(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0152332
(43) 공개일자 2023년11월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H10K 50/80 (2023.01) *H10K 50/00* (2023.01)
H10K 71/00 (2023.01)
(52) CPC특허분류
H10K 50/856 (2023.02)
H10K 50/13 (2023.02)
(21) 출원번호 10-2022-0051941
(22) 출원일자 2022년04월27일
심사청구일자 2022년04월27일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김태근
경기도 성남시 분당구 양현로 88, 503동 1403호
장일규
서울특별시 성북구 정릉로10길 55, 204호
김나현
서울특별시 성북구 동소문로15길 99, 121동 2003호
(74) 대리인
권성현, 유광철, 백두진, 강일신, 김정연

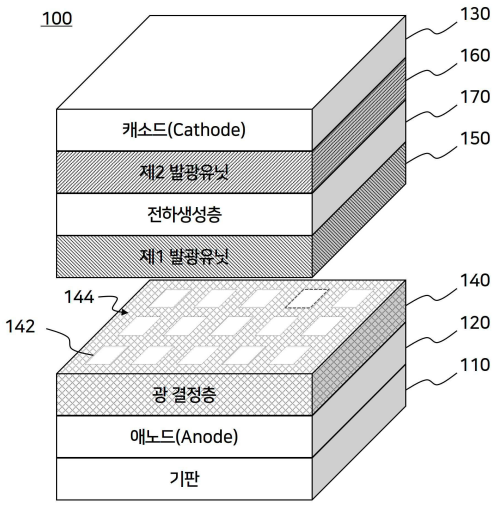
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **광 결정 구조 기반 색 가변형 유기 발광 다이오드**

(57) 요 약

본 개시의 일 실시예에 따르면, 광 결정 구조 기반 색 가변형 유기 발광 다이오드는 적어도 하나의 기판, 기판 위에 구비된 애노드 및 캐소드, 애노드와 캐소드 사이에 구비된 광 결정층 및 광 결정층 위에 구비된 적어도 하나의 발광층을 포함하고, 광 결정층에 포함된 복수의 광 결정에 의해 복수의 패턴이 형성되고, 광 결정층은 광 결정층에 대각선 방향으로 인가되는 스트레인(strain)에 의해 스트레치 가능하도록(stretchable) 구성되고, 적어도 하나의 발광층은 스트레인에 의해 변형된 복수의 패턴에 따라 특정 색상의 빛을 발산하도록 구성될 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H10K 50/81 (2023.02)
H10K 50/82 (2023.02)
H10K 71/00 (2023.02)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711112266
과제번호	2016R1A3B1908249
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	유리투명전극 기반 고효율 광전소자 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

적어도 하나의 기판;

상기 기판 위에 구비된 애노드 및 캐소드;

상기 애노드와 상기 캐소드 사이에 구비된 광 결정층; 및

상기 광 결정층 위에 구비된 적어도 하나의 발광층

을 포함하고,

상기 광 결정층에 포함된 복수의 광 결정에 의해 복수의 패턴이 형성되고,

상기 광 결정층은 상기 광 결정층에 대각선 방향으로 인가되는 스트레인(strain)에 의해 스트레치 가능하도록(stretchable) 구성되고,

상기 적어도 하나의 발광층은 상기 스트레인에 의해 변형된 상기 복수의 패턴에 따라 특정 색상의 빛을 발산하도록 구성되는, 광 결정 구조 기반 색 가변형 유기 발광 다이오드.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광 결정층에 상기 스트레인을 인가하도록 구성된 스트레인 인가부; 및

상기 스트레인의 세기 또는 방향 중 적어도 하나가 조절되도록 상기 스트레인 인가부의 동작을 제어하는 제어부

를 더 포함하는, 광 결정 구조 기반 색 가변형 유기 발광 다이오드.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제어부는 목표 파장 대역을 기초로 상기 스트레인의 크기 또는 방향 중 적어도 하나를 결정하고,

상기 스트레인 인가부는 상기 결정된 크기 또는 방향 중 적어도 하나에 따라 상기 광 결정층을 대각선 방향으로 스트레치하는, 광 결정 구조 기반 색 가변형 유기 발광 다이오드.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 특정 색상은 상기 스트레인에 의해 결정된 상기 복수의 패턴 각각 사이의 거리에 기초하여 결정되는, 광 결정 구조 기반 색 가변형 유기 발광 다이오드.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 특정 색상은 상기 스트레인에 의해 결정된 상기 복수의 패턴 각각의 대각선 방향 길이에 기초하여 결정되는, 광 결정 구조 기반 색 가변형 유기 발광 다이오드.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 복수의 패턴은 상기 스트레인에 의해 나노미터(nm) 단위로 조절되는, 광 결정 구조 기반 색 가변형 유기 발광 다이오드.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 복수의 패턴 중 적어도 일부는 메쉬(mesh) 형태의 패턴을 포함하는, 광 결정 구조 기반 색 가변형 유기 발광 다이오드.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 광 결정층은 E-beam 리소그래피 마스크를 이용하여 상기 복수의 패턴 각각 사이의 거리가 미리 결정된 거리를 갖도록 구비되는, 광 결정 구조 기반 색 가변형 유기 발광 다이오드.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 애노드 및 상기 캐소드는 상기 스트레인에 의해 스트레치 가능하도록 구성되는, 광 결정 구조 기반 색 가변형 유기 발광 다이오드.

청구항 10

적어도 하나의 기판 위에 애노드를 형성하는 단계;

상기 애노드 위에 복수의 광 결정을 포함하는 광 결정층을 형성하는 단계;

상기 광 결정층 위에 적어도 하나의 발광층을 형성하는 단계; 및

상기 적어도 하나의 발광층 위에 캐소드를 형성하는 단계

를 포함하고,

상기 광 결정층에 포함된 복수의 광 결정에 의해 복수의 패턴이 형성되고,

상기 광 결정층은 상기 광 결정층에 대각선 방향으로 인가되는 스트레인에 의해 스트레치 가능하도록 구성되고,

상기 적어도 하나의 발광층은 상기 스트레인에 의해 변형된 상기 복수의 패턴에 따라 특정 색상의 빛을 발산하도록 구성되는, 광 결정 구조 기반 색 가변형 유기 발광 다이오드 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 PC(Photonic Crystal) 구조를 갖는 유기 발광 다이오드 소자의 기계적 특성 변화에 따른 색 가변에 대한 방법으로서, 보다 구체적으로는 광 결정층의 물리적 특성 변화에 의한 패턴의 크기 변화를 유도함으로써, 다이오드에 적층된 유기 물질의 종류와 특성에 제한되지 않는 색 가변 특성을 갖는 광 결정 구조 기반 색 가변

형 유기 발광 다이오드 및 다이오드의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 양극, 음극 사이에 유기 물질 층이 있는 유기 발광 다이오드(Organic Light Emitting Diode)는 인계되는 전류에 따른 캐리어의 이동을 통해 발광층에서의 재결합으로 인하여 발광하며, 사용되는 유기 물질 특성과 소자의 두께 조건에 따라 가시광 영역에서 발광한다. 유기 발광 다이오드는 자발광에 따른 빠른 동작속도, 높은 색순도와 명암비, 저 전력 동작, 더 얇고 잘 휘어지는 기계적 특성 등의 우수성으로 기존 LCD 디스플레이를 대체할 차세대 디스플레이로서 각광받고 있다.

