함하고,

상기 유기 발광 다이오드는 제1 노드 및 제2 노드 사이에 연결되는 기생 저항(RP), 상기 제2 노드 및 제3 노드 사이에서 서로 병렬로 연결되는 다이오드 저항(RD) 및 다이오드 캐패시턴스(CD), 상기 제1 노드 및 상기 제3 노드 사이에 연결되는 기생 캐패시턴스(CP)로 모델링 되는 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드의 검사 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 기생 저항(RP)은 상기 홀 주입 층의 저항, 상기 홀 수송 층의 저항, 상기 전자 수송 층의 저항 및 상기 전자 주입 층의 저항의 합으로 정의되고,

상기 기생 캐패시턴스(CP)는 상기 애노드 및 상기 캐소드 사이의 캐패시턴스로 정의되며,

상기 다이오드 저항(RD)은 상기 발광 층의 저항으로 정의되고,

상기 다이오드 캐패시턴스(CD)는 상기 발광 층의 캐패시턴스로 정의되는 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드의 검사 방법.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 파라미터는 다이오드 저항 상수(RD0), 다이오드 캐패시턴스 상수(CD0), 상기 기생 저항(RP), 상기 기생 캐패시턴스(CP) 및 특성 값(a)을 포함하고,

상기 발광 층의 전압을 VD라고 할 때,

상기 다이오드 저항은 $RD = \frac{RD0}{e^{aVD}}$ 이고,

상기 다이오드 캐패시턴스는 $CD = CD0 \times e^{aVD}$ 인 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드의 검사 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 파라미터를 추정하는 단계는 복수의 파라미터 후보 벡터의 적합도 함수를 이용하며,

상기 적합도 함수는 상기 측정된 유기 발광 다이오드 전압과 상기 파라미터 후보 벡터를 이용하여 추정된 유기 발광 다이오드 전압의 차이로 정의되는 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드의 검사 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, Θi는 상기 파라미터의 후보 벡터이고, t는 시간이며, IOLED는 상기 유기 발광 다이오드 전류, VOLED는 상기 측정된 유기 발광 다이오드 전압, 상기 $\hat{V}OLED$ 는 상기 추정된 유기 발광 다이오드 전압일 때,

$$h(\theta, IOLED) = -\sum_{t} \left| VOLED(t, IOLED) - \hat{V}OLED(t, \theta, IOLED) \right|^2$$

상기 적합도 함수(h)는 인 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드의 검사 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 추정된 유기 발광 다이오드 전압($\hat{V}OLED$)은

$$\frac{d\hat{V}OLED}{dt} = \frac{IOLED}{CP} - \frac{\hat{V}OLED - VD}{RP \times CP}$$

및

$$\frac{dVD}{dt} = \frac{\hat{V}OLED - VD}{RP \times CD0(1 + aVD)e^{aVD}} - \frac{VD}{RD0 \times CD0(1 + aVD)}$$

를 이용하여 추정되는 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드의 검사 방법.

청구항 9

제6항에 있어서, 상기 파라미터를 추정하는 단계는

N개의 최초 후보 벡터 중 상기 적합도 함수가 큰 P개의 제1 후보 벡터를 선정하는 단계;

상기 제1 후보 벡터를 연결한 선분에서 N-P개의 제2 후보 벡터를 선정하는 단계;

상기 제1 후보 벡터 및 상기 제2 후보 벡터 중 상기 적합도 함수가 큰 하나의 벡터를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드의 검사 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 파라미터를 추정하는 단계는

상기 N개의 최초 후보 벡터 중 상기 적합도 함수가 큰 하나의 벡터를 결정하는 단계를 수회 반복하여 하나의 최종 벡터를 결정하는 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드의 검사 방법.

청구항 11

제3항에 있어서, 상기 유기 발광 다이오드의 상기 물리적 특성은 역 포화 전류(IS0)이고,

$$IS0 = \frac{RD0}{a}$$

상기 역 포화 전류는 인 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드의 검사 방법.

청구항 12

제3항에 있어서, 상기 유기 발광 다이오드의 상기 물리적 특성은 이상 지수(n)이고,

$$n = \frac{1}{akT}$$

k는 볼츠만 상수이고, T는 상기 유기 발광 다이오드의 절대온도일 때, 상기 이상 지수는 인 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드의 검사 방법.

청구항 13

제3항에 있어서, 상기 유기 발광 다이오드의 상기 물리적 특성은 캐리어 수명(τm)이고,

$$\tau m = RD0 \times CD0$$

상기 캐리어 수명(τm)은 인 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드의 검사 방법.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 유기 발광 다이오드 전압 및 상기 유기 발광 다이오드 전류를 측정하는 단계는

상기 유기 발광 다이오드에 측정 저항(RL)을 직렬로 연결하는 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드의 검사 방법.

청구항 15

유기 발광 다이오드에 직렬로 연결되는 측정 저항;

상기 유기 발광 다이오드에 입력 전압을 인가하여 상기 유기 발광 다이오드의 양단에 걸리는 유기 발광 다이오드 전압 및 상기 유기 발광 다이오드에 흐르는 유기 발광 다이오드 전류 중 적어도 어느 하나를 측정하는 데이터 수집 모듈; 및

상기 유기 발광 다이오드 전류 및 상기 유기 발광 다이오드 전압을 이용하여 상기 유기 발광 다이오드의 파라미터를 추정하고, 상기 파라미터를 이용하여 상기 유기 발광 다이오드의 물리적 특성을 추출하는 처리 장치를 포함하는 유기 발광 다이오드 검사 장치.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 유기 발광 다이오드는 저항 및 캐패시터로 모델링 되는 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 검사 장치.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 유기 발광 다이오드는 애노드, 상기 애노드 상에 배치되는 홀 주입 층, 상기 홀 주입 층 상에 배치되는 홀 수송 층, 상기 홀 수송 층 상에 배치되는 발광 층, 상기 발광 층 상에 배치되는 전자 수송 층, 상기 전자 수송 층 상에 배치되는 전자 주입 층 및 상기 전자 주입 층 상에 배치되는 캐소드를 포함하고,

상기 유기 발광 다이오드는 제1 노드 및 제2 노드 사이에 연결되는 기생 저항(RP), 상기 제2 노드 및 제3 노드 사이에서 서로 병렬로 연결되는 다이오드 저항(RD) 및 다이오드 캐패시턴스(CD), 상기 제1 노드 및 상기 제3 노드 사이에 연결되는 기생 캐패시턴스(CP)로 모델링 되는 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 검사 장치.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 기생 저항(RP)은 상기 홀 주입 층의 저항, 상기 홀 수송 층의 저항, 상기 전자 수송 층

의 저항 및 상기 전자 주입 층의 저항의 합으로 정의되고,

상기 기생 캐패시턴스(CP)는 상기 애노드 및 상기 캐소드 사이의 캐패시턴스로 정의되며,

상기 다이오드 저항(RD)은 상기 발광 층의 저항으로 정의되고,

상기 다이오드 캐패시턴스(CD)는 상기 발광 층의 캐패시턴스로 정의되는 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 검사 장치.

