(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년01월23일
(11) 등록번호 10-2628302
(24) 등록일자 2024년01월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/56 (2010.01) *H01L 33/00* (2024.01)
H01L 33/36 (2010.01) *H01L 33/62* (2010.01)
(52) CPC특허분류
H01L 33/56 (2013.01)
H01L 33/0093 (2020.05)
(21) 출원번호 10-2021-0101500
(22) 출원일자 2021년08월02일
심사청구일자 2021년08월02일
(65) 공개번호 10-2023-0019680
(43) 공개일자 2023년02월09일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020150104937 A*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 4 항

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김태근
경기도 성남시 분당구 양현로 88, 503동 1403호(이매동, 이매촌동부코오롱아파트)
박태훈
서울특별시 성북구 개운사길 83, 502호
(74) 대리인
권성현, 유광철, 백두진, 강일신, 김정연

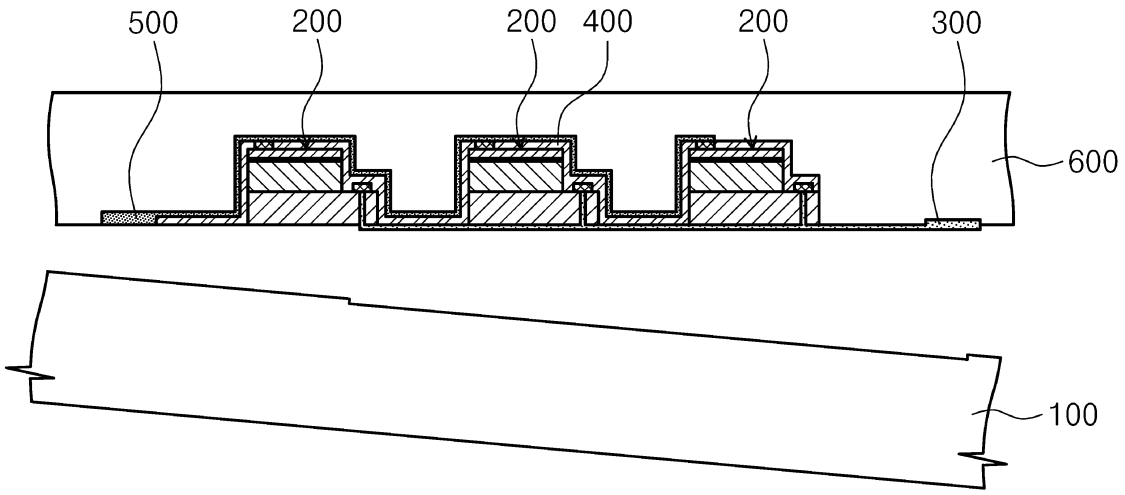
심사관 : 이용배

(54) 발명의 명칭 **신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법**

(57) 요 약

발광소자를 전사하지 않고 효율적으로 신축/유연한 마이크로 발광소자를 제조할 수 있는 신축/유연 마이크로 발광소자 제조 방법이 개시된다. 본 발명의 실시예에 따른 신축/유연 마이크로 발광소자 제조 방법은 (a) 기판 상에 3족 질화물 반도체 발광소자층이 성장된 발광소자 기판을 준비하는 단계; (b) 상기 발광소자 기판 상에 경화성 고분자화합물을 도포한 후 경화하는 단계; 및 (c) 레이저 커팅에 의해 상기 발광소자 기판에서 상기 기판을 분리하여 신축/유연 마이크로 발광다이오드 소자를 제조하는 단계;를 포함한다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
H01L 33/36 (2013.01)
H01L 33/62 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
KR1020180011812 A*
JP2016009817 A*
JP2019175924 A
KR1020160115095 A
KR101291092 B1
JP2015053472 A
KR1020180135335 A

KR1020140025055 A
KR1020110098874 A
KR101529934 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

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	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) 기판 상에 3족 질화물 반도체 발광소자층이 성장된 발광소자 기판을 준비하는 단계;

(b) 상기 발광소자 기판 상에 경화성 고분자화합물을 도포한 후 경화하는 단계; 및

(c) 레이저 커팅에 의해 상기 발광소자 기판에서 상기 기판을 분리하여 신축/유연 마이크로 발광다이오드 소자를 제조하는 단계;를 포함하고,

상기 (a) 단계와 상기 (b) 단계 사이에, 상기 발광소자 기판의 상기 기판의 제1 상면 부분과 상기 발광소자 기판의 각 발광소자의 제1 부분을 덮도록 p형 공통전극 라인을 형성하는 단계;를 더 포함하고,

