



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0058018
(43) 공개일자 2010년06월03일

(51) Int. Cl.

H01L 33/36 (2010.01)

(21) 출원번호 10-2008-0116667

(22) 출원일자 2008년11월24일

심사청구일자 2008년11월24일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

성태연

서울특별시 서초구 잠원동 63-34 한신로얄아파트
1동 911호

(74) 대리인

특허법인대아

전체 청구항 수 : 총 43 항

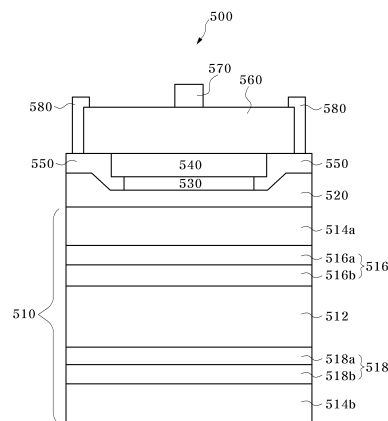
(54) 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조용 지지기판, 이를 이용한 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법 및 수직구조를 갖는 반도체 발광소자

(57) 요약

반도체 발광소자 제조시 사파이어 기판으로부터 분리되는 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막의 손상을 최소화시키고, 그 결과 반도체 발광소자의 전체적인 성능이 향상될 수 있는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조용 지지기판, 이를 이용한 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법 및 수직구조를 갖는 반도체 발광소자에 대하여 개시한다.

본 발명에 따른 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조용 지지기판은 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성되는 다층발광구조체 박막이 적층되는 사파이어 기판과의 열팽창 계수 차이가 5ppm 이하인 물질로 이루어진 선택지지기판; 상기 선택지지기판 상에 형성되며, 질소 또는 산소와 결합된 단결정, 다결정 또는 비정질상의 화합물로 이루어지거나, 화학적 에칭에 의해 제거 가능한 물질로 이루어진 희생층(sacrificial layer); 상기 희생층의 상부에 형성되는 금속후막(thick metal film); 및 상기 금속후막의 상부에 형성되며, 솔더링(soldering) 또는 브레이징(brazing) 합금 물질로 이루어진 본딩층을 구비하여 이루어진다.

대표도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성되는 다층발광구조체 박막이 적층되는 사파이어 기판과의 열팽창 계수 차이가 5ppm 이하인 물질로 이루어진 선택지지기판;

상기 선택지지기판 상에 형성되며, 질소 또는 산소와 결합된 단결정, 다결정 또는 비정질상의 화합물로 이루어지거나, 화학적 에칭에 의해 제거 가능한 물질로 이루어진 희생층(sacrificial layer);

상기 희생층의 상부에 형성되는 금속후막(thick metal film); 및

상기 금속후막의 상부에 형성되며, 솔더링(soldering) 또는 브레이징(brazing) 합금 물질로 이루어진 본딩층을 구비하는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조용 지지기판.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 선택지지기판은

사파이어(Al_2O_3), SiC, 질화알루미늄(AlN), MgO , $AlSiC$, BN , BeO , TiO_2 , SiO_2 , 유리(glass) 중 어느 하나의 물질로 이루어진 단결정, 다결정 또는 비정질 기판인 것을 특징으로 하는 반도체 발광소자 제조용 지지기판.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 희생층은

질소 또는 산소와 결합된 단결정, 다결정 또는 비정질상의 화합물로 이루어진 경우, GaN , $InGaN$, ZnO , InN , In_2O_3 , ITO , SnO_2 , In_2O_3 , Si_3N_4 , SiO_2 , $BeMgO$, $MgZnO$, TiN , VN , CrN , TaN 중 적어도 하나의 물질을 포함하고,

화학적 에칭에 의해 제거 가능한 물질로 이루어진 경우, 화학적 에칭 가능한 금속, 합금, 고용체, 산화물, 질화물 또는 고온성 유기물 중 어느 하나의 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조용 지지기판.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 금속후막은

열적 및 전기적 전도체로서, 금속, 합금 또는 고용체로 이루어진 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조용 지지기판.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 금속후막은

Au , Cu , Ni , Ag , Mo , Al , Nb , W , Ti , Cr , Ta , Al , Pd , Pt 또는 Si 중에서 적어도 하나의 성분을 포함하는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조용 지지기판.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 금속후막은

0.1~500 μm 의 두께로 이루어진 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조용 지지기판.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 본딩층은

Ga, Bi, In, Sn, Pb, Au, Al, Ag, Cu, Ni, Pd, Si 또는 Ge 중에서 적어도 하나를 포함하는 합금으로 이루어진 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조용 지지기판.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 희생층, 금속후막, 본딩층 중 적어도 하나가 패터닝되어 있거나,

상기 희생층, 금속후막, 본딩층 및 상기 선택지지기판의 일부까지 패터닝되어 있는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조용 지지기판.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 하나의 항에 기재된 반도체 발광소자용 지지기판을 이용하여 수직구조를 갖는 반도체 발광소자를 제조하는 방법에 있어서,

(a)사파이어 기판 상부에 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막, 복수의 제2오믹접촉전극, 제1금속후막 및 제1-1본딩층이 순차적으로 형성된 제1웨이퍼를 준비하는 단계;

(b)상부면에 제1-2본딩층이 형성되고, 하부면에 제2-1본딩층이 형성된 금속호일을 준비하는 단계;

(c)선택지지기판 상부에 희생층, 제2금속후막 및 제2-2본딩층이 순차적으로 형성된 제2웨이퍼를 준비하는 단계;

(d)상기 제1-1본딩층과 제1-2본딩층이 본딩되고, 상기 제2-1본딩층과 제2-2본딩층이 본딩되도록 상기 제1웨이퍼, 금속호일 및 제2웨이퍼를 본딩하는 단계;

(e)상기 (d)단계의 결과물로부터 레이저 리프트 오프(Laser Lift-off) 공정을 통하여 상기 제1웨이퍼의 사파이어 기판을 분리하는 단계;

(f)상기 (e)단계에 의해 노출되는 다층발광구조체 박막을 아이솔레이션(isolation)하는 단계;

(g)상기 (f)단계에 의해 아이솔레이션된 다층발광구조체 각각의 표면에 복수의 제1오믹접촉전극을 형성하고, 측면 패시베이션 박막을 형성하는 단계;

(h)상기 제2웨이퍼의 선택지지기판을 분리하는 단계; 및

(i)상기 (h)단계의 결과물을 수직방향으로 절단하여 단일 칩으로 제작하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 (a)단계의 다층발광구조체 박막은

n형 반도체 클래드층, 발광 활성층 및 p형 반도체 클래드층을 구비하며,

상기 각 층은 $\text{In}_x(\text{Ga}_{1-x})\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x+y > 0$)인 조성을 갖는 단결정으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 (a)단계는

- (a1)상기 다층발광구조체 박막 상에 복수의 제2오믹접촉전극을 형성하는 단계;
- (a2)상기 다층발광구조체 박막 및 상기 복수의 제2오믹접촉전극 상에 절연체 박막을 형성하는 단계;
- (a3)상기 복수의 제2오믹접촉전극 상에 복수의 제1전기전도성 박막을 형성하는 단계;
- (a4)상기 절연체 박막 및 상기 복수의 제2오믹접촉전극 상에 제2전기전도성 박막을 형성하는 단계;
- (a5)상기 제2전기전도성 박막 상에 상기 제1금속후막을 형성하는 단계; 및
- (a6)상기 제1금속후막 상에 상기 제1-1본딩층을 형성하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제2전기전도성 박막에는 확산 장벽층(diffusion barrier layer) 및 접착강화층(adhesion-enhancing layer)이 포함되고,

상기 제1금속후막이 전기도금 또는 비전기도금으로 형성되는 경우 씨드층이 더 포함되는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 13

제9항에 있어서, 상기 (b)단계는

상기 금속호일 상부면 및 하부면에 접착강화층을 형성한 후, 상기 제1-2본딩층 및 상기 제2-1본딩층을 더 형성하는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 14

제9항에 있어서, 상기 (c)단계는

상기 제2금속후막 상에 확산 장벽층 또는 접착강화층을 더 형성한 후에 상기 제2-2본딩층을 형성하는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 15

제9항에 있어서, 상기 (c)단계의 회생층은

이빔증착(e-beam evaporation) 또는 열증착(thermal evaporation), MOCVD, 스퍼터링 및 PLD(Pulsed Laser Deposition) 방법 중 어느 하나로 형성되는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 16

제9항에 있어서, 상기 제1금속후막 또는 제2금속후막은

전기도금 또는 비전기도금에 의해서 형성되는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 17

제9항에 있어서, 상기 (d)단계는

적어도 100℃의 온도 및 1~200MPa의 압력에서 열-압축 본딩 방법에 의해 이루어지는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 18

제9항에 있어서, 상기 (e)단계는

상기 레이저 리프트 오프 공정 후, 기계-화학적 연마(chemo-mechanical polishing) 또는 습식 식각 공정이 더 이루어지는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 19

제9항에 있어서, 상기 (h)단계는

레이저 리프트 오프 공정을 이용하여 상기 선택지지기판을 분리하거나,

화학적 에칭을 통해 상기 희생층을 제거하여 상기 선택지지기판을 분리하는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 20

제9항에 있어서, 상기 (h)단계는

유기 또는 무기 본딩 물질로 임시지지기판을 상기 제1웨이퍼의 표면에 본딩한 후 이루어지는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 21

제9항에 있어서,

상기 (h)단계 이후, 상기 선택지지기판 및 상기 희생층이 제거된 부분에 별도의 보조지지대를 형성하는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 보조지지대는

i) Si, Ge, SiGe, ZnO, GaN, AlGaIn, GaAs, AlN 및 BeO 중에서 선택되는 단결정 또는 다결정 웨이퍼,

ii) Mo, Cu, Ni, Nb, Ta, Ti, Au, Ag, Cr, NiCr, CuW, CuMo 및 NiW 중에서 선택되는 금속호일 또는

iii) Cu/Mo/Cu, Cu/W/Cu, Ni/Mo/Ni, Cu/Ti/Cu, Cu/AlN/Cu, Cu/Al₂O₃/Cu, Cu/GaAs/Cu 및 Cu/Si/Cu 중에서 선택되는 라미네이트(laminate) 구조로 형성되는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 23

제9항에 있어서,

상기 (a)단계에서의 상기 복수의 제2오믹접촉전극의 형성 이전 또는 상기 (g)단계에서의 상기 복수의 제1오믹접촉전극의 형성 이전에,

상기 다층발광구조체 박막 상부에 표면 요철, 패터닝 공정을 통한 광추출 구조층 또는 알루미늄 막 나노 그리드 폴라라이저(aluminum film nano-grid polarizer) 중 적어도 하나를 더 형성하는 것을 특징으로 하는 수직구

조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 24

제1항 내지 제8항 중 어느 하나의 항에 기재된 반도체 발광소자용 지지기판을 이용하여 수직구조를 갖는 반도체 발광소자를 제조하는 방법에 있어서,

- (a)사파이어 기판 상부에 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막, 복수의 제2오믹접촉전극 및 제1-1본딩층이 순차적으로 형성된 제1웨이퍼를 준비하는 단계;
- (b)상부면에 제1-2본딩층이 형성되고, 하부면에 제2-1본딩층이 형성된 금속호일을 준비하는 단계;
- (c)선택지지기판 상부에 희생층, 제2금속후막 및 제2-2본딩층이 순차적으로 형성된 제2웨이퍼를 준비하는 단계;
- (d)상기 제1-1본딩층과 제1-2본딩층이 본딩되고, 상기 제2-1본딩층과 제2-2본딩층이 본딩되도록 상기 제1웨이퍼, 금속호일 및 제2웨이퍼를 본딩하는 단계;
- (e)상기 (d)단계의 결과물로부터 레이저 리프트 오프 공정을 통하여 상기 제1웨이퍼의 사파이어 기판을 분리하는 단계;
- (f)상기 (e)단계에 의해 노출되는 다층발광구조체 박막을 아이솔레이션하는 단계;
- (g)상기 (f)단계에 의해 아이솔레이션된 다층발광구조체 각각의 표면에 복수의 제1오믹접촉전극을 형성하고, 측면 패시베이션 박막을 형성하는 단계;
- (h)상기 제2웨이퍼의 선택지지기판을 분리하는 단계; 및
- (i)상기 (h)단계의 결과물을 수직방향으로 절단하여 단일 칩으로 제작하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 25

제1항 내지 제8항 중 어느 하나의 항에 기재된 반도체 발광소자용 지지기판을 이용하여 수직구조를 갖는 반도체 발광소자를 제조하는 방법에 있어서,

- (a)사파이어 기판 상부에 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막, 복수의 제2오믹접촉전극, 제1금속후막 및 제1-1본딩층이 순차적으로 형성된 제1웨이퍼를 준비하는 단계;
- (b)상부면에 제1-2본딩층이 형성되고, 하부면에 제2-1본딩층이 형성된 금속호일을 준비하는 단계;
- (c)선택지지기판 상부에 희생층 및 제2-2본딩층이 순차적으로 형성된 제2웨이퍼를 준비하는 단계;
- (d)상기 제1-1본딩층과 제1-2본딩층이 본딩되고, 상기 제2-1본딩층과 제2-2본딩층이 본딩되도록 상기 제1웨이퍼, 금속호일 및 제2웨이퍼를 본딩하는 단계;
- (e)상기 (d)단계의 결과물로부터 레이저 리프트 오프 공정을 통하여 상기 제1웨이퍼의 사파이어 기판을 분리하는 단계;
- (f)상기 (e)단계에 의해 노출되는 다층발광구조체 박막을 아이솔레이션하는 단계;
- (g)상기 (f)단계에 의해 아이솔레이션된 다층발광구조체 각각의 표면에 복수의 제1오믹접촉전극을 형성하고, 측면 패시베이션 박막을 형성하는 단계;
- (h)상기 제2웨이퍼의 선택지지기판을 분리하는 단계; 및
- (i)상기 (h)단계의 결과물을 수직방향으로 절단하여 단일 칩으로 제작하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법.