청구항 19

제17항에 있어서, 상기 파라미터는 다이오드 저항 상수(RD0), 다이오드 캐패시턴스 상수(CD0), 상기 기생 저항(RP), 상기 기생 캐패시턴스(CP) 및 특성 값(a)을 포함하고,

상기 발광 층의 전압을 VD라고 할 때,

상기 다이오드 저항은 $$RD = \frac{RD0}{e^{aVD}}$$ 이고,

상기 다이오드 캐패시턴스는 $$CD = CD0 \times e^{aVD}$$ 인 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 검사 장치.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 처리 장치는 복수의 파라미터 후보 벡터의 적합도 함수를 이용하여 상기 파라미터를 추정하며,

상기 적합도 함수는 상기 측정된 유기 발광 다이오드 전압과 상기 파라미터 후보 벡터를 이용하여 추정된 유기 발광 다이오드 전압의 차이로 정의되는 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 검사 장치.

청구항 21

제20항에 있어서, Θi는 상기 파라미터의 후보 벡터이고, t는 시간이며, IOLED는 상기 유기 발광 다이오드 전류, VOLED는 상기 측정된 유기 발광 다이오드 전압, 상기 $\hat{V}OLED$ 는 상기 추정된 유기 발광 다이오드 전압일 때,

상기 적합도 함수(h)는 $$h(\theta, IOLED) = -\sum_{t} \left| VOLED(t, IOLED) - \hat{V}OLED(t, \theta, IOLED) \right|^2$$ 인 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 검사 장치.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 처리 장치는

N개의 최초 후보 벡터 중 상기 적합도 함수가 큰 P개의 제1 후보 벡터를 선정하고, 상기 제1 후보 벡터를 연결한 선분에서 N-P개의 제2 후보 벡터를 선정하며, 상기 제1 후보 벡터 및 상기 제2 후보 벡터 중 상기 적합도 함수가 큰 하나의 벡터를 결정하여 파라미터를 추정하는 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 검사 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 유기 발광 다이오드의 품질 검사 방법 및 이를 수행하기 위한 유기 발광 다이오드의 품질 검사 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 절차를 간소화할 수 있는 유기 발광 다이오드의 품질 검사 방법 및 이를 수

행하기 위한 유기 발광 다이오드의 품질 검사 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 종래에는 유기 발광 다이오드의 품질을 평가하기 위해 여러 단계의 작업이 요구되었다. 예를 들어, 다이오드에 역 전압을 걸어준 후 전류계를 이용하여 유기 발광 다이오드의 역 포화 전류(Reverse Saturation Current)를 측정한다. 또한, 전압원과 전류계를 이용하여 유기 발광 다이오드의 전압-전류 곡선을 구한 후 커브 피팅(Curve Fitting)을 통해 이상 지수(Ideality Factor)를 구한다. 또한, 광 검출기와 시간 분해능 광 발광 기술을 이용하여 캐리어 수명(Carrier Lifetime)을 측정한다.

[0003] 이와 같은 과정을 거쳐 얻어진 측정 데이터들을 이용하여 유기 발광 다이오드 소자의 품질을 평가하였다. 따라서, 유기 발광 다이오드의 품질 검사에 많은 비용과 시간이 소요되는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 이에, 본 발명의 기술적 과제는 이러한 점에서 착안된 것으로, 본 발명의 목적은 유기 발광 다이오드 소자를 모델링하고, 파라미터 추정을 통해 유기 발광 다이오드의 물리적 특성을 추정하여 간소화된 절차로 유기 발광 다이오드의 품질을 검사하는 방법을 제공하는 것이다.

[0005] 본 발명의 다른 목적은 상기한 품질 검사 방법을 수행하는 유기 발광 다이오드의 품질 검사 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 유기 발광 다이오드의 검사 방법은 유기 발광 다이오드에 입력 전압을 인가하여 상기 유기 발광 다이오드의 양단에 걸리는 유기 발광 다이오드 전압 및 상기 유기 발광 다이오드에 흐르는 유기 발광 다이오드 전류를 측정하는 단계, 상기 유기 발광 다이오드 전류 및 상기 유기 발광 다이오드 전압을 이용하여, 상기 유기 발광 다이오드의 파라미터를 추정하는 단계 및 상기 파라미터를 이용하여, 상기 유기 발광 다이오드의 물리적 특성을 추출하는 단계를 포함한다.

[0007] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 유기 발광 다이오드는 저항 및 캐패시터로 모델링 될 수 있다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 유기 발광 다이오드는 애노드, 상기 애노드 상에 배치되는 홀 주입 층, 상기 홀 주입 층 상에 배치되는 홀 수송 층, 상기 홀 수송 층 상에 배치되는 발광 층, 상기 발광 층 상에 배치되는 전자 수송 층, 상기 전자 수송 층 상에 배치되는 전자 주입 층 및 상기 전자 주입 층 상에 배치되는 캐소드를 포함할 수 있다. 상기 유기 발광 다이오드는 제1 노드 및 제2 노드 사이에 연결되는 기생 저항(RP), 상기 제2 노드 및 제3 노드 사이에서 서로 병렬로 연결되는 다이오드 저항(RD) 및 다이오드 캐패시턴스(CD), 상기 제1 노드 및 상기 제3 노드 사이에 연결되는 기생 캐패시턴스(CP)로 모델링 될 수 있다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 기생 저항(RP)은 상기 홀 주입 층의 저항, 상기 홀 수송 층의 저항, 상기 전자 수송 층의 저항 및 상기 전자 주입 층의 저항의 합으로 정의될 수 있다. 상기 기생 캐패시턴스(CP)는 상기 애노드 및 상기 캐소드 사이의 캐패시턴스로 정의될 수 있다. 상기 다이오드 저항(RD)은 상기 발광 층의 저항으로 정의될 수 있다. 상기 다이오드 캐패시턴스(CD)는 상기 발광 층의 캐패시턴스로 정의될 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 파라미터는 다이오드 저항 상수(RD0), 다이오드 캐패시턴스 상수(CD0), 상기 기생 저항(RP), 상기 기생 캐패시턴스(CP) 및 특성 값(a)을 포함할 수 있다. 상기 발광 층의 전압을 VD라고 할 때, 상기 다이오드 저항은 $RD = \frac{RD0}{e^{aVD}}$ 이고, 상기 다이오드 캐패시턴스는 $CD = CD0 \times e^{aVD}$ 일 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 파라미터를 추정하는 단계는 복수의 파라미터 후보 벡터의 적합도 함수를 이용할 수 있다. 상기 적합도 함수는 상기 측정된 유기 발광 다이오드 전압과 상기 파라미터 후보 벡터를 이용하여 추정된 유기 발광 다이오드 전압의 차이로 정의될 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, Θi는 상기 파라미터의 후보 벡터이고, t는 시간이며, IOLED는 상기 유기 발광 다이오드 전류, VOLED는 상기 측정된 유기 발광 다이오드 전압, 상기 $\hat{V}OLED$ 는 상기 추정된 유기 발광 다이오드 전압일 때, 상기 적합도 함수(h)는

