



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0105462
(43) 공개일자 2009년10월07일

(51) Int. Cl.

H01L 33/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0030919

(22) 출원일자 2008년04월02일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

송준오

경기 용인시 기흥구 중동 어은목마을 한라비발디 아파트 4004동 1004호

(72) 발명자

송준오

경기 용인시 기흥구 중동 어은목마을 한라비발디 아파트 4004동 1004호

전체 청구항 수 : 총 26 항

(54) 수직구조 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자 및 그의 제조 방법

(57) 요약

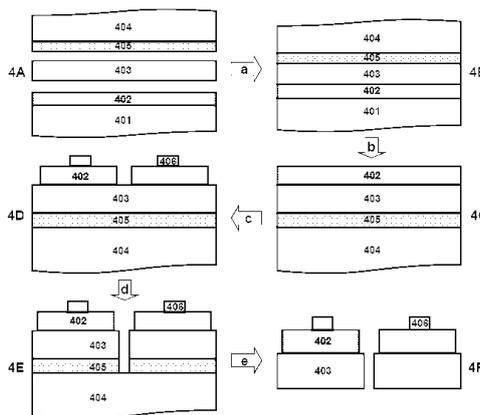
본 발명은 그룹 3족 질화물계 반도체로 구성된 발광구조체를 중심으로 n형 오믹접촉 전극구조체와 p형 오믹접촉 전극구조체가 상하로 대향 되게 위치하고, 상기 발광구조체와 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대를 최소 300℃ 이상의 온도에서 결합시키는 전도성 웨이퍼 결합층을 이용하여 제조되는 수직구조 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자 및 그의 제조 방법을 제공한다.

본 발명은 n형 오믹접촉 전극구조체와, 상기 n형 오믹접촉 전극구조체 하면에 형성된 n형 질화물계 클래드층, 질화물계 활성층, p형 질화물계 클래드층으로 구성된 발광구조체와, 상기 발광구조체 하면에 형성된 커런트 블라킹 영역을 포함하고 있는 p형 오믹접촉 전극층 및 제1 소자 패시베이션층과, 상기 p형 오믹접촉 전극층 및 제1 소자 패시베이션층 하면에 형성된 반사성 오믹접촉 전극층과, 상기 반사성 오믹접촉 전극층 하면에 형성된 전도성 웨이퍼 결합층과, 상기 발광구조체, p형 오믹접촉 전극층, 제1 소자 패시베이션층, 반사성 오믹접촉 전극층, 전도성 웨이퍼 결합층을 감싸고 있는 제2 소자 패시베이션층과, 상기 전도성 웨이퍼 결합층 하면에 형성된 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대와, 상기 히트싱크 지지대 하면에 형성된 p형 오믹접촉 전극구조체 및 다이 결합층으로 구성된 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자를 제공한다.

본 발명은 상기 수직구조 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자의 제조 방법도 제공한다.

본 발명의 수직구조 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자에 따르면, 열방출 효과와 전류밀도 분포가 향상되고 휘도가 월등히 향상될 수 있을 뿐만 아니라, 용이한 후공정(post-processing)으로 인해서 제조비용 및 제품 수율을 향상시킬 수 있어 제품 가격을 하락시킬 수 있다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

n형 오믹접촉 전극구조체와,

상기 n형 오믹접촉 전극구조체 하면에 형성된 n형 질화물계 클래드층, 질화물계 활성층, p형 질화물계 클래드층으로 구성된 발광구조체와,

상기 발광구조체 하면에 형성된 커런트 블라킹 영역을 포함하고 있는 p형 오믹접촉 전극층 및 제1 소자 패시베이션층과,

상기 p형 오믹접촉 전극층 및 제1 소자 패시베이션층 하면에 형성된 반사성 오믹접촉 전극층과,

상기 반사성 오믹접촉 전극층 하면에 형성된 전도성 웨이퍼 결합층과,

상기 발광구조체, p형 오믹접촉 전극층, 제1 소자 패시베이션층, 반사성 오믹접촉 전극층, 전도성 웨이퍼 결합층을 감싸고 있는 제2 소자 패시베이션층과,

상기 전도성 웨이퍼 결합층 하면에 형성된 히트싱크 지지대와,

상기 히트싱크 지지대 하면에 형성된 p형 오믹접촉 전극구조체 및 다이 결합층으로 구성된 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 p형 질화물계 클래드층은 슈퍼래티스 구조(spuerlattice structure), n형 도전성의 InGa_nN, GaN, AlIn_nN, AlN, InN, AlGa_nN, p형 도전성의 InGa_nN, AlIn_nN, InN, AlGa_nN, 또는 질소 극성으로 형성된 표면(nitrogen-polar surface)을 갖는 그룹 3족 질화물인 표면 개질층(interface modification layer)을 별도로 포함하는 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 슈퍼래티스 구조는 그룹 2족, 3족, 또는 4족 원소 성분을 포함하고 있는 질화물(nitride) 또는 탄소질화물(carbon nitride)로 구성된 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 p형 오믹접촉 전극층은 광학적으로 75% 이상의 투과율을 갖는 투과체(transparentor)이거나, 또는 80% 이상의 반사율을 갖는 반사체(reflector)인 것을 특징으로 하는 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 p형 오믹접촉 전극층 내에 포함된 커런트 블라킹 영역은 대기(air) 상태, 전기절연성 물질, 또는 상기 p형 질화물계 반도체와 쇼키접촉 계면을 형성하는 물질로 구성된 것을 특징으로 하는 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 반사성 오믹접촉 전극층은 소정의 면적을 갖는 p형 오믹접촉 전극층보다 더 넓게 형성하고 있는 것을 특징으로 하는 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자.

청구항 7

제1항에 있어서,

n형 질화물계 클래드층, 질화물계 활성층, p형 질화물계 클래드층으로 구성된 발광구조체의 측면을 절연체막인 두개의 소자 패시베이션층으로 보호된 것을 특징으로 하는 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자.

청구항 8

제1항에 있어서,

히트싱크 지지대는 양면에 기계 가공되고, 우수한 열 및 전기 전도도를 갖는 물질이면 어떠한 물질이라도 사용에 제한하지 않는 것을 특징으로 하는 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자.