[0004] 그러나, 종래와 같이 전압, 전류의 변화에 따라 색을 변화시키는 방식은 높은 전압이 요구되어 에너지 효율이 떨어지고, 다이오드 제조에 이용되는 물질 선정이 제한된다는 문제가 있다. 또한, 다이오드의 각 층의 두께를 조절하는 방식의 경우 소자의 두께를 변경하기 위하여 색상 별로 다이오드 공정 조건을 변경해야 한다는 한계점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 상술한 문제를 해결하기 위해 본 개시에서는 다이오드에 적층된 유기 물질의 종류와 특성에 제한되지 않는 색 가변 특성을 갖는 광 결정 구조 기반 색 가변형 유기 발광 다이오드 및 다이오드 제조 방법이 제공될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 광 결정 구조 기반 색 가변형 유기 발광 다이오드는 적어도 하나의 기판, 기판 위에 구비된 애노드 및 캐소드, 애노드와 캐소드 사이에 구비된 광 결정층 및 광 결정층 위에 구비된 적어도 하나의 발광층을 포함하고, 광 결정층에 포함된 복수의 광 결정에 의해 복수의 패턴이 형성되고, 광 결정층은 광 결정층에 대각선 방향으로 인가되는 스트레인(strain)에 의해 스트레치 가능하도록(stretchable) 구성되고, 적어도 하나의 발광층은 스트레인에 의해 변형된 복수의 패턴에 따라 특정 색상의 빛을 발산하도록 구성될 수 있다.

[0009] 일 실시예에 따르면, 광 결정층에 스트레인을 인가하도록 구성된 스트레인 인가부 및 스트레인의 세기 또는 방향 중 적어도 하나가 조절되도록 스트레인 인가부의 동작을 제어하는 제어부를 더 포함할 수 있다.

[0010] 일 실시예에 따르면, 제어부는 목표 파장 대역을 기초로 스트레인의 크기 또는 방향 중 적어도 하나를 결정하고, 인가부는 결정된 크기 또는 방향 중 적어도 하나에 따라 광 결정층을 대각선 방향으로 스트레치할 수 있다.

[0011] 일 실시예에 따르면, 특정 색상은 스트레인에 의해 결정된 복수의 패턴 각각 사이의 거리에 기초하여 결정될 수 있다.

[0012] 일 실시예에 따르면, 특정 색상은 스트레인에 의해 결정된 복수의 패턴 각각의 대각선 방향 길이에 기초하여 결정될 수 있다.

[0013] 일 실시예에 따르면, 복수의 패턴은 스트레인에 의해 나노미터(nm) 단위로 조절될 수 있다.

[0014] 일 실시예에 따르면, 복수의 패턴 중 적어도 일부는 메쉬(mesh) 형태의 패턴을 포함할 수 있다.

[0015] 일 실시예에 따르면, 광 결정층은 E-beam 리소그래피 마스크를 이용하여 복수의 패턴 각각 사이의 거리가 미리 결정된 거리를 갖도록 구비될 수 있다.

[0016] 일 실시예에 따르면, 애노드 및 캐소드는 스트레인에 의해 스트레치 가능하도록 구성될 수 있다.

[0017] 본 개시의 다른 일 실시예에 따르면, 광 결정 구조 기반 색 가변형 유기 발광 다이오드 제조 방법은 적어도 하나의 기판 위에 애노드를 형성하는 단계, 애노드 위에 복수의 광 결정을 포함하는 광 결정층을 형성하는 단계,

광 결정층 위에 적어도 하나의 발광층을 형성하는 단계 및 적어도 하나의 발광층 위에 캐소드를 형성하는 단계를 포함하고, 광 결정층에 포함된 복수의 광 결정에 의해 복수의 패턴이 형성되고, 광 결정층은 광 결정층에 대각선 방향으로 인가되는 스트레인에 의해 스트레치 가능하도록 구성되고, 적어도 하나의 발광층은 스트레인에 의해 변형된 복수의 패턴에 따라 특정 색상의 빛을 발산하도록 구성될 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 개시의 일부 실시예에 따르면, 기존 색 가변 유기 발광 다이오드의 재료적, 물리적 한계점을 광 결정 기반의 유연성을 가진 소자 구조를 적용하여 극복한 색 가변형 유기 발광 다이오드를 제공할 수 있다.

[0020] 본 개시의 일부 실시예에 따르면, 다이오드의 구성에 유연성을 더하여 패턴 간의 거리 차이 변화가 용이하고, 공정 설계의 변경 없이 색 가변형 유기 발광 다이오드가 제조 가능하도록 함으로써 다이오드의 하드웨어 설계 비용을 절감시킬 수 있다.

[0021] 본 개시의 일부 실시예에 따르면, 다이오드가 방출하는 빛의 색상에 대응하는 패턴과 패턴 사이의 거리를 시뮬레이션을 통하여 유추할 수 있고, 시뮬레이션 결과를 토대로 시스템화된 특성 분석 장치를 이용하여 나노미터(nm) 단위로 거리가 변경되도록 스트레인을 조절함으로써, 정밀하게 조작되는 색 가변형 유기 발광 다이오드를 제공할 수 있다.

[0022] 본 개시의 일부 실시예에 따르면, 기존의 색 가변 소자와 달리 유기 층의 물질 선정이 자유롭고 전력 효율이 향상된 색 가변형 유기 발광 다이오드를 제공할 수 있다.

[0023] 본 개시의 일부 실시예에 따르면, 다이오드에 포함되는 유기 물질의 선정 범위가 넓어져 다양한 사양을 가진 색 가변형 유기 발광 다이오드를 제조할 수 있으므로, 상업적 활용 가치가 높은 색 가변형 유기 발광 다이오드를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 개시의 일 실시예에 따른 색 가변형 유기 발광 다이오드의 모식도를 나타낸다.

도 2는 본 개시의 일 실시예에 따라 다이오드에 포함된 텐덤 구조(Tandem structure)를 나타내는 단면도이다.

도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 색 가변형 유기 발광 장치 제어 시스템의 기능적 구성을 나타내는 구성도이다.

도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 광 결정층에 스트레인이 인가되는 예시를 나타낸다.

도 5는 본 개시의 일 실시예에 따른 스트레인 인가부의 예시를 나타낸다.

도 6은 본 개시의 일 실시예에 따른 다이오드의 발광 파장을 시뮬레이션 한 결과를 나타내는 도표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 본 개시의 실시를 위한 구체적인 내용을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 다만, 이하의 설명에서는 본 개시의 요지를 불필요하게 흐릴 우려가 있는 경우, 널리 알려진 기능이나 구성에 관한 구체적 설명은 생략하기로 한다.

[0027] 첨부된 도면에서, 동일하거나 대응하는 구성요소에는 동일한 참조부호가 부여되어 있다. 또한, 이하의 실시예들의 설명에 있어서, 동일하거나 대응되는 구성요소를 중복하여 기술하는 것이 생략될 수 있다. 그러나 구성요소에 관한 기술이 생략되어도, 그러한 구성요소가 어떤 실시예에 포함되지 않는 것으로 의도되지는 않는다.

[0028] 개시된 실시예의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 개시는 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 개시가 완전하도록 하고, 본 개시가 통상의 기술자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것일 뿐이다.

[0029] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 개시된 실시예에 대해 구체적으로 설명하기로 한다. 본

명세서에서 사용되는 용어는 본 개시에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 관련 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 개시에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 개시의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

[0030] 본 명세서에서의 단수의 표현은 문맥상 명백하게 단수인 것으로 특정하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 또한, 복수의 표현은 문맥상 명백하게 복수인 것으로 특정하지 않는 한, 단수의 표현을 포함한다. 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 '포함'한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다.