상기 (c) 단계 이전에 n형 공통전극 라인을 형성하지 않고, 상기 (c) 단계에 의해 상기 기판이 분리된 이후에, 노출된 발광소자의 하면 부분에 n형 공통전극 라인을 형성하는 단계;를 더 포함하는 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계와 상기 (b) 단계 사이에, 상기 발광소자 기판의 각 발광소자에 S자 곡선형의 전극을 배선하는 단계;를 더 포함하는 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 경화성 고분자화합물은 폴리디메틸실록산 또는 광경화성 수지를 포함하는 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계는 레이저 리프트오프와 화학적 기계적 연마를 통해 상기 기판을 박리하는 단계;를 포함하는 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 신축/유연 마이크로 발광다이오드를 제조하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 마이크로 발광소자 디스플레이는 일반적으로 질화 갈륨(GaN) 기판 위에 제작된 마이크로 단위의 발광소자를 디스플레이 기판에 전사하여 제작되고 있다. 질화 갈륨 기판에서 디스플레이 기판으로 전사하는 여러 종류의 기술이 있으며, 그중에서 질화 갈륨 기판에 제작된 마이크로 발광소자를 하나씩 디스플레이 기판으로 전사하는 픽 앤 플레이스 방식(Pick and Place method)이 가장 기본적인 전사 기술이다. 하지만 소자의 크기가 마이크로 단위로 작아지면서 전사해야 하는 발광소자의 수가 많아지게 되었으며, 이로 인해 픽 앤 플레이스 방식으로 디스플레이 기판으로 전사하는 과정에 많은 시간이 소요되게 된다. 이러한 문제점은 제작 비용을 상승시키는 직접적인 원인으로 작용하게 된다.

[0003] 이러한 문제점을 해결하기 위해, 접착력이 있는 물질(예를 들어, PDMS)을 이용하여 많은 소자를 스탬프 찍듯이 옮기는 스탬프 방식(PDMS stamp method), 롤을 이용하여 소자를 전사하는 롤투롤 방식(Roll to roll method) 등의 다양한 전사기술이 연구되고 있다. 이러한 전사기술들은 디스플레이 제작 시간을 단축시킬 수 있는 해결방안으로 제시되었지만, 여전히 디스플레이 제작에 오랜 시간이 소요되는 문제점이 있다. 그뿐만 아니라 발광소자를 디스플레이 기판에 전사하는 과정에서 발광소자의 손실이 발생하는 문제점도 존재한다.

[0004] 전사 기술에서 발생하는 발광소자의 손실을 해결하기 위해, 사용되지 않는 부분의 발광소자를 손실된 발광소자의 위치에 인식하는 방식을 사용하여 디스플레이를 제작하는 기술에 대한 연구가 이루어지고 있지만, 근본적인 발광소자의 손실에 대한 문제점을 해결할 수 없다는 단점이 있다. 이러한 문제점들로 인해 마이크로 발광소자 디스플레이에서 전사기술은 핵심기술이자 해결해야 하는 단점으로 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해소하기 위하여 안출된 것으로, 마이크로 LED 칩으로 디스플레이 구현 시 발광소자를 선택하여 디스플레이 기판에 위치시키는 전사(transfer) 시에 발생하는 결함 문제와 무기물 기반의 소자로 신축/유연 소자를 제조하는 과정에서의 한계점을 극복할 수 있으며, 발광소자를 전사하지 않고 효율적으로 신축/유연한 마이크로 발광소자를 제조할 수 있는 새로운 방식의 신축/유연 마이크로 발광소자 제조 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 실시예에 따른 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법은: (a) 기판 상에 3족 질화물 반도체 발광소자층이 성장된 발광소자 기판을 준비하는 단계; (b) 상기 발광소자 기판 상에 경화성 고분자화합물을 도포한 후 경화하는 단계; 및 (c) 레이저 커팅에 의해 상기 발광소자 기판에서 상기 기판을 분리하여 신축/유연 마이크로 발광다이오드 소자를 제조하는 단계;를 포함한다.

[0007] 본 발명의 실시예에 따른 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법은: 상기 (a) 단계와 상기 (b) 단계 사이에, 상기 발광소자 기판의 각 발광소자에 S자 곡선형의 전극을 배선하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0008] 상기 경화성 고분자화합물은 폴리디메틸실록산 또는 광경화성 수지를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 (c) 단계는 레이저 리프트오프와 화학적 기계적 연마를 통해 상기 기판을 박리하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명의 실시예에 따른 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법은: 상기 (a) 단계와 상기 (b) 단계 사이에, 상기 발광소자 기판의 상기 기판의 제1 상면 부분과 상기 발광소자 기판의 각 발광소자의 제1 부분을 덮도록 p형 공통전극 라인을 형성하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 실시예에 따른 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법은: 상기 (a) 단계와 상기 (b) 단계 사이에, 상기 발광소자 기판의 상기 기판의 제2 상면 부분과 상기 발광소자 기판의 각 발광소자의 제2 부분을 덮도록 n형 공통전극 라인을 형성하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 실시예에 따른 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법은: 상기 (c) 단계에서 상기 기판을 분리한 후, 상기 신축/유연 마이크로 발광다이오드 소자의 하면에 노출된 p형 공통전극 라인 및 n형 공통전극 라인에 각각 바이어스 전압을 인가하는 다수의 전극 패드를 형성하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명의 실시예에 따른 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법은: 상기 (c) 단계에 의해 상기 기판이 분리된 후, 노출된 발광소자의 하면 부분에 n형 공통전극 라인을 형성하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0014] 본 발명의 실시예에 의하면, 마이크로 LED 칩으로 디스플레이 구현시 발광소자를 선택하여 디스플레이 기판에 위치시키는 전사(transfer) 시에 발생하는 결함 문제와 무기물 기반의 소자로 신축/유연 소자를 제조하는 과정에서의 한계점을 극복할 수 있으며, 발광소자를 전사하지 않고 효율적으로 신축/유연한 마이크로 발광소자를 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1 내지 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법을 설명하기 위한 단면도이다.