$$h(\theta, IOLED) = -\sum_{t} \left| VOLED(t, IOLED) - \hat{V}OLED(t, \theta, IOLED) \right|^2$$

일 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 추정된 유기 발광 다이오드 전압($\hat{V}OLED$)은

$$\frac{d\hat{V}OLED}{dt} = \frac{IOLED}{CP} - \frac{\hat{V}OLED - VD}{RP \times CP}$$

및

$$\frac{dVD}{dt} = \frac{\hat{V}OLED - VD}{RP \times CD0(1+aVD)e^{aVD}} - \frac{VD}{RD0 \times CD0(1+aVD)}$$

를 이용하여 추정될 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 파라미터를 추정하는 단계는 N개의 최초 후보 벡터 중 상기 적합도 함수가 큰 P개의 제1 후보 벡터를 선정하는 단계, 상기 제1 후보 벡터를 연결한 선분에서 N-P개의 제2 후보 벡터를 선정하는 단계, 상기 제1 후보 벡터 및 상기 제2 후보 벡터 중 상기 적합도 함수가 큰 하나의 벡터를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 파라미터를 추정하는 단계는 상기 N개의 최초 후보 벡터 중 상기 적합도 함수가 큰 하나의 벡터를 결정하는 단계를 수회 반복하여 하나의 최종 벡터를 결정할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 유기 발광 다이오드의 상기 물리적 특성은 역 포화 전류(IS0)일 수 있다.

상기 역 포화 전류는 $IS0 = \frac{RD0}{a}$ 일 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 유기 발광 다이오드의 상기 물리적 특성은 이상 지수(n)일 수 있다. k는 볼츠만 상수이고, T는 상기 유기 발광 다이오드의 절대온도일 때, 상기 이상 지수는 $n = \frac{1}{akT}$ 일 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 유기 발광 다이오드의 상기 물리적 특성은 캐리어 수명(τm)일 수 있다.

상기 캐리어 수명(τm)은 $\tau m = RD0 \times CD0$ 일 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 유기 발광 다이오드 전압 및 상기 유기 발광 다이오드 전류를 측정하는 단계는 상기 유기 발광 다이오드에 측정 저항(RL)을 직렬로 연결할 수 있다.

[0020] 상기한 본 발명의 다른 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 유기 발광 다이오드의 검사 장치는 측정 저항, 데이터 수집 모듈 및 처리 장치를 포함한다. 상기 측정 저항은 유기 발광 다이오드에 직렬로 연결된다. 상기 데이터 수집 모듈은 상기 유기 발광 다이오드에 입력 전압을 인가하여 상기 유기 발광 다이오드의 양단에 걸리는 유기 발광 다이오드 전압 및 상기 유기 발광 다이오드에 흐르는 유기 발광 다이오드 전류 중 적어도 어느 하나를 측정한다. 상기 처리 장치는 상기 유기 발광 다이오드 전류 및 상기 유기 발광 다이오드 전압을 이용하여 상기 유기 발광 다이오드의 파라미터를 추정하고, 상기 파라미터를 이용하여 상기 유기 발광 다이오드의 물리적

특성을 추출한다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 유기 발광 다이오드는 저항 및 캐패시터로 모델링 될 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 유기 발광 다이오드는 애노드, 상기 애노드 상에 배치되는 홀 주입 층, 상기 홀 주입 층 상에 배치되는 홀 수송 층, 상기 홀 수송 층 상에 배치되는 발광 층, 상기 발광 층 상에 배치되는 전자 수송 층, 상기 전자 수송 층 상에 배치되는 전자 주입 층 및 상기 전자 주입 층 상에 배치되는 캐소드를 포함할 수 있다. 상기 유기 발광 다이오드는 제1 노드 및 제2 노드 사이에 연결되는 기생 저항(RP), 상기 제2 노드 및 제3 노드 사이에서 서로 병렬로 연결되는 다이오드 저항(RD) 및 다이오드 캐패시턴스(CD), 상기 제1 노드 및 상기 제3 노드 사이에 연결되는 기생 캐패시턴스(CP)로 모델링 될 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 기생 저항(RP)은 상기 홀 주입 층의 저항, 상기 홀 수송 층의 저항, 상기 전자 수송 층의 저항 및 상기 전자 주입 층의 저항의 합으로 정의될 수 있다. 상기 기생 캐패시턴스(CP)는 상기 애노드 및 상기 캐소드 사이의 캐패시턴스로 정의될 수 있다. 상기 다이오드 저항(RD)은 상기 발광 층의 저항으로 정의될 수 있다. 상기 다이오드 캐패시턴스(CD)는 상기 발광 층의 캐패시턴스로 정의될 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 파라미터는 다이오드 저항 상수(RD0), 다이오드 캐패시턴스 상수(CD0), 상기 기생 저항(RP), 상기 기생 캐패시턴스(CP) 및 특성 값(a)을 포함할 수 있다. 상기 발광 층의 전압을 VD라고 할 때, 상기 다이오드 저항은 $RD = \frac{RD0}{e^{aVD}}$ 이고, 상기 다이오드 캐패시턴스는 $CD = CD0 \times e^{aVD}$ 일 수 있다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 처리 장치는 복수의 파라미터 후보 벡터의 적합도 함수를 이용하여 상기 파라미터를 추정할 수 있다. 상기 적합도 함수는 상기 측정된 유기 발광 다이오드 전압과 상기 파라미터 후보 벡터를 이용하여 추정된 유기 발광 다이오드 전압의 차이로 정의될 수 있다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 있어서, Θi는 상기 파라미터의 후보 벡터이고, t는 시간이며, IOLED는 상기 유기 발광 다이오드 전류, VOLED는 상기 측정된 유기 발광 다이오드 전압, 상기 $\hat{V}OLED$는 상기 추정된 유기 발광 다이오드 전압일 때, 상기 적합도 함수(h)는

$$h(\theta, IOLED) = -\sum_{t} \left| VOLED(t, IOLED) - \hat{V}OLED(t, \theta, IOLED) \right|^2$$

일 수 있다.