[0031] 또한, 명세서에서 사용되는 '부'라는 용어는 소프트웨어 또는 하드웨어 구성요소를 의미하며, '부'는 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 '부'는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '부'는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '부'는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 또는 변수들 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 구성요소들과 '부'들은 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '부'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '부'들로 더 분리될 수 있다.

[0032] 본 개시의 일 실시예에 따르면 '부'는 프로세서 및 메모리로 구현될 수 있다. '프로세서'는 범용 프로세서, 중앙 처리 장치(CPU), 마이크로프로세서, 디지털 신호 프로세서(DSP), 제어기, 마이크로제어기, 상태 머신 등을 포함하도록 넓게 해석되어야 한다. 몇몇 환경에서는, '프로세서'는 주문형 반도체(ASIC), 프로그램 가능 로직 디바이스(PLD), 필드 프로그램가능 게이트 어레이(FPGA) 등을 지칭할 수도 있다. '프로세서'는, 예를 들어, DSP와 마이크로프로세서의 조합, 복수의 마이크로프로세서들의 조합, DSP 코어와 결합한 하나 이상의 마이크로프로세서들의 조합, 또는 임의의 다른 그러한 구성들의 조합과 같은 처리 디바이스들의 조합을 지칭할 수도 있다. 또한, '메모리'는 전자 정보를 저장 가능한 임의의 전자 컴포넌트를 포함하도록 넓게 해석되어야 한다. '메모리'는 임의 액세스 메모리(RAM), 판독-전용 메모리(ROM), 비-휘발성 임의 액세스 메모리(NVRAM), 프로그램 가능 판독-전용 메모리(PROM), 소거-프로그램가능 판독 전용 메모리(EPROM), 전기적으로 소거가능 PROM(EEPROM), 플래쉬 메모리, 자기 또는 광학 데이터 저장장치, 레지스터들 등과 같은 프로세서-판독가능 매체의 다양한 유형들을 지칭할 수도 있다. 프로세서가 메모리로부터 정보를 판독하고/하거나 메모리에 정보를 기록할 수 있다면 메모리는 프로세서와 전자 통신 상태에 있다고 불린다. 프로세서에 집적된 메모리는 프로세서와 전자 통신 상태에 있다.

[0033] 본 개시의 일 실시예에 따르면, '대각선' 방향은 상대적인 개념으로, 각각'종', '횡', '상', '하', '좌', '우' 방향으로 대체되어 해석될 수 있다. 예를 들어, 광결정층의 제1 대각선 방향 및 제2 대각선 방향은 각각 종방향 및 횡방향과 동일하게 해석될 수 있다. 다른 예를 들어, 광결정층의 제1 대각선 방향 및 제2 대각선 방향은 각각 상하방향 및 좌우방향은 동일하게 해석될 수 있다. 상술한 예시 이외에도, 본 개시에서 언급되는 '종', '횡', '상', '하', '좌', '우', '대각선'방향은 대상을 관측하는 관측자의 시점을 기준으로 서로 각각 대체되어 사용될 수 있다.

[0034] 도 1은 본 개시의 일 실시예에 따른 색 가변형 유기 발광 다이오드(100)의 모식도를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 색 가변형 유기 발광 다이오드(100)(이하, '다이오드'라 한다)는 기판(110), 애노드(Anode)(120), 캐소드(Cathode)(130), 광 결정층(140), 적어도 하나의 발광유닛(150, 160) 및 전하생성층(CG Layer; Charge Generation Layer)(170)를 포함할 수 있다. 본 개시의 다이오드(100)는 전류가 흐르는 동안 다이오드(100)에 인가되는 스트레인(stain)의 크기 및/또는 방향을 변화시킴에 따라 특정 색상으로 발광할 수 있다. 이러한 특성에 기초하여 다이오드(100)는 PC, TV, 모바일 디바이스, 조명 등에 이용될 수 있다.

[0035] 일 실시예에 따르면, 기판(110)은 다이오드(100)에 인가되는 스트레인에 의해 변형될 수 있다. 본 개시에서 변형은 대상의 크기 및/또는 모양이 변경되는 것을 지칭한다. 예를 들어, 변형은 스트레치(stretch)되거나, 스트레치된 상태에서 이전 상태 또는 기존 상태로 되돌아 가는 것을 지칭할 수 있다. 한편, 이를 위해 기판(110)은 유연 소자를 포함할 수 있다.

[0036] 일 실시예에 따르면, 애노드(120) 및/또는 캐소드(130)는 기판(110) 위에 구비될 수 있다. 예를 들어, 애노드(120) 및/또는 캐소드(130)는 기판(110) 위에 스퍼터링시스템(Sputtering system), 전자선증착(Electron beam

evaporation), 열증착(Thermal evaporation) 또는 분자선결정성장(Molecular beam epitaxy) 중 적어도 하나의 방식을 이용하여 구비될 수 있다. 추가적으로, 애노드(120) 및/또는 캐소드(130)는 다이오드(100)에 인가되는 스트레인에 의해 변형될 수 있다. 한편, 이를 위해 애노드(120) 및/또는 캐소드(130)는 유연 소자를 포함할 수 있다. 예를 들어, 애노드(120) 및/또는 캐소드(130)는 WO_3, ZnO, IZO, Ag 또는 Al 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0037] 일 실시예에 따르면, 광 결정층(140)은 애노드(120)와 캐소드(130) 사이에 구비될 수 있다. 이 경우, 구비된 광 결정층(140)은 광 결정(Photonic Crystal) 물질에 의해 형성된 패턴(142) 및 평탄층(144)을 포함할 수 있다. 여기서, 광 결정 물질이란 물질의 광학적인 성질을 이용할 수 있는 구조(본 개시에서는, 상술한 '구조'를 '패턴'으로 지칭한다)를 가지고 있거나 해당 구조를 갖도록 만들어낸 모든 물질을 지칭할 수 있다. 또한, 광 결정 물질은 빛의 파장과 유사한 길이의 격자 주기를 갖는 물질로, 예를 들어 SiO_2를 포함할 수 있다. 이에 따라, 광 결정 물질은 패턴(142)을 형성하므로, 광 결정층(140)은 입사광 중 특정 파장의 빛만 반사하는 특성을 가질 수 있다.

[0038] 일 실시예에 따르면, 패턴(142)은 전자선 리소그래피(E-beam lithography) 마스크 공정을 이용하여 구비될 수 있다. 이에 따라, 패턴(142)은 메쉬(mesh) 패턴으로 형성될 수 있다. 이와 같이, 형성된 패턴(142)은 다이오드(100)의 전면 시점에서 관찰될 수 있다.

[0039] 일 실시예에 따르면, 광 결정층(140)은 다이오드(100)에 인가되는 스트레인에 의해 변형될 수 있다. 이를 위해, 광 결정층(140)은 유연 소자를 포함할 수 있다. 예를 들어, 광 결정층(140)은 SiN_x, SiO_2 등을 포함할 수 있다. 이에 따라, 다이오드(100)에 스트레인이 인가되는 경우, 광 결정층(140)에 포함된 임의의 두 패턴 사이의 거리가 길어지거나 또는 짧아질 수 있다. 또는, 광 결정층(140)에 포함된 임의의 패턴의 면적 및/또는 대각선 길이(본 게시에서 l(length)로 표시된다)가 길어지거나 또는 짧아질 수 있다. 이에 관한 상세한 설명은 도 3에서 후술된다. 한편, 평탄층(144)은 광 결정층(140)에서 패턴(142)을 제외한 나머지 영역에 구비되는 층으로, 평탄층(144)은 예를 들어 SiN_x-를 포함할 수 있다.