도 6 내지 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법을 설명하기 위한 단면도이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 형성된 곡선형 전극라인을 나타낸 모식도이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따라 제조된 신축/유연 마이크로 발광다이오드의 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하에서는 본 발명의 구체적인 실시예들에 대하여 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 아울러 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다. 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 당업자에게 본 발명의 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다.

[0017] 또한, 이하의 도면에서 각 구성은 설명의 편의 및 명확성을 위하여 과장된 것이며, 도면 상에서 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "및/또는" 는 해당 열거된 항목 중 어느 하나 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다. 본 명세서에서 사용된 용어는 특정 실시예를 설명하기 위하여 사용되며, 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 단수 형태는 문맥상 다른 경우를 분명히 지적하는 것이 아니라면, 복수의 형태를 포함할 수 있다.

[0018] 본 발명은 신축/유연 발광소자 제작을 위한 경화성 고분자화합물 기반의 신축/유연 마이크로 발광다이오드 소자 제조 방법에 관한 것이다. 본 발명의 실시예에 따른 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법은 기판 상에 3족 질화물 반도체 발광소자층이 성장된 발광소자 기판을 준비하는 과정과, 발광소자 기판 상에 경화성 고분자화합물을 도포한 후 경화하는 과정, 그리고 레이저 커팅에 의해 발광소자 기판에서 기판을 분리하여 신축/유연 마이크로 발광다이오드 소자를 제조하는 과정을 포함할 수 있다.

[0019] 일 실시예로, 사파이어 기판 위에 성장된 질화갈륨 기반의 소자를 마이크로 칩 단위로 에칭/다이싱하는 과정과, 경화성 고분자 화합물을 도포 후 경화화는 과정, 그리고 레이저 커팅을 통해 사파이어 기판을 제거하는 과정을 통해 발광소자의 전사 기술을 사용하지 않고 신축/유연 마이크로 발광다이오드 어레이를 제작할 수 있다.

[0020] 도 1 내지 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법을 설명하기 위한 단면도이다. 먼저 도 1을 참조하면, 기판(100) 상에 3족 질화물 반도체 수평형 발광소자층이 성장된 발광소자 기판을 준비한다. 기판(100)은 예를 들어, 사파이어 기판일 수 있다.

[0021] 발광소자층은 다수의 발광소자(200)를 포함할 수 있다. 다수의 발광소자(200)는 데이터 라인과 스캔 라인이 교차하는 지점마다 형성되도록 매트릭스 형태로 배열될 수 있다. 발광소자(200)는 데이터 라인과 스캔 라인에 순차적으로 전압 신호가 인가되면서 두 라인에서 발생하는 전압 차이에 의해 해당 픽셀에 전류가 형성되고, 전류

가 흐르는 부분에서 빛이 발광하게 된다.

[0022] 발광소자(200)는 GaN 층(210)과, GaN 층(210) 상에 형성되는 n-형 전극(220), GaN 층(210) 상에 형성되는 발광 픽셀(230), 및 발광 픽셀(230) 상에 형성되는 p-형 전극(240)을 포함할 수 있다. 발광 픽셀(230)은 일 예로, n-GaN 픽셀과 p-GaN 픽셀 사이에 다중 양자우물(multi-quantum well) 활성층이 개재된 구조로 구현될 수 있다.

[0023] 투명 디스플레이의 구현 시에 발광 픽셀(230)과 p-형 전극(240) 사이에는 확산층(도시 생략됨)이 형성될 수 있다. 확산층은 전류 확산(current spreading)에 의해 발광소자(200)의 광 추출 효율을 증대시키는 역할을 하도록 발광 픽셀(230) 상에 증착될 수 있다. 확산층은 예를 들어, 인듐주석산화물(ITO; indium tin oxide)와 같은 투광성 물질로 형성될 수 있다.

[0024] 도 2를 참조하면, 발광소자 기판이 준비되면, 발광소자 기판 상에 절연층(400)을 형성하고, 발광소자 기판의 각 발광소자(200)에 S자 곡선형의 전극라인(300, 500)을 배선할 수 있다. 절연층(400)은 전극라인(300, 500)을 p-형 전극(240)으로부터 절연시키도록 형성될 수 있다. 이때, 절연층(400)은 n-형 전극(220)과 p-형 전극(240)의 일부를 노출시키도록 형성될 수 있다.

