



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0113274
(43) 공개일자 2010년10월21일

(51) Int. Cl.

H01L 33/02 (2010.01) H01L 33/30 (2010.01)

(21) 출원번호 10-2009-0031761

(22) 출원일자 2009년04월13일

심사청구일자 2009년04월13일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

오범환

인천시 남구 용현3동 인하대학교 정보통신공학부

이동진

충청남도 천안시 성거읍 모전리 70-1

(74) 대리인

특허법인무한

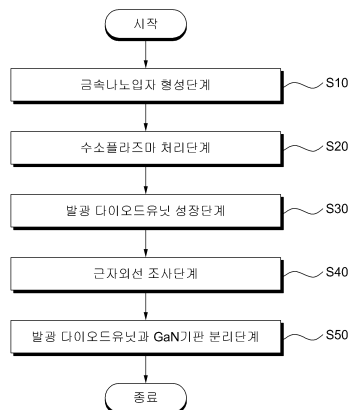
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 재사용 가능한 질화갈륨기판을 구비하는 질화갈륨계 발광 다이오드장치의 질화갈륨기판 분리방법

(57) 요약

발광 다이오드유닛으로부터 분리되어 재사용 가능한 질화갈륨기판을 구비하는 질화갈륨계 발광 다이오드장치의 질화갈륨기판 분리방법이 개시된다. 개시된 본 발명에 의한 발광 다이오드장치의 질화갈륨기판 분리방법은, 질화갈륨(GaN)기판상에 금속나노입자를 형성시키는 단계, 금속나노입자를 수소 플라즈마 처리하여 수소 이온과 금속나노입자를 결합시키는 단계, 수소 이온과 결합된 금속나노입자위에 질화갈륨계 발광 다이오드유닛을 성장시키는 단계, 수소 이온과 결합된 금속나노입자에 근자외선을 조사하여 금속나노입자로부터 수소 이온을 분리시키는 단계, 그리고, 수소 이온과 분리된 금속나노입자를 열처리하여 질화갈륨기판과 발광 다이오드유닛을 분리시키는 단계를 포함한다. 이와 같은 구성에 의해, 재사용이 가능한 질화갈륨기판을 제공할 수 있어 제작비용 및 결합밀도를 저감시킬 수 있게 된다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

질화갈륨(GaN)기판상에 금속나노입자를 형성시키는 단계;

상기 금속나노입자를 수소 플라즈마 처리하여 수소 이온과 상기 금속나노입자를 결합시키는 단계;

상기 수소 이온과 결합된 금속나노입자위에 질화갈륨계 발광 다이오드유닛을 성장시키는 단계;

상기 수소 이온과 결합된 금속나노입자에 근자외선을 조사하여, 상기 금속나노입자로부터 상기 수소 이온을 분리시키는 단계; 및

상기 수소 이온과 분리된 상기 금속나노입자를 열처리하여, 상기 질화갈륨기판과 상기 발광 다이오드유닛을 분리시키는 단계;

를 포함하는 발광 다이오드장치의 질화갈륨기판 분리방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 금속나노입자 형성단계는,

상기 질화갈륨기판 상에 열에 의해 뭉치는 재질로 형성되는 제1박막, 광촉매제로 형성되는 제2박막 및, 수소와의 결합을 보조하는 제3박막을 순차적으로 증착시키는 단계; 및

상기 제1 내지 제3박막을 열처리하여 상기 금속나노입자를 형성시키는 단계;

를 포함하는 발광 다이오드장치의 질화갈륨기판 분리방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1박막은 금(Au)으로 형성되고, 상기 제2박막은 산화티탄(TiO_2)으로 형성되며, 상기 제3박막은 실리콘(Si)으로 형성되는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드장치의 질화갈륨기판 분리방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 금속나노입자는 상기 질화갈륨기판의 전체 면적 대비 10% 이내로 형성되는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드장치의 질화갈륨기판 분리방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 금속나노입자는, 상기 질화갈륨기판 상에 열에 의해 뭉치는 금(Au)으로 형성되는 제1박막, 광촉매제인 산화티탄(TiO_2)으로 형성되는 제2박막 및, 수소와의 결합을 보조하는 실리콘(Si)으로 형성되는 제3박막을 순차적으로 차례로 증착시킨 후 열처리하여 형성되는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드장치의 질화갈륨기판 분리방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