[0040] 일 실시예에 따르면, 적어도 하나의 발광유닛(150, 160)는 황색광을 발산하도록 구성된 제1 발광유닛(150) 또는 청색광을 발산하도록 구성된 제2 발광유닛(150) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 도 1에서는 제1 발광유닛(150) 위에 제2 발광유닛(160)이 구비된 것으로 도시되었으나, 이에 한정되지 않고 제2 발광유닛(160) 위에 제1 발광유닛(150)이 구비될 수 있다. 나아가, 다이오드(100)는 황색광, 청색광, 적색광 또는 녹색광 등을 발산하도록 구성된 발광유닛(미도시) 중 적어도 하나의 조합으로 구성된 발광유닛을 포함할 수도 있다.

[0041] 일 실시예에 따르면, 적어도 하나의 발광유닛(150, 160) 중 적어도 하나는 다이오드(100)에 인가되는 스트레인에 의해 변형될 수 있다. 이를 위해, 발광유닛(150, 160)는 유연 소자를 포함할 수 있다. 예를 들어, 발광유닛(150, 160)는 WO_3, ZnO, IZO, Ag 또는 Al 중 적어도 하나의 유연 소자를 포함할 수 있다. 추가적으로, 발광유닛(150, 160)는 유기 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 발광유닛(150, 160)는 DMAC-DPS, mCP 또는 DPPS 중 적어도 하나의 유기 물질을 포함할 수 있다.

[0042] 일 실시예에 따르면, 전하생성층(170)은 제1 발광유닛(150)과 제2 발광유닛(160) 사이에 위치할 수 있다. 여기서, 전하생성층(170)은 중간 연결층(ICL; Intermediate Connector Layer)으로 지칭될 수도 있다. 전하생성층(170)은 발광유닛(150, 160)에 전자 및 정공을 공급하는층으로, 서로 인접한층(여기서, 제1 발광유닛(150) 및 제2 발광유닛(160)) 간의 전하 균형을 조절함으로써, 다이오드(100)의 발광 효율을 향상시킬 수 있다. 한편, 전하생성층(170) 또한 유연 소자를 포함하여 다이오드(100)에 인가되는 스트레인에 의해 변형될 수 있다.

[0043] 도 2는 본 개시의 일 실시예에 따라 다이오드(예: 다이오드(100))에 포함된 텐덤 구조(Tandem structure)(200)를 나타내는 단면도이다. 본 개시에서, 텐덤 구조는 복수의 발광유닛이 결합되어 있는 구조를 지칭할 수 있다. 여기서, 제1 발광유닛(210) 및 제2 발광유닛(220)은 각각 도 1의 제1 발광유닛(150) 또는 제2 발광유닛(160) 중 어느 하나에 대응될 수 있다. 또한, 광 결정층(230)은 도 1의 광 결정층(140)에 대응될 수 있다.

[0044] 일 실시예에 따르면, 제1 발광유닛(210)은 제1 정공주입층(HIL; Hole Injection Layer)(212), 제1 정공수송층(HTL; Hole Transport Layer)(214), 제1 발광층(EML; Emission Layer)(216) 및 제1 전자수송층(ETL; Electron Transport Layer)(218) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 이와 유사하게, 제2 발광유닛(220)은 제2 정공주입층(222), 제2 정공수송층(224), 제2 발광층(226) 및 제2 전자수송층(228) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 여기서, 정공주입층(212, 222)은 발광층(216, 226)으로 공급될 정공의 주입이 용이하도록 도와주는 층을 지칭할

수 있다. 또한, 정공수송층(214, 224)은 애노드에 주입된 정공이 발광층(216, 226)에 위치하는 전자와 결합될 수 있도록, 발광층(216, 226)으로 전자를 이동시키는 층을 지칭할 수 있다. 또한, 전자수송층(218, 228)은 전자가 캐소드(예: 캐소드(130))로부터 발광층(216, 226)으로 이동시키는 층을 지칭할 수 있다.

[0045] 일 실시예에 따르면, 광 결정층(230)은 복수의 패턴을 포함할 수 있다. 이 경우, 복수의 패턴 중 임의의 패턴(232)은 전자선 리소그래피(E-beam lithography) 마스크 공정을 이용하여 구비될 수 있다. 도 2의 텐덤 구조(200)에 도시된 바와 같이, 다이오드(예: 다이오드(100))의 단면 또는 정면을 관측하는 경우 패턴(232)의 모양이 노출될 수 있다. 예를 들어, 패턴(232)이 메쉬 패턴으로 형성된 경우, 다이오드의 단면 도는 정면에서 패턴(232)의 메쉬 무늬가 노출될 수 있다.

[0046] 도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 색 가변형 유기 발광 장치 제어 시스템(300)(이하, '제어 시스템'이라 함)의 기능적 구성을 나타내는 구성도이다. 도시된 바와 같이, 제어 시스템(300)은 색 가변형 유기 발광 장치(310) 및 정보 처리 시스템(320)을 포함할 수 있다. 또한, 색 가변형 유기 발광 장치(310)는 색 가변형 유기 발광부(312), 스트레인(strain) 인가부(314) 및 제어부(316)를 포함할 수 있다. 여기서, 색 가변형 유기 발광부(312)는 도 1의 다이오드(100)를 포함할 수 있다.

[0047] 정보 처리 시스템(320)은 네트워크(미도시)를 통해 색 가변형 유기 발광 장치(310)의 제조 및/또는 동작을 제어하기 위한 어플리케이션, 프로그램 등을 포함할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 정보 처리 시스템(320)은 다이오드의 제조, 다이오드에 인가되는 스트레인 제어와 연관된 컴퓨터 실행 가능한 프로그램(예를 들어, 다운로드 가능한 어플리케이션)을 포함할 수 있다. 또한, 정보 처리 시스템(320)은 다이오드의 제조, 다이오드에 인가되는 스트레인 제어와 연관된 데이터를 저장, 제공 및 실행할 수 있는 하나 이상의 서버 장치 및/또는 데이터베이스, 또는 클라우드 컴퓨팅 서비스 기반의 하나 이상의 분산 컴퓨팅 장치 및/또는 분산 데이터베이스를 포함할 수 있다.

[0048] 정보 처리 시스템(320)에 의해 제공되는 색 가변형 유기 발광 장치(310) 관련 서비스는, 색 가변형 유기 발광 장치(310)에 설치된 프로그램, 어플리케이션 등을 통해 사용자에게 제공될 수 있다.

[0049] 색 가변형 유기 발광 장치(310)는 네트워크를 통해 정보 처리 시스템(320)과 통신할 수 있다. 네트워크는 색 가변형 유기 발광 장치(310)와 정보 처리 시스템(320) 사이의 통신이 가능하도록 구성될 수 있다. 네트워크는 설치 환경에 따라, 예를 들어, 이더넷(Ethernet), 유선 홈 네트워크(Power Line Communication), 전화선 통신 장치 및 RS-serial 통신 등의 유선 네트워크, 이동통신망, WLAN(Wireless LAN), Wi-Fi, Bluetooth 및 ZigBee 등과 같은 무선 네트워크 또는 그 조합으로 구성될 수 있다. 통신 방식은 제한되지 않으며, 네트워크가 포함할 수 있는 통신망(일례로, 이동통신망, 유선 인터넷, 무선 인터넷, 방송망, 위성망 등)을 활용하는 통신 방식뿐 아니라 색 가변형 유기 발광 장치(310)와 정보 처리 시스템(320) 사이의 근거리 무선 통신 역시 포함될 수 있다.