[0027] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 처리 장치는 N개의 최초 후보 벡터 중 상기 적합도 함수가 큰 P개의 제1 후보 벡터를 선정하고, 상기 제1 후보 벡터를 연결한 선분에서 N-P개의 제2 후보 벡터를 선정하며, 상기 제1 후보 벡터 및 상기 제2 후보 벡터 중 상기 적합도 함수가 큰 하나의 벡터를 결정하여 파라미터를 추정할 수 있다.

발명의 효과

[0028] 이와 같은 유기 발광 다이오드의 검사 방법 및 이를 수행하기 위한 유기 발광 다이오드의 검사 장치에 따르면, 유기 발광 다이오드 소자를 모델링하고, 상기 모델링된 유기 발광 다이오드 소자의 파라미터 추정하고, 상기 파라미터로부터 유기 발광 다이오드의 물리적 특성을 추정할 수 있다. 따라서, 간소화된 절차로 상기 유기 발광 다이오드를 검사하여, 유기 발광 다이오드의 검사 시간 및 비용을 감소시킬 수 있다.

[0029] 또한, 유기 발광 다이오드를 포함한 표시 장치의 제조 비용을 절감하고, 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 다이오드의 검사 장치를 나타내는 블록도이다.

도 2는 도 1의 유기 발광 다이오드 소자를 나타내는 단면도이다.

도 3은 저항 및 캐패시터로 모델링된 도 1의 유기 발광 다이오드 소자를 나타내는 회로도이다.

도 4는 저항 및 캐패시터로 모델링된 도 1의 유기 발광 다이오드 소자 및 유기 발광 다이오드의 검사 장치를 나

타내는 회로도이다.

도 5는 도 1의 유기 발광 다이오드를 검사하기 위한 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 6a 내지 도 6d는 도 5의 파라미터 추정 단계를 나타내는 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명을 보다 상세하게 설명하고자 한다.

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 다이오드 검사 장치를 나타내는 블록도이다.

[0033] 도 1을 참조하면, 상기 유기 발광 다이오드 검사 장치는 데이터 수집 모듈(200), 처리 장치(100) 및 측정 저항(RL, 400)을 포함한다.

[0034] 상기 데이터 수집 모듈(200)은 유기 발광 다이오드(OLED, 300)에 입력 전압(VIN)을 인가한다. 상기 입력 전압(VIN)은 시간에 따라 가변하는 레벨을 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 입력 전압(VIN)은 의사 난수 이진 수열(Pseudorandom binary sequence) 신호일 수 있다.

[0035] 상기 데이터 수집 모듈(200)은 상기 유기 발광 다이오드(300)의 양단에 걸리는 유기 발광 다이오드 전압(VOLED) 및 상기 유기 발광 다이오드(300)에 흐르는 유기 발광 다이오드 전류(IOLED) 중 적어도 어느 하나를 측정할 수 있다.

[0036] 상기 측정 저항(RL, 400)은 상기 유기 발광 다이오드(300)에 직렬로 연결된다. 상기 측정 저항(RL, 400)은 상기 유기 발광 다이오드(300) 및 상기 데이터 수집 모듈(200) 사이에 연결될 수 있다.

[0037] 상기 데이터 수집 모듈(200)은 상기 측정 저항(RL)을 이용하여, 상기 유기 발광 다이오드(300)의 양단에 걸리는 유기 발광 다이오드 전압(VOLED) 및 상기 유기 발광 다이오드(300)에 흐르는 유기 발광 다이오드 전류(IOLED) 중 적어도 어느 하나를 측정할 수 있다.

[0038] 본 실시예에서, 상기 데이터 수집 모듈(200)은 상기 유기 발광 다이오드(300)의 양단에 걸리는 상기 유기 발광 다이오드 전압(VOLED)을 측정한다. 상기 유기 발광 다이오드 전류(IOLED)는 상기 입력 전압(VIN) 및 상기 유기 발광 다이오드 전압(VOLED)을 이용하여 계산할 수 있다. 상기 유기 발광 다이오드 전류(IOLED)는 수식 1을 이용하여 계산할 수 있다.

[0039] [수식 1]

$$IOLED = \frac{VIN - VOLED}{RL}$$

[0040]

[0041] 상기 처리 장치(100)는 상기 유기 발광 다이오드 전류(IOLED) 및 상기 유기 발광 다이오드 전압(VOLED)을 이용하여 상기 유기 발광 다이오드(300)의 파라미터를 추정한다. 상기 처리 장치(100)는 상기 파라미터를 이용하여 상기 유기 발광 다이오드(300)의 물리적 특성을 추출한다.

[0042] 도 2는 도 1의 유기 발광 다이오드 소자(300)를 나타내는 단면도이다. 도 3은 저항 및 캐패시터로 모델링된 도 1의 유기 발광 다이오드 소자(300)를 나타내는 회로도이다. 도 4는 저항 및 캐패시터로 모델링된 도 1의 유기 발광 다이오드 소자(300) 및 유기 발광 다이오드 검사 장치를 나타내는 회로도이다.

[0043] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 상기 유기 발광 다이오드(300)는 애노드(ANODE), 상기 애노드(ANODE) 상에 배치되는 홀 주입 층(HIL), 상기 홀 주입(HIL) 층 상에 배치되는 홀 수송 층(HTL), 상기 홀 수송 층(HTL) 상에 배치되는 발광 층(EML), 상기 발광 층(EML) 상에 배치되는 전자 수송 층(ETL), 상기 전자 수송 층(ETL) 상에 배치되는 전자 주입 층(EIL) 및 상기 전자 주입 층(EIL) 상에 배치되는 캐소드(CATHODE)를 포함한다.