청구항 9

제8항에 있어서,

히트싱크 지지대는 Si, SiGe, ZnO, GaN, AlSiC, GaAs 기판, 그리고 Cu, Ni, Ag, Al, Nb, Ta, Ti, Au, Pd, W 성분들 중 적어도 하나 이상으로 이루어지는 금속, 합금, 또는 고용체인 것을 특징으로 하는 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자.

청구항 10

제8항에 있어서,

히트싱크 지지대는 5 μm 내지 1 mm 이하의 두께를 갖는 판(sheet), 디스크(disk), 또는 호일(foil) 형상을 갖는 것이 특징인 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자.

청구항 11

제1항에 있어서,

전도성 웨이퍼 결합층은 일정 압력과 최소 300℃ 이상의 온도 조건하에서 치밀한 결합력을 형성하는 단층, 또는 이중층 이상의 다층 구조로 이루어진 것이 특징인 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 전도성 웨이퍼 결합층은 Au, Ni, Cu, Ti, Ag, Al, Si, Ge, Pt, Pd, Rh, W, Mo, V, Sc, Hf, Ir, Re, Co, Zr, Ru, Ta, Nb, Mn, Cr, 희토류금속 중 적어도 하나 이상을 포함하고 있는 금속, 합금, 또는 고용체 물질을 갖는 것이 특징인 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자.

청구항 13

성장기판 상면에 성장된 발광다이오드 소자용 발광구조체를 일정한 면적으로 선회 공정(isolation processing)을 수행하는 단계;

상기 선회 공정을 거친 발광다이오드 소자용 발광구조체에 p형 오믹접촉 전극층 및 제1 소자 패시베이션층을 형성하는 단계;

상기 p형 오믹접촉 전극층 및 제1 소자 패시베이션층 상면에 반사성 오믹접촉 전극층을 형성하는 단계;

상기 반사성 오믹접촉 전극층 상면에 제1 전도성 웨이퍼 결합층을 형성하는 단계;

양면이 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대의 상하면에 각각 제1 및 제 2 전도성 웨이퍼 결합층을 형성하는 단계;

임시 기판인 웨이퍼 플레이트 상면에 희생분리층 및 제2 전도성 웨이퍼 결합층을 순차적으로 형성하는 단계;

상기 히트싱크 지지대 상하면의 제1 및 제2 전도성 웨이퍼 결합층 상면에 상기 성장기판 및 웨이퍼 플레이트를

각각 결합(bonding)하여 샌드위치 복합체를 형성하는 단계;

상기 샌드위치 복합체에서 성장기판을 레이저 리프트 오프, 기계적 연마, 또는 식각 공정 기술을 사용하여 분리하는 단계;

상기 성장기판이 분리된 샌드위치 복합체에서 n형 질화물계 클래드층이 대기에 노출되게 식각하는 단계;

상기 식화된 발광구조체 상면 및 측면에 제2 소자 패시베이션층을 형성하는 단계;

대기에 노출된 n형 질화물계 클래드층 상면에 표면 요철을 형성하는 단계;

상기 표면 요철이 형성된 n형 질화물계 클래드층 상면에 n형 오믹접촉 전극구조체를 형성하는 단계;

단위 LED 칩을 위한 상기 웨이퍼 플레이트 상면까지 수직방향으로 식각과 절단 공정을 행하는 단계;

상기 웨이퍼 플레이트를 레이저 리프트 오프, 기계적 연마, 또는 식각 공정을 사용하여 분리하는 단계; 및

대기에 노출된 히트싱크 지지대 하면에 p형 오믹접촉 전극구조체 및 다이 결합층을 형성하는 단계;를 포함하여 이루어진 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자 제조 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

웨이퍼 플레이트는 발광다이오드 소자용 발광구조체 성장기판과 동일 물질을 우선적으로 사용하되, 상기 성장기판과의 열팽창계수 차이가 2ppm/°C 이하를 갖는 물질이면 어떠한 물질이라도 사용에 제한하지 않는 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자 제조 방법.

청구항 15

제13항에 있어서,

임시 기판인 웨이퍼 플레이트 상면에 형성되는 희생분리층은 ZnO를 포함한 2-6족 화합물, GaN을 포함한 3-5족 화합물, Al, Au, Ag, Cr, Ti, ITO, PZT, SU-8로 이루어지는 것이 특징인 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자 제조 방법.

청구항 16

제13항에 있어서,

성장기판부, 히트싱크 지지대부, 웨이퍼 플레이트부 사이의 결합(bonding)은 일정 압력 및 최소 300°C 이상의 온도 조건하에서 치밀하게 결합하는 진공(vacuum), 질소(N₂), 아르곤(Ar) 분위기에서 행하는 것이 바람직하나, 경우에 따라서는 산소(O₂) 기체가 첨가되는 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자 제조 방법.

청구항 17

제13항에 있어서,

n형 오믹접촉 전극구조체, p형 오믹접촉 전극구조체, p형 오믹접촉 전극층, 반사성 오믹접촉 전극층, 또는 전도성 웨이퍼 결합층을 증착시킨 후에 기계, 전기, 또는 광학적 특성을 향상시키기 위해서 경우에 따라서는 열처리를 행하는 것이 특징인 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자 제조 방법.

청구항 18

제13항에 있어서,

상기 제1 소자 패시베이션층 및 제2 소자 패시베이션층의 두께는 각각 10 ~ 100nm, 100 ~ 1000nm으로 하는 것이 특징인 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자 제조 방법.

청구항 19

제13항에 있어서,

히트싱크 지지대 상면에 그룹 3족 질화물계 반도체로 구성된 발광다이오드 소자 이외의 그룹 3족 질화물계 반도체

체로 구성된 광관련 소자(optoelectronics)와 전자 소자(electronics)를 제조하는데 있어서, 본 발명의 웨이퍼 결합(bonding) 공정과 관련된 제반의 기술을 적용하는 제조 방법.