청구항 26

상부에 제1오믹접촉전극이 형성되고, 하부에 제2오믹접촉전극, 절연체 박막, 제1전기전도성 박막, 제2전기전도성 박막 및 제1금속후막이 순차적으로 형성되어 있으며, 측면에 패시베이션 박막이 형성되어 있는 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 발광구조체;

제1금속후막 하부에 제1본딩층에 의해 본딩되어 있는 금속호일; 및

상기 금속호일 하부에 제2본딩층에 의해 본딩되어 있는 제2금속후막을 구비하는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 27

상부에 제1오믹접촉전극이 형성되고, 하부에 제2오믹접촉전극, 절연체 박막, 제1전기전도성 박막, 제2전기전도성 박막이 순차적으로 형성되어 있으며, 측면에 패시베이션 박막이 형성되어 있는 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 발광구조체;

상기 제2전기전도성 박막 하부에 제1본딩층에 의해 본딩되어 있는 금속호일; 및

상기 금속호일 하부에 제2본딩층에 의해 본딩되어 있는 제2금속후막을 구비하는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 28

상부에 제1오믹접촉전극이 형성되고, 하부에 제2오믹접촉전극, 절연체 박막, 제1전기전도성 박막, 제2전기전도성 박막 및 제1금속후막이 순차적으로 형성되어 있으며, 측면에 패시베이션 박막이 형성되어 있는 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 발광구조체; 및

제1금속후막 하부에 제1본딩층에 의해 본딩되어 있는 금속호일을 구비하는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 29

제26항 내지 제28항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 다층발광구조체 박막은

상부로부터 n형 반도체 클래드층, 발광 활성층 및 p형 반도체 클래드층을 구비하며,

상기 각 층은 $In_x(Ga_{1-x})N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x+y > 0$)인 조성을 갖는 단결정으로 이루어진 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 30

제26항 내지 제28항 중 어느 하나의 항에 있어서,

다층발광구조체 박막 상부 또는 하부에, 표면 요철, 광추출 구조층, 알루미늄 막 나노 그리드 폴라라이저 중 적어도 하나가 더 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 31

제26항 내지 제28항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 금속호일은

0.1~500 μm 의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 32

제26항 내지 제28항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 금속호일은

Cu, Al, Ni, Nb, W, Mo, Ta, Ti, Au, Ag, Pd, Pt, Cr, Fe, V, Si, Ge 중 적어도 하나의 성분을 포함하는 판상 형태의 금속, 합금 또는 고용체인 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 33

제26항 또는 제28항에 있어서, 상기 제1금속후막은

Au, Cu, Ni, Ag, Mo, Al, Nb, W, Ti, Cr, Ta, Al, Pd, Pt, Si 중 적어도 하나의 성분을 포함하는 금속, 합금 또는 고용체로 이루어진 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 34

제26항 또는 제28항에 있어서, 상기 제1금속후막은

0.1~500 μ m의 두께로 이루어진 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 35

제26항 또는 제27항에 있어서, 상기 제2금속후막은

Au, Cu, Ni, Ag, Mo, Al, Nb, W, Ti, Cr, Ta, Al, Pd, Pt, Si 중 적어도 하나의 성분을 포함하는 금속, 합금 또는 고용체로 이루어지는 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 36

제26항 또는 제27항에 있어서, 상기 제2금속후막은

0.1~500 μ m의 두께로 이루어진 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 37

제26항 내지 제28항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 제1본딩층은

Ga, Bi, In, Sn, Pb, Au, Al, Ag, Cu, Ni, Pd, Si, Ge 성분들 중 적어도 하나의 성분을 포함하는 솔더링 또는 브레이징의 합금으로 이루어진 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 38

제26항 또는 제27항에 있어서, 상기 제2본딩층은

Ga, Bi, In, Sn, Pb, Au, Al, Ag, Cu, Ni, Pd, Si, Ge 성분들 중 적어도 하나의 성분을 포함하는 솔더링 또는 브레이징의 합금으로 이루어진 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 39

제26항 내지 제28항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 제1오믹접촉전극은

Al, Ti, Cr, Ta, Ag, Al, Rh, Pt, Au, Cu, Ni, Pd, In, La, Sn, Si, Ge, Zn, Mg, NiCr, PdCr, CrPt, NiTi, TiN, CrN, SiC, SiCN, InN, AlGaN, InGaN, 희토류 금속, 금속성 실리콘사이드, 반도체성 실리콘사이드, CNTNs, 투

명 전도성 산화물 또는 투명 전도성 질화물 중 적어도 하나의 성분을 포함하는 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 40

제26항 내지 제28항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 제2오믹접촉전극은

Ag, Al, Rh, Pt, Au, Cu, Ni, Pd, 금속성 실리사이드, Ag계 합금, Al계 합금, Rh계 합금, CNTs, 투명 전도성 산화물 또는 투명 전도성 질화물 중 적어도 하나의 성분을 포함하는 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 수직 구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 41

제26항 내지 제28항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 절연체 박막은

투명한 산화물, 투명한 질화물 또는 투명한 불화물 중 어느 하나로 이루어진 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 42

제26항 내지 제28항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 절연체 박막은

ODR(omni-directional reflector) 및 DBR(distributed Bragg reflector) 구조로 이루어진 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

청구항 43

제26항 내지 제28항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 제1전기전도성 박막 또는 상기 제2전기전도성 박막은

Au, Al, Ag, Rh, Ru, Ir, Ti, V, Pd, W, Cr, Ni, Cu, Mo, Ta, Nb, Pt, NiCr, TiW, CuW, TiN, CrN, TiWN 중 적어도 하나를 포함하는 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조용 지지기판 및 이를 이용한 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 1)그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막을 이용하여 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조에 이용하기 위한 지지기판, 2)반도체 발광소자 제조시 금속후막 및 금속호일로 구성되는 고성능 히트싱크 지지대를 이용하여 레이저 리프트 오프, 웨이퍼 본딩 등의 제조공정시 사파이어 기판으로부터 분리된 다층발광구조체 박막의 손상을 최소화시키고, 그 결과 반도체 발광소자의 전체적인 성능이 향상될 수 있는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법 및 3)히트싱크 지지대가 구비된 수직구조를 갖는 반도체 발광소자에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 반도체 발광소자는 정방향의 전류(forward current)가 흐를 경우 빛을 발생하는 발광다이오드(light-emitting diode; LED) 및 레이저다이오드(laser diode; LD)가 있다. 특히 LED 및 LD는 공통적으로 p-n 접합 구조(p-n junction)를 가지고 있으며, 이러한 발광소자들에 전류를 인가하면 전류가 광자(photon)로 변환

되어 소자로부터 빛(light)이 나오게 된다.

- [0003] LED 및 LD에서 발광되는 빛은 반도체 물질의 종류에 따라 장파장 빛에서부터 단파장 빛 영역까지 다양하며, 무엇보다도 넓은 밴드갭을 갖는 반도체로 제작된 LED를 이용하여 가시광선 영역인 적색, 녹색, 청색 등의 구현이 가능하게 되어, 각종 전자장치의 표시부품, 교통신호등, 각종 디스플레이용 광원장치에 폭넓게 산업적으로 응용되고 있다. 최근에는 LED를 통한 백색광원이 개발됨에 따라 차세대 일반 조명용 광원장치에 널리 이용될 수 있을 것으로 확실시되고 있다.
- [0004] 일반적으로 그룹 3-5족 질화물계 반도체는 양질의 반도체 박막을 얻기 위하여 최초 성장기관 상에 헤테로에피택셜하게 성장시켜 제조되는데, 이러한 최초 성장기관으로 사파이어, SiC, Si 등이 이용되고 있다.
- [0005] 최초 성장기관으로 이용되는 것들 중에서, 사파이어 기관은 그룹 3-5족 질화물계 반도체와 격자상수(lattice constant) 및 열팽창계수가 상당한 차이를 보이게 되어, 양호한 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막을 적층시키기 어려운 점이 있다. 또한, 사파이어 기관은 열전도도가 좋지 않아 LED에 큰 전류를 인가할 수 없는 단점을 가질 뿐만 아니라, 사파이어 기관이 전기절연체이기 때문에 외부로부터 유입되는 정전기에 대응하기가 어려워 정전기로 인한 불량 유발 가능성이 큰 문제점이 있는데, 이러한 문제점들은 소자의 신뢰성을 저하할 뿐만 아니라, 패키징 공정에 있어서 많은 공정제약을 유발하게 된다.
- [0006] 또한, 전기절연체인 사파이어 기관은 n형 오믹접촉전극과 p형 오믹접촉 전극을 모두 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성되는 다층발광구조체 박막의 적층(성장) 방향과 동일하게 형성되는 메사구조(MESA-structure)를 가질 뿐만 아니라, LED 칩 면적도 일정 크기 이상이 되어야 하기 때문에, LED 칩 면적을 줄이는 데에는 한계가 있으며, 이로 인해서 2인치 웨이퍼 한 개당 LED 칩 생산량의 향상에 장애가 되고 있다.
- [0007] 상기한 바와 같이, 최초 성장기관인 사파이어 상부에 제작된 메사구조의 LED의 단점들 이외에도, 사파이어 성장기관의 나쁜 열전도율 때문에 발광소자 구동시 필연적으로 발생하는 다량의 열을 외부로 원활하게 발산하는데 어려움이 있다.
- [0008] 이러한 이유로 인하여, 향후 대형 디스플레이 및 일반조명용 광원처럼 대면적 및 대용량(즉, 대 전류)으로 사용되는 발광소자에는 사파이어가 부착되어 있는 메사구조 적용은 한계가 있다. 즉 대전류를 장시간 발광소자에 주입하게 되면, 발생한 다량의 열로 인해서 발광 활성층의 내부 온도는 점진적으로 상승하게 되고, 이로 인해서 LED 발광효율이 점차 감소하게 되는 문제점이 발생하게 된다.
- [0009] 실리콘카바이드(SiC) 성장기관은 사파이어와는 달리, 열적 및 전기적 전도율이 우수하며, 동시에 양질의 반도체 단결정 박막 성장시 중요한 변수인 격자 상수 및 열팽창 계수가 그룹 3-5족 질화물계 반도체와 유사하여 양호한 다층발광구조체 박막을 성공적으로 적층 성장하고 있으며, 이를 이용하여 다양한 형태의 수직구조의 발광소자가 제작되고 있다.
- [0010] 하지만, 결정적으로 양질의 SiC 성장기관 제작이 용이하지 않기 때문에, 사파이어 등의 다른 성장기관에 비해서 상당히 고가(high-cost)이고, 그 결과 대량 생산에 적용하기에는 많은 제약이 있다.
- [0011] 따라서 현재의 기술, 경제, 및 성능 면에서 고려해 볼 때, 사파이어 성장기관에 적층되는 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막을 이용하여 발광소자를 제작하는 것이 가장 바람직하다.
- [0012] 상기한 바와 같이, 최초 성장기관인 사파이어 상부에 적층 성장된 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막을 이용하여 제작된 메사구조의 LED 문제점들을 해결하기 위해서, 최근 들어, 사파이어, SiC, Si 등의 최초 성장기관 상부에 양질의 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막을 적층시킨 후, 최초 성장기관으로부터 안전하게 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막을 분리하고, 이를 이용한 수직구조를 갖는 발광소자를 제작하려고 많은 노력이 행해지고 있다.
- [0013] 도 1은 종래의 기술에 따라 레이저 리프트 오프(Laser Lift-Off) 기술을 이용하여 사파이어 기관을 분리하는 과정을 도시한 단면도이다.
- [0014] 도 1에 도시된 바와 같이, 레이저 리프트 오프 기술을 이용하여 강한 에너지원인 레이저 빔을 투명한 사파이어 기관(110)의 후면(backside)에 조사하면, 계면(120)에서 레이저 빔 흡수가 강하게 발생하고, 이로 인해서 900℃ 이상의 온도가 순간적으로 발생하게 되어 계면(120)의 GaN, InGaN 등이 열화학 분해가 발생하고, 사파이어 기관(110)과 질화물계 반도체 박막(130)으로 분리된다.
- [0015] 그러나, 많은 선행 문헌 등에서 언급된 바와 같이, 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막

은 레이저 리프트 오프 공정을 거칠 때, 서로 다른 격자상수 및 열팽창 계수로 인하여 그룹 3-5족 질화물계 반도체 박막과 두꺼운 사파이어 기판 사이에 발생한 기계적 응력을 견디지 못하여, 사파이어로부터 분리된 후에 반도체 단결정 박막에 많은 손상(damage)과 깨짐(braking)이 발생하는 현상을 볼 수 있다.