[0044] 상기 유기 발광 다이오드(300)는 저항 및 캐패시터로 모델링 될 수 있다. 예를 들어, 상기 유기 발광 다이오드(300)는 제1 노드 및 제2 노드 사이에 연결되는 기생 저항(RP), 상기 제2 노드 및 제3 노드 사이에서 서로 병렬로 연결되는 다이오드 저항(RD) 및 다이오드 캐패시턴스(CD), 상기 제1 노드 및 상기 제3 노드 사이에 연결되는 기생 캐패시턴스(CP)로 모델링 될 수 있다.

[0045] 상기 기생 저항(RP)은 상기 홀 주입 층의 저항(RPHI), 상기 홀 수송 층의 저항(RPHT), 상기 전자 수송 층의 저

항(RPET) 및 상기 전자 주입 층의 저항(RPEI)의 합으로 정의된다.

[0046] 상기 기생 캐패시턴스(CP)는 상기 애노드 및 상기 캐소드 사이의 캐패시턴스로 정의된다. 구체적으로, 상기 기생 캐패시턴스(CP)는 상기 애노드 및 상기 캐소드와 박막을 둘러싸고 있는 포장 재료(PM, packaging material) 사이의 기생 캐패시턴스를 나타낸다.

[0047] 상기 발광 층(EML)을 PN접합과 물리적 특성이 같은 것으로 가정하면, 상기 발광 층(EML)은 1차 RC 회로로 표현할 수 있다. 상기 발광 층(EML)은 다이오드 저항(RD) 및 다이오드 캐패시터(CD)의 병렬 연결로 표현된다. 즉, 상기 다이오드 저항(RD)은 상기 발광 층(EML)의 저항으로 정의되고, 상기 다이오드 캐패시턴스(CD)는 상기 발광 층(EML)의 캐패시턴스로 정의된다.

[0048] 상기 발광 층(EML)에 걸리는 전압은 VD, 상기 유기 발광 다이오드(OLED)에 걸리는 전압은 VOLED, 상기 유기 발광 다이오드(OLED)로 흐르는 전류는 IOLED이다.

[0049] 상기 처리 장치(100)는 상기 유기 발광 다이오드 전류(IOLED) 및 상기 유기 발광 다이오드 전압(VOLED)을 이용하여, 상기 유기 발광 다이오드의 파라미터를 추정한다. 예를 들어, 상기 처리 장치(100)는 Particle Swarm Optimization(PSO)을 이용하여 상기 파라미터를 추정할 수 있다.

[0050] 상기 파라미터는 다이오드 저항 상수(RD0), 다이오드 캐패시턴스 상수(CD0), 상기 기생 저항(RP), 상기 기생 캐패시턴스(CP) 및 특성 값(a)을 포함할 수 있다. 상기 다이오드 저항(RD)과 상기 다이오드 저항 상수(RD0)는 아래 수식 2의 관계를 갖는다. 상기 다이오드 캐패시턴스(CD)와 상기 다이오드 캐패시턴스 상수(CD0)는 아래 수식 3의 관계를 갖는다.

[0051] [수식 2]

$$RD = \frac{RD0}{e^{aVD}}$$

[0052]

[0053] [수식3]

$$CD = CD0 \times e^{aVD}$$

[0054]

[0055] 상기 처리 장치(100)는 복수의 파라미터 후보 벡터의 적합도 함수를 이용하여 상기 파라미터를 추정할 수 있다. 상기 파라미터 후보 벡터는 수식 4와 같이 정의된다.

[0056] [수식 4]

$$\Theta = [CD0\ RD0\ RP\ CP\ a]$$

[0057]

[0058] 상기 처리 장치(100)는 N개의 최초 후보 벡터 중 상기 적합도 함수가 큰 P개의 제1 후보 벡터를 선정하고, 상기 제1 후보 벡터를 연결한 선분에서 N-P개의 제2 후보 벡터를 선정하며, 상기 제1 후보 벡터 및 상기 제2 후보 벡터 중 상기 적합도 함수가 큰 하나의 벡터를 결정하여 파라미터를 추정할 수 있다.

[0059] 상기 처리 장치(100)는 상기 N개의 최초 후보 벡터 중 상기 적합도 함수가 큰 하나의 벡터를 결정하는 상기 방법을 수회 반복하여 하나의 최종 벡터를 결정하여 파라미터를 추정할 수 있다.

[0060] 상기 파라미터 추정 단계에 대해서는 도 6a 내지 도 6d를 참조하여 상세히 후술한다.

[0061] Θi는 상기 파라미터의 후보 벡터이고, t는 시간이며, IOLED는 상기 유기 발광 다이오드 전류, VOLED는 상기 측정된 유기 발광 다이오드 전압, 상기 $\hat{V}OLED$는 상기 추정된 유기 발광 다이오드 전압일 때, 상기 적합도 함수(h)는 수식 5로 정의된다.

[0062] [수식 5]

$$h(\theta, IOLED) = -\sum_{t} \left| VOLED(t, IOLED) - \hat{V}OLED(t, \theta, IOLED) \right|^2$$

[0063]

[0064] 수식 5에서, VOLED(t, IOLED)는 상기 데이터 수집 모듈(200)에 의해 측정된 시간(t)에 따른 유기 발광 다이오드 전압(VOLED)을 의미한다. 상기 $\hat{V}OLED$(t, Θi, IOLED)는 상기 파라미터 후보 벡터가 Θi이고, 상기 유기 발광 다이오드 전류가 IOLED일 때, 비선형 모델로 출력된 시간에 따른 유기 발광 다이오드 전압 추정치를 의미한다.

[0065] 상기 측정된 유기 발광 다이오드 전압과 상기 파라미터 후보 벡터(Θi)를 이용하여 추정된 유기 발광 다이오드 전압의 차이의 절대값을 제곱한 후 그 값을 시간에 따라 합산하고 -1을 곱하면 파라미터 후보 벡터(Θi)에 대한 적합도 함수가 계산된다.

[0066] 상기 파라미터 후보 벡터(Θi)에 대한 적합도 함수(h)는 음수를 갖게 되고, 상기 적합도 함수(h)의 값이 클수록(0에 가까울수록) 상기 파라미터 후보 벡터(Θi)는 실제 유기 발광 다이오드(OLED)의 특성에 가까움을 의미한다.

[0067] 상기 유기 발광 다이오드 전압의 추정치($\hat{V}OLED$)는 아래 수식 6 및 수식 7에 의하여 계산될 수 있다. 수식 6 및 수식 7은 도 4의 제1 노드 및 제2 노드에서 키르히호프 전류 법칙(KCL)에 의해 계산된 미분 방정식이다.