청구항 20

성장기판 상면에 성장된 발광다이오드 소자용 발광구조체를 일정한 면적으로 선평 공정(isolation processing)을 수행하는 단계;

상기 선평 공정을 거친 발광다이오드 소자용 발광구조체에 p형 오믹접촉 전극층 및 제1 소자 패시베이션층을 형성하는 단계;

상기 p형 오믹접촉 전극층 및 제1 소자 패시베이션층 상면에 반사성 오믹접촉 전극층을 형성하는 단계;

상기 p형 오믹접촉 전극층, 제1 소자 패시베이션층, 반사성 오믹접촉 전극층의 상면 또는 측면에 제2 소자 패시베이션층을 형성하는 단계;

상기 제2 소자 패시베이션층이 제거된 반사성 오믹접촉 전극층 상면에 제1 전도성 웨이퍼 결합층을 형성하는 단계;

제1 및 제 2 전도성 웨이퍼 결합층을 히트싱크 지지대의 상하면에 각각 형성하는 단계;

임시 기판인 웨이퍼 플레이트 상면에 희생분리층 및 제2 전도성 웨이퍼 결합층을 순차적으로 형성하는 단계;

상기 히트싱크 지지대 상하면의 제1 및 제2 전도성 웨이퍼 결합층 상면에 상기 성장기판 및 웨이퍼 플레이트를 각각 결합(bonding)하여 샌드위치 복합체를 형성하는 단계;

상기 샌드위치 복합체에서 성장기판을 레이저 리프트 오프, 기계적 연마, 또는 식각 공정 기술을 사용하여 분리하는 단계;

상기 성장기판이 분리된 샌드위치 복합체에서 n형 질화물계 클래드층이 대기에 노출되게 식각하는 단계;

대기에 노출된 n형 질화물계 클래드층 상면에 표면 요철을 형성하는 단계;

상기 표면 요철이 형성된 n형 질화물계 클래드층 상면에 n형 오믹접촉 전극구조체를 형성하는 단계;

단위 LED 칩을 위한 상기 웨이퍼 플레이트 상면까지 수직방향으로 식각과 절단 공정을 행하는 단계;

상기 웨이퍼 플레이트를 레이저 리프트 오프, 기계적 연마, 또는 식각 공정을 사용하여 분리하는 단계; 및

대기에 노출된 히트싱크 지지대 하면에 p형 오믹접촉 전극구조체 및 다이 결합층을 형성하는 단계;를 포함하여 이루어진 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자 제조 방법.

청구항 21

제20항에 있어서,

웨이퍼 플레이트는 발광다이오드 소자용 발광구조체 성장기판과 동일 물질을 우선적으로 사용하되, 상기 성장기판과의 열팽창계수 차이가 2ppm/℃ 이하를 갖는 물질이면 어떠한 물질이라도 사용에 제한하지 않는 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자 제조 방법.

청구항 22

제20항에 있어서,

임시 기판인 웨이퍼 플레이트 상면에 형성되는 희생분리층은 ZnO를 포함한 2-6족 화합물, GaN을 포함한 3-5족 화합물, Al, Au, Ag, Cr, Ti, ITO, PZT, SU-8로 이루어지는 것이 특징인 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자 제조 방법.

청구항 23

제20항에 있어서,

성장기판부, 히트싱크 지지대부, 웨이퍼 플레이트부 사이의 결합(bonding)은 일정 압력 및 최소 300℃ 이상의 온도 조건하에서 치밀하게 결합하는 진공(vacuum), 질소(N2), 아르곤(Ar) 분위기에서 행하는 것이 바람직하나,

경우에 따라서는 산소(O₂) 기체가 첨가되는 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자 제조 방법.

청구항 24

제20항에 있어서,

n형 오믹접촉 전극구조체, p형 오믹접촉 전극구조체, p형 오믹접촉 전극층, 반사성 오믹접촉 전극층, 또는 전도성 웨이퍼 결합층을 증착시킨 후에 기계, 전기, 또는 광학적 특성을 향상시키기 위해서 경우에 따라서는 열처리를 행하는 것이 특징인 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자 제조 방법.

청구항 25

제20항에 있어서,

상기 제1 소자 패시베이션층 및 제2 소자 패시베이션층의 두께는 각각 10 ~ 100nm, 100 ~ 1000nm으로 하는 것이 특징인 그룹 3족 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자 제조 방법.

청구항 26

제20항에 있어서,

히트셴크 지지대 상면에 그룹 3족 질화물계 반도체로 구성된 발광다이오드 소자 이외의 그룹 3족 질화물계 반도체로 구성된 광관련 소자(optoelectronics)와 전자 소자(electronics)를 제조하는데 있어서, 본 발명의 웨이퍼 결합(bonding) 공정과 관련된 제반의 기술을 적용하는 제조 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

<1> 본 발명은 그룹 3족 질화물계 반도체로 구성된 발광구조체를 중심으로 n형 오믹접촉 전극구조체와 p형 오믹접촉 전극구조체가 상하로 대향 되게 위치하고, 상기 발광구조체와 기계 가공된 전기전도성인 히트셴크 지지대를 최소 300℃ 이상의 온도에서 결합시키는 전도성 웨이퍼 결합층을 이용하여 제조되는 차세대 수직구조 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자 및 그의 제조 방법을 제공한다.

배경기술

<2> 발광다이오드(light emitting diode; LED) 및 레이저다이오드(laser diode; LD) 등의 발광소자는 p-n결합에 순방향으로 전류를 흐르게 함으로써 빛을 발생시키는 고체 반도체 장치이다. 특히 고체 반도체를 이용한 발광다이오드 소자는 전기에너지를 빛에너지로 변환하는 효율이 높고 수명이 5~10년 이상으로 길며 전력 소모와 유지 보수비용을 크게 절감할 수 있는 장점이 있어서 차세대 디스플레이 및 조명용 기기 응용 분야에서 주목받고 있다.

<3> 일반적으로 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자는 투명한 사파이어(sapphire) 성장기판 상면에 성장하지만, 사파이어 성장기판은 단단하고 전기적으로 절연성이며 열전도 특성이 뛰어나지 않아 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자의 크기를 줄여 제조원가를 절감하거나, 광추출 효율, 또는 정전기 방전(electrostatic discharge; 이하, 'ESD'라 칭함) 같은 단위칩의 특성을 개선시키는데 한계가 있다. 다시 말하자면, 사파이어 성장기판은 전기적으로 절연체이므로, 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자의 구조에 있어서 큰 제약을 미친다. 도 1에 도시된 바와 같이, 사파이어 성장기판 상면에 형성된 종래의 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자의 구조를 통해 구체적으로 설명하기로 한다.

<4> 도 1은 종래의 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자의 단면도이다. 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자용 발광구조체는 사파이어 성장기판(10) 상면에 성장되는데, 이러한 종래의 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자는 성장기판(10)과 그 성장기판(10) 상에 형성된 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자용 발광구조체(20, 30, 40)를 포함한다.