본 발명은 질화갈륨계 발광 다이오드장치의 질화갈륨기판 분리방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 발광 다이오드유닛으로부터 분리되어 재사용 가능한 질화갈륨기판을 구비하는 발광 다이오드장치의 질화갈륨기판 분

리방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로 질화갈륨(GaN)계 발광 다이오드장치 즉, LED(Light Emitting Diode)는 통상적으로 사파이어(Al_2O_3) 또는, 탄화규소(SiC) 기판상에 성장되어 형성된다. 구체적으로, 도 1을 참고하면, 일반적인 질화갈륨(GaN)계 발광 다이오드장치는, 사파이어(Al_2O_3) 또는, 탄화규소(SiC) 기판(1) 상에 버퍼(Buffer)층(2), n-GaN층(3), 질화인듐갈륨(InGaIn) 활성층(4) 및, p-GaN층(5)을 MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)방법에 의해, 순차적으로 결정 성장시킨다. 이 후, 상기 p-GaN층(5)에 p형 금속전극(6)을 증착함과 아울러, 상기 결정 성장된 p-GaN층(5), 질화인듐갈륨(InGaIn) 활성층(4) 및, n-GaN층(3)을 일부 식각하여 n형 금속전극(7)을 증착함으로써, 발광 다이오드장치가 최종 형성된다.
- [0003] 한편, 상기 사파이어(Al_2O_3) 또는 탄화규소(SiC)로 형성되는 기판(1)은 n-GaN층(3), 질화인듐갈륨(InGaIn) 활성층(4) 및, p-GaN층(5)으로 구성되는 질화갈륨(GaN) 박막과의 격자 불일치 및 열적 불일치가 발생된다. 구체적으로, 상기 사파이어(Al_2O_3) 기판(1)의 경우 질화갈륨(GaN) 박막과의 격자 및 열적 불일치가 대략 16% 및 25% 정도 각각 야기되며, 탄화규소(SiC) 기판(1)의 경우에는 질화갈륨(GaN) 박막과의 격자 및 열적 불일치가 대략 3.5% 및 19% 정도 각각 야기된다. 이에 따라, 상기 사파이어 또는 탄화규소 기판(1)은 격자 부정합이나 열팽창에 의한 응집력 변형으로 인한 질화갈륨(GaN) 박막의 결함밀도 증가가 야기된다.
- [0004] 한편, 상기와 같은 사파이어 및 탄화규소 기판(1)의 문제점을 개선하기 위해 질화갈륨 박막과 동종의 기판 즉, 질화갈륨 기판을 형성함이 유리하나, 질화갈륨 기판의 경우 제조비용이 고가인데다가 대면적으로 형성시키기 어렵다는 단점을 가진다. 참고로, 상기와 같은 질화갈륨 기판의 문제점을 개선하고자, 스마트 컷 기술(Smart Cut technology)을 이용하여, 질화갈륨(GaN) 기판을 질화갈륨 박막으로부터 분리하여 재활용하는 기술도 제시된다. 이 질화갈륨 기판 분리기술은, 수소 이온이 주입(implantation)된 질화갈륨 기판을 다른 기판위에 웨이퍼 본딩(Wafer Bonding)한 후, 열을 가하여 상기 질화갈륨 박막으로부터 질화갈륨 기판을 분리하는 기술이다. 그런데, 이러한 질화갈륨 기판 분리 후 재활용 기술구성은 수소 이온의 주입공정 중 박막의 결정구조 파괴, 결함밀도 증가 및 고가의 제조비용이라는 또 다른 문제점을 야기한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0005] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 감안하여 안출된 것으로, 질화갈륨(GaN) 기판을 재사용할 수 있는 발광 다이오드장치의 질화갈륨기판 분리방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0006] 본 발명의 다른 목적은 재사용 가능한 발광 다이오드장치의 질화갈륨기판 분리방법을 제공하는데 있다.
- [0007] 본 발명의 또 다른 목적은 결함밀도와 제작비용을 저감시킬 수 발광 다이오드장치의 질화갈륨기판 분리방법을 제공하는데 있다.