- [0016] 상기한 바와 같이, 다층발광구조체 박막이 손상되거나 깨짐을 입게 되면, 많은 누설전류(leaky current)가 발생할 뿐만 아니라, LED를 비롯한 많은 발광소자의 칩 수율이 크게 저하되고, 발광소자인 LED 칩의 전체적인 성능 저하를 유발하게 된다. 따라서, 다층발광구조체 박막의 손상을 최소화할 수 있는 사파이어 기판 분리 공정과 분리된 다층발광구조체 박막을 이용하여 수직구조의 LED 제조 공정이 꾸준히 연구되고 있는 실정이다.
- [0017] 그 결과, 상기 레이저 리프트 오프 공정을 이용하여 사파이어 기판을 분리할 때, 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막의 손상과 깨짐을 최소화시키기 위한 다양한 방안들이 제안되고 있다.
- [0018] 도 2는, 다층발광구조체 박막의 손상과 깨짐을 방지하기 위한 종래의 기술에 따라, 레이저 리프트 오프 공정을 행하기 전에 웨이퍼 본딩과 전기도금 공정을 도입하여 성장방향([0001])에 강하게 밀착되어 있는 전기 전도성 지지대(conductive support)를 형성시키는 과정을 도시한 단면도이다.
- [0019] 도 2의 (a)를 참조하면, 투명한 사파이어 기판(210)의 뒷면을 통해서 레이저 빔을 조사하여 사파이어 기판(210)으로부터 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막(220, 230)을 분리하기에 앞서, 본딩층(240a)의 상부에 웨이퍼 본딩 공정을 이용하여 구조적으로 안정하며 강하게 밀착되어 있는 전기전도성 지지대(250)를 형성시킨다. 또한, 도 2의 (b)를 참조하면, 사파이어 기판(210)으로부터 다층발광구조체 박막(220, 230)을 분리하기에 앞서, 씨드층(240b)의 상부에 전기도금 공정을 이용하여 구조적으로 안정하며 강하게 밀착되어 있는 전기전도성 지지대(250)를 형성시킨다.
- [0020] 도 3은 도 2의 방법을 이용한 종래의 기술에 따라, LLO 공정과 구조적으로 안정하며 강하게 밀착되어 있는 전기 전도성 지지대를 접목하여 제작한 수직구조의 그룹 3-5족 질화물계 반도체 발광소자들에 대한 단면도들이다.
- [0021] 도 3의 (a)는 도 2의 (a)의 전기 전도성 지지대를 형성하는 방법을 이용하여 제작된 반도체 발광소자를 도시한 단면도이다. 웨이퍼 본딩과 접목된 수직구조를 갖는 발광소자의 단면을 보인 도 3의 (a)를 참조하면, 열적 및 전기적 전도체인 지지대(310), 본딩층(320a), p형 오믹접촉전극을 포함한 다층 금속층(330), p형 반도체 클래드층(340), 발광 활성층(350), n형 반도체 클래드층(360) 및 n형 오믹접촉전극(370)이 순차적으로 구성되어 있다. 상기 지지대(310)는 열적 및 전기적 전도율이 우수한 Si, Ge, SiGe, GaAs 등의 반도체 웨이퍼가 우선적으로 사용하고 있다.
- [0022] 그러나 도 3의 (a)에 도시된 바와 같은 수직구조의 발광소자에 사용된 지지대(310)는 다층발광구조체 박막(340-360)이 적층 성장된 사파이어 기판과 큰 열팽창계수의 차이로 인하여, Si 또는 다른 전기 전도성 지지대를 웨이퍼 본딩에 의해서 결합시키면, 웨이퍼 휨(wafer warpage) 현상 및 다층발광구조체 박막 내부에 미세한 마이크로 크랙(micro-crack)이 다량으로 생성되어 공정상의 어려움과 제작된 발광소자의 성능 저하로 인해서 낮은 제품 수율이 문제시되고 있다.
- [0023] 한편, 도 3의 (b)는 도 2의 (b)의 전기 전도성 지지대를 형성하는 방법을 이용하여 제작된 반도체 발광소자를 도시한 단면도이다. 전기도금과 접목된 수직구조의 발광소자의 단면도를 도시한 도 3의 (b)를 참조하면, 레이저 리프트 오프 공정과 전기도금 공정의 접목에 의해 제작된 수직구조의 발광소자는 다른 구조는 동일하나, 도 3의 (a)에 도시된 본딩층(320a) 대신 씨드층(320b)을 이용하고 있다. 이 경우, 지지대(310)는 전기도금에 의해 형성된 금속후막(metallic thick film)이며, 특히 열적 및 전기적 전도율이 우수한 Cu, Ni, W, Au, Mo 등의 단일 금속 또는 이들 금속들로 구성된 합금을 우선적으로 사용하고 있다.
- [0024] 전술한 구조를 갖는 도 3의 (b)에 도시된 바와 같은 발광소자 지지대(310)는 전기도금에 의해서 제작된 금속 또는 합금 형태의 후막(thick film)이기 때문에, 성장기판인 사파이어에 비해서 상당히 큰 열팽창 계수와 연성이 있어 기계적 절단(sawing) 또는 레이저 절단(laser scribing) 등의 단일 칩 공정상에서 말뚝 또는 웨이퍼 휨, 깨짐 등의 많은 문제점을 발생시키고 있다.
- [0025] 따라서, 사파이어 기판 분리 공정을 이용하여 수직구조의 그룹 3-5족 질화물계 반도체 발광소자를 제작할 때, 웨이퍼 휨 및 깨짐, 마이크로 크랙 발생, 열처리(annealing) 및 단일 칩 제작 공정을 비롯한 많은 후속 공정(post-processing)의 제약, 그리고 낮은 제품 수율 등의 문제점을 해결할 수 있는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자의 제조에 이용될 수 있는 히트싱크 지지대가 요구된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0026] 본 발명의 첫번째 목적은 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조시, 웨이퍼 본딩 공정이나 레이저 리프트 오프 공정 등에서 웨이퍼 휨 현상, 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막 내에 깨짐 현상 등을 최소화할 수 있는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조용 지지기판을 제공하는 것이다.
- [0027] 본 발명의 두번째 목적은 금속호일과 상기의 지지기판에 포함되는 금속후막 등으로 구성되는 고성능 히트싱크 지지대를 통하여 미세한 마이크로 크랙(micro-crack)이 발생하지 않는 등의 양질의 수직구조를 갖는 반도체 발광소자를 제조하는 방법을 제공하는 것이다.
- [0028] 본 발명의 세번째 목적은 상기의 고성능 히트싱크 지지대를 구비하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자를 제공하는 것이다.

과제 해결수단

- [0029] 상기 첫번째 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조용 지지기판은 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성되는 다층발광구조체 박막이 적층되는 사파이어 기판과의 열팽창 계수 차이가 5ppm 이하인 물질로 이루어진 선택지지기판; 상기 선택지지기판 상에 형성되며, 질소 또는 산소와 결합된 단결정, 다결정 또는 비정질상의 화합물로 이루어지거나, 화학적 에칭에 의해 제거 가능한 물질로 이루어진 희생층(sacrificial layer); 상기 희생층의 상부에 형성되는 금속후막(thick metal film); 및 상기 금속후막의 상부에 형성되며, 솔더링(soldering) 또는 브레이징(brazing) 합금 물질로 이루어진 본딩층을 구비하는 것으로 이루어진다.
- [0030] 상기 두번째 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법은 (a)사파이어 기판 상부에 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막, 복수의 제2오믹접촉전극, 제1금속후막 및 제1-본딩층이 순차적으로 형성된 제1웨이퍼를 준비하는 단계; (b)상부면에 제1-본딩층이 형성되고, 하부면에 제2-본딩층이 형성된 금속호일을 준비하는 단계; (c)선택지지기판 상부에 희생층, 제2금속후막 및 제2-본딩층이 순차적으로 형성된 제2웨이퍼를 준비하는 단계; (d)상기 제1-본딩층과 제1-본딩층이 본딩되고, 상기 제2-본딩층과 제2-본딩층이 본딩되도록 상기 제1웨이퍼, 금속호일 및 제2웨이퍼를 본딩하는 단계; (e)상기 (d)단계의 결과물로부터 레이저 리프트 오프(Laser Lift-off) 공정을 통하여 상기 제1웨이퍼의 사파이어 기판을 분리하는 단계; (f)상기 (e)단계에 의해 노출되는 다층발광구조체 박막을 아이솔레이션(isolation)하는 단계; (g)상기 (f)단계에 의해 아이솔레이션된 다층발광구조체 각각의 표면에 복수의 제1오믹접촉전극을 형성하고, 측면 패시베이션 박막을 형성하는 단계; (h)상기 제2웨이퍼의 선택지지기판을 분리하는 단계; 및 (i)상기 (h)단계의 결과물을 수직방향으로 절단하여 단일 칩으로 제작하는 단계를 구비하여 이루어진다.
- [0031] 상기 세번째 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 수직구조를 갖는 반도체 발광소자는 상부에 제1 오믹접촉전극이 형성되고, 하부에 제2오믹접촉전극, 절연체 박막, 제1전기전도성 박막, 제2전기전도성 박막 및 제1금속후막이 순차적으로 형성되어 있으며, 측면에 패시베이션 박막이 형성되어 있는 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 발광구조체; 제1금속후막 하부에 제1본딩층에 의해 본딩되어 있는 금속호일; 및 상기 금속호일 하부에 제2본딩층에 의해 본딩되어 있는 제2금속후막을 구비하여 이루어진다.

효과

- [0032] 본 발명에 따른 지지기판을 이용하여 수직구조를 갖는 반도체 발광소자를 제조할 경우, 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막의 발광소자 제조 수율을 향상시킬 수 있으며, 사파이어 기판을 분리함으로써 열방출과 정전기 충격 방지가 효율적으로 이루어질 수 있는 장점이 있다.
- [0033] 또한, 본 발명에 따른 지지기판을 이용하여 수직구조를 갖는 반도체 발광소자를 제조할 경우, 웨이퍼 본딩시 웨이퍼 휨이 발생하지 않으며, 사파이어 기판 분리 등을 위한 레이저 리프트 오프 공정시 다층발광구조체 박막이 받게 되는 응력을 줄여 마이크로 크랙이나 깨짐 등을 방지할 수 있으며, 또한 다층발광구조체 박막이 웨이퍼

본딩 물질로 분리되는 손실을 최소화할 수 있다.

- [0034] 또한, 본 발명에 따른 지지기판을 이용하여 수직구조를 갖는 반도체 발광소자를 제조하면, 열처리 및 측면 패시베이션 박막 등의 후속공정을 자유롭게 할 수 있어, 그 결과 열적 및 기계적 손상이 전혀 없는 고신뢰성의 발광소자를 얻을 수 있다.
- [0035] 또한, 본 발명에 따른 지지기판을 이용하여 수직구조를 갖는 반도체 발광소자를 제조할 경우, 단일칩 제작 공정시, 습식 식각 공정을 이용할 수 있기 때문에, 기존의 기계 및 레이저 가공을 통한 단일칩 제작 공정에서보다 칩 수율을 크게 향상시킬 수 있는 장점이 있다.
- [0036] 또한, 본 발명에 따른 지지기판은 양호한 웨이퍼 본딩을 통한 양질의 질화물계 반도체 단결정 다층 박막을 얻게 할 수 있을 뿐만 아니라, 사파이어 기판 분리 후에 행해지는 모든 후속공정을 자유롭게 할 수 있으며, 그 결과, 금속화층 또는 금속후막으로 구성된 고성능 히트싱크 지지대를 구비한 발광소자를 제작하는데 유리한 효과를 제공한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0037] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 반도체 발광소자 제조용 지지기판, 이를 이용한 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법 및 수직구조를 갖는 반도체 발광소자에 대하여 순차적으로 설명한다.

[0038] 수직구조를 갖는 발광소자 제조용 지지기판

- [0039] 도 4의 (a)는 본 발명에 따른 수직구조를 갖는 발광소자 제조용 지지기판의 일실시예를 도시한 단면도이다.
- [0040] 도 4의 (a)를 참조하면, 본 발명에 따른 발광소자 제조용 지지기판(400)은 선택지지기판(selected supporting substrate, 410), 희생층(sacrificial layer, 420), 금속후막(metallic thick film; 430) 및 본딩층(bonding layer, 440)을 구비하여 이루어진다.
- [0041] 선택지지기판(410)은 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성되는 다층발광구조체 박막이 적층되는 최초 성장기판(Growth Substrate)인 투명한 사파이어 기판으로부터 다층발광구조체 박막을 레이저 리프트 오프(Laser Lift-Off) 또는 다른 공정을 통해 분리할 때, 분리된 수 마이크로 미터(μm)의 두께를 지닌 다층발광구조체 박막의 손상을 최소화하기 위해서 필요한 기계적인 충격 흡수 및 지지대(support) 역할을 한다.
- [0042] 선택지지기판(410)은 사파이어 기판과의 열팽창계수 차이가 $5\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ 이하인 물질로 선택된다. 그 이유는, 사파이어 기판으로부터 다층발광구조체 박막을 분리하기 전에 지지기판(400)을 사파이어 기판과 본딩하는 웨이퍼 본딩을 수행하는데, 이때 웨이퍼 본딩 후에 사파이어 기판과 지지기판(400)의 열팽창 계수의 차이로 인해서 발생할 수 있는 웨이퍼 휨(wafer warpage) 현상을 최소화하기 위함이다. 따라서, 선택지지기판(410)은 사파이어 기판과 열팽창계수가 같거나 그 차이가 5ppm 이하인, 사파이어, SiC, Ge, GaAs, SiGe, Si, AlN, MgO, AlSiC, BN, BeO, TiO₂, SiO₂, Si-Al, Glass 등의 단결정, 다결정, 또는 비정질 기판의 웨이퍼로 이루어질 수 있다.
- [0043] 희생층(420)은 최종적으로 완성된 수직구조를 갖는 발광소자로부터 선택지지기판(410)을 분리 제거하는데 필요한 물질층으로서, 질소 또는 산소와 결합된 단결정, 다결정 또는 비정질상의 화합물이 될 수 있다. 이러한 희생층(420)으로 이용할 수 있는 물질은 선택지지기판(410)을 레이저 리프트 오프 공정으로 제거할 경우에는 GaN, InGaN, ZnO, InN, In₂O₃, ITO, SnO₂, In₂O₃, Si₃N₄, SiO₂, BeMgO, MgZnO, TiN, VN, CrN, TaN 등이 될 수 있다.
- [0044] 또한, 희생층(420)은 화학적 식각(chemical etch) 공정을 통해 선택지지기판(410)을 분리 제거할 수 있는데, 이 경우, 희생층(420)으로 이용할 수 있는 물질은 금속, 합금, 고용체, 산화물, 질화물 또는 고온성 유기물도 적용 가능하다. 결국, 희생층(420)은 선택지지기판(410)의 특성, 분리 방법 및 최종적으로 제작하고자 하는 수직구조를 갖는 발광소자의 구조에 따라 적절한 조성 물질이 선택될 수 있다.
- [0045] 금속후막(430)은 웨이퍼 본딩 공정을 이용하여 발광소자를 제조하는 과정에서 발생하는 열적 및 구조적으로 발생하는 스트레스(stress)를 완화시켜 주는 기능을 한다. 또한, 금속후막(430)은 물질 간 본딩을 강화하기 위한 접착강화층(adhesion-enhancing layer)과 물질 이동을 방지하는 확산장벽층(diffusion barrier layer) 기능을

할 수도 있다. 이러한 금속후막(430)은 대략 0.1~500 μ m의 두께를 가질 수 있다.