[0050] 도 3에서는 한 대의 색 가변형 유기 발광 장치(310)가 정보 처리 시스템(320)과 연결되어 있는 것으로 도시되었으나 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 복수의 색 가변형 유기 발광 장치가 네트워크를 통해 정보 처리 시스템(320)과 연결될 수 있다.

[0051] 일 실시예에 따르면, 정보 처리 시스템(320)은 색 가변형 유기 발광 장치(310)로부터 정보 및/또는 데이터를 수신할 수 있다. 여기서, 정보 및/또는 데이터는 색 가변형 유기 발광 장치(310)에 포함된 센서(예: 분광복사기(spectroradiometer)) 등에 의하여 획득된 정보 및/또는 데이터(예를 들어, 다이오드에 포함된 각 층의 두께, 패턴(예: 패턴(142))과 다른 패턴 사이의 거리, 패턴의 면적, 패턴의 길이 등)를 포함할 수 있다. 또한, 정보 및/또는 데이터는 색 가변형 유기 발광 장치(310)의 제어에 이용되는 룩업테이블, 알고리즘과 관련된 데이터를 포함할 수 있다. 예를 들어, 정보 및/또는 데이터는 인가되는 스트레인의 크기 및/또는 방향과 색 가변형 유기 발광 장치(310)가 방출하는 빛의 색상(또는, 파장)이 매칭된 룩업테이블을 포함할 수 있다. 또한, 정보 및/또는 데이터는 색 가변형 유기 발광 장치(310)에 포함된 각 층(예: 층(110, 120, 130, 140, 150, 160, 170) 또는 해당 층에 포함된 구성의 물리적 특성(예: 두께, 면적, 길이 등)과 관련된 정보를 포함할 수 있다.

[0052] 일 실시예에 따르면, 정보 처리 시스템(320)은 수신된 정보 및/또는 데이터를 기초로 색 가변형 유기 발광 장치(310)와 관련된 데이터베이스를 구축 및 업데이트할 수 있다. 또한, 정보 처리 시스템(320)은 수신된 정보 및/또는 데이터를 기초로 생성된 제어 신호를 색 가변형 유기 발광 장치(310)의 제어부(316)로 전송할 수 있다. 이 경우, 제어부(316)는 제어 신호를 기초로 색 가변형 유기 발광부(312) 및/또는 스트레치 인가부(314)의 모든 동작을 제어할 수 있다.

[0053] 일 실시예에 따르면, 스트레치 인가부(314)는 다이오드에 일정한 범위 내의 크기 및 방향으로 스트레인을 인가할 수 있다. 이 경우, 목표 스트레인 값은 정보 처리 시스템(320) 또는 제어부(316)에 의해 결정될 수 있다. 추가적으로, 스트레치 인가부(314)는 다이오드에 횡방향(또는, 좌우방향), 종방향(또는, 상하방향) 또는 대각선 방향으로 스트레인을 인가할 수 있다. 이 경우, 각각의 방향에 대한 스트레인의 크기는 동일할 수 있다. 또는, 각각의 방향에 대한 스트레인의 크기는 상이할 수 있다. 예를 들어, 횡방향으로 인가되는 스트레인의 크기와 종방향으로 인가되는 스트레인의 크기가 상이할 수 있다. 다른 예를 들어, 제1 대각선 방향으로 인가되는 스트레인의 크기와 제2 대각선 방향으로 인가되는 스트레인의 크기가 상이할 수 있다. 한편, 이를 위해 스트레치 인가부(314)는 지그에 소자를 포함할 수 있다. 이 경우, 지그에 소자는 다이오드의 애노드(예: 애노드(120)) 및 캐소드(예: 캐소드(130))에 연결될 수 있다.

[0054] 도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 광 결정층(412)에 스트레인이 인가되는 예시를 나타낸다. 일 실시예에 따르면, 광 결정층(412)은 스트레인이 인가되는 동안 제1 동작 단계(410) 및 제2 동작 단계(420)를 거쳐 변형될 수 있다. 여기서, 제1 동작 단계(410)는 광 결정층(412)에 제1 세기 및 제1 방향으로 스트레인이 인가되는 예시이다. 도시된 바와 같이, 광 결정층(412)은 제1 세기 및 제1 방향으로 인가되는 스트레인에 의해 복수의 패턴 각각 사이의 거리가 d1 및 d2로 결정될 수 있다. 또한, 패턴의 대각선 길이는 l1 및 l2로 결정될 수 있다. 한편, 복수의 패턴 각각 사이의 거리와 패턴의 대각선 길이는 나노미터(nm) 단위로 조절될 수 있다.

[0055] 제1 동작 단계(410) 후에, 광 결정층(412)에 제2 세기 및 제2 방향으로 스트레인이 인가될 수 있다. 여기서, 제2 세기는 제1 세기보다 큰 값을 가질 수 있다. 또한, 제2 세기는 시스템(예: 제어 시스템(300))에 따라 미리 결정된 목표 세기보다 작거나 같을 수 있다. 마찬가지로, 제2 방향은 제1 방향과 동일하거나 상이할 수 있다. 또한, 제2 방향은 시스템에 따라 미리 결정된 목표 방향과 같을 수 있다. 도시된 바와 같이, 제2 동작 단계(420)에서 광 결정층(512)은 제2 세기 및 제2 방향으로 인가되는 스트레인에 의해 복수의 패턴 각각 사이의 거리가 d3 및 d4로 결정될 수 있다. 또한, 패턴의 대각선 길이는 l3 및 l4로 결정될 수 있다. 이러한 구성에 의해, 광 결정층(412)은 스트레인이 인가되기 전과 다른 파장의 빛을 반사할 수 있다. 즉, 복수의 색상으로 발광하는 다이오드(예: 다이오드(100))를 제조하기 위하여 기존 공정에서 조건이나 변수를 변경하거나, 단계를 추가할 필요성이 제거되어 공정의 복잡도를 현저하게 낮출 수 있을 뿐만 아니라 공정 비용을 절감시킬 수 있다. 또한, 상술한 효과로 인해 다이오드가 이용되는 다양한 어플리케이션의 하드웨어 설계 효율을 향상시킬 수 있다. 한편, 도 4에서는 스트레인의 크기를 증가시키는 과정이 도시되었으나, 스트레인의 크기를 감소시키는 과정 또한 구현될 수 있다. 이 경우에는, 제2 동작 단계(420) 이후에 제1 동작 단계(410)가 수행될 수 있다.

[0056] 도 5는 본 개시의 일 실시예에 따른 스트레인 인가부(512)의 예시를 나타낸다. 여기서, 스트레인 인가부(512)는 도 3의 스트레인 인가부(314)와 대응될 수 있다. 이에 따라, 제어부(예: 제어부(316))는 목표 파장 대역(즉, 방출하고자 하는 특정 색상 빛의 파장 대역)을 기초로 스트레인의 크기 또는 방향 중 적어도 하나를 결정하고, 스트레인 인가부(512)는 결정된 크기 또는 방향 중 적어도 하나에 따라 광 결정층(514)을 스트레치할 수 있다.

[0057] 추가적으로 또는 대안적으로, 스트레인 인가부(512)는 광 결정층(514)에 인가되는 스트레인의 세기 및/또는 방향에 따른 패턴(514_1, 514_2) 각각 사이의 거리, 패턴(514_1, 514_2) 각각의 대각선 방향의 길이, 광 결정층(514)에 의해 발산되는 빛의 파장 대역 등을 측정하는 시뮬레이션을 통해 룩업테이블을 생성하기 위해 이용될 수 있다.