<5> 상기 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자용 발광구조체(20, 30, 40)는 상기 성장기판(10) 상에 순차적으로 형성된 n형 질화물계 클래드층(20)과 다중양자우물(Multi-Quantum Well)구조의 질화물계 활성층(30)과 p형 질화물계 클래드층(40)으로 구성된다. 상기 발광다이오드 소자용 발광구조체는 MOCVD 등의 공정을 이용하여 성

장될 수 있다. 이 때, n형 질화물계 클래드층(20)을 성장하기 전에 성장기판(10)과의 격자정합 및 열팽창 계수 차이로 발생하는 응력을 완화하기 위해서, AlN 또는 GaN으로 이루어진 완충층(미도시)을 형성할 수도 있다.

- <6> 또한, 소정의 영역에 해당하는 p형 질화물계 클래드층(40)과 질화물계 활성층(30)을 건식 식각하여 n형 질화물계 클래드층(20) 일부 상면을 대기에 노출시키고, 그 노출된 n형 질화물계 클래드층(20) 상면과 p형 질화물계 클래드층(40) 상면에 각각 소정의 전압을 인가하기 위한 p형 오믹접촉 전극 및 패드(60)와 n형 오믹접촉 전극 및 패드(70)를 형성한다. 일반적으로 전류주입 면적을 증가시키면서도 휘도에 악영향을 주지 않기 위해서, p형 질화물계 클래드층(40) 및 n형 질화물계 클래드층(20) 상면에는 상기 p형 오믹접촉 전극 및 패드(60)와 n형 오믹접촉 전극 및 패드(70)를 형성하기 전에 투명성 커런트 스프레딩층(transparent current spreading layer)를 형성할 수도 있다. 도 1에서는 p형 질화물계 클래드층(40)과 p형 전극 및 패드(60) 사이에 위치하는 투명성 커런트 스프레딩층(50)을 도시하고 있다.
- <7> 이와 같이, 기존의 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자는 전기절연체인 사파이어 성장기판(10)을 사용하기 때문에, 두 오믹접촉 전극 및 패드(60, 70)를 수평한 방향으로 나란하게 형성시킬 수밖에 없다. 따라서 외부전압 인가 시에 n형 오믹접촉 전극 및 패드(70)로부터 질화물계 활성층(30)을 통해 p형 오믹접촉 전극 및 패드(60)로 향하는 전류 흐름이 수평방향을 따라 협소하게 형성될 수밖에 없다. 이러한 협소한 전류 흐름으로 인해서 상기 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자는 순방향 전압(forward voltage)이 증가하여 전류 주입 효율을 격감시키고 (“커런트 크라우딩 현상” 말함), 이로 인해서 정전기 방전(electrostatic discharge)효과가 취약하다는 문제가 발생한다.
- <8> 또한, 종래의 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자에서는, 전류밀도의 증가에 의해 대량의 열이 발생하게 되고, 반면에 사파이어 성장기판(10)의 낮은 열전도도에 의해 외부로의 열방출이 원활 하지 못하므로, 전류 밀도 증가에 따라 사파이어 성장기판(10)과 발광다이오드 소자용 발광구조체 간에 기계적 응력이 발생되어 소자의 전기 및 광학적 특성에 영향을 미치게 된다.
- <9> 더 나아가서는 종래의 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자에서는, n형 오믹접촉 전극 및 패드(70)를 형성하기 위해, 적어도 형성할 n형 오믹접촉 전극 및 패드(70)의 면적보다 크게 질화물계 활성층(30)의 일부 영역을 제거하여야 하므로, 발광면적이 감소하여 소자크기 대 휘도에 따른 발광효율이 저하된다는 문제도 있다.
- <10> 상기한 전기절연성인 사파이어 성장기판(10) 상면에 형성된 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자의 문제점을 극복하고, 높은 에너지 전환효율을 갖는 동시에 고휘도 발광 특성을 갖는 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자를 구현하기 위해서는 발광소자 구동 시에 외부에서 대용량 전기에너지를 인가하거나 대면적의 단위칩을 제조해야 한다. 현재 높은 에너지 전환효율을 갖는 동시에 고휘도 발광 특성을 갖는 발광다이오드 소자 구현은 비교적 용이한 방식인 발광다이오드 소자에 대전류(즉, 대용량)를 인가하여 수행하고 있지만, 대전류 인가 시에 필연적으로 발생하는 다량의 열방출 문제를 해결하는데 어려움을 겪고 있는 실정이다.
- <11> 최근 새로운 대안으로서, 독일의 오스람(OSRAM) 사가 성장기판 제거를 통한 박막 질화갈륨 발광다이오드(thinGaN LED)라는 수직구조 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자 제품을 레이저 리프트 오프(laser lift-off) 성장기판 제거 기술을 접목하여 개발하였고, 그 이외의 몇몇 선진 회사들도 유사한 형태의 수직구조 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자 개발에 주력하고 있다.
- <12> 상기 투명한 성장기판 제거를 통한 높은 에너지 전환효율을 갖는 동시에 고휘도 발광 특성을 갖는 수직구조 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자 제조는 사파이어 성장기판(10)의 제거만 확실하게 수행된다면 제조 공정 및 단가를 월등히 혁신시킬 수 있다. 이외에도, 사파이어 성장기판(10) 상면에 형성된 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자 제조의 경우 발광면적이 단위칩 면적의 약 50% 정도인데 비하여, 사파이어 성장기판(10)이 제거된 수직구조 발광다이오드 소자의 경우 발광면적이 단위칩 면적의 90% 정도에 이르므로 경제적 및 기술적 관점에서도 사파이어 성장기판(10)을 포함한 수평구조의 발광다이오드 소자에 비해 훨씬 유리하다. 그러나 여전히 상기 사파이어 성장기판(10)을 포함한 수평구조의 발광다이오드 소자와 사파이어 성장기판(10) 제거 방식을 이용한 수직구조 발광다이오드 소자는 일정한 단위칩 발광면적을 갖는 소자에 대전류를 인가하는 방식이라 에너지 전환효율(‘외부에서 인가한 전기에너지 대 방출한 광에너지’ 정의)이 떨어지지가 않다.
- <13> 따라서 차세대 높은 에너지 전환효율 및 고휘도 특성을 갖는 그룹 3족 질화물계 발광다이오드 소자를 구현하기 위해서는 가능한 대면적 저전류 주입 방식을 이용하는 것이 기술 및 경제적인 면에서 훨씬 유리하다.
- <14> 현재 상기 사파이어 성장기판(10)을 포함한 수평구조의 발광다이오드 소자는 낮은 p형 질화물계 클래드층의 전기전도성으로 인한 전류밀집(current crowding) 현상이 발생하여 대면적 발광다이오드 소자 제조에 원천적으로