- [0046] 금속후막(430)은 전기적 및 열적으로 전도성이 높은 Au, Cu, Ni, Ag, Mo, Al, Nb, W, Ti, Cr, Ta, Al, Pd, Pt, Si 중 적어도 한 성분을 포함하고 있는 금속, 합금, 또는 고용체로 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0047] 금속후막(430)은, 희생층(420) 상에 일반적인 물리적 증착(PVD), 화학적 증착(CVD) 방법으로 형성할 수 있으나, 전기도금(electro plating) 및 비전기도금(electroless plating)을 포함하는 도금방법을 통해서 형성하는 것이 더욱 바람직하다.
- [0048] 본딩층(440)은 사파이어 기판을 포함하는 웨이퍼(도 10의 1001), 금속호일(도 10의 810), 그리고 본 발명에 따른 지지기판(400)인 제2웨이퍼(도 10의 1002)를 본딩할 때에 필요한 물질층이다. 이러한 본딩층(440)은 Ga, Bi, In, Sn, Pb, Au, Al, Ag, Cu, Ni, Pd, Si, Ge 성분들 중 적어도 하나를 포함하는 솔더링(soldering) 또는 브레이징(brazing) 합금 물질로 이루어질 수 있다.
- [0049] 전술한 구조를 갖는 본 발명에 따른 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조용 지지기판(400)은 선택지지기판(410) 상에 희생층(420), 금속후막(430) 및 본딩층(440)을 순차적으로 적층하여 제조할 수 있다.
- [0050] 도 4의 (a) 내지 (f)는 본 발명에 따른 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조용 지지기판의 다양한 실시형태를 예시적으로 도시한 적층 단면도들이다.
- [0051] 도 4의 (a) 및 (d)는 패터닝이 이루어지지 않은 예들을 도시한 단면도로서, 도 4의 (d)는 도 4의 (a)에 도시된 금속후막보다 상대적으로 두꺼운 금속후막을 갖는 것을 도시한 것이다.
- [0052] 도 4의 (b), (c), (e) 및 (f)는 희생층(420), 금속후막(430) 및 본딩층(440) 중 일부 또는 전부가 패터닝된 예들을 도시한 단면도로서, 도 4의 (b) 및 (e)는 본딩층(440)과 금속후막(430)을 패터닝한 것을 나타내는 단면도를, 도 4의 (c) 및 (f)는 희생층(420)까지 패터닝한 것을 나타내는 단면도이다. 도면에 도시되지는 않았지만, 이러한 패터닝은 선택지지기판(410)의 일부까지도 이루어질 수 있다. 도 4의 (b), (c), (e) 및 (f)에 도시된 바와 같이, 본딩층(440), 금속후막(430), 희생층(420) 등의 패터닝은, 향후 반도체 발광소자 제조시 선택지지기판(410)의 제거 공정, 단일칩 제작 공정 등을 용이하게 할 수 있게 한다.

[0053] 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 I

- [0054] 도 5는 본 발명에 따른 수직구조를 갖는 반도체 발광소자의 제1실시예를 도시한 단면도이다.
- [0055] 도 5를 참조하면, 수직구조를 갖는 반도체 발광소자(500)는 금속호일(512) 상부면 및 하부면에 2개의 금속후막(514a, 514b)이 본딩층들(516, 518)에 의해 본딩되어 구성된 히트싱크 지지대(heat-sink support; 510)를 구비하는 것이 특징이다. 여기서, 하나의 금속후막(514a)은 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성되는 다층발광구조체 박막이 적층된 사파이어 기판 쪽에서 형성된 것이고, 다른 하나의 금속후막(514b)은 도 4에 도시된 본 발명에 따른 지지기판(400) 쪽에서 형성된 금속후막(430)에 해당한다.
- [0056] 도 5에 도시된 바와 같이, 수직구조를 갖는 반도체 발광소자는 히트싱크 지지대(510) 상부에 전기전도성 다층막(520, 530), 제2오믹접촉전극(540), 절연체 박막(550), 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막(560), 제1오믹접촉전극(570) 및 측면 패시베이션 박막(580)으로 형성된다.
- [0057] 측면 패시베이션 박막(580)은 절연체 박막(550)과 구조적으로 연결되고, 다층발광구조체 박막(560)을 상부표면의 일부 및 측면부를 완전 보호하고 있는 형태를 가진다.
- [0058] 히트싱크 지지대(510)는 금속호일(512)과 금속후막(514a, 514b) 사이에 본딩층(516, 518)을 도입시켜, 웨이퍼 본딩(516a-516b, 518a-518b) 공정에 의해 형성되어 있다.
- [0059] 히트싱크 지지대(510)의 일부인 금속호일(512)은 다층발광구조체 박막(560)을 구조적으로 안정하게 지탱할 뿐만 아니라, 반도체 발광소자 구동시에 전류를 주입하는 매체인 동시에, 반도체 발광소자에서 발생하는 열을 방출시키는 역할을 한다. 따라서, 상기의 역할을 고려할 때, 금속호일(512)은 전기적 및 열적으로 전도성을 갖는 0.1~500 μ m 이하의 두께를 갖는 압연(rolling) 가공된 금속(metal), 합금(alloy), 또는 고용체(solid solution) 중 하나로 형성될 수 있는데, Cu, Al, Ni, Nb, W, Mo, Ta, Ti, Au, Ag, Pd, Pt, Cr, Fe, V, Si 및 Ge 중 적어도 하나를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0060] 또한, 금속호일(512)과 함께 히트싱크 지지대(510)의 일부인 금속후막(514a, 514b)은 금속호일(512)과 더불어

다층발광구조체 박막(560)의 지탱, 전류 주입 매체 및 열 방출 역할을 한다. 또한, 금속후막(514a, 514b)은 전술한 바와 같이, 지지기판(400)을 이용하여 웨이퍼 본딩 공정으로 반도체 발광소자를 제조하는 과정에서 발생하는 열적 또는 구조적 스트레스(thermal or mechanical stress)를 완화시켜 주는 기능을 한다. 이러한 금속후막(514a, 514b)은 0.1~500 μ m 이하의 두께로 이루어질 수 있다.

[0061] 금속호일(512)과 금속후막(514a 및 514b) 사이에 위치한 본딩층들(516,518)은 Ga, Bi, In, Sn, Pb, Au, Al, Ag, Cu, Ni, Pd, Si, Ge 성분들 중 적어도 하나 이상을 포함하는 솔더링 또는 브레이징의 합금 물질로 이루어지는 것이 바람직하다.

[0062] 또한, 도면에는 도시하지 않았지만, 각각의 본딩층(516,518)을 금속후막(514a,514b)과 금속호일(512) 상부면 및 하부면에 적층 형성하기에 앞서, 물질 간 본딩을 강화하기 위한 접착강화층과 물질 이동을 방지하는 확산장벽층을 별도로 더 형성할 수 있다.

[0063] 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성되는 다층발광구조체 박막(560)과 직접 접촉하고 있는 반사성 제2오믹접촉전극(540)은 다층발광구조체 박막(560)에서 생성된 포톤(photon)을 상부 방향으로 반사(reflection)시킬 수 있는 Ag, Al, Rh, Pt, Au, Cu, Ni, Pd, 금속성 실리사이드(metallic silicide), Ag계 합금, Al계 합금, Rh계 합금, CNTNs(carbon nanotube networks), 투명 전도성 산화물(transparent conducting oxide), 투명 전도성 질화물(transparent conducting nitride) 중 적어도 하나를 포함하는 물질로 형성된다.

[0064] 절연체 박막(550)은 단일 층을 형성하기 위한 아이솔레이션(isolation) 공정을 용이하게 하는 기능을 하는 것으로서, SiO₂, SiN_x, AlN, ITO, Al₂O₃, MgF, SnO₂, ZnO₂ 등을 비롯한 투명한 산화물(transparent oxide), 투명한 질화물(transparent nitride), 또는 투명한 불화물(transparent fluoride)로 형성된다. 더 나아가서, 절연체 박막(550)은 ODR(omni-directional reflector) 및 DBR(distributed Bragg reflector) 구조를 갖는 것이 바람직하다.

[0065] 제2오믹접촉전극(540) 상에 형성되는 제1전기전도성 박막(530)과 물질 간 본딩을 강화하기 위한 접착강화층, 물질 이동을 방지하는 확산장벽층, 또는 전기도금에 의한 전기 전도성 후막을 형성할 경우의 씨드층(seeding layer)을 포함하는 제2전기전도성 박막(520)은 Au, Al, Ag, Rh, Ru, Ir, Ti, V, Pd, W, Cr, Ni, Cu, Mo, Ta, Nb, Pt, NiCr, TiW, CuW, TiN, CrN, TiWN 중 적어도 하나 이상을 포함하는 물질로 이루어지는 것이 바람직하다.

[0066] 다층발광구조체 박막(560)의 측면을 보호하고 있는 측면 패시베이션 박막(580)은 구조적으로 절연체 박막(550)과 접촉 연결되어 있고, Si₃N₄, SiO₂ 또는 각종 전기절연체 물질들 중 적어도 하나를 이용하여 형성한다.

[0067] 다층발광구조체 박막(560) 상부에 형성된 제1오믹접촉전극(570)은 낮은 비접촉 저항을 갖는 오믹접촉을 형성할 수 있는 Al, Ti, Cr, Ta, Ag, Al, Rh, Pt, Au, Cu, Ni, Pd, In, La, Sn, Si, Ge, Zn, Mg, NiCr, PdCr, CrPt, NiTi, TiN, CrN, SiC, SiCN, InN, AlGaN, InGaN, 희토류 금속 및 합금, 금속성 실리사이드(metallic silicide), 반도체성 실리사이드(semiconducting silicide), CNTNs, 투명 전도성 산화물, 투명 전도성 질화물 중 적어도 하나를 포함하는 물질로 형성하는 것이 바람직하다. 특히, 낮은 비접촉 저항을 갖는 오믹접촉을 형성할 수 있도록 열처리(annealing), 또는 산화(oxidation), 질화(nitridation) 등의 표면처리(surface treatment) 공정을 수행하는 것이 바람직하다.

[0068] 다층발광구조체 박막(560)은 제1오믹접촉 전극(570) 및 제2오믹접촉전극(540)을 통해 전류 주입 시에 포톤(photon)을 생성하는 발광소자 구조로서, 기본적으로 n형 반도체 클래드층, 발광 활성층, p형 반도체 클래드층을 구비하며, 각 층은 In_x(Ga_{1-x}Al_{1-y})N (0≤x≤1, 0≤y≤1, x+y>0)인 조성을 갖는 단결정으로 이루어지는 것이 바람직하다. 도 5를 참조하면, 제1오믹접촉전극(570)을 n형 오믹접촉전극이라고 하고, 제2오믹접촉전극(540)을 p형 오믹접촉전극이라고 할 때, n형 반도체 클래드층은 제1오믹접촉전극(570) 하부에 위치하고, p형 반도체 클래드층은 제2오믹접촉전극(540) 상부에 위치하는 것이 바람직하다.

[0069] 제1오믹접촉전극(570) 또는 제2오믹접촉전극(540)이 접촉 형성되는 다층발광구조체 박막(560) 표면에, 발광소자 구조 내부에서 생성된 포톤을 외부로 최대한 방출시키기 위해서, 표면 요철 또는 패터닝 공정을 통한 광추출 구조층이 도입되거나, 알루미늄 막 나노 그리드 폴라라이저(aluminum film nano-grid polarizer)를 구비하는 것이 더욱 더 바람직하다.

[0070] 지지기판을 이용한 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법

- [0071] 도 6은 본 발명에 따른 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법을 나타내는 순서도이다. 도 7 내지 도 17은 도 6에 도시된 각 단계를 도시한 단면도들으로써, 도 6을 설명함에 있어서 도 7 내지 도 17을 참조하기로 한다.
- [0072] 도 6을 참조하면, 본 발명에 따른 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법(600)은 제1웨이퍼 준비 단계(S610), 금속호일 준비 단계(S620), 제2웨이퍼 준비 단계(S630), 본딩 단계(S640), 사파이어 기판 분리 단계(S650), 다층발광구조체 아이솔레이션 단계(S660), 제1웨이퍼 후속 단계(S670), 선택지지기판 분리 단계(S680) 및 단일 칩 제작 단계(S690)를 구비하여 이루어진다.
- [0073] 제1웨이퍼 준비 단계(S610)에서는 사파이어와 같은 사파이어 기판의 상부에 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막 및 기타 오믹접촉전극 등을 형성하고, 그 위에 제1금속후막(1010a) 및 제1-1본딩층(1020a1)이 형성된 제1웨이퍼(1001)를 준비한다.(도 10의 (a))
- [0074] 도 7은 제1웨이퍼(1001)를 준비하는 단계를 나타낸 것이다. 도 7을 참조하면, 사파이어 기판(710) 상부에 다층 발광구조체 박막(720)을 적층시킨 후(도 7의 (a)), 제2오믹접촉전극(730), 절연체 박막(740) 및 제1전기전도성 박막(750)을 순차적으로 적층 형성한 후(도 7의 (b)), 제2전기전도성 박막(760)을 적층 형성한다(도 7의 (c)).
- [0075] 다층발광구조체 박막(720)은 가장 일반적인 그룹 3-5족 질화물계 반도체 박막 성장장비인 MOCVD 및 MBE 시스템을 사용하여, 사파이어 기판(710) 상부에 기본적으로 필요한 층들, 즉, 저온 및 고온 버퍼층(low and high temperature buffering layer), n형 반도체 클래드층(n-type semiconductor cladding layer), 발광 활성층(light-emitting active layer), p형 반도체 클래드층(p-type semiconductor cladding layer)을 순차적으로 적층 성장하여 이루어질 수 있다.
- [0076] 예로, 그룹 3-5족 질화물계 반도체 박막(720)은 투명한 사파이어 기판(710) 상부에 MOCVD(metal organic chemical vapor deposition), 액상에피택셜법(liquid phase epitaxy), 수소액상성장(hydride vapor phase epitaxy), 분자빔 에피택셜법(Molecular beam epitaxy), MOVPE(metal organic vapor phase epitaxy) 장비를 이용하여 적층 형성할 수 있다. 그 적층 과정은 사파이어 상부에 600℃ 이하의 온도에서 직접적으로 적층 성장한 저온 버퍼층(low-temperature buffering layer)을 비롯한 실리콘(Si)이 도핑된 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 이루어진 고온 버퍼층(high-temperature buffering layer), 실리콘(Si)이 도핑된 n형 반도체 클래드층(Si-doped semiconductor cladding layer), 반도체 발광 활성층(semiconductor light-emitting active layer), 마그네슘(Mg)이 도핑된 p형 반도체 클래드층(Mg-doped semiconductor cladding layer)이 순차적으로 적층 형성될 수 있다.
- [0077] 그룹 3-5족 질화물계 반도체 박막을 구성하는 저온 및 고온 버퍼층, n형 반도체 클래드층, 반도체 발광 활성층, p형 반도체 클래드층 각각은 $\text{In}_x(\text{Ga}_{1-x})\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x+y > 0$)인 조성을 갖는 것이 바람직하다. 상기 발광 활성층은 $\text{In}_x(\text{Ga}_{1-x})\text{N}$ 의 장벽층과 $\text{In}_x(\text{Ga}_{1-x})\text{N}$ 의 우물층으로 이루어진 단일 양자 우물(single quantum well; SQW) 구조 또는 다중 양자 우물(multi quantum well; MQW) 구조일 수 있으며, 발광 활성층의 In, Ga, Al의 조성비를 조절함으로써 InN (~0.7eV) 밴드갭을 갖는 장파장에서부터 AlN (~6.2eV) 밴드갭을 갖는 단 파장의 발광소자까지 자유롭게 제작할 수 있다. 우물층은 장벽층보다 밴드 갭을 낮게 하여 캐리어인 전자 및 정공이 우물에 모이도록 하는 것이 내부양자효율 향상을 위해 바람직하며, 특히, 발광특성을 향상시키고 순방향 구동전압을 낮추기 위하여 우물층, 장벽층 중 적어도 어느 한 곳에 Si 또는 Mg을 도핑할 수 있다.
- [0078] 이때, n형 반도체 클래드층 표면에는 후술할 사파이어 기판 분리 후 n형 오믹접촉전극인 제1오믹접촉전극(도 14의 1410)이 형성되고, p형 반도체 클래드층 표면에는 p형 오믹접촉전극인 제2오믹접촉전극(730) 및 절연체 박막(740)이 형성된다. 제2오믹접촉전극(730) 및 절연체 박막(740)을 다층발광구조체 박막(720)의 최상층부인 p형 반도체 클래드층 상부에 형성하기에 앞서, 표면 요철 또는 패터닝 공정을 통한 광추출 구조층이 도입되거나, 알루미늄 막 나노 그리드 폴라라이저를 더 구비할 수 있다.
- [0079] 제2오믹접촉전극(730)의 일부영역의 상부에는 도 7의 (b)에 도시된 바와 같이 제1전기전도성 박막(750)이 형성된다. 절연체 박막(740) 및 제1전기전도성 박막(750) 상부에는 물질 간 본딩을 강화하기 위한 접착강화층, 물질 이동을 방지하는 확산장벽층, 또는 전기도금에 의한 금속후막을 형성할 경우의 씨드층을 포함한 제2전기전도성 박막(760)이 형성된다(도 7의 (c)).
- [0080] 또한, 도 7에서 도시되지는 않았지만, 경우에 따라서는 단일 칩 제작을 용이하게 하기 위해 다수개의 직사 또는 정사각형이 규칙적으로 배열된 패터닝(patterning)과 건식 식각(dry etch) 공정을 이용해서 다층발광구조체 박막(720)의 발광활성층보다 더 깊게까지 트렌치(trench)를 형성시키는 것도 적용 가능하다.