[0025] 절연층(400)이 형성된 후, 발광소자(200)의 n-형 전극(220)과 전기적으로 연결되도록 S자 곡선형의 n형 공통전극라인(300)을 형성하고, 발광소자(200)의 p-형 전극(240)과 전기적으로 연결되도록 S자 곡선형의 p형 공통전극라인(500)을 형성한다. 이와 같이 전극의 배선을 곡선형으로 설계하여 소자 신축/유연 기계적 변형이 가해질 때 안정성을 확보할 수 있다.

[0026] 이때, n형 공통전극라인(300)과 p형 공통전극라인(500)은 기판(100)의 노출된 표면(110) 일부를 덮도록 형성될 수 있다. 즉, p형 공통전극라인(500)은 발광소자 기판을 구성하는 기판(100)의 제1 상면 부분과 발광소자 기판의 각 발광소자(200)의 제1 부분을 덮도록 형성되고, n형 공통전극라인(300)은 발광소자 기판을 구성하는 기판(100)의 제2 상면 부분과 발광소자 기판의 각 발광소자(200)의 제2 부분을 덮도록 형성될 수 있다.

[0027] 발광소자 기판 상에 절연층(400)과 전극라인(300, 500)이 형성되면, 도 3에 도시된 바와 같이, 발광소자 기판 상에 경화성 고분자화합물(600)을 10 ㎛ 이상의 두께로 도포한 후 경화한다. 발광소자 기판 상에 도포되는 경화성 고분자화합물(600)은 폴리디메틸실록산 또는 광경화성 수지를 포함할 수 있다.

[0028] 발광소자 기판 상에 경화성 고분자화합물(600)이 도포된 후 경화되면, 도 4에 도시된 바와 같이, 레이저 리프트 오프(레이저 커팅)와 화학적 기계적 연마를 통해 기판(100)을 박리할 수 있다. 이때, 전극라인(300, 500)의 일부가 노출되므로, 전극라인(300, 500)을 통해 전기신호를 인가할 수 있다. 이와 같이 발광소자 기판에서 기판(100)을 분리할 수 있다.

[0029] 발광소자 기판에서 기판(100)이 분리되면, 신축/유연 마이크로 발광다이오드 소자의 하면에 노출된 p형 공통전극 라인(500)의 부분(510)(기판(100)의 표면 상에 형성되어 있던 부분)에 바이어스 전압을 인가하기 위한 p형 콘택 전극 패드를 형성하고, n형 공통전극 라인(300)의 일부분에 바이어스 전압을 인가하기 위한 n형 콘택 전극 패드를 형성하여 도 5에 도시된 바와 같은 신축/유연 마이크로 발광다이오드 소자를 제조할 수 있다. p형 콘택 전극 패드와 n형 콘택 전극 패드에는 데이터 구동부에 의해 구동되는 다수의 데이터 라인과, 스캔 구동부에 의해 구동되는 다수의 스캔 라인이 전기적으로 연결되어 데이터 전압과 스캔 전압이 신호가 인가될 수 있다.

[0030] 도 6 내지 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법을 설명하기 위한 단면도이다. 먼저 도 6을 참조하면, 사파이어 기판 등의 기판(100) 상에 3족 질화물 반도체 수직형 발광소자층이 성장된 발광소자 기판을 준비한다.

[0031] 발광소자층은 다수의 발광소자(200)를 포함할 수 있다. 발광소자(200)는 GaN 층(210)과, GaN 층(210) 상에 형성되는 발광 픽셀(230), 및 발광 픽셀(230) 상에 형성되는 p-형 전극(240)을 포함할 수 있다. 이때, GaN 층(210) 상에 n-형 전극은 형성되어 있지 않은 상태이다.

[0032] 도 7을 참조하면, 발광소자 기판이 준비되면, 발광소자 기판 상에 절연층(400)을 형성하고, 발광소자 기판의 각 발광소자(200)에 S자 곡선형의 전극라인(500)을 배선할 수 있다. 이때, 절연층(400)은 p-형 전극(240)의 일부를 노출시키도록 형성될 수 있다. 예를 들어, 웨이퍼에서 마이크로 LED를 제작하는 과정에서 에칭이나 다이싱을 통해 단일 소자들을 구분한 후, 곡선 형태로 소자의 전극을 연결하여 신축/유연 동작시에 전극이 단선되지 않고 늘어날 수 있게 구현할 수 있다.

[0033] 절연층(400)이 형성된 후, 발광소자(200)의 발광소자(200)의 p-형 전극(240)과 전기적으로 연결되도록 S자 곡선형의 p형 공통전극라인(500)을 형성한다. 이때, p형 공통전극라인(500)은 기판(100)의 노출된 표면(110) 일부를

덮도록 형성될 수 있다. 즉, p형 공통전극라인(500)은 발광소자 기판을 구성하는 기판(100)의 제1 상면 부분과 발광소자 기판의 각 발광소자(200)의 제1 부분을 덮도록 형성될 수 있다. 이때 n형 공통전극라인은 형성되지 않은 상태이다.