기술적 제한이 있다. 또한 상기 사파이어 성장기판(10) 제거 방식을 이용한 수직구조 발광다이오드 소자도 발광 소자 제조 시에 이용되는 레이저빔(laser beam) 크기 제한으로 인하여 대면적 수직구조 발광소자를 제조하여 저 전력 주입을 통한 고휘도 특성을 갖는 광원을 확보하기엔 쉽지 않다. 일반적으로 기존의 레이저 리프트 오프 방식은 1스퀘어센티미터(one square centimeters) 면적을 갖는 균일하고 강한 에너지원의 레이저빔을 조사할 수 있기 때문에, 상기 레이저빔을 조사하기 전에 고체 반도체 박막의 손상 및 크랙(crack) 전파를 최소화하기 위해서 건식 에칭(dry etching) 공정으로 사파이어 성장기판(10)까지 트렌치(trench)를 이용하여 섬화 공정(isolation processing)을 수행해야 한다. 상기 섬화 공정은 그룹 3족 질화물계 반도체 박막 내 미세 크랙 발생과 주위(generation and propagation of crack)로의 전파를 방지하기 위한 기술이다. 그러나 상기 레이저 리프트 오프 방식에 의해 전기전도성 지지대에 전이(transfer)시킨 소정의 발광면적으로 섬화(isolation)된 발광다이오드 소자용 발광구조체 면적은 사용된 레이저빔 모양 및 크기에 제한적이므로 수직구조 발광다이오드 소자의 크기를 자유롭게 증가시킬 수 없다.

- <15> 상기 트렌치를 통한 섬화 공정 이외에도, 차세대 광원으로서 그룹 3족 질화물계 반도체를 구성된 수직구조 발광다이오드 소자를 구현화하기 위해서는 무엇보다도 레이저 리프트 오프 방식 도입 시에 발생하는 반도체 박막층 손상을 최소화해야 하는데, 이를 위해서는 성장기판(10)과 그룹 3족 질화물계 반도체 박막층 간에 존재하는 잠재 스트레스(latent stress)로 인한 크랙 발생 및 전파, 그리고 깨짐(breaking) 방지 목적으로, 발광다이오드 소자용 발광구조체 상면에 밀착성이 뛰어난 지지대(support)를 형성하는 것이다. 상기 지지대는 레이저 리프트 오프 공정 시에 잠재 스트레스를 완화하는 역할 이외에, 동시에 열적 및 전기적으로 우수한 전도성이 있어 최종적으로 제조된 수직구조 발광다이오드 소자 구동 시에 발생하는 다량의 열을 외부로 방출시켜 주는 히트싱크(heat-sink) 역할과 전류주입을 하는 전극 및 패드로서 역할을 할 수 있어야 한다.
- <16> 현재 상기한 바와 같이, 레이저 리프트 오프 방식을 통한 수직구조 발광다이오드 소자 제조를 위한 지지대 형성 방법으로는 전기도금(electroplating)과 웨이퍼 결합(wafer bonding)이 주로 이용되고 있다.
- <17> 상기 전기도금에 의해 형성된 지지대를 이용하면 비교적 용이하게 수직구조 발광다이오드 소자를 제조할 수 있는 장점이 있지만, 최종적으로 제조된 수직구조 발광다이오드 소자의 전체적인 소자신뢰성에 심각한 문제점을 유발할 수 있는 많은 여지와 소자 성능 향상에 제한이 있다(도 2 참조). 반면에, 상기 웨이퍼 결합에 의해 형성된 지지대는 안정적인 소자신뢰성 확보와 소자 성능 향상에 잠재적인 여지가 많은 것이 장점이다. 이러한 웨이퍼 결합에 의해 지지대를 형성하는 공정은 열팽창계수(thermal expansion coefficient)가 다른 이종물질간의 웨이퍼 결합을 성공적으로 수행해야 한다. 하지만, 이종물질간의 웨이퍼 결합 후에 열적 스트레스로 인하여 성장기판 또는 반도체 박막층 내에 미세한 크랙 또는 깨짐 문제, 더 나아가서는 비결합(debonding) 현상 등의 여러 심각한 문제점이 대두하고 있다(도 3 참조). 따라서, 현재 웨이퍼 결합을 통한 수직구조 발광다이오드 소자 제조는 300℃ 미만의 온도에서 웨이퍼 결합이 가능한 전도성 웨이퍼 결합층(일예, 유택팅 공정 반응계)을 이용하고 있는 실정이다.
- <18> 상기 전기도금(도 2 참조)과 웨이퍼 결합(도 3 참조)을 통해 전기전도성 지지대를 형성하고, 이를 통한 수직구조 발광다이오드 소자 제작에 대해서 더욱 더 상세하게 설명하자면, 하기와 같다.
- <19> 상기 전기도금(electroplating)에 의해서 형성된 지지대(support)를 이용하여 수직구조 발광다이오드 소자 제조 공정은 도 2에 보인 바와 같다. 우선 성장기판(10) 상면에 기본적으로 n형 질화물계 클래드층(20), 질화물계 활성층(30), 및 p형 질화물계 클래드층(40)으로 구성된 발광다이오드 소자용 발광구조체를 성장 형성시키고 후(미도시)에 도 2A에 보인 바와 같이, 트렌치(80)를 이용하여 레이저빔 크기보다 작게 섬화 공정(isolation process)을 수행한다. 그런 후, 소자 패시베이션층(50)과 커런트 블라킹(current blocking) 영역을 포함한 반사층(60), 및 전기전도성 물질인 Ni, Cu 등의 금속 후막을 전기도금으로 형성시키기 위한 씨드층(70a)을 상기 발광다이오드 소자용 발광구조체의 상면 또는 측면에 형성시킨다. 그런 후에 도 2B에 보인 바와 같이, 상기 트렌치(80)된 영역에 유기물 포스트(90)를 세우고, 동시에 전기전도성 물질인 Ni, Cu 등의 금속 후막을 전기도금으로 형성시키기 위한 씨드층(70a)을 상기 유기물 포스트(90) 상면에도 형성시킨다. 그런 후에 도 2C에 보인 바와 같이, 상기 지지대(100) 역할을 하는 전기전도성 물질인 Ni, Cu 등의 금속 후막을 전기도금으로 형성시킨다. 그런 후에 도 2D에 보인 바와 같이, 상기 레이저 리프트 오프 방식을 이용하여 성장기판(10) 제거 및 레이저 리프트 오프 잔해물 등을 제거하는 평탄화 공정을 행한다. 그런 후에 도 2E에 보인 바와 같이, 대기 중으로 노출된 n형 질화물계 클래드층(20) 일부영역에 표면 거칠기(surface texture; 110)와 오믹접촉 전극 및 패드(120)를 형성한다. 그런 후에 도 2F에 보인 바와 같이, 마지막 공정으로서 기계 또는 레이저 가공을 통해서 단위칩을 완성한다.