- [0081] 다층발광구조체 박막(720) 상부에 적층 형성된 반사성 제2오믹접촉전극(730)은 Ag, Al, Rh, Pt, Au, Cu, Ni, Pd, 금속성 실리사이드, Ag계 합금, Al계 합금, Rh계 합금, CNTs, 투명 전도성 산화물, 투명 전도성 질화물 중 적어도 하나를 포함하는 물질로 형성되고, 절연체 박막(740)은 SiO₂, SiN_x, AlN, ITO, Al₂O₃, MgF, SnO₂, ZnO₂ 등을 비롯한 투명한 산화물, 투명 질화물 또는 투명한 불화물로 형성될 수 있다. 구조적 측면에서 상기 절연체 박막(740)은 ODR 구조 및 DBR 구조를 갖는 것이 바람직하다.
- [0082] 제1전기전도성 박막(750) 및 제2전기전도성 박막(760)은 Au, Al, Ag, Rh, Ru, Ir, Ti, V, Pd, W, Cr, Ni, Cu, Mo, Ta, Nb, Pt, NiCr, TiW, CuW, TiN, CrN, TiWN 중 적어도 하나를 포함하는 물질로 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0083] 결국, 제1웨이퍼 준비 단계(S610)는 다음과 같은 순서로 이루어질 수 있다.
- [0084] 우선, 사파이어 기판(710) 상에 적층 성장된 다층발광구조체 박막(720) 상에 복수의 제2오믹접촉전극을 형성한다. 이후, 다층발광구조체 박막(720) 및 복수의 제2오믹접촉전극(730) 상에 절연체 박막(740)을 형성한 후, 절연체 박막(740)의 일부 식각 과 증착 등의 방법으로 복수의 제2오믹접촉전극(730) 상에 복수의 제1전기전도성 박막(750)을 형성한다. 이후, 절연체 박막(740) 및 복수의 제2오믹접촉전극(730) 상에 확산 장벽층 및 접착강화층이 포함되고, 제1금속후막(1010a)이 전기도금 또는 비전기도금으로 형성되는 경우의 씨드층이 포함되는 제2전기전도성 박막(760)을 형성하고, 그 위에 제1금속후막(1010a) 및 제1-1본딩층(1020a1)을 형성한다.
- [0085] 금속호일 준비 단계(S620)에서는 금속호일(810) 상부면 및 하부면에 제1-2본딩층(1020a2) 및 제2-1본딩층(1020b1)을 적층 형성한다.(도 10의 (b))
- [0086] 도 8은 전술한 히트싱크 지지대(도 5의 510)를 구성하는 금속호일(metallic foil, 810)을 도시한 단면도로서, 금속호일(810)은 전기 및 열적으로 전도성을 갖는 500 마이크로미터 이하의 두께를 갖는 압연 가공된 금속, 합금, 또는 고용체 중 하나로 형성된다. 특히, 상기 금속호일(810)로 Cu, Al, Ni, Nb, W, Mo, Ta, Ti, Au, Ag, Pd, Pt, Cr, Fe, V, Si, Ge 중 적어도 하나를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0087] 본딩 단계(S640)에서의 본딩 효과를 높이기 위하여, 금속호일(810) 상부면 및 하부면에 제1-2본딩층(1020a2) 및 제2-1본딩층(1020b1)을 형성하기 전에 미리 접착강화층을 형성할 수도 있다.
- [0088] 제2웨이퍼 준비 단계(S630)에서는 선택지지기판(910) 위에 희생층(920), 제2금속후막(1010b) 및 제2-2본딩층(1020b2)이 순차적으로 적층 형성된 제2웨이퍼(1002)를 준비한다.(도 10의 (c))
- [0089] 상기의 희생층(920), 금속후막(1010b) 및 제2-2본딩층(1020b2)은 물리적 증착, 화학적 증착방법이나, 전기도금과 같은 전기화학적 증착 방법 등에 의해 선택지지기판(910) 상에 순차적으로 형성될 수 있다.
- [0090] 특히, 희생층(920)은 이빔증착(e-beam evaporat), 열증착(thermal evaporation), MOCVD, 스퍼터링 및 PLD(Pulsed Laser Deposition) 방법 중 어느 하나로 형성되고, 제2금속후막(1010b) 및 제1웨이퍼의 제1금속후막(1010a)은 전기도금 또는 비전기도금에 의해서 형성되는 것이 바람직하다.
- [0091] 또한, 제2금속후막(1010b) 상에 확산 장벽층 또는 접착강화층을 더 형성한 후에 제2-2본딩층(1020b2)을 형성할 수 있다.
- [0092] 본딩 단계(S640)에서는 제1웨이퍼(1001)의 제1-1본딩층(1020a1)과 금속호일(810)의 제1-2본딩층(1020a2), 그리고, 금속호일(810)의 제2-1본딩층(1020b1)과 제2웨이퍼(1002)의 제2-2본딩층(1020b2)을 웨이퍼 대 웨이퍼로 본딩한다.(도 11) 이를 위해, 각각의 본딩층들은 Ga, Bi, In, Sn, Pb, Au, Al, Ag, Cu, Ni, Pd, Si, Ge 성분들 중 적어도 하나를 포함하는 솔더링 또는 브레이징 합금 물질로 이루어지는 것이 바람직하다. 또한, 각각의 본딩층들을 형성하기에 앞서, 물질 간 본딩을 강화하기 위한 접착강화층과 물질 이동을 방지하는 확산장벽층을 도입할 수 있다.
- [0093] 본딩 단계(640)에서, 제1금속후막 및 제2금속후막(1010a, 1010b)은 열적 및 구조적 스트레스를 완화시켜 주는 기능 등 여러 역할을 하는데, 이러한 금속후막들은 전기 및 열적으로 전도성이 높은 Au, Cu, Ni, Ag, Mo, Al, Nb, W, Ti, Cr, Ta, Al, Pd, Pt, Si 중 적어도 하나의 성분을 포함하고 있는 금속, 합금, 또는 고용체로 이루어질 수 있으며, 일반적인 물리적인 또는 화학적인 증착 방법(CVD/PVD)으로도 형성할 수 있으나, 전기도금, 비전기도금 방법을 통해서 형성하는 것이 더욱 바람직하다.
- [0094] 본딩 단계(S640)는 열-압축 본딩 방법에 의해 이루어질 수 있는데, 적어도 100℃ 이상의 온도 및 1~200Mpa의 압력에서 수행될 수 있다.

- [0095] 본딩이 완료되면, 도 11에 도시된 바와 같이, 제1웨이퍼(1001)의 사파이어 기판(710)으로부터 제2웨이퍼(1002)의 선택지지기판(910)까지 수직구조를 갖는 결과물이 생성된다.
- [0096] 사파이어 기판 분리 단계(S650)에서는 상기 본딩 단계(S640)에 의해 본딩된 결과물로부터 제1웨이퍼의 사파이어 기판(710)을 분리한다.(도 12)
- [0097] 사파이어 기판(710)은 일반적인 레이저 리프트 오프 기술을 이용하여 분리할 수 있다. 강한 에너지원인 레이저 빔을 사파이어 기판 후면을 통해 조사시키면, 그룹 3-5족 질화물계 반도체 단결정으로 이루어진 다층발광구조체 박막(720)과 사파이어 기판(710) 사이인 계면에서 강하게 레이저 흡수가 일어나고, 이로 인해서 계면에 존재하는 질화갈륨(GaN)의 열화학 분해 반응에 의해서 사파이어 기판(710)이 분리 제거된다.
- [0098] 사파이어 기판(710) 제거 후, 공기에 노출되는 다층발광구조체 박막(720)의 표면을 H₂SO₄, HCl, KOH, BOE 중 적어도 하나로 30℃ 내지 200℃ 온도에서 표면 처리하는 단계를 더 거치는 것이 바람직하다. 또한 추가적으로 기계-화학적 연마(mechanical-chemical polishing)와 연이은 습식 식각을 통해서 사파이어 기판(710)을 완전히 제거하는 것도 바람직하다. 사파이어 기판의 습식 식각은 황산(H₂SO₄), 크롬산(CrO₃), 인산(H₃PO₄), 갈륨(Ga), 마그네슘(Mg), 인듐(In), 알루미늄(Al) 중 어느 하나 또는 이들의 조합에 의한 혼합 용액을 식각 용액으로 수행되는 것이 바람직하다. 상기 습식 식각 용액의 온도는 200℃ 이상인 것이 더욱 바람직하다.
- [0099] 사파이어 기판(710)의 분리가 완료되면, 도 12에 도시된 바와 같이, 제1웨이퍼(1001)의 다층발광구조체 박막(720)으로부터 제2웨이퍼(1002)의 선택지지기판(910)까지 수직구조를 갖는 결과물이 형성된다.
- [0100] 다층발광구조체 아이솔레이션 단계(S660)에서는 다수의 발광소자로 제조하기 위하여, 사파이어 기판(710)이 분리되어 제1웨이퍼 표면에 노출되는 다층발광구조체 박막(720)을 아이솔레이션(isolation)한다.(도 13)
- [0101] 도 13은 사파이어 기판이 분리된 후, 공기에 노출된 다층발광구조체 박막(720)을 단일 칩의 디멘전(dimension)과 형상(shape)으로 아이솔레이션 공정을 행한 후의 단면도이다.
- [0102] 도 13을 참조하면, 아이솔레이션 과정은 건식 또는 습식 식각 공정을 이용하여 적어도 절연체 박막(740)이 공기에 노출될 때까지 다층발광구조체 박막(720)을 습식 또는 건식 식각(etch) 공정을 이용하여 수행한다.
- [0103] 제1웨이퍼 후속 단계(S670)에서는 아이솔레이션된 각각의 다층발광구조체 박막(720) 상에 제1오믹접촉전극(1410)을 형성하고, 다층발광구조체 박막(720) 측면에 패시베이션 박막(1420)을 형성한다.
- [0104] 도 14는 각각의 다층발광구조체 박막(720)에 대하여, 측면 패시베이션 박막(1420)과 제1오믹접촉전극(1410)이 형성된 결과를 나타내는 단면도이다.
- [0105] 도 14를 참조하면, 제1웨이퍼 후속 단계(S670)에서는 웨이퍼 클리닝(cleaning)을 비롯한 발광소자의 측면 패시베이션 박막(thin side passivation film; 1420)과 제1오믹접촉전극(1410) 물질을 형성하는 공정과 다음에 열처리 등의 후속공정을 수행한다.
- [0106] 더욱 상세하게 설명하면, 제1웨이퍼 후속 단계(S670)에서는 다층발광구조체 박막(720)인 버퍼층 또는 n형 반도체 클래드층 상부에 제1 오믹접촉 전극 물질 증착 및 열처리 공정을 거쳐서 열적으로 안정한 제1오믹접촉전극(1410)을 형성시키고, Si₃N₄, SiO₂, 또는 각종 전기 절연성 물질들 중 적어도 어느 하나 이상을 이용하여 상기 그룹 3-5족 질화물계 반도체 소자의 표면 또는 측면(side)을 전기적으로 완전하게 보호하는 패시베이션 박막(1420)을 형성한다.
- [0107] 제1오믹접촉전극(1410)은 Al, Ti, Cr, Ta, Ag, Al, Rh, Pt, Au, Cu, Ni, Pd, In, La, Sn, Si, Ge, Zn, Mg, NiCr, PdCr, CrPt, NiTi, TiN, CrN, SiC, SiCN, InN, AlGaN, InGaN, 희토류 금속 및 합금, 금속성 실리사이드, 반도체성 실리사이드, CNTs, 투명 전도성 산화물, 투명 전도성 질화물 중 적어도 하나 이상을 포함하는 물질로 형성하는 것이 바람직하다.
- [0108] 선택지지기판 분리 단계(S680)에서는 레이저 리프트 오프 공정이나 화학적 식각 공정 등을 이용하여, 제2웨이퍼(1002)로부터 선택지지기판(910)을 분리한다.
- [0109] 도 15는 제2웨이퍼(1002)에서 선택지지기판(910)이 분리된 결과물의 단면도를 도시한 것이다.
- [0110] 선택지지기판(910)이 광학적으로 투명한 경우, 선택지지기판(910)을 분리시키기 위하여, 희생층으로 사용된 물질에 따라 적절한 흡수 파장대를 갖는 레이저 빔(laser beam)을 투명한 선택지지기판(910) 후면(back-side)을 통해서 조사시키면, 전술한 사파이어 기판 분리의 경우와 마찬가지로, 희생층(920)과 투명한 선택지지기판(910)

사이인 계면에서 강하게 레이저 흡수가 일어나고, 이로 인해서 계면에 존재하는 희생층(920) 물질의 열화학 분해 반응 또는 기계적 충격에 의한 박리(separation)에 의해서 선택지지기판(910)이 분리된다.