과제 해결수단

- [0008] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 발광 다이오드장치의 질화갈륨기판 분리방법은, 금속나노입자 형성단계, 수소플라즈마 처리단계, 발광 다이오드유닛 성장단계, 근자외선 조사단계 및 발광 다이오드유닛으로부터 질화갈륨기판 분리단계를 포함한다.
- [0009] 상기 금속나노입자 형성단계는 질화갈륨(GaN)기판상에 금속나노입자를 형성시키는 단계로써, 상기 질화갈륨기판 상에 열에 의해 뭉치는 재질로 형성되는 제1박막, 광촉매제로 형성되는 제2박막 및, 수소의와 결합을 보조하는 제3박막을 순차적으로 증착시키는 단계 및, 상기 제1 내지 제3박막을 열처리하여 상기 금속나노입자를 형성시키는 단계를 포함한다. 여기서, 상기 제1박막은 금(Au)으로 형성되고, 상기 제2박막은 산화티탄(TiO_2)으로 형성되며, 상기 제3박막은 실리콘(Si)으로 형성됨이 바람직하다. 또한, 상기 금속나노입자는 상기 질화갈륨기판의 전체 면적 대비 10% 이내로 형성됨으로써, 결함밀도를 저감시킴이 좋다.
- [0010] 상기 수소 플라즈마 처리단계는 수소 이온과 상기 금속나노입자를 결합시키는 단계이며, 상기 발광 다이오드유닛 성장단계는 이 수소 이온과 결합된 금속나노입자 상에서 이루어진다. 보다 구체적으로, 상기 발광 다이오드유닛 성장단계는, 상기 수소 플라즈마 처리된 금속나노입자가 형성된 상기 질화갈륨기판 상에 n형 질화갈륨층을

결정 성장시키는 단계, 상기 n형 질화갈륨층 상에 질화인듐갈륨(InGaN) 활성층을 결정 성장시키는 단계, 상기 질화인듐갈륨 활성층 상에 p형 질화갈륨층을 결정 성장시키는 단계, 그리고, 상기 p형 질화갈륨층 상에 P형 금속전극을 증착시킴과 아울러, 결정 성장된 p형 질화갈륨층, 질화인듐갈륨 활성층 및, n형 질화갈륨층의 일부를 식각하여 n형 금속전극을 증착시키는 단계를 포함한다.

[0011] 상기 근자외선 조사단계는, 상기 수소 이온과 결합된 금속나노입자에 근자외선을 조사하여, 상기 금속나노입자로부터 상기 수소 이온을 분리시키는 단계로써, 380nm 이하의 근자외선을 이용한다.

[0012] 상기 질화갈륨기판을 발광 다이오드유닛으로부터 분리시키는 단계는, 상기 수소 이온과 분리된 상기 금속나노입자를 열처리하여, 상기 질화갈륨기판과 상기 발광 다이오드유닛을 분리시킨다. 여기서, 상기 열처리 온도는 300℃ 내지 700℃의 열을 이용한다.

효 과

[0013] 상기와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의하면, 첫째, 질화갈륨계 발광 다이오드장치의 질화갈륨기판을 발광 다이오드유닛으로부터 분리하여 재사용할 수 있음에 따라, 제작비용을 저감시킬 수 있다.

[0014] 둘째, 질화갈륨계 발광 다이오드유닛을 동종의 기판에 성장시킬 수 있어, 격자 부정합이나 열팽창에 의한 응집력 변형을 최소화하여 결합밀도를 저감시킬 수 있다.

[0015] 셋째, 수소 플라즈마 처리, 근자외선 조사 및 열처리 공정에 의해 질화갈륨기판과 발광 다이오드유닛을 상호 분리시킬 수 있어, 결정 파괴가 야기되지 않는다. 뿐만 아니라, 질화갈륨기판과 발광 다이오드유닛의 경계면에서의 광손실과 질화갈륨기판에 의한 광출력 흡수가 야기되지 않는 이점을 가진다.