- <20> 상기 웨이퍼 결합(wafer bonding)에 의해서 형성된 지지대(support)를 이용하여 수직구조 발광다이오드 소자 제조 공정은 도 3에 보인 바와 같다. 우선 성장기판(10) 상면에 기본적으로 n형 질화물계 클래드층(20), 질화물계 활성층(30), 및 p형 질화물계 클래드층(40)으로 구성된 발광다이오드 소자용 발광구조체를 성장 형성시키고 후(미도시)에 도 3A에 보인 바와 같이, 트렌치(80)를 이용하여 레이저빔 크기보다 작게 섬화 공정(isolation process)을 수행한다. 그런 후, 소자 패시베이션층(50), 커런트 블라킹(current blocking) 영역을 포함한 반사층(60), 및 전도성 웨이퍼 결합층(70b)을 상기 발광다이오드 소자용 발광구조체의 상면 또는 측면에 형성시킨다. 그런 후에 도 3B에 보인 바와 같이, 상기 전도성 웨이퍼 결합층(70b)을 이용하여 전기전도성 기판인 Si 등을 지지대(140)로서 웨이퍼 결합한다. 그런 후에 도 3C에 보인 바와 같이, 상기 레이저 리프트 오프 방식을 이용하여 성장기판(10) 제거 및 레이저 리프트 오프 공정 잔해물 등을 제거하는 평탄화 공정을 행한다. 그런 후에 도 3D에 보인 바와 같이, 대기 중으로 노출된 n형 질화물계 클래드층(20) 일부영역에 표면 거칠기(surface texture; 110)와 오믹접촉 전극 및 패드(120)를 형성한다. 그런 후에 도 3E에 보인 바와 같이, 마지막 공정으로서 기계 또는 레이저 가공을 통해서 단위칩을 완성한다.
- <21> 상술한 바와 같이, 종래 전기도금 및 웨이퍼 결합을 통한 지지대 형성 공정 기술을 이용한 수직구조 발광다이오드 소자 제조는 공통으로 성장기판(10)을 제거하기 전에 레이저빔 크기보다 작은 규격(scale)으로 발광다이오드 소자용 발광구조체를 단일화시키는 섬화 공정(isolation process)을 포함하고 있는 것이 특징이다. 이러한 섬화 공정을 이용한 수직구조 발광다이오드 소자 제조는 레이저빔 크기보다 더 큰 발광면적을 갖는 발광소자 제조를 어렵게 한다.
- <22> 또한, 종래 전기도금 및 웨이퍼 결합을 통한 지지대 형성 공정 기술을 이용한 수직구조 발광다이오드 소자 제조는 공통으로 성장기판(10)을 제거시킨 후, 300℃ 이상의 온도에서 후공정(post-annealing)을 행할 수가 없어, 열적으로 안정한 고신뢰성 단일칩을 제조하기가 어렵다. 설령, 300℃ 이상의 열처리 공정을 거치지 않고 제조된 단일칩은 향후 조명용 광원으로써 이용하는데 많은 제한이 존재할 것으로 사료된다. 이러한 이유로, 전기도금에 의해서 형성된 지지대인 Ni, Cu 등의 전기도금 후막(thick film)은 치밀한 조직을 갖는 것이 아니라, 많은 기공(porosity)을 갖고 있는 비정질(amorphous) 또는 다결정(polycrystal)로 구성되어 있는 동시에, 후막 내에 다량의 황(S) 및 인(P) 성분이 첨가되어 있어 사용 시간과 더불어서 이들 물질들의 확산이 있게 되고, 결국엔 소자신뢰성에 문제를 야기하게 된다. 또한, 상기 웨이퍼 결합에 의해서 형성된 지지대는 열팽창계수 차이로 발생하는 응력을 최소화하기 위해서 300℃ 미만에 온도에서 결합이 형성되기 때문에, 300℃ 이상의 후공정을 행할 수가 없다.
- <23> 따라서 차세대 조명용 광원으로서, 대면적 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하기 위해서는 열적으로 안정하고 치밀한 전기전도성 지지대(support) 형성을 통한 성장기판 제거 공정 기술이 우선적으로 개발되어야 한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <24> 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 그룹 3족 질화물계 반도체로 구성된 발광구조체의 성장용 성장기판을 분리하기 위하여 수행하는 레이저 리프트 오프, 기계적 연마, 또는 식각 기술 공정을 사용할 때, 상기 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자용 발광구조체의 손상을 최소화하고, 전기 및 광학적 특성을 개선시킨 수직구조 발광다이오드 소자 및 그 제조 방법을 제안하는 데에 그 목적이 있다. 상기 목적을 성공적으로 수행하기 위해서, 일정 압력과 최소 300℃ 이상의 온도 조건하에서 웨이퍼 규모의 결합(bonding)이 가능한 기술 공정을 통해 웨이퍼 대 웨이퍼 결합을 수행해야 한다.
- <25> 또한, 단일화된 단위칩을 위한 발광구조체 및 히트싱크 지지대의 식각 또는 절단 공정시 발생하는 잔해물과 웨이퍼 벤딩(휨)으로 인한 발광구조체 손상을 차단하여 누설전류를 최소화시킨 단위칩의 특성을 극대화하는 제조 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제 해결수단