[0034] 발광소자 기판 상에 절연층(400)과 전극라인(500)이 형성되면, 도 8에 도시된 바와 같이, 발광소자 기판 상에 경화성 고분자화합물(600)을 10 ㎛ 이상의 두께로 도포한 후 경화한다. 발광소자 기판 상에 도포되는 경화성 고분자화합물(600)은 폴리디메틸실록산 또는 광경화성 수지를 포함할 수 있다. 광경화성 수지는 예를 들어, 티올렌 기반 수지(thiolene-based resin)와 같은 NOA(Norland Optical Adhesive) 물질을 포함할 수 있다. 경화성 고분자화합물(600)은 발광소자의 전사 없이 신축/유연 마이크로 LED 디스플레이를 제조하기 위한 신축/유연 기판의 역할 뿐 아니라, 각 소자에 패시베이션을 하는 패키징 기능을 할 수 있다.

[0035] 발광소자 기판 상에 경화성 고분자화합물(600)이 도포된 후 경화되면, 도 9에 도시된 바와 같이, 레이저 리프트 오프(레이저 커팅)와 화학적 기계적 연마를 통해 기판(100)을 박리할 수 있다. 기판(100)이 박리되면, 노출된 발광소자의 하면 부분에 n-형 전극(220)과 n형 공통전극 라인(300)을 형성할 수 있다. 즉, 발광소자 기판의 저면에 n-형 전극(220)을 형성하고, n-형 전극(220)과 발광소자 기판의 각 발광소자(200)의 제2 부분을 덮도록 n형 공통전극라인(300)을 형성한다.

[0036] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 형성된 곡선형 전극라인을 나타낸 모식도이다. n형 공통전극 라인(300)과 p형 공통전극 라인(500)은 S자 곡선형의 전극배선(310, 320, 510, 520)을 포함할 수 있다. 전극라인(300, 500)은 발광소자 기판의 저면을 통해 노출되며, 전극라인(300, 500)을 통해 전기신호를 인가할 수 있다. 발광소자 기판에서 기판(100)이 분리되고 n형 공통전극라인(300)이 형성되면, 신축/유연 마이크로 발광다이오드 소자의 하면에 노출된 p형 공통전극 라인(500)의 부분(510)에 바이어스 전압을 인가하기 위한 p형 콘택 전극 패드(530)를 형성하고, n형 공통전극 라인(300)의 일부분에 바이어스 전압을 인가하기 위한 n형 콘택 전극 패드(330)를 형성하여 신축/유연 마이크로 발광다이오드 소자를 제조할 수 있다.

[0037] 이하에서, 본 발명의 실시예에 따른 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법의 성능 검증을 위한 실험에 대해 설명한다. 2인치 크기의 사파이어 기판 상에 3족 질화물 반도체 발광소자 층을 형성한 후, 티올렌 기반 수지인 NOA(Norland Optical Adhesive) 물질을 3000 rpm 속도로 30초 동안 스핀 코팅한 후, 4분 동안 UV 처리(3~4.5 Joules/sq)하여 10 마이크로미터 이상의 두께로 NOA 층을 형성하였다. 이후 직선 대비 50% 이상의 길이를 가지도록 S자 곡선 배선을 형성하여 신축/유연 마이크로 발광다이오드를 제조하였다. 도 11은 본 발명의 실시예에 따라 제조된 신축/유연 마이크로 발광다이오드의 사진이다.

[0038] 또 다른 예로, NOA 물질 대신 PDMS 물질을 몰딩틀을 이용하여 웨이퍼 전체를 덮을 수 있게 500 마이크로미터 이상으로 도포한 후, 75° C에서 2시간 동안 저온 열처리하여 굳힌 후, 사파이어 기판을 분리함으로써 마이크로 발광다이오드를 제조하였다. NOA 물질을 이용하여 제조된 마이크로 발광다이오드 뿐 아니라, PDMS 물질을 이용하여 제조된 마이크로 발광다이오드 역시 신축/유연한 특성을 가지는 것으로 확인되었다.

[0039] 마이크로 LED 어레이 구현시 사파이어 기판에서 디스플레이 기판으로 발광소자를 전사하는 픽 앤 플레이스, 스탬프, 롤투롤 방식 등의 경우, 전사 과정에서 손실되는 칩과 결함으로 인한 불량률 증가 문제와, 칩을 일일이 전사하는데 많은 시간이 소요되는 문제점이 존재하지만, 본 발명의 실시예에 의하면, 웨이퍼에서 칩 단위로 분리 후 기계적 특성이 뛰어난 경화형 고분자화합물을 활용하여 마이크로 LED 어레이를 구현함으로써, 전사 기술을 사용하지 않고 간단한 방식으로 디스플레이 제작이 가능하다.