[0016] 넷째, 최소한의 두께로 발광 다이오드유닛을 형성시킬 수 있어 발광 다이오드유닛 내부에서의 효과적인 광재생이 가능해짐과 아울러, 외부양자효율을 개선할 수 있게 된다.

[0017] 마지막으로, 열특성이 우수한 질화갈륨기판을 사용함에 따라, 열특성이 우수한 질화갈륨계 발광 다이오드장치를 제공할 수 있게 된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 본 발명의 바람직한 일 실시예를 첨부된 도면을 참고하여 설명한다.

[0019] 도 2 내지 도 10을 참고하면, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의한 질화갈륨계 발광 다이오드장치(100)의 질화갈륨(GaN)기판(10) 분리방법이 개시된다. 도 2를 참고하면, 질화갈륨기판(10) 분리방법은 금속나노입자(20) 형성단계(S10), 수소 플라즈마 처리단계(S20), 발광 다이오드유닛(80) 형성단계(S30), 근자외선 처리단계(S40) 및, 발광 다이오드유닛(80)과 질화갈륨기판(10) 분리단계(S50)를 포함한다.

[0020] 상기 금속나노입자 형성단계(S10)는 질화갈륨기판(10)상에 금속나노입자(20)를 형성시키는 것으로서, 도 3 및 도 4의 도시와 같이, 제1 내지 제3박막(21)(22)(23)을 순차적으로 증착시킨 후, 제1 내지 제3박막(21)(22)(23)을 열처리하여 금속나노입자(20)를 형성시킨다. 여기서, 상기 제1박막(21)은 도 4와 같이, 열에 의해 덩어리로 뭉치는 성질을 가지며, 이를 위해 본 실시예에서는 금(Au)으로 형성되는 것으로 예시한다. 상기 제2박막(22)은 광촉매제로써 근자외선 조사에 의해 정공과 전자를 공급해주기 위한 것이다. 본 실시예에서는 상기 제2박막(22)이 산화티탄(TiO_2)으로 형성되는 것으로 예시한다. 마지막으로, 상기 제3박막(23)은 수소와의 결합을 보조하여 수소를 잡아두기 위한 것으로서, 실리콘(Si)을 포함한다.

[0021] 이상과 같은 기술구성에 의해, 상기 질화갈륨기판(10) 상에 제1 내지 제3박막(21)(22)(23)이 증착된 이후에 열을 가하면, 도 4와 같이 덩어리로 뭉쳐지는 상기 제1박막(21)의 특성에 의해 상기 제1 내지 제3박막(21)(22)(23)은 금속나노입자(20)로 형성된다. 여기서, 상기 금속나노입자(20)는 상기 질화갈륨기판(10)의 전체 면적 대비 10%이내로 형성되며, 본 실시예에서는 3% 이내인 것으로 예시한다.

[0022] 상기 금속나노입자(20)가 질화갈륨기판(10) 상에 형성(S10)된 이후, 도 5의 도시와 같이, 상기 금속나노입자(20)에 수소 플라즈마 처리한다(S20). 이로써, 상기 금속나노입자(20)의 표면상에는 수소 이온(H)과 전자(E)에 의한 플라즈마 분위기가 조성되어, 도 6과 같이, 상기 금속나노입자(20)와 수소 이온(H)이 결합하게 된다.