[0068] [수식 6]

$$\frac{d\hat{V}OLED}{dt} = \frac{IOLED}{CP} - \frac{\hat{V}OLED - VD}{RP \times CP}$$

[0069]

[0070] [수식 7]

$$\frac{dVD}{dt} = \frac{\hat{V}OLED - VD}{RP \times CD0(1 + aVD)e^{aVD}} - \frac{VD}{RD0 \times CD0(1 + aVD)}$$

[0071]

[0072] 상기 처리 장치(100)는 상기 파라미터(RD0, CD0, RP, CP, a)를 이용하여 상기 유기 발광 다이오드(300)의 물리적 특성을 추출한다.

[0073] 상기 유기 발광 다이오드(300)의 상기 물리적 특성은 역 포화 전류(IS0)일 수 있다. 상기 유기 발광 다이오드(300)의 역 포화 전류(IS0)가 클수록 상기 유기 발광 다이오드(300)의 누설 전류가 증가한다. 따라서, 상기 유기 발광 다이오드(300)의 역 포화 전류(IS0)가 일정 값 이상이면 상기 유기 발광 다이오드(300)의 품질 검사의 결과는 fail이 된다. 상기 역 포화 전류(IS0)는 수식 8에 의해 정의된다.

[0074] [수식 8]

$$IS0 = \frac{RD0}{a}$$

[0075]

[0076] 종래의 유기 발광 다이오드 검사 방법에서는 다이오드에 역 전압을 인가하고 전류계로 측정하는 방식으로 역 포화 전류를 측정하였다. 본 실시예에 따르면, 상기 파라미터 추정을 통해 상기 유기 발광 다이오드(OLED)의 상기 역 포화 전류(IS0)를 간단히 얻을 수 있다.

[0077] 상기 유기 발광 다이오드(300)의 상기 물리적 특성은 이상 지수(n)일 수 있다. 상기 유기 발광 다이오드(300)의

이상 지수(n)가 클수록 상기 유기 발광 다이오드(300)의 구동 전압이 증가한다. 따라서, 상기 유기 발광 다이오드(300)의 이상 지수(n)가 일정 값 이상이면 상기 유기 발광 다이오드(300)의 품질 검사의 결과는 fail이 된다. k는 볼츠만 상수이고, T는 상기 유기 발광 다이오드의 절대온도일 때, 상기 이상 지수(n)는 수식 9에 의해 정의된다.

[0078] [수식 9]

$$n = \frac{1}{akT}$$

[0079]

[0080] 종래의 유기 발광 다이오드 검사 방법에서는 전압원과 전류계를 이용하여 전압-전류 곡선을 구하거나 임피던스 미터기를 이용하여 전압-전류 곡선을 구한 후, 커브 피팅(Curve Fitting)을 통해 상기 유기 발광 다이오드의 이상 지수(n)를 측정하였다. 본 실시예에 따르면, 상기 파라미터 추정을 통해 상기 유기 발광 다이오드(OLED)의 상기 이상 지수(n)를 간단하게 얻을 수 있다.

[0081] 상기 유기 발광 다이오드(300)의 상기 물리적 특성은 캐리어 수명(τm)일 수 있다. 상기 유기 발광 다이오드(300)의 캐리어 수명(τm)이 길수록 상기 유기 발광 다이오드(300)의 턴 온 및 턴 오프의 시간이 증가한다. 따라서, 상기 유기 발광 다이오드(300)의 캐리어 수명(τm)이 일정 값 이상이면 상기 유기 발광 다이오드(300)의 품질 검사의 결과는 fail이 된다. 상기 캐리어 수명(τm)은 수식 10에 의해 정의된다.

[0082] [수식 10]

$$\tau m = RD0 \times CD0$$

[0083]

[0084] 종래의 유기 발광 다이오드 검사 방법에서는 광 검출기와 시간 분해능 광 발광 기술을 이용하여 상기 유기 발광 다이오드의 캐리어 수명(τm)을 측정하였다. 본 실시예에 따르면, 상기 파라미터 추정을 통해 상기 유기 발광 다이오드(OLED)의 상기 캐리어 수명(τm)을 간단하게 얻을 수 있다.

[0085] 특히 본 실시예에 따르면, 상기 파라미터 추정을 통해 상기 역 포화 전류(IS0), 상기 이상 지수(n) 및 상기 캐리어 수명(τm)을 모두 얻을 수 있다. 따라서, 간소화된 절차로 상기 유기 발광 다이오드를 검사하여, 유기 발광 다이오드의 검사 시간 및 비용을 감소시킬 수 있다. 또한, 유기 발광 다이오드를 포함한 표시 장치의 제조 비용을 절감하고, 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[0086] 도 5는 도 1의 유기 발광 다이오드(300)를 검사하기 위한 방법을 나타내는 흐름도이다. 도 6a 내지 도 6d는 도 5의 파라미터 추정 단계(S300)를 나타내는 개념도이다.

[0087] 도 1 내지 도 6d를 참조하면, 상기 유기 발광 다이오드(300)에 입력 전압(VIN)을 인가하여 상기 유기 발광 다이오드의 양단에 걸리는 유기 발광 다이오드 전압(VOLED)을 측정한다 (단계 S100).

[0088] 상기 입력 전압(VIN) 및 상기 유기 발광 다이오드 전압(VOLED)을 이용하여 상기 유기 발광 다이오드 전류(IOLED)를 계산한다 (단계 S200).

[0089] 상기 유기 발광 다이오드 전압(VOLED) 및 상기 유기 발광 다이오드 전류(IOLED)를 기초로 적합도 함수(h)를 이용하여 상기 파라미터를 추정한다 (단계 S300).

[0090] 상기 처리 장치(100)는 복수의 파라미터 후보 벡터의 적합도 함수를 이용하여 상기 파라미터를 추정할 수 있다. 예를 들어, 상기 파라미터 후보 벡터의 개수는 N개일 수 있다.

[0091] 도 6에서는 상기 파라미터 후보 벡터의 좌표(P1 내지 P10)를 임의의 공간에 표시하였다. 도 6a에서 N은 10인 경우를 예시하였다.

[0092] 도 6b를 보면, N개의 최초 후보 벡터 중 상기 적합도 함수(h)가 큰 P개의 제1 후보 벡터(NP1, NP2, NP3, NP4, NP5)가 선정된다. 도 6b에서 P는 5인 경우를 예시하였다.