[0040] 본 발명의 실시예에 따른 신축/유연 마이크로 발광다이오드 제조 방법은 스마트폰, 태블릿, TV 등 고해상도 디스플레이를 요구하고, 휘어지거나 늘어나는 형태를 요구하는 다양한 장치들에 활용될 수 있다. 특히, 웨어러블 장비들에 주로 적용되어, VR/AR 등의 디스플레이에 플렉서블 디스플레이로 활용될 수 있으며, 홀로그램 글라스, 디스플레이를 가지는 시계나 팔찌 등 곡률을 가지는 장비, LED 통신, 자동차 헤드램프, 홀로그램 장치, 또는 작은 픽셀 및 신축/유연소자를 이용해야 하는 조명/디스플레이 등의 다양한 제품으로 적용 가능하다.

[0041] 이상 본 발명의 구체적인 실시 형태를 설명하였으나, 이는 예시에 불과한 것으로서, 본 발명은 이에 한정되지 않는 것이며, 본 명세서에 개시된 기초 사상에 따르는 최광의 범위를 갖는 것으로 해석되어야 한다. 당업자는 개시된 실시형태들을 조합, 치환하여 적시되지 않은 형상의 패턴을 실시할 수 있으나, 이 역시 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 것이다. 이외에도 당업자는 본 명세서에 기초하여 개시된 실시형태를 용이하게 변경 또는 변형할 수 있으며, 이러한 변경 또는 변형도 본 발명의 권리범위에 속함은 명백하다.