[0111] 이 경우, 공기에 노출되는 희생층(920) 잔류물을 H₂SO₄, HCl, KOH, BOE 을 비롯한 각종 산(acid), 염기(base), 염(salt) 용액으로 30℃ 내지 200℃ 온도에서 처리하는 단계를 포함하는 것이 바람직하다. 또한 상기의 레이저 리프트 오프 공정 외에, 추가적으로 기계-화학적 연마와 연이은 습식 식각을 통해서 선택지지기판(910)을 완전히 제거할 수 있다. 이때, 희생층(920)으로 이용할 수 있는 물질로, 질소 또는 산소와 결합된 단결정, 다결정 또는 비정질상의 화합물이 될 수 있는데, GaN, InGaN, ZnO, InN, In₂O₃, ITO, SnO₂, In₂O₃, Si₃N₄, SiO₂, BeMgO, MgZnO, TiN, VN, CrN, TaN 등을 예로 들 수 있다.

[0112] 또한, 희생층(920)은 화학적 식각 공정을 통해 선택지지기판(910)을 분리 제거할 수 있는 금속, 합금, 고용체, 산화물, 질화물 또는 고온성 유기물도 적용 가능하다. 이 경우, 희생층(920)의 제거에 의해 선택지지기판(910)이 자연스럽게 분리되므로, 별도의 레이저 리프트 오프 공정 등을 거치지 않아도 된다.

[0113] 만약 금속호일(810)과 금속후막들(1010a, 1010b)로 구성된 히트싱크 지지대(도 17의 1710)의 두께가 구조적으로 안정하게 충분한 두께인 경우, 별도의 지지대(support) 본딩 공정 없이 다음의 단일 칩 제작 단계(S690)를 진행하여도 무방하다. 그러나, 히트싱크 지지대(1710)의 두께가 구조적으로 불안정하게 불충분한 두께인 경우, 도면에는 도시하지 않았으나, 금속, 합금, 또는 전기 전도성 접착제(conductive adhesive)로 이루어지는 별도의 본딩층을 형성하고, 상기 별도의 본딩층을 이용하여 필요한 두께만큼의 보조지지대를 히트싱크 지지대(1710)에 본딩시킨 후에 단일 칩 제작 단계(S690)를 진행하는 것이 바람직하다. 이때, 보조지지대는 열적 또는 전기적으로 우수한 전도성을 갖는 Si, Ge, SiGe, ZnO, GaN, AlGaN, GaAs, AlN, BeO 등의 단결정 또는 다결정 웨이퍼, 또는 Mo, Cu, Ni, Nb, Ta, Ti, Au, Ag, Cr, NiCr, CuW, CuMo, NiW 등의 금속호일(foil), 또는 Cu/Mo/Cu, Cu/W/Cu, Ni/Mo/Ni, Cu/Ti/Cu, Cu/AlN/Cu, Cu/Al₂O₃/Cu, Cu/GaAs/Cu, Cu/Si/Cu 등의 라미네이트(laminate) 구조 등으로 형성될 수 있다.

[0114] 또한, 미리 유기 또는 무기 본딩 물질로 임시지지기판을 제1웨이퍼(1001)의 표면에 본딩한 후에 선택지지기판 분리 단계(S680)를 진행할 수 있다.

[0115] 단일 칩 제작 단계(S690)에서는 상기의 본딩 단계(S640)로부터 선택지지기판 분리 단계(S680)까지 이루어진 결과물을 수직방향으로 절단하여 단일 칩으로 제작한다.

[0116] 도 16은 단일 칩을 제조하는 단계를 보인 단면도이다.

[0117] 도 16을 참조하면, 단일 칩 모양으로 아이솔레이션된 측면 패이베이션 박막(1420) 사이를 레이저 절단(laser scribing) 또는 소잉(sawing) 등의 기계적 절단 공정을 이용하여 단일 칩(single chip)을 완성한다. 이때, 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막(720) 내의 미세한 크랙을 비롯한 기계적 충격과 상기 레이저 절단과 소잉 공정으로부터 발생하는 다량의 열로 인해서 열화(thermal degradation)될 수 있는데, 이 문제는 본 발명에 따른 반도체 발광소자에 구비되는 금속호일(810)이나 제1, 제2금속후막(1010a, 1010b)이 충격을 흡수하고 열을 방출함으로써, 충분히 완화될 수 있다.

[0118] 도 17은 최종적으로 완성된 단일 칩 형태의 수직구조를 갖는 반도체 발광소자의 단면을 도시한 것이다.

[0119] 도 17을 참조하면, 최종적으로 완성된 반도체 발광소자는 수직구조를 가지며, 2개의 금속후막(1010a, 1010b)과 금속호일(810)로 구성된 히트싱크 지지대(1710)가 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 상부에 구조적으로 안정하게 형성되어 있다.

[0120] 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 II

[0121] 도 5 및 도 17에서는 2개의 금속후막과 금속호일로 구성된 히트싱크 지지대(510, 1710)를 도시하였으나, 2개의 금속후막 중 하나만이 존재할 수도 있다. 이러한 구조를 갖는 반도체 발광소자의 예들은 도 18 및 도 19에 도시되어 있다.

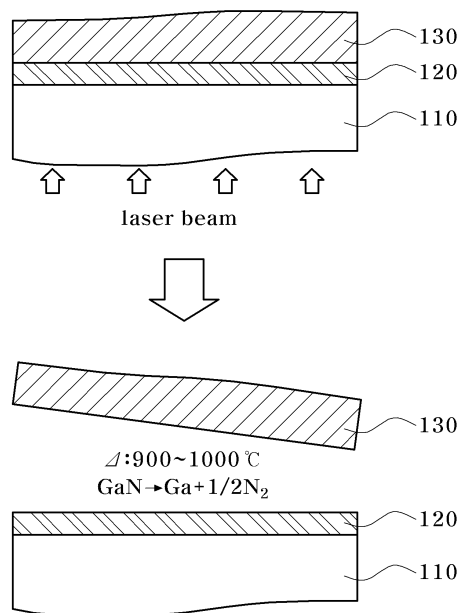
[0122] 도 18은 본 발명에 따른 수직구조를 갖는 반도체 발광소자의 다른 일실시예를 도시한 단면도이다.

[0123] 도 18에 도시된 수직구조를 갖는 반도체 발광소자(1800)는 제1금속후막(1010a)이 형성되지 아니하고, 금속호일(810) 하부면에 제2금속후막(1010b)이 본딩층들(1020b1, 1020b2)에 의해 본딩되어 구성된 히트싱크 지지대(1810)를 구비하는 것이 특징이다.

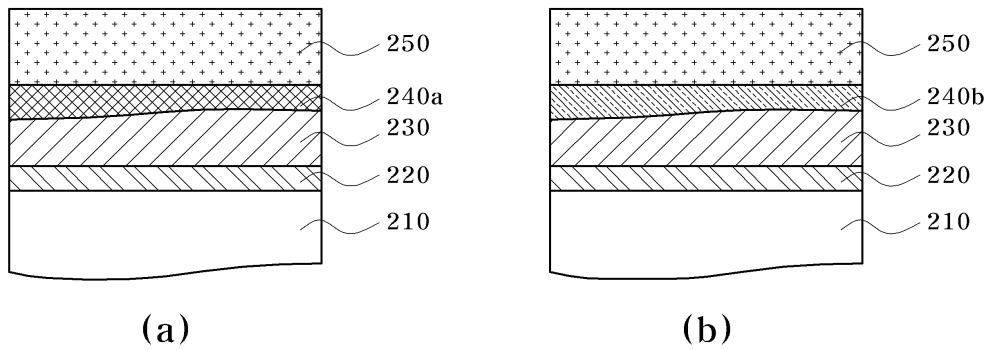
- [0124] 따라서, 본 실시예에 따른 반도체 발광소자(1800)는 개략적으로, 제2금속후막(1010b) - 금속호일(810) - 다층발광구조체 박막(720)의 수직구조로 이루어진다.
- [0125] 도 18에 도시된 수직구조를 갖는 반도체 발광소자를 제조하는 방법에 있어서도, 원칙적으로는 도 6에 도시된 제조방법을 그대로 이용할 수 있다. 다만, 제1웨이퍼 준비 단계(S610)에서 제1금속후막(1010a)을 형성하지는 않는다.
- [0126] 도 19는 본 발명에 따른 수직구조를 갖는 반도체 발광소자의 또다른 일실시예를 도시한 단면도이다.
- [0127] 도 19에 도시된 수직구조를 갖는 반도체 발광소자(1900)는 제2금속후막(1010b)이 형성되지 아니하고, 금속호일(810) 상부면에 제1금속후막(1010a)이 본딩층들(1010a1, 1020a2)에 의해 본딩되어 구성된 히트싱크 지지대(1910)를 구비하는 것이 특징이다.
- [0128] 따라서, 본 실시예에 따른 반도체 발광소자(1900)는 개략적으로, 금속호일(810) - 제1금속후막(1010a) - 다층발광구조체 박막(720)의 수직구조로 이루어진다.
- [0129] 도 19에 도시된 수직구조를 갖는 반도체 발광소자를 제조하는 방법에 있어서도, 원칙적으로는 도 6에 도시된 제조방법을 그대로 이용할 수 있다. 다만, 제2웨이퍼 준비 단계(S620)에서 제2금속후막(1010a)을 형성하지 않거나, 웨이퍼 대 웨이퍼 본딩 이후, 선택지지기판(910) 분리시 제2금속후막(1010a)까지 제거함으로써 제조할 수 있다. 제2금속후막(1010a)의 제거는 도 4에 도시된 패터닝된 지지기판을 적절히 이용하면 물리적 또는 화학적 식각 방법에 의해 이루어질 수 있다.
- [0130] 상술한 바와 같은 본 발명에 따른 지지기판, 수직구조를 갖는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자, 그 제조방법 등은 다른 분야에 쉽게 적용할 수 있다. 특히, 사파이어 기판 상부에 그룹 3-5족 질화물계 반도체를 성장함으로써 제작되는 호모에피택셜 그룹 3-5족 질화물계 반도체 성장기판, 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구성된 다층발광구조체 박막을 이용한 수직구조의 레이저다이오드(laser diode) 및 트랜지스터 등을 포함한 각종 광전자 소자도 응용이 가능하다.
- [0131] 이상에서는 본 발명의 실시예들을 중심으로 설명하였지만, 당업자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.
- 도면의 간단한 설명**
- [0132] 도 1은 종래의 기술에 따라, 수직구조의 반도체 발광소자를 제조함에 있어서, 일반적으로 행해지는 레이저 리프트 오프 공정을 도시한 단면도이다.
- [0133] 도 2는 종래의 기술에 따라, 레이저 리프트 오프 공정을 행하기 전, 수직구조를 갖는 반도체 발광소자의 성장방향에 지지기판이 형성된 단면도들이다.
- [0134] 도 3은 종래의 기술에 따라, 레이저 리프트 오프 공정과 지지기판을 접목하여 제조된 그룹 3-5족 질화물계 반도체 발광소자의 단면도들이다.
- [0135] 도 4의 (a) 내지 (f)는 본 발명에 따른 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조용 지지기판을 예시적으로 도시한 적층 단면도들이다.
- [0136] 도 5는 금속호일과 2개의 금속후막으로 구성되는 히트싱크 지지대를 구비하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자의 일실시예를 도시한 단면도이다.
- [0137] 도 6은 본 발명에 따른 지지기판을 이용한 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조방법을 나타내는 순서도이다.
- [0138] 도 7 내지 도 17은 도 6에 도시된 수직구조를 갖는 반도체 발광소자 제조 방법의 각 단계를 순차적으로 도시한 단면도들이다.
- [0139] 도 18 및 도 19는 금속호일과 1개의 금속후막으로 구성되는 히트싱크 지지대를 구비하는 수직구조를 갖는 반도체 발광소자의 실시예들을 도시한 것이다.