[0093] 도 6c를 보면, 상기 제1 후보 벡터(NP1, NP2, NP3, NP4, NP5)를 연결한 선분 내에서 임의로 N-P개의 제2 후보 벡터(NP6, NP7, NP8, NP9, NP10)를 선정한다. 상기 제1 후보 벡터(NP1, NP2, NP3, NP4, NP5)를 연결하는 모든 선분의 개수(예를 들어, 10개) 중 임의의 선분에서 N-P개의 제2 후보 벡터(NP6, NP7, NP8, NP9, NP10)가 선정

될 수 있다. 상기 제2 후보 벡터(Θx)는 아래 수식 11에 의해 정의된다.

[0094] [수식 11]

$$\theta x = \lambda \theta j + (1-\lambda)\theta i$$

[0095]

[0096] x는 P+1, P+2, ..., N이고, i, j는 1, 2, ..., P이다.

[0097] 이와는 달리, 상기 제2 후보 벡터(Θx)는 돌연변이를 고려하여, 상기 제1 후보 벡터(NP1, NP2, NP3, NP4, NP5)를 연결한 선분에 인접하게 선정될 수 있다.

[0098] 도 6d를 보면, 상기 제1 후보 벡터 및 상기 제2 후보 벡터 중 상기 적합도 함수가 가장 큰 하나의 벡터를 선정(NP3=FP)한다.

[0099] 상기 도 6a 내지 도 6d의 과정은 1회의 PSO 알고리즘에 해당한다. 상기 처리 장치(100)는 복수 회의 독립적인 PSO 알고리즘 추정을 수행할 수 있다 (단계 S320). 상기 처리 장치(100)는 상기 N개의 최초 후보 벡터 중 상기 적합도 함수가 큰 하나의 벡터(FP)를 결정하는 단계를 수회 반복할 수 있다.

[0100] 상기 처리 장치(100)는 복수 회의 반복으로 인해 생성된 복수 개의 벡터(FP) 중 적합도 함수(h)가 가장 큰 하나의 벡터를 최종 벡터로 결정할 수 있다 (단계 S340).

[0101] 상기 파라미터를 이용하여, 상기 유기 발광 다이오드(300)의 물리적 특성을 추출한다 (단계 S400). 상기 유기 발광 다이오드(300)의 물리적 특성은 상기 역 포화 전류(IS0), 상기 이상 지수(n) 및 상기 캐리어 수명(τm)을 포함할 수 있다.

[0102] 본 실시예에 따르면, 상기 파라미터 추정을 통해 상기 역 포화 전류(IS0), 상기 이상 지수(n) 및 상기 캐리어 수명(τm)을 모두 얻을 수 있다. 따라서, 간소화된 절차로 상기 유기 발광 다이오드를 검사하여, 유기 발광 다이오드의 검사 시간 및 비용을 감소시킬 수 있다. 또한, 유기 발광 다이오드를 포함한 표시 장치의 제조 비용을 절감하고, 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

산업상 이용가능성

[0103] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 유기 발광 다이오드의 검사 시간 및 비용을 감소시킬 수 있다. 또한, 유기 발광 다이오드를 포함한 표시 장치의 제조 비용을 절감하고, 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[0104] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 숙련된 당업자 또는 해당 기술분야에 통상의 지식을 갖는 자라면 후술될 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 기술 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