부호의 설명

[0042] 100: 기판

200: 발광소자

210: GaN 층

220: n-형 전극

230: 발광 픽셀

240: p-형 전극

300: n형 공통전극라인

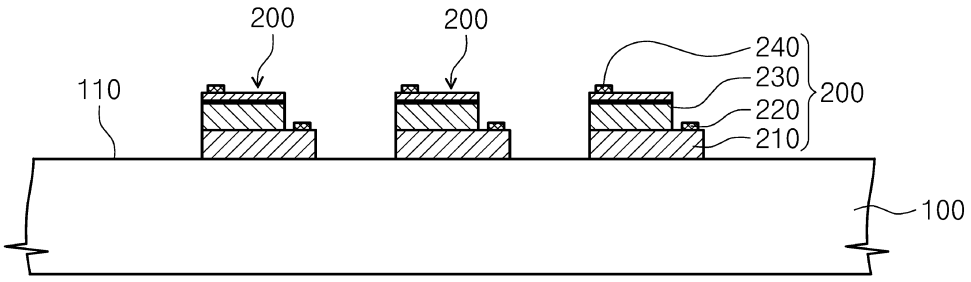
400: 절연층

500: p형 공통전극라인

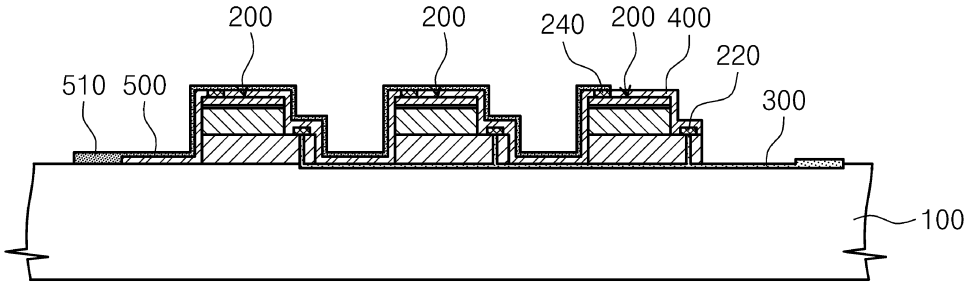
600: 경화성 고분자화합물

도면

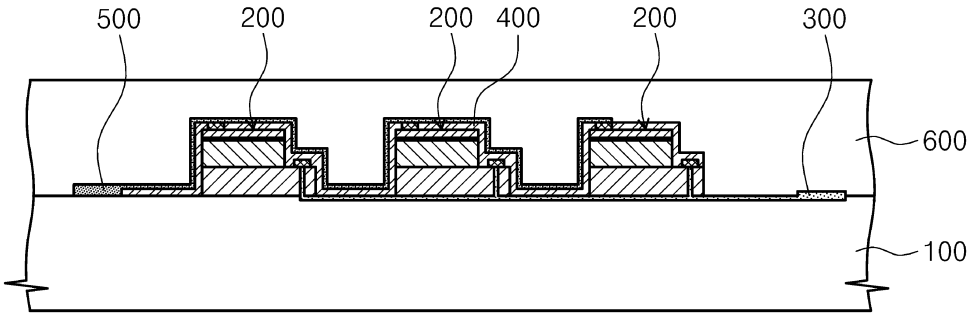
도면1



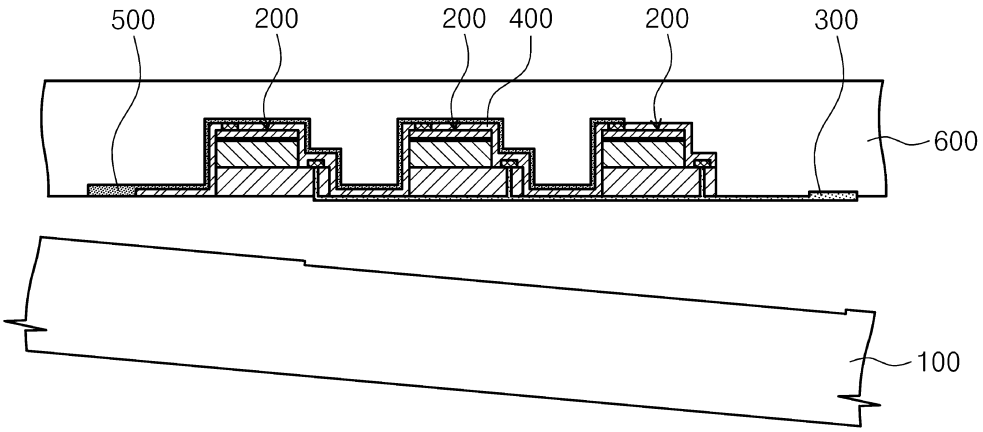
도면2



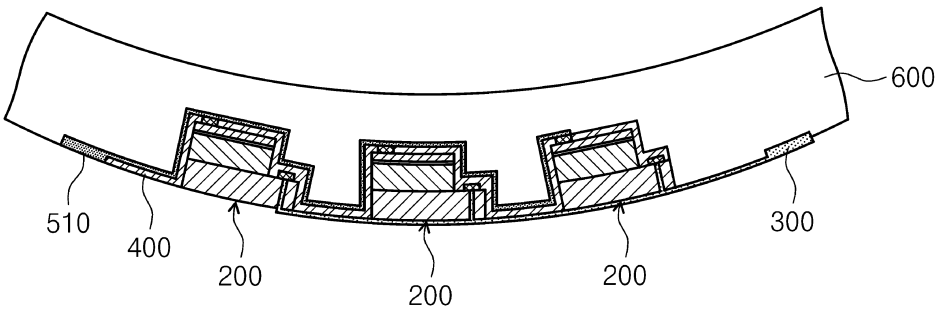
도면3



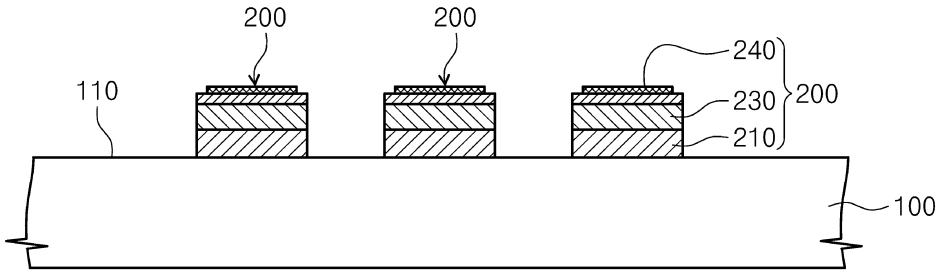