[0023] 상기 금속나노입자(20)와 수소 이온(H)이 결합된 상태일 때, 도 7과 같이 상기 금속나노입자(20)가 마련된 질화갈륨기판(10)의 일면에 발광 다이오드유닛(80)을 구성하는 n형 질화갈륨층(30)을 성장시킨다(S30). 이때, 상기

금속나노입자(20)는 상기 질화갈륨기판(10)의 전체 면적 대비 3% 이내로 형성됨으로써, 상기 n형 질화갈륨층(30)과 질화갈륨기판(10) 사이에 금속나노입자(20)가 형성되어도, n형 질화갈륨층(30)과 질화갈륨기판(10) 사이의 결합밀도는 상승되지 않는다. 이러한 질화갈륨층(30)과 질화갈륨기판(10) 사이의 결합밀도 관계는 권민기의 6인에 의해 작성된 "Surface-Plasmon-Enhanced Light-Emitting Diodes" 논문(에 의해 뒷받침된다.(Journal of ADVANCED MATERIALS, 2008, 1253-1257)

[0024] 다음으로, 도 8과 같이 상기 금속나노입자(20)를 사이에 두고 n형 질화갈륨층(30)이 성장된 질화갈륨기판(10) 상으로 근자외선(L)을 조사한다(S40). 이때, 상기 조사되는 근자외선(L)의 파장은 380nm 이하가 바람직하다. 이렇게 근자외선(L)을 조사하면, 제2박막(22)을 형성하는 산화티탄(TiO_2)의 전자와 정공이 분리된다. 이 산화티탄(TiO_2)으로부터 분리된 전자는 금속나노입자(20)에 결합되어 있던 수소 이온(I)을 산화시켜, 금속나노입자(20)로부터 수소 이온(I)을 수소 분자(M) 상태로 분리시킨다.

[0025] 이렇게 근자외선(L)의 조사에 의해 금속나노입자(20)로부터 수소 이온(I)이 분리되면, 도 9와 같이, 대략 300℃ 내지 700℃의 온도로 금속나노입자(20)를 가열하여 질화갈륨기판(10)과 n형 질화갈륨층(30)을 상호 분리시킨다(S50). 구체적으로, 상기 근자외선(L)이 조사되어 수소 이온(I)과 분리된 금속나노입자(20)를 사이에 두고 질화갈륨기판(10)상에 성장된 n형 질화갈륨층(30)에 열을 가하면, 분리된 수소 분자(M)의 운동에너지가 커지게 된다. 그로 인해, 상기 질화갈륨기판(10)과 n형 질화갈륨층(30)이 상호 분리되는 것이다. 이렇게 n형 질화갈륨층(30)으로부터 분리된 질화갈륨기판(10)은 계속해서 재사용할 수 있게 된다.

[0026] 한편, 도 10을 참고하면, 상기 질화갈륨기판(10) 상에 상술한 n형 질화갈륨층(30)을 포함하는 발광 다이오드유닛(80)을 형성시킨 발광 다이오드장치(100)가 도시된다. 도 10의 도시와 같이, 상기 수소 플라즈마 처리단계(S20)에 의해 수소 플라즈마 처리된 금속나노입자(20)가 형성된 상기 질화갈륨기판(10) 상에 n형 질화갈륨층(30), 질화인듐갈륨(InGaN) 활성층(40) 및, p형 질화갈륨층(50)을 MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)방법에 의해 순차적으로 결정 성장시킨다. 그 후, 상기 p형 질화갈륨층(50) 상에 P형 금속전극(60)을 증착시킴과 아울러, 결정 성장된 p형 질화갈륨층(50), 질화인듐갈륨 활성층(40) 및, n형 질화갈륨층(30)의 일부를 식각하여 n형 금속전극(70)을 증착시킴으로써, 최소 두께로 광재생율을 향상시킬 수 있는 발광 다이오드유닛(80)의 성장이 완료된다.

[0027] 참고로, 상기와 같이 발광 다이오드유닛(80)이 형성된 질화갈륨기판(10)은 도 10과 같이, 형성된 금속나노입자(20)에 수소 플라즈마 처리(S10), 근자외선 조사(S30) 및 열처리(S40)를 거쳐 상기 발광 다이오드유닛(80)으로부터 분리(S50)됨으로써, 또 다른 발광 다이오드유닛(80)의 형성을 위해 재사용 가능하다.