[0058] 도 5를 참고하면, 스트레인 인가부(512)는 광 결정층(514)을 고정하여 대각선 방향(a, b, c, d)으로 당기는 방식으로 스트레인을 인가하도록 구성된 구동부(512_1 내지 512_4)를 포함할 수 있다. 여기서, 구동부(512_1 내지 512_4)는 4개의 분리된 부재를 포함하는 것으로 도시되어 있으나, 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 구동부(512_1 내지 512_4)는 하나의 부재로 구성될 수도 있다. 다른 예를 들어, 제1 구동부(512_1) 및 제3 구동부(514_3)이 하나의 부재로 구성되고, 제2 구동부(512_2) 및 제4 구동부(514_4)가 다른 하나의 부재로 구성될 수도 있다.

[0059] 제1 동작 단계(510)는 구동부(512_1 내지 512_4)에 의해 광 결정층(514)에 대각선 방향(a, b, c, d)으로 스트레인이 인가되는 예시를 나타낸다. 구체적으로, 제1 구동부(512_1)는 제1 대각선 방향(a)으로, 제2 구동부(512_2)는 제2 대각선 방향(b)으로, 제3 구동부(512_1)는 제3 대각선 방향(c)으로, 제4 구동부(512_4)는 제4 대각선 방향(d)으로 스트레인을 인가할 수 있다. 이에 따라, 광 결정층(514)에 포함된 임의의 제1 패턴(514_1)과 임의의 제2 패턴(514_2) 사이의 거리는 나노미터 단위로 증가할 수 있다. 또한, 제1 패턴(514_1) 및 제2 패턴(514_2)의 대각선 방향(a, b, c, d)의 길이는 도 4에서 설명한 바와 같이 증가할 수 있다.

[0060] 일 실시예에 따르면, 각 대각선 방향(a, b, c, d)에 대한 스트레인의 크기는 동일할 수 있다. 또한, 스트레인의 크기는 광 결정층(514)에 포함된 임의의 제1 패턴(514_1)과 임의의 제2 패턴(514_2) 사이의 거리를 나노미터 단위로 조절하도록 변경될 수 있다.

[0061] 제2 동작 단계(520)는 제1 동작 단계(510)에서 구동부(512_1 내지 512_4)에 의해 인가된 스트레인이 릴리즈(release)되는 예시를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 스트레인이 릴리즈(release)됨에 따라 제1 패턴(514_1) 및 제2 패턴(514_2) 사이의 거리는 감소할 수 있다. 또한, 제1 패턴(514_1) 및 제2 패턴(514_2)의 대각선 방향(a, b, c, d)의 길이는 감소할 수 있다.

[0062] 한편, 도 5에서는 스트레인 인가부(512)가 광 결정층(514)에 스트레인을 인가하는 예시가 도시되었으나, 이에 한정되지 않고, 스트레인 인가부(512)는 본 개시의 다이오드(예: 다이오드(100))에 상술한 방법과 동일/유사하게 스트레인을 인가할 수 있다. 또한, 도 5에서는 제1 동작 단계(510)에서 광 결정층(514)에 스트레인이 인가된 후 제2 동작 단계(520)에서 스트레인이 릴리즈되는 예시가 도시되었으나, 이와는 반대로 광 결정층(514)에 스트레인이 릴리즈된 후 다시 스트레인이 인가될 수도 있다.

[0063] 도 6은 본 개시의 일 실시예에 따른 다이오드(예: 다이오드(100))의 발광 파장을 시뮬레이션 한 결과를 나타내는 도표이다. 상술한 바와 같이, 다이오드에 가해지는 스트레인에 의해 변화된 복수의 패턴 각각 사이의 거리 및 패턴의 대각선 길이에 따라, 다이오드가 발산하는 빛의 파장 대역이 결정될 수 있다. 본 개시와 관련된 실험에서 복수의 패턴 각각 사이의 거리 및 패턴의 대각선 길이는 3D 시뮬레이션을 통해 산출되었으며, 도 6에서는 복수의 패턴 각각 사이의 거리(distance)에 따른 파장 대역 스펙트럼이 도시되어 있다.

[0064] 도 6을 참고하면, 복수의 패턴 각각 사이의 거리가 51(nm), 5(nm) 및 150(nm)일 때, 다이오드는 각각 백색(White), 청색(Blue) 및 황색(Yellow)광을 방출하는 것을 확인할 수 있다. 인가되는 스트레인의 크기가 커질수록 패턴과 패턴 사이의 거리는 증가하고, 이에 따라 방출되는 빛의 파장 대역의 크기는 증가하는 것을 확인할 수 있다.

[0065] 본 개시의 앞선 설명은 통상의 기술자들이 본 개시를 행하거나 이용하는 것을 가능하게 하기 위해 제공된다. 본 개시의 다양한 수정예들이 통상의 기술자들에게 쉽게 자명할 것이고, 본원에 정의된 일반적인 원리들은 본 개시의 취지 또는 범위를 벗어나지 않으면서 다양한 변형예들에 적용될 수도 있다. 따라서, 본 개시는 본원에 설명된 예들에 제한되도록 의도된 것이 아니고, 본원에 개시된 원리들 및 신규한 특징들과 일관되는 최광의의 범위가 부여되도록 의도된다.

[0066] 비록 예시적인 구현예들이 하나 이상의 독립형 컴퓨터 시스템의 맥락에서 현재 개시된 주제의 양태들을 활용하는 것을 언급할 수도 있으나, 본 주제는 그렇게 제한되지 않고, 오히려 네트워크나 분산 컴퓨팅 환경과 같은 임의의 컴퓨팅 환경과 연계하여 구현될 수도 있다. 또 나아가, 현재 개시된 주제의 양상들은 복수의 프로세싱 칩들이나 디바이스들에서 또는 그들에 걸쳐 구현될 수도 있고, 스토리지는 복수의 디바이스들에 걸쳐 유사하게 영향을 받게 될 수도 있다. 이러한 디바이스들은 PC들, 네트워크 서버들, 및 핸드헬드 디바이스들을 포함할 수도 있다.

[0067] 본 명세서에서는 본 개시가 일부 실시예들과 관련하여 설명되었지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 기술자가 이해할 수 있는 본 개시의 범위를 벗어나지 않는 범위에서 다양한 변형 및 변경이 이루어질 수 있다는 점을 알아야 할 것이다. 또한, 그러한 변형 및 변경은 본 명세서에서 첨부된 특허청구의 범위 내에 속하는 것으로 생각되어야 한다.

부호의 설명

[0069] 100: 색 가변형 유기 발광 다이오드

110: 기판

120: 애노드(Anode)

130: 캐소드(Cathode)

140: 광 결정층

142: 패턴(pattern)