도면4



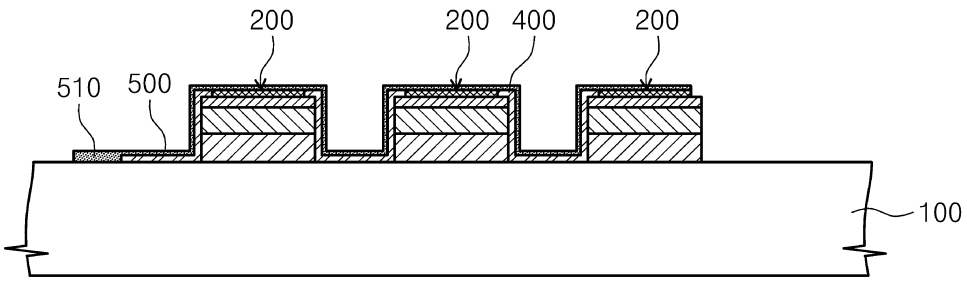
도면5



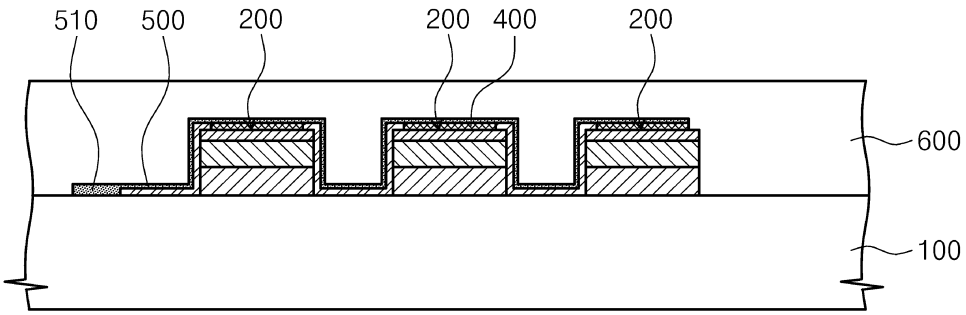
도면6



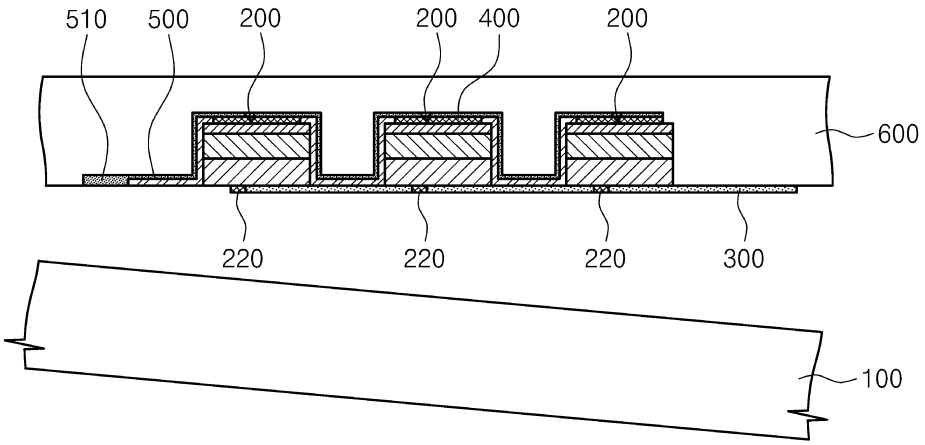
도면7



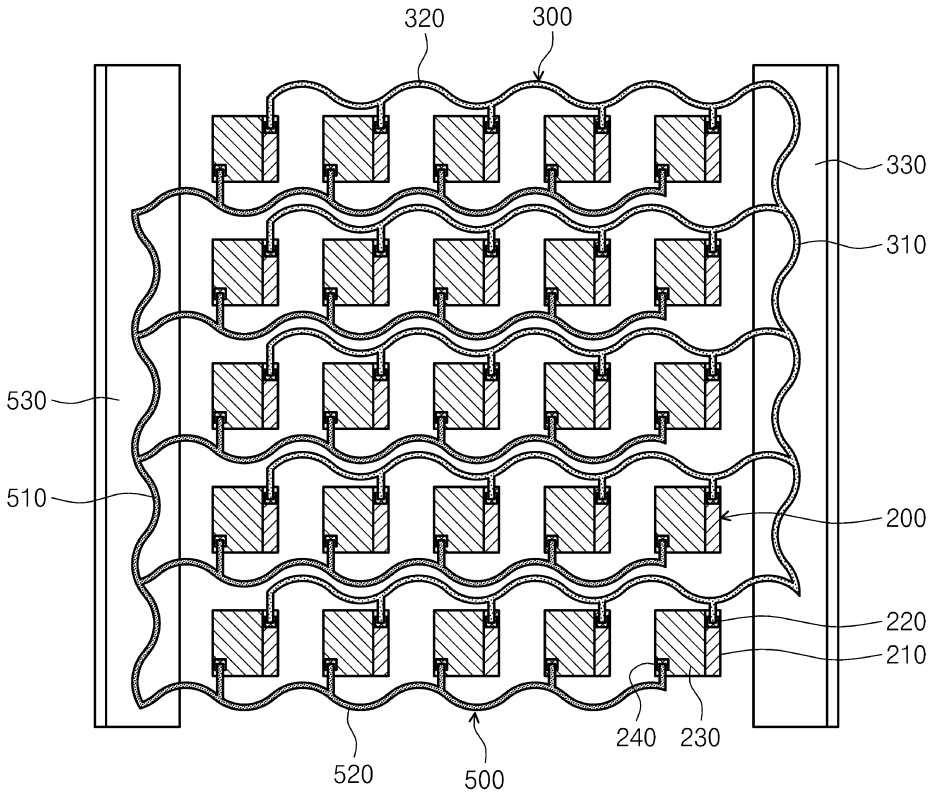
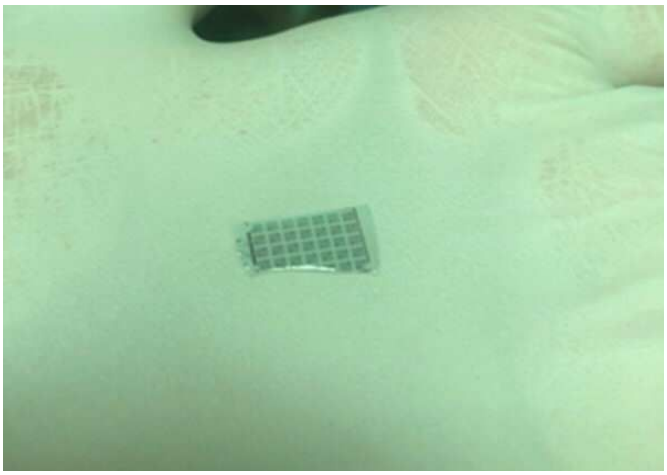
도면8


510
500
200
200
400
200
600
100

도면9


510
500
200
200
400
200
600
220
220
220
300
100

도면10


320
300
330
310
530
510
200
220
210
240
230
520
500

도면11