[0028] 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술분야의 숙련된 당업자라면 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 일반적인 질화갈륨계 발광 다이오드장치를 개략적으로 도시한 단면도,

[0030] 도 2는 본 발명에 의한 질화갈륨계 발광 다이오드장치로부터 질화갈륨기판을 분리하는 방법을 설명하기 위한 순서도,

[0031] 도 3 및 도 4는 금속나노입자 형성단계를 설명하기 위한 단면도,

[0032] 도 5는 수소 플라즈마 처리단계를 설명하기 위한 단면도,

[0033] 도 6은 수소 이온이 금속나노입자에 결합된 상태를 설명하기 위한 단면도,

[0034] 도 7은 n형 질화갈륨층 형성된 상태를 설명하기 위한 단면도,

[0035] 도 8은 근자외선 조사단계를 설명하기 위한 단면도,

[0036] 도 9는 질화갈륨기판과 n형 질화갈륨층이 열처리에 의해 분리되는 단계를 설명하기 위한 단면도, 그리고,

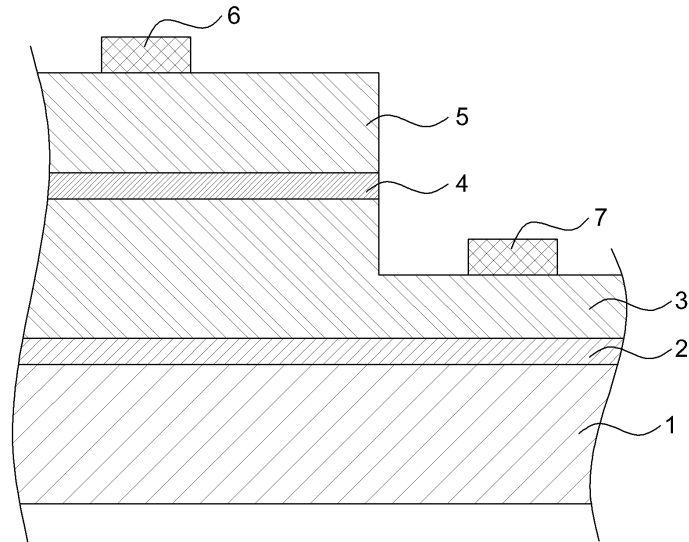
[0037] 도 10은 질화갈륨계 발광 다이오드유닛이 형성되어 질화갈륨기판과 분리됨을 설명하기 위한 단면도이다.

[0038] <도면의 주요 부분에 대한 부호 설명>

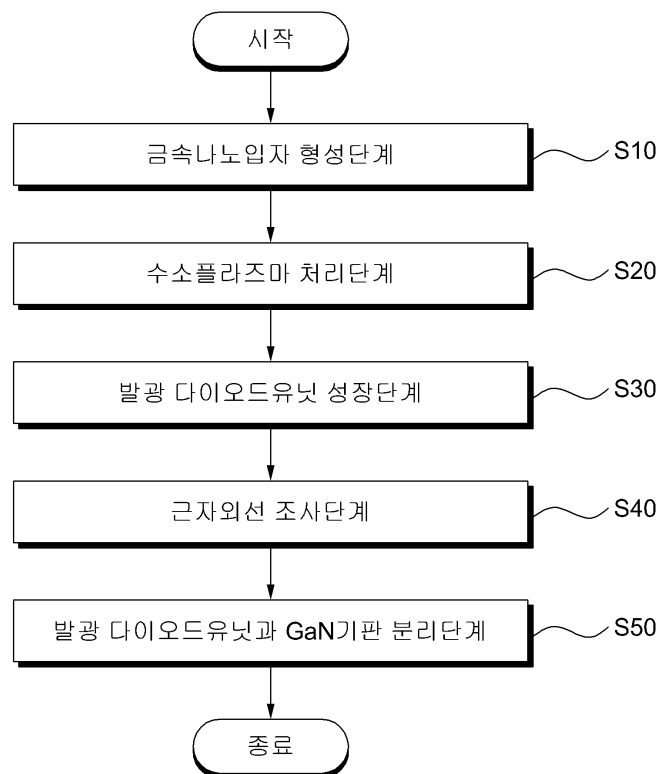
[0039]	10: 질화갈륨기판	20: 금속나노입자
[0040]	80: 발광 다이오드유닛	100: 질화갈륨계 발광 다이오드장치