- <26> 본 발명의 수직구조 발광다이오드 소자의 일 실시예는, n형 오믹접촉 전극구조체와, 상기 n형 오믹접촉 전극구조체 하면에 형성된 n형 질화물계 클래드층, 질화물계 활성층, p형 질화물계 클래드층으로 구성된 발광구조체와, 상기 발광구조체 하면에 형성된 커런트 블라킹 영역을 포함하고 있는 p형 오믹접촉 전극층 및 제 1 소자 패시베이션층과, 상기 p형 오믹접촉 전극층 및 제 1 소자 패시베이션층 하면에 형성된 반사성 오믹접촉 전극층과, 상기 반사성 오믹접촉 전극층 하면에 형성된 전도성 웨이퍼 결합층과, 상기 전도성 웨이퍼 결합층 하

면에 형성된 기계 가공된 전기전도성인 히트싱크 지지대와, 상기 히트싱크 지지대 하면에 형성된 p형 오믹접촉 전극구조체 및 다이 결합층(die bonding layer)으로 구성된 그룹 3층 질화물계 반도체 수직구조 발광다이오드 소자에 있어서;

- <27> 상기 p형 오믹접촉 전극층은 광학적으로 75% 이상의 투과율을 갖는 투과체(transparentor)이거나, 또는 높은 반사율을 갖는 80% 이상의 반사체(reflector) 물질로 형성되어 있으며,
- <28> 또한, 상기 p형 오믹접촉 전극층 내의 커런트 블라킹 영역은 대기(air) 상태 또는 전기절연성 물질, 또는 상기 p형 질화물계 클래드층과 쇼키접촉 계면을 형성하는 물질로 구성되어 있으며,
- <29> 한편, 상기 발광구조체, p형 오믹접촉 전극층, 제1 소자 패시베이션층, 반사성 오믹접촉 전극층, 제1 전도성 웨이퍼 결합층을 제2 소자 패시베이션층이 보호하고 있고,
- <30> 또한, 상기 반사성 오믹접촉 전극층은 소정의 면적을 갖는 p형 오믹접촉 전극층보다 더 넓게 형성하며,
- <31> 상기 n형 오믹접촉 전극구조체는 상기 n형 질화물계 클래드층 상면에서 상기 p형 오믹접촉 전극층 내의 커런트 블라킹 영역과 수직방향으로 동일한 위치에 마주보게 배치하고,
- <32> 또한, 상기 n형 오믹접촉 전극구조체가 형성되지 않은 상기 n형 질화물계 클래드층 표면에 구조적인 모양을 만드는 표면 요철(surface texture)이 형성된 것을 특징으로 한다.
- <33> 이에 본 발명은 수직구조 발광다이오드 소자 제조 방법의 제1 실시예는, 상기 레이저 리프트 오프, 기계적 연마, 또는 식각 공정 기술을 이용하여 성장기판을 분리하여 수직구조 발광다이오드 소자를 제조함에 있어서,
- <34> 성장기판 상면에 성장된 발광다이오드 소자용 발광구조체를 일정한 면적(예를 들어 칩의 크기)으로 섬화 공정(isolation processing)을 수행하는 단계; 상기 섬화 공정을 거친 발광다이오드 소자용 발광구조체에 p형 오믹접촉 전극층 및 제1 소자 패시베이션층을 형성하는 단계; 상기 p형 오믹접촉 전극층 및 제1 소자 패시베이션층 상면에 반사성 오믹접촉 전극층을 형성하는 단계; 상기 반사성 오믹접촉 전극층 상면에 제1 전도성 웨이퍼 결합층을 형성하는 단계; 양면이 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대의 상하면에 각각 제1 및 제 2 전도성 웨이퍼 결합층을 형성하는 단계; 임시 기판인 웨이퍼 플레이트 상면에 희생분리층 및 제2 전도성 웨이퍼 결합층을 순차적으로 형성하는 단계; 상기 히트싱크 지지대 상하면의 제1 및 제2 전도성 웨이퍼 결합층 상면에 상기 성장기판 및 웨이퍼 플레이트를 각각 결합(bonding)하여 샌드위치 복합체를 형성하는 단계; 상기 샌드위치 복합체에서 성장기판을 레이저 리프트 오프, 기계적 연마, 또는 식각 공정 기술을 사용하여 분리하는 단계; 상기 성장기판이 분리된 샌드위치 복합체에서 n형 질화물계 클래드층이 대기에 노출되게 식각하는 단계; 상기 섬화된 발광구조체의 상면 및 측면에 제2 소자 패시베이션층을 형성하는 단계; 대기에 노출된 n형 질화물계 클래드층 상면에 표면 요철을 형성하는 단계; 상기 표면 요철이 형성된 n형 질화물계 클래드층 상면에 n형 오믹접촉 전극구조체를 형성하는 단계; 단위 LED 칩을 위한 상기 웨이퍼 플레이트 상면까지 수직방향으로 식각과 절단 공정을 행하는 단계; 상기 웨이퍼 플레이트를 레이저 리프트 오프, 기계적 연마, 또는 식각 공정을 사용하여 분리하는 단계; 및 대기에 노출된 히트싱크 지지대 하면에 p형 오믹접촉 전극구조체 및 다이 결합층을 형성하는 단계;를 포함하여 이루어진 수직구조 발광다이오드 소자의 제조 방법을 제공한다.
- <35> 이에 본 발명은 수직구조 발광다이오드 소자 제조 방법의 제2 실시예는, 상기 레이저 리프트 오프, 기계적 연마, 또는 식각 공정 기술을 이용하여 성장기판을 분리하여 수직구조 발광다이오드 소자를 제조함에 있어서,
- <36> 성장기판 상면에 성장된 발광다이오드 소자용 발광구조체를 일정한 면적(예를 들어 칩의 크기)으로 섬화 공정(isolation processing)을 수행하는 단계; 상기 섬화 공정을 거친 발광다이오드 소자용 발광구조체에 p형 오믹접촉 전극층 및 제1 소자 패시베이션층을 형성하는 단계; 상기 p형 오믹접촉 전극층 및 제1 소자 패시베이션층 상면에 반사성 오믹접촉 전극층을 형성하는 단계; 상기 p형 오믹접촉 전극층, 제1 소자 패시베이션층, 반사성 오믹접촉 전극층의 상면 또는 측면에 제2 소자 패시베이션층을 형성하는 단계; 상기 반사성 오믹접촉 전극층 상면에 제1 전도성 웨이퍼 결합층을 형성하는 단계; 제1 및 제 2 전도성 웨이퍼 결합층을 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대의 상하면에 각각 형성하는 단계; 임시 기판인 웨이퍼 플레이트 상면에 희생분리층 및 제2 전도성 웨이퍼 결합층을 순차적으로 형성하는 단계; 상기 히트싱크 지지대 상하면의 제1 및 제2 전도성 웨이퍼 결합층 상면에 상기 성장기판 및 웨이퍼 플레이트를 각각 결합(bonding)하여 샌드위치 복합체를 형성하는 단계; 상기 샌드위치 복합체에서 성장기판을 레이저 리프트 오프, 기계적 연마, 또는 식각 공정 기술을 사용하여 분리하는 단계; 상기 성장기판이 분리된 샌드위치 복합체에서 n형 질화물계 클래드층이 대기에 노출되게 식각하는 단계; 대기에 노출된 n형 질화물계 클래드층 상면에 표면 요철을 형성하는 단계; 상기 표면 요철이 형성된 n형 질화물계 클래드층 상면에 n형 오믹접촉 전극구조체를 형성하는 단계; 단위 LED 칩을 위한 상기