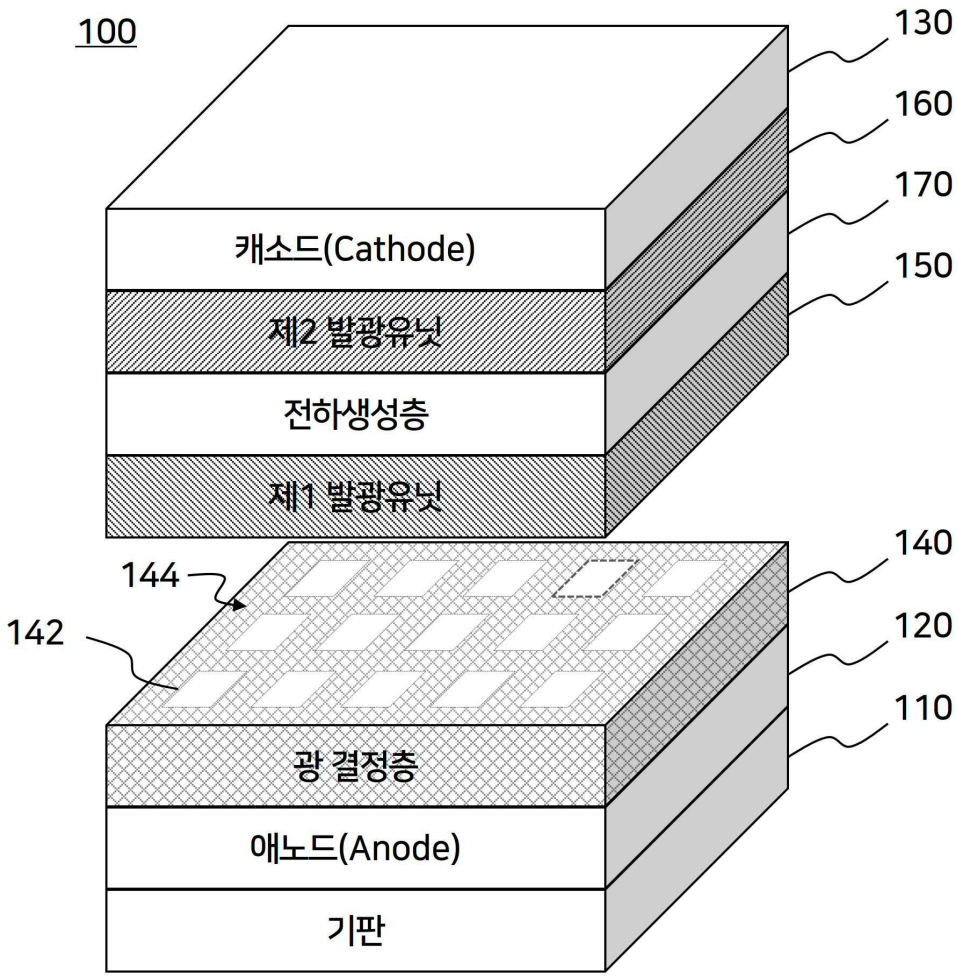
144: 평탄층

150, 160: 발광유닛

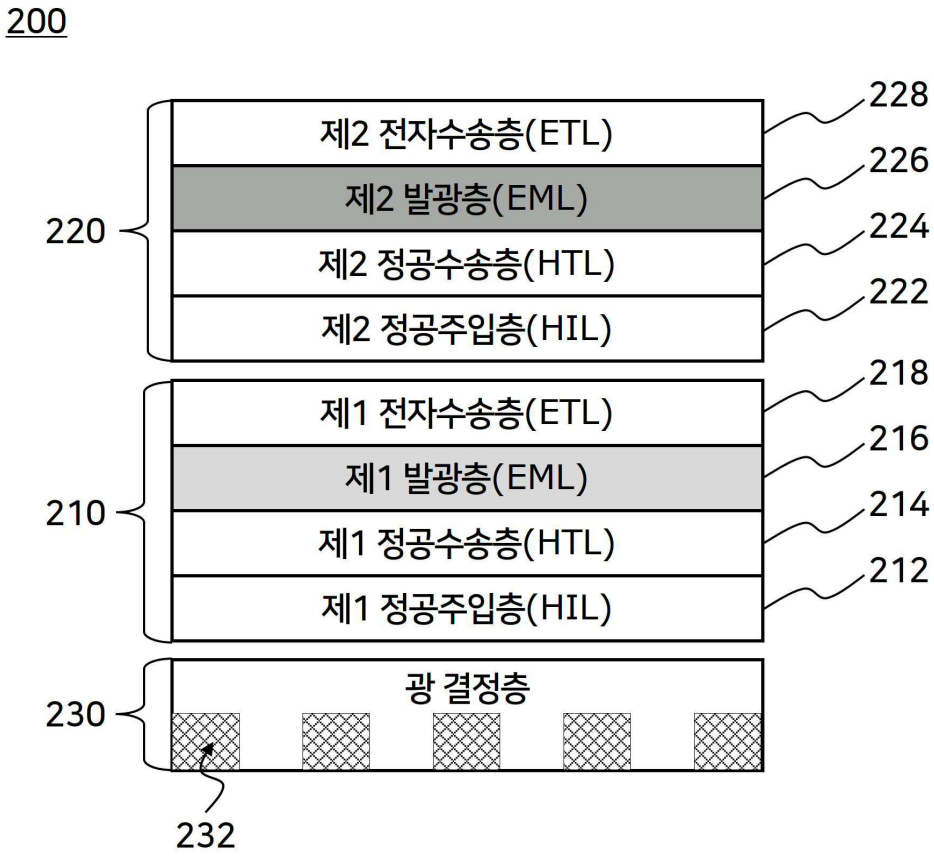
170: 전하생성층

도면

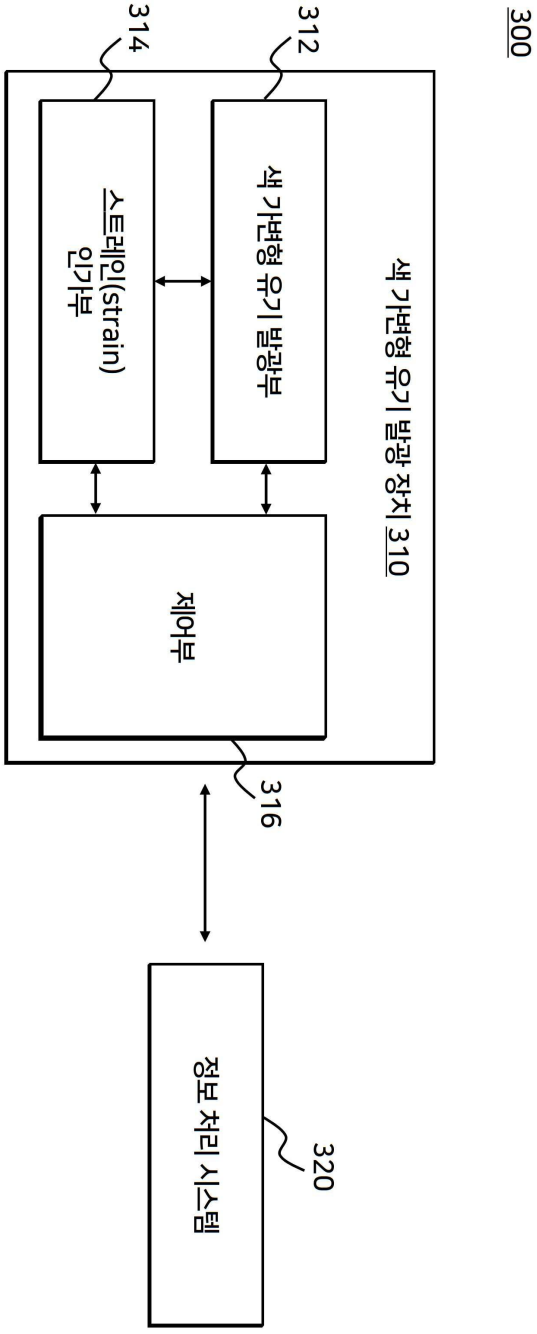
도면1



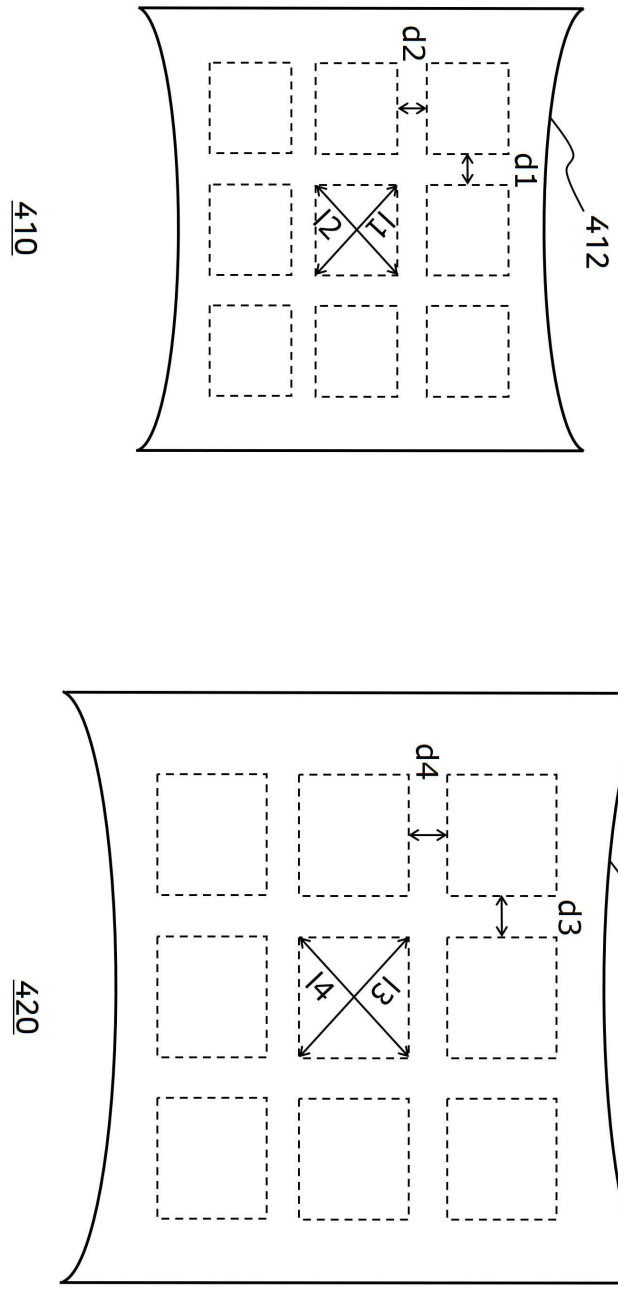
도면2


200
제2 전자수송층(ETL)
제2 발광층(EML)
제2 정공수송층(HTL)
제2 정공주입층(HIL)
220
228
226
224
222
제1 전자수송층(ETL)
제1 발광층(EML)
제1 정공수송층(HTL)
제1 정공주입층(HIL)
210
218
216
214
212
광 결정층
230
232

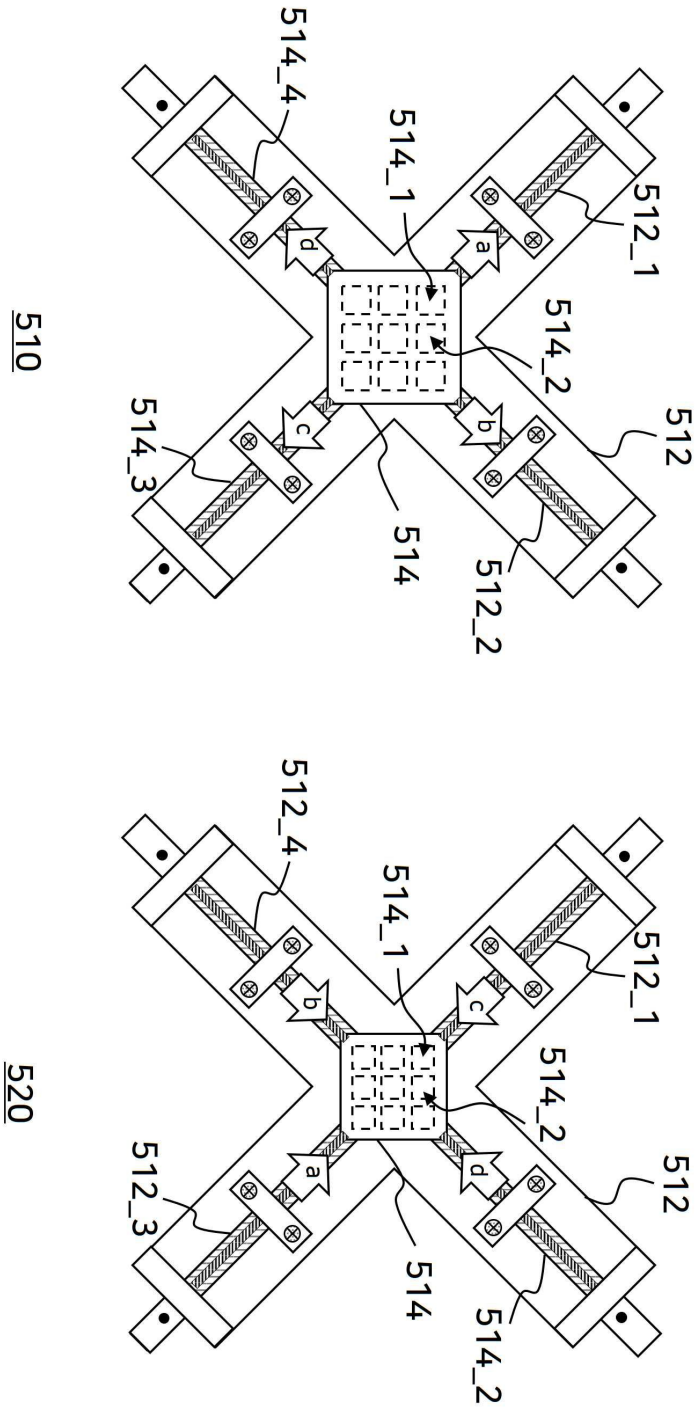