도면

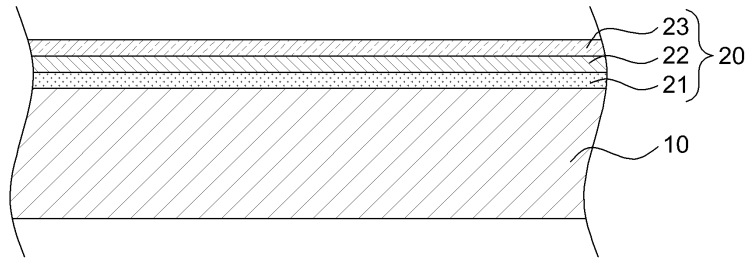
도면1



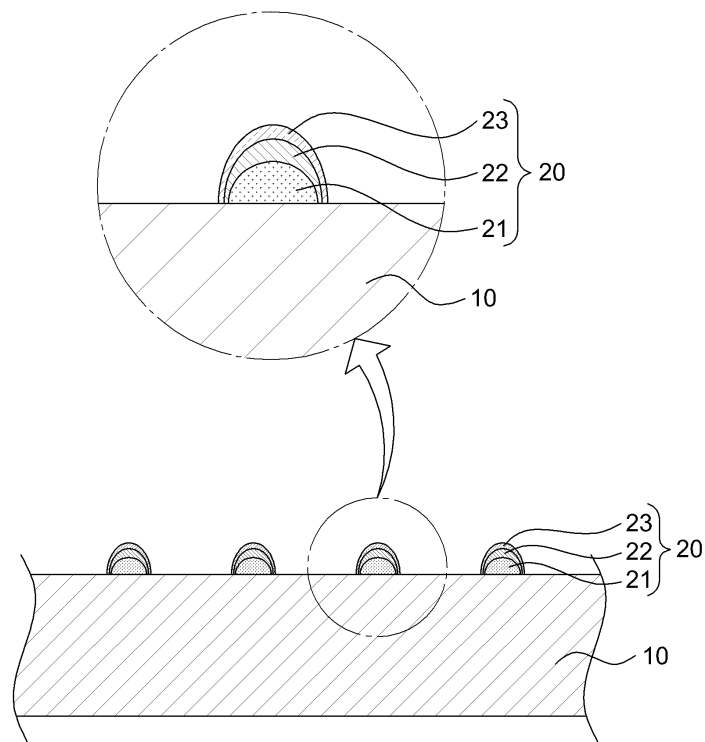
도면2



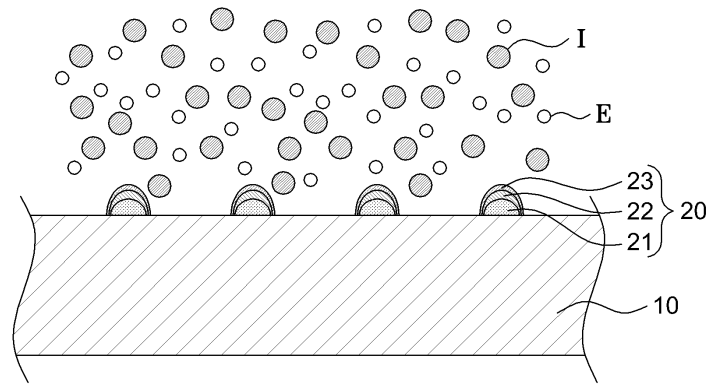
도면3



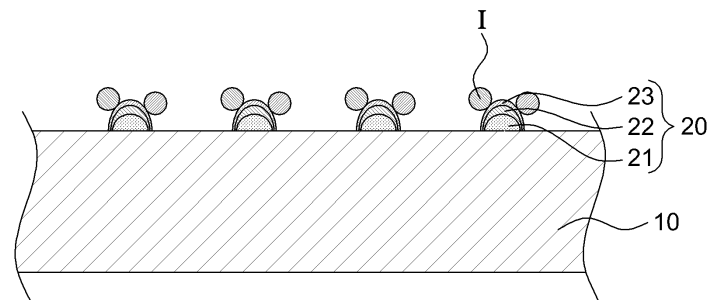