도면

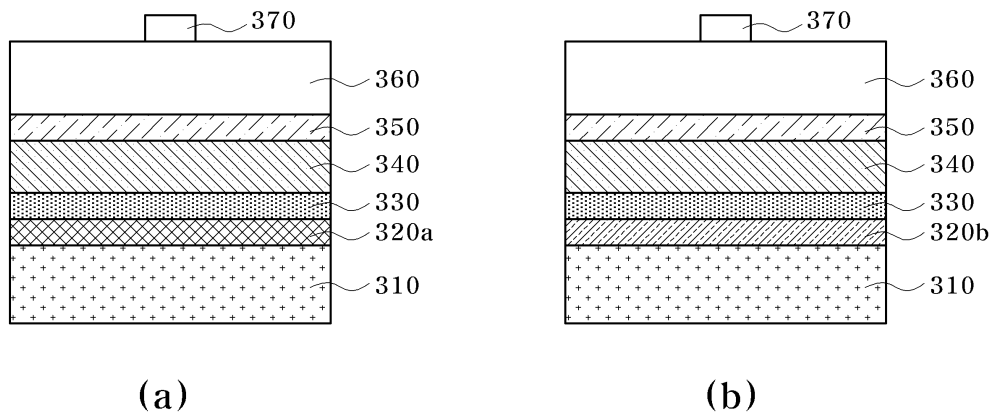
도면1



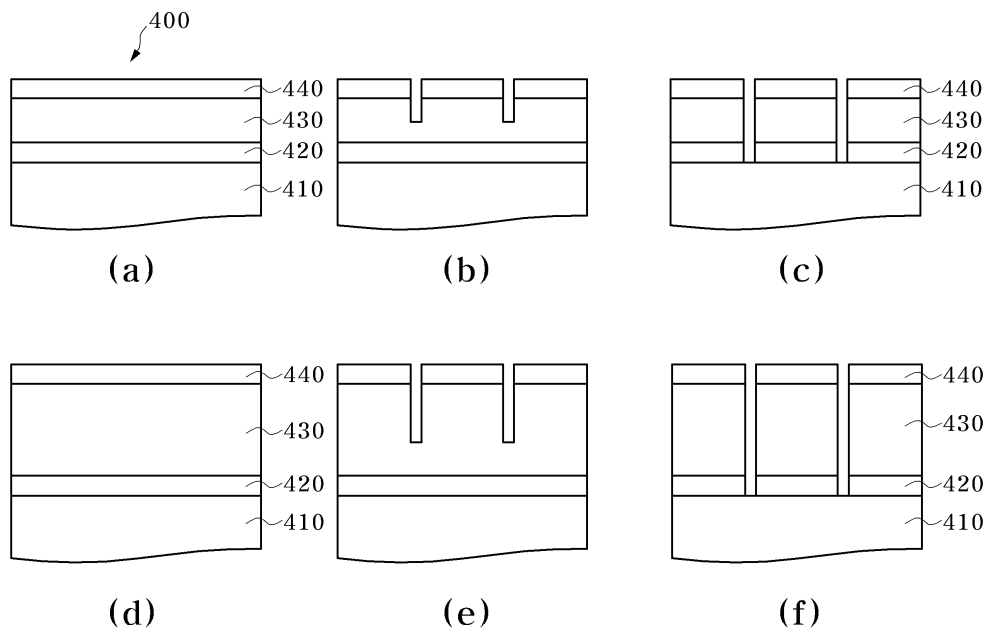
도면2



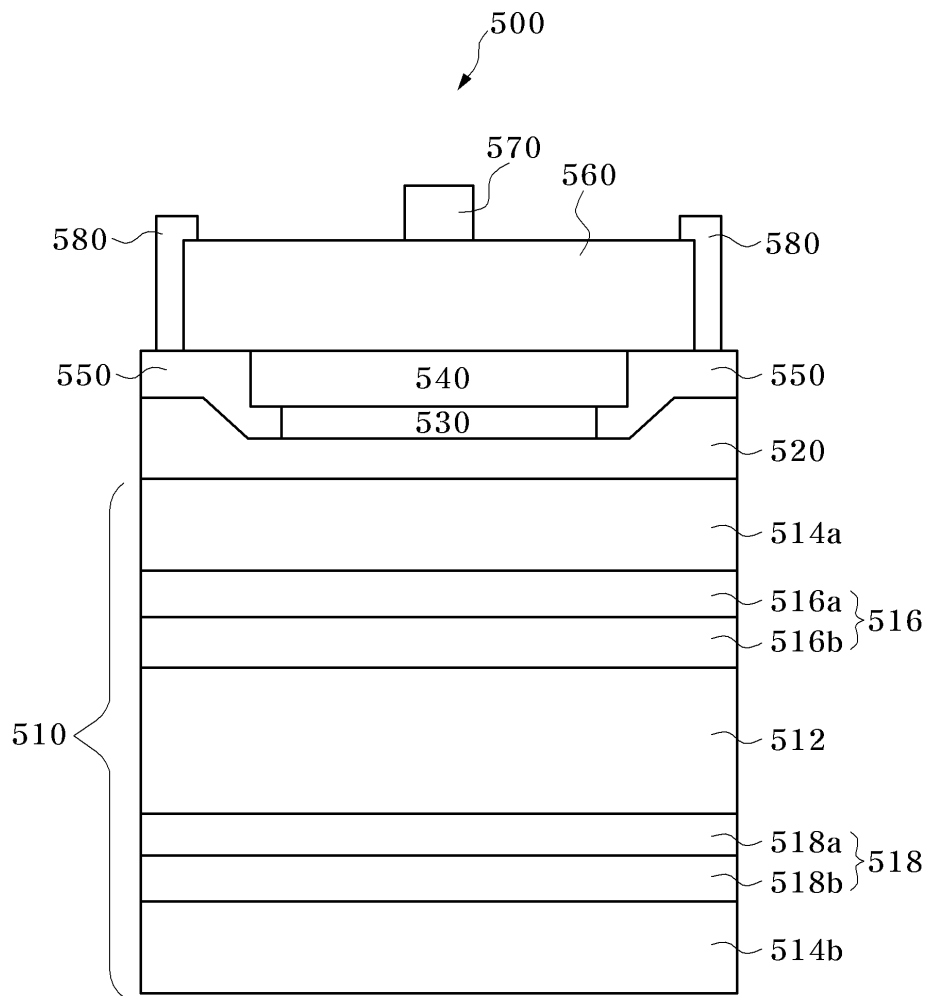
도면3



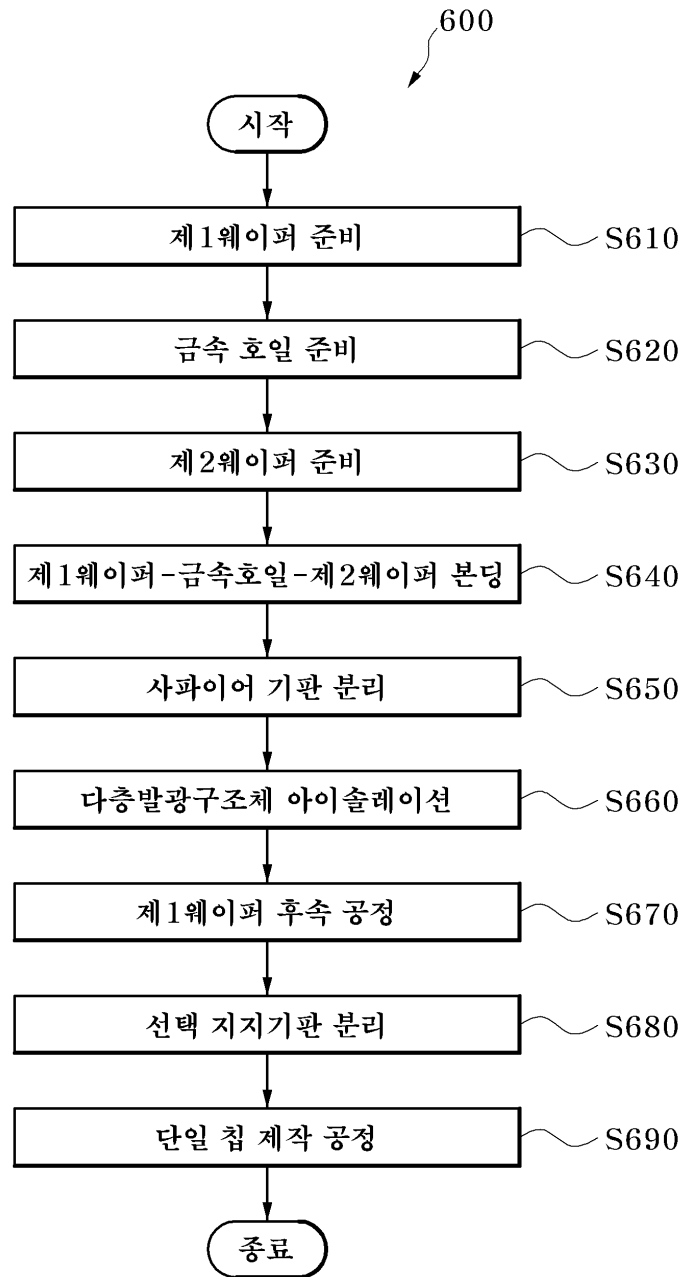
도면4



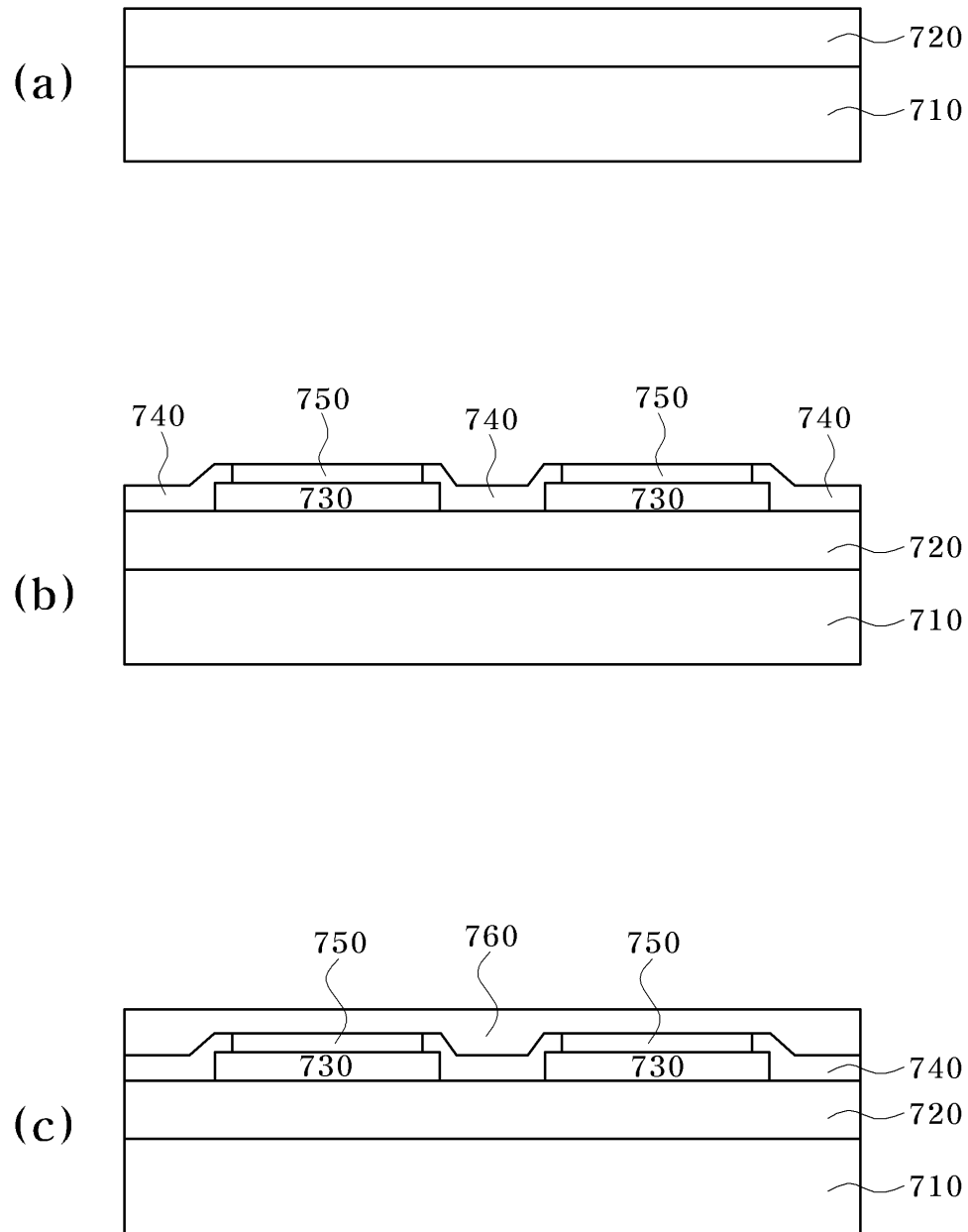
도면5



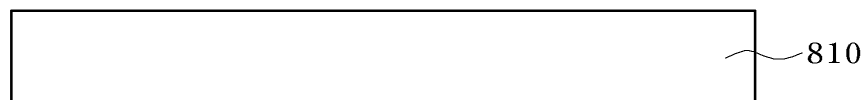
도면6



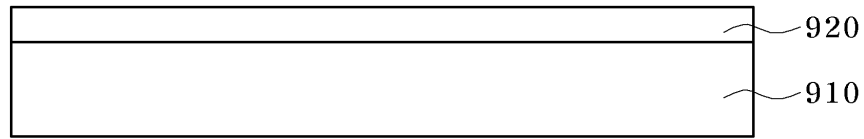
도면7



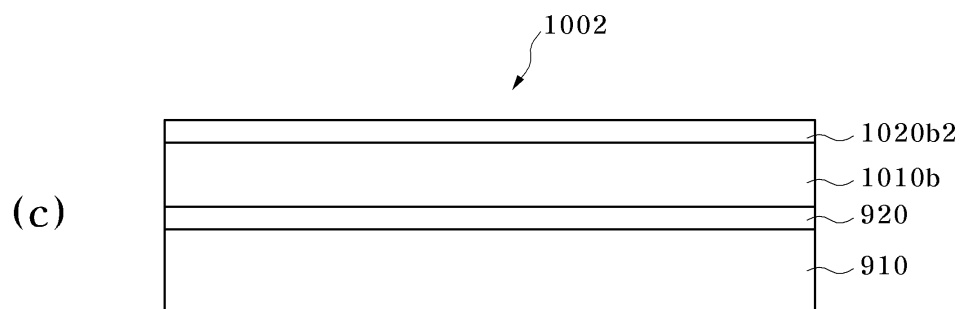
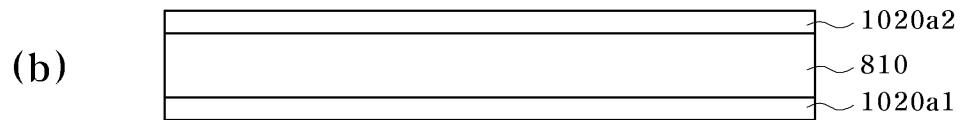
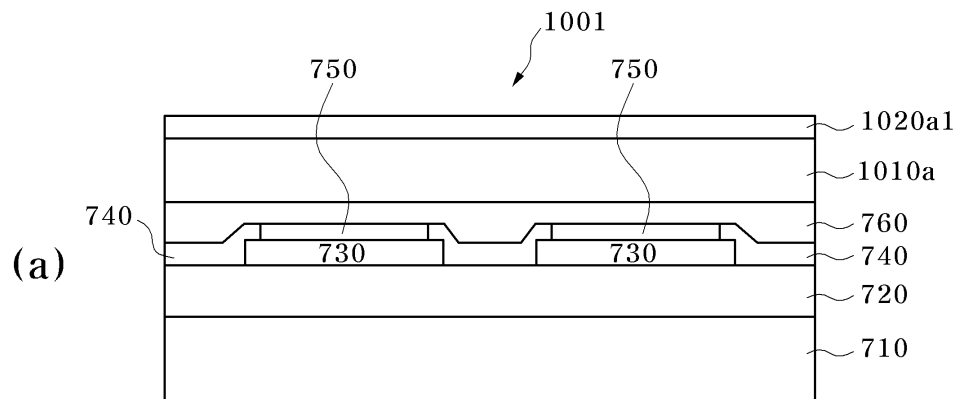
도면8