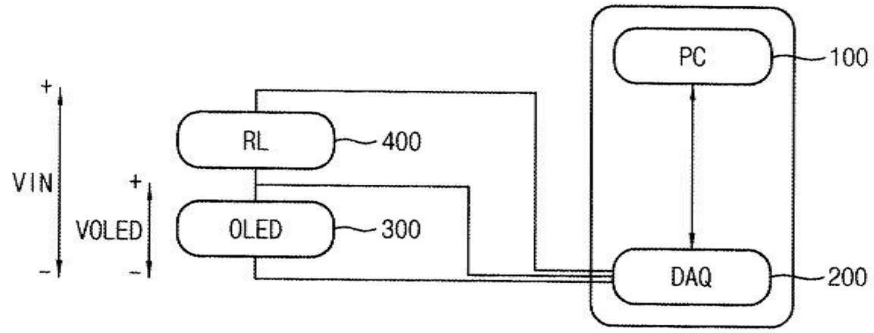
부호의 설명

[0105] 100: 처리 장치 200: 데이터 수집 모듈

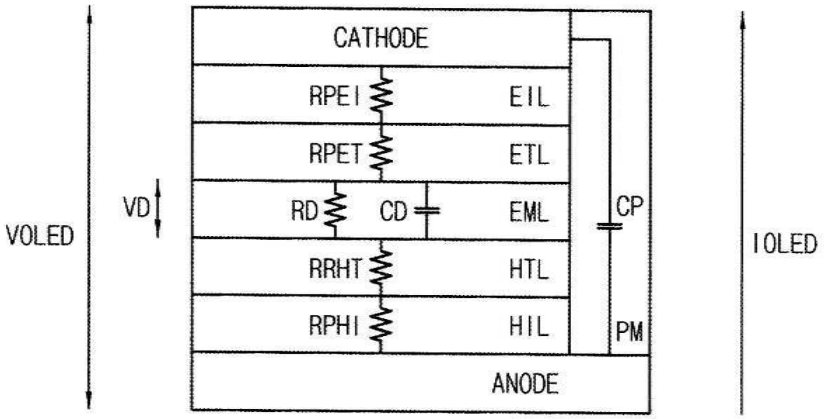
300: 유기 발광 다이오드 400: 측정 저항

도면

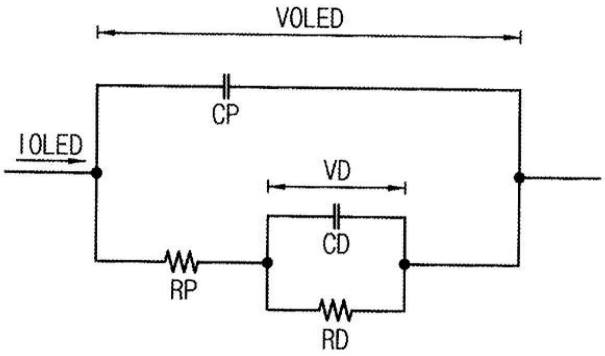
도면1



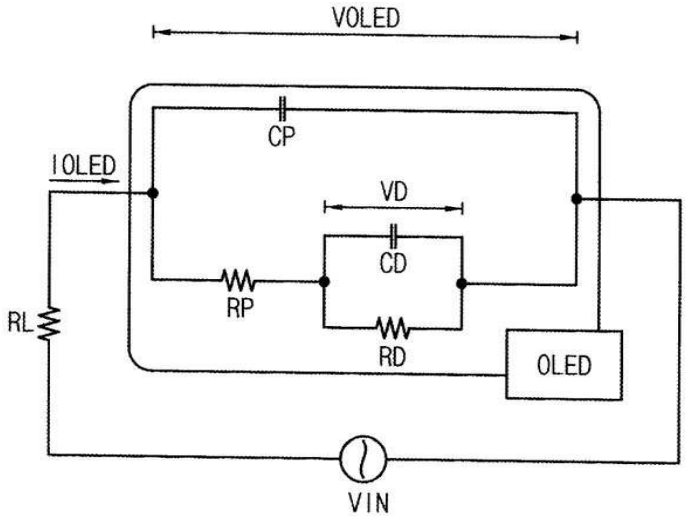
도면2



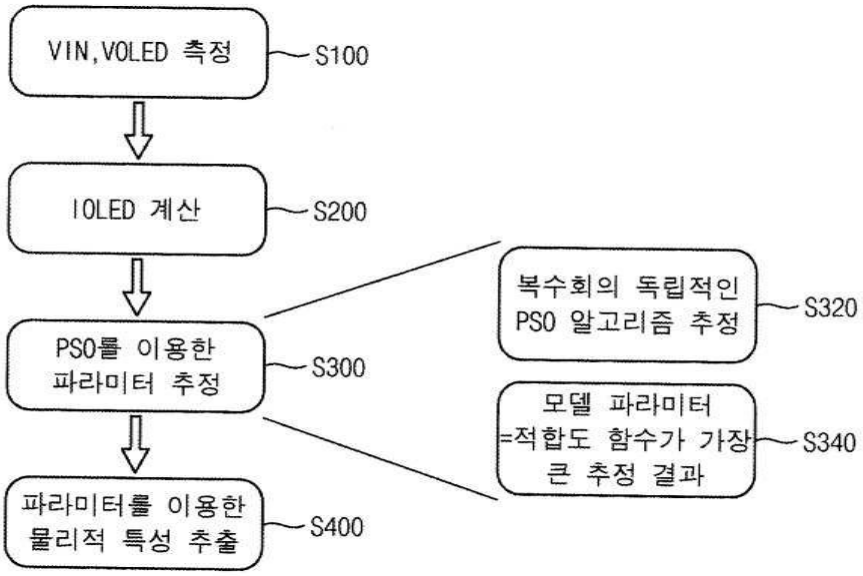
도면3



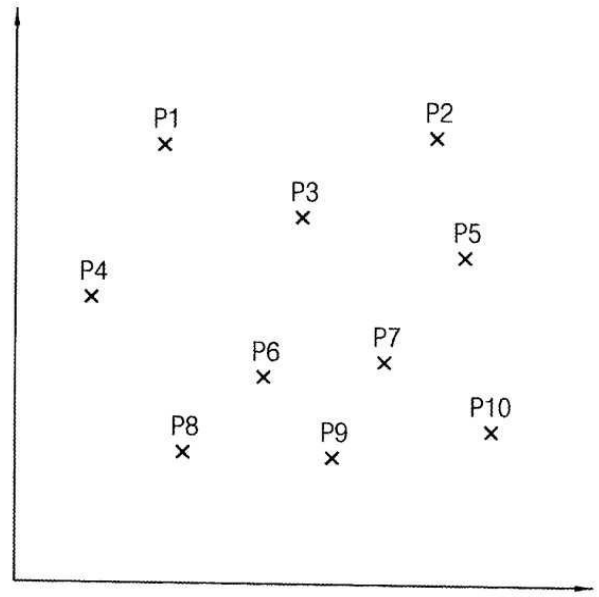
도면4


VOLED
CP
IOLED
VD
CD
RP
RL
RD
OLED
VIN

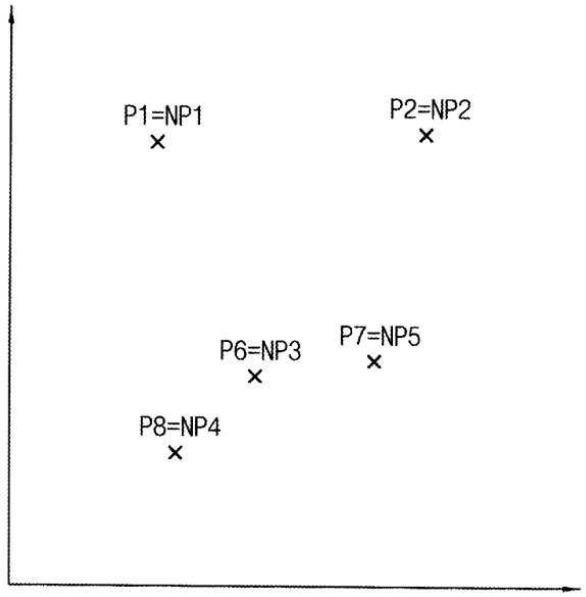
도면5


VIN,VOLED 측정
S100
IOLED 계산
S200
PSO를 이용한
파라미터 추정
S300
복수회의 독립적인
PSO 알고리즘 추정
S320
모델 파라미터
=적합도 함수가 가장
큰 추정 결과
S340
파라미터를 이용한
물리적 특성 추출
S400

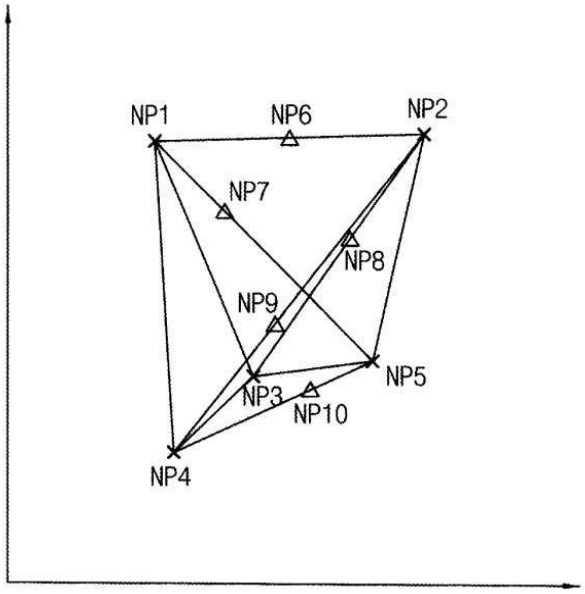
도면6a



도면6b



도면6c



도면6d