도면4



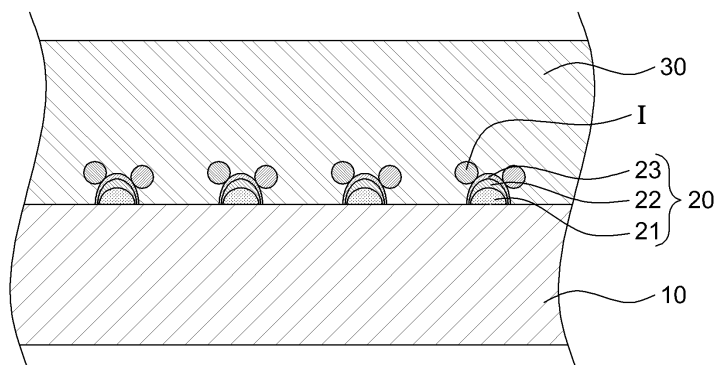
도면5



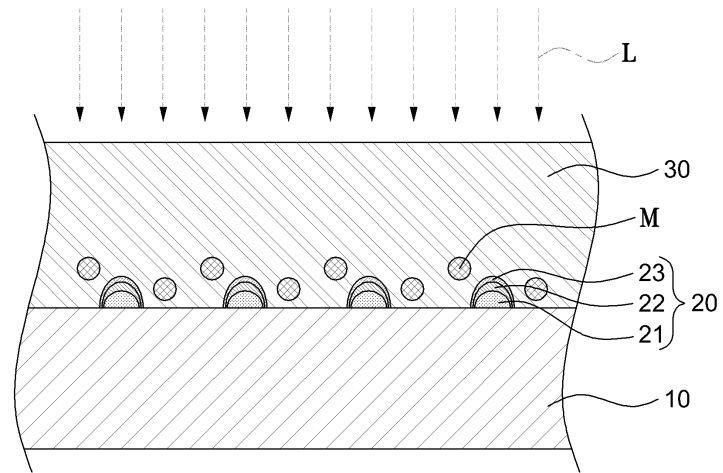
도면6



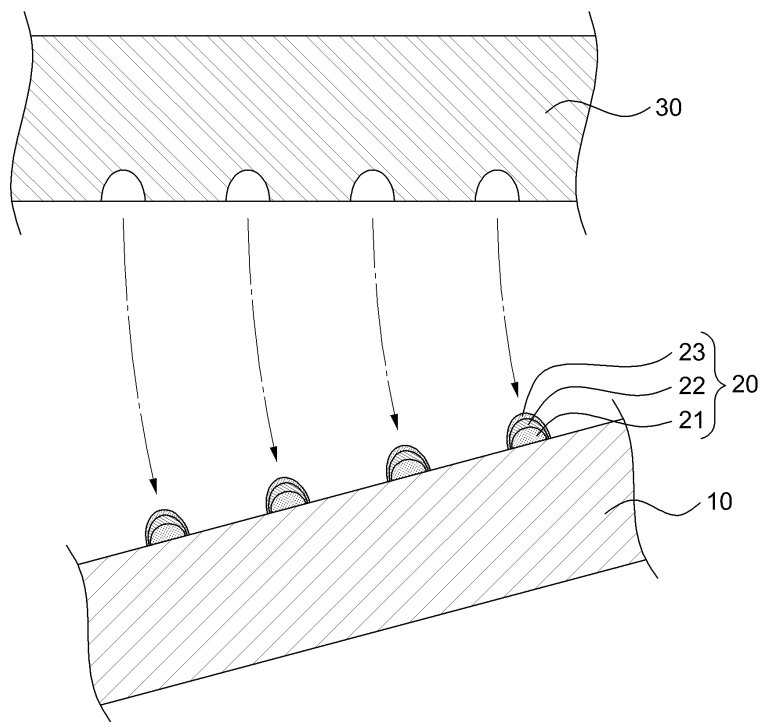
도면7



도면8



도면9



도면10