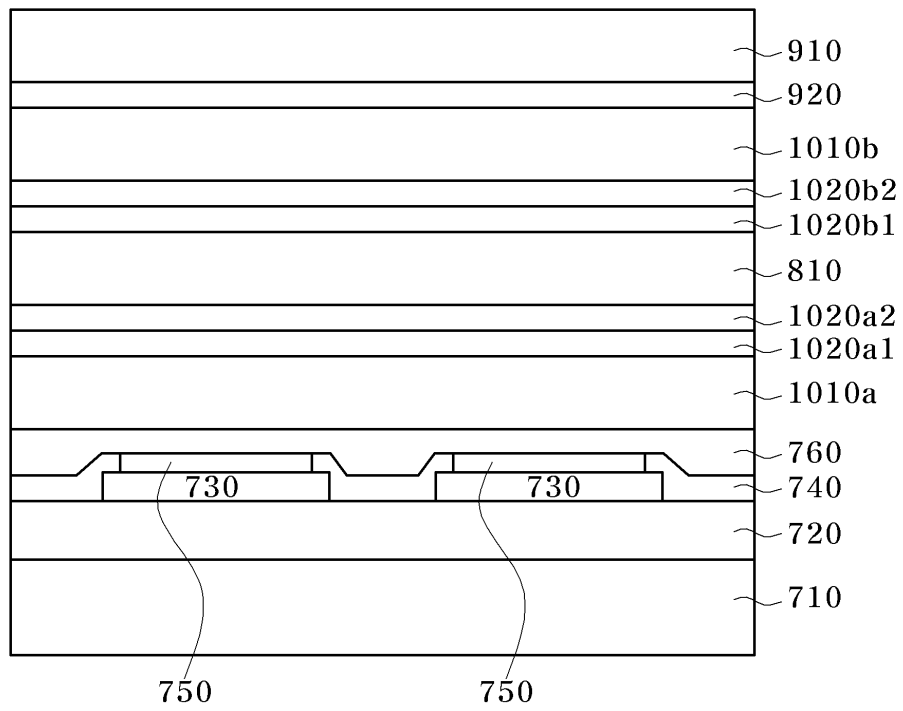
도면9



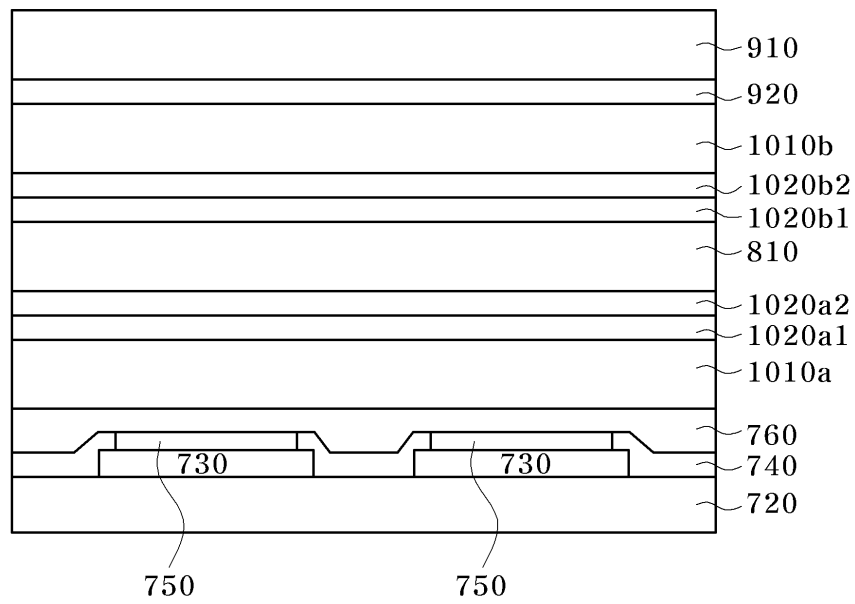
도면10



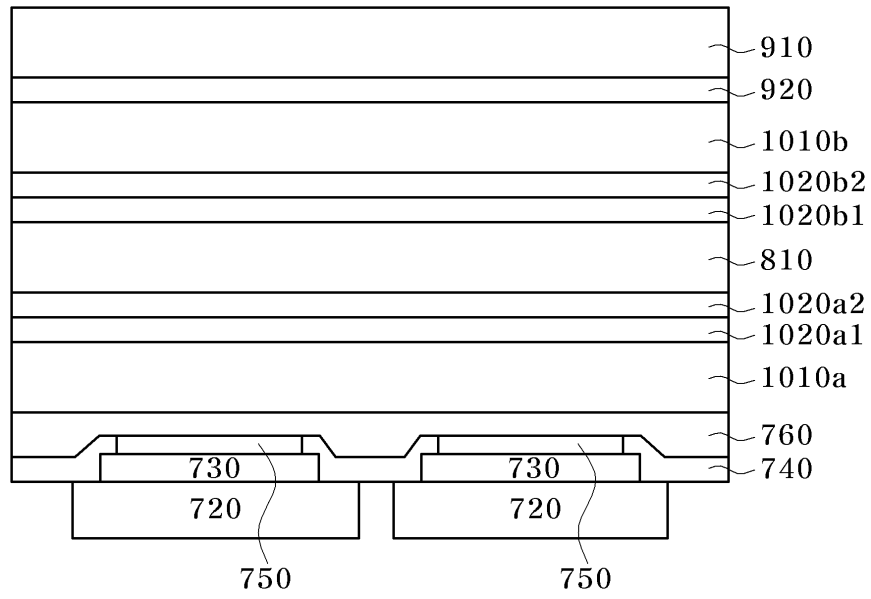
도면11



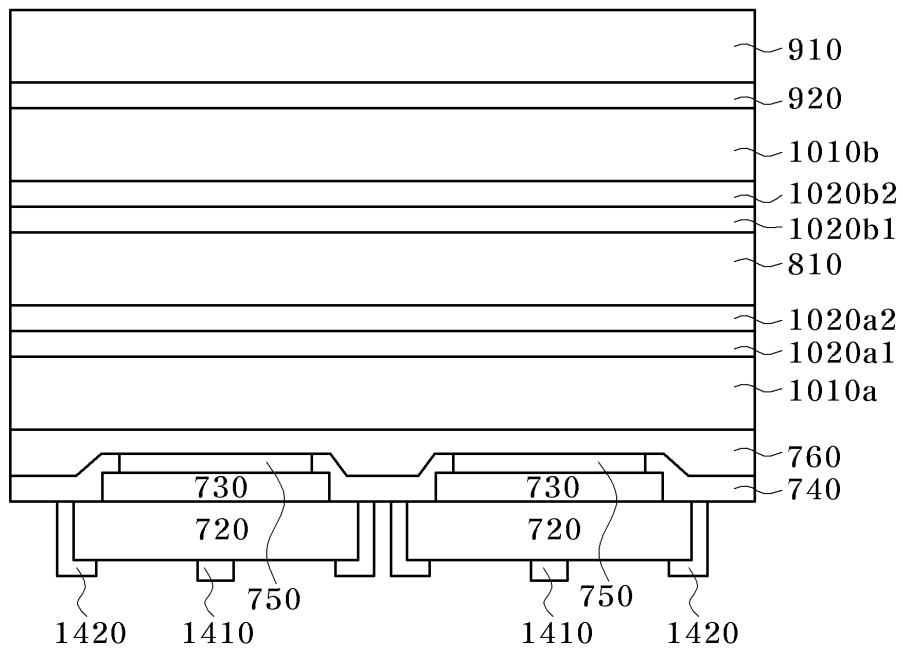
도면12



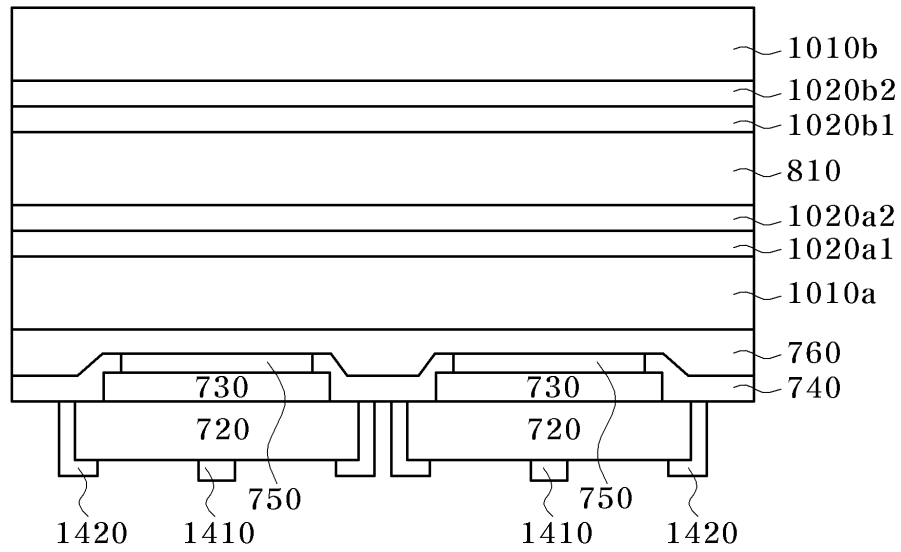
도면13



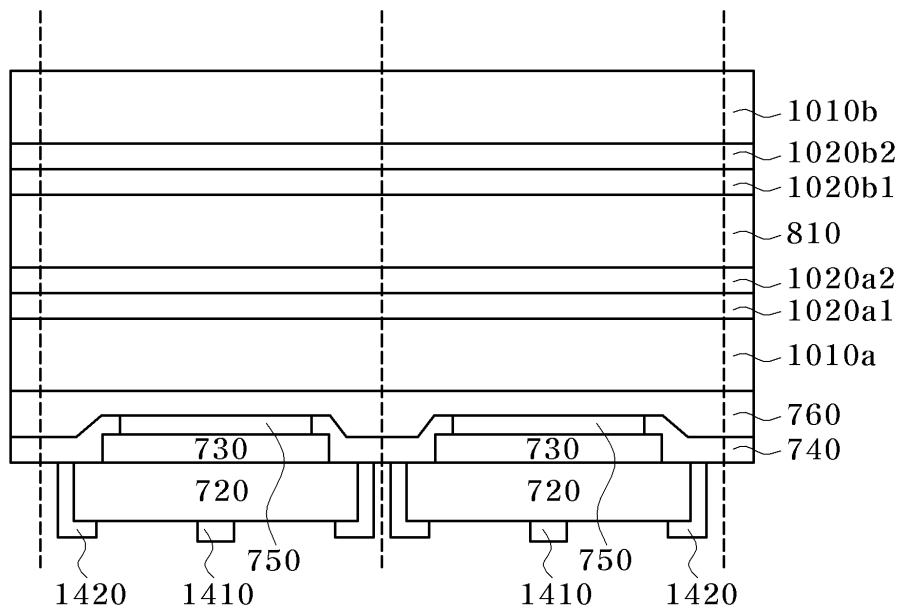
도면14



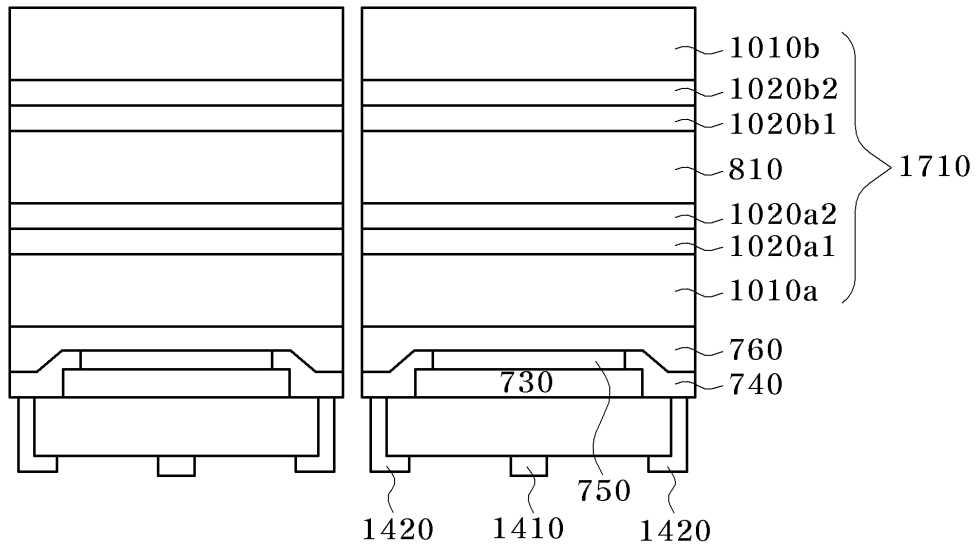
도면15



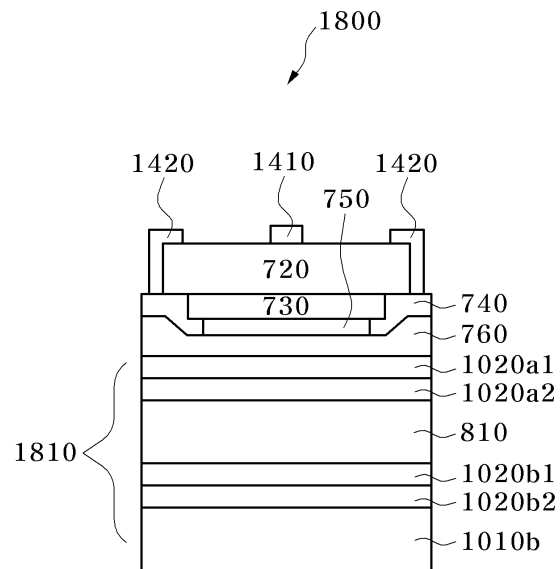
도면16



도면17



도면18



도면19