도면3


300
312
314
색 가변형 유기 발광 장치 310
색 가변형 유기 발광부
스트레인(strain) 인가부
제어부
316
320
정보 처리 시스템

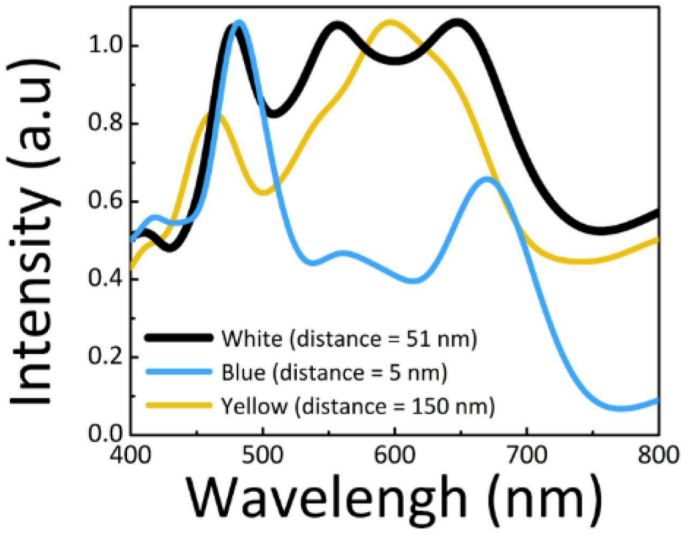
도면4



도면5


510
514_4
514_1
512_1
514_2
512
514_3
514
512_2
520
512_4
514_1
512_1
514_2
512
512_3
514
514_2

도면6


Intensity (a.u)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
400
500
600
700
800
Wavelengh (nm)
White (distance = 51 nm)
Blue (distance = 5 nm)
Yellow (distance = 150 nm)