웨이퍼 플레이트 상면까지 수직방향으로 식각과 절단 공정을 행하는 단계; 상기 웨이퍼 플레이트를 레이저 리프트 오프, 기계적 연마, 또는 식각 공정을 사용하여 분리하는 단계; 및 대기에 노출된 히트싱크 지지대 하면에 p형 오믹접촉 전극구조체 및 다이 결합층을 형성하는 단계;를 포함하여 이루어진 수직구조 발광다이오드 소자의 제조 방법을 제공한다.

효 과

- <37> 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명에서 제안된 일정 압력 및 최소 300℃ 이상의 온도 조건하에서 치밀하게 결합된 히트싱크 지지대를 이용하면 성장기판으로부터 발광다이오드 소자용 발광구조체를 열 및 기계적 손상 없이 분리(lift-off)할 수 있음으로써, 차세대 조명용 광원인 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하여 대전류 주입시에서도 고효율의 발광장치를 실현화 할 수 있다.
- <38> 그리고 종래의 전기 도금 또는 저온에서 행하는 웨이퍼 결합 공정 기술에 의한 히트싱크 지지대 형성에 비해서 본 발명에 의한 히트싱크 지지대 형성 기술은 간략하기 때문에 발광다이오드 소자 및 발광장치를 제조하는데 시간 및 비용이 월등히 절감된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <39> 이하, 도 4 내지 도 14를 참조하여 본 발명의 목적인 수직구조 발광다이오드 소자 제조를 위한 웨이퍼 규모의 결합 공정 기술, 이를 통한 수직구조 발광다이오드 소자 및 제조 방법에 대해 상세히 설명한다.
- <40> 도 4는 본 발명에 의해 제안된 웨이퍼 결합 공정을 통한 그룹 3족 질화물계 반도체를 이용한 수직구조 발광소자 제조에 관한 공정을 보인 개략적인 단면도이다.
- <41> 발광소자(즉, 광관련 고체 반도체 소자)의 제조공정은 소정의 웨이퍼 기판을 이용하여 복수개로 제조되나, 도 4에서는 설명의 편의를 위해, 두개의 수직구조 그룹 3족 질화물계 발광소자를 제조하는 공정을 예시하고 있다.
- <42> 도 4A와 같이, 발광구조체(402)가 성장된 성장기판(401), 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대(403), 희생 분리층(405)이 형성된 웨이퍼 플레이트(404)를 준비한다. 여기서, 미도시되었지만 상기 발광구조체(402), 히트싱크 지지대(403)의 상하면, 희생분리층(405) 상면에 반사성 오믹접촉 전극층 또는 전도성 웨이퍼 결합층이 단층 또는 이중층 이상의 다층 구조로 형성될 수도 있다.
- <43> 또한, 상기 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대(403)는 우수한 열 및 전기 전도도를 갖는 물질이면 어떠한 물질이라도 사용에 제한하지 않지만, 우선적으로 상하면 기계 가공된 Si, SiGe, ZnO, GaN, AlSiC, GaAs 기판, 그리고 Cu, Ni, Ag, Al, Nb, Ta, Ti, Au, Pd, W 성분들 중 적어도 하나 이상으로 이루어지는 금속, 합금, 또는 고용체를 사용한다.
- <44> 또한, 임시 기판인 상기 웨이퍼 플레이트(404) 물질은 상기 발광구조체 성장기판과 동일 물질을 우선적으로 사용하되, 상기 성장기판(401)과의 열팽창계수 차이가 2ppm/℃ 이하를 갖는 물질이면 어떠한 물질이라도 사용에 제한하지 않는다.
- <45> 또한, 임시 기판인 상기 웨이퍼 플레이트(404) 상면에 형성되는 희생분리층(405)은 ZnO를 포함한 2-6족 화합물, GaN을 포함한 3-5족 화합물, Al, Au, Ag, Cr, Ti, ITO, PZT, SU-8 등을 포함한 각종 금속, 합금, 유기물로 구성된다.
- <46> 연이어, 도 4B와 같이, 일정 압력(pressure) 및 최소 300℃ 이상의 온도 조건하에서 상기 발광구조체(402)가 성장된 성장기판(401)과 상기 희생분리층(405)이 형성된 상기 웨이퍼 플레이트(404)를 상기 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대(403)의 상하면에 두 기판(401, 404)이 서로 대향 되게 전도성 웨이퍼 결합층(미도시)을 이용하여 동시에 결합시켜 샌드위치 복합체를 형성한다. 여기서, 상기 전도성 웨이퍼 결합층(미도시)은 단층 또는 이중층 이상의 다층 구조로 이루어진다.
- <47> 다음으로, 도 4C와 같이, 레이저 리프트 오프(laser lift-off), 기계적 연마(mechanical polishing), 또는 식각(etching) 공정 기술을 이용하여 상기 성장기판(401)을 발광구조체(402)로부터 안전하게 일부 또는 전면 분리한다. 여기서, 상기 레이저 리프트 오프 기술은 사파이어처럼 광학적으로 투명한 성장기판(401)인 경우에 우선적으로 사용한다. 상기 레이저 리프트 오프 기술에 사용되는 레이저빔은 성장기판(401)과 계면을 이루는 물질의 에너지 밴드 갭보다 큰 에너지 (또는 짧은 파장)를 갖는 것이 바람직하며, 레이저빔은 성장기판(401) 후면(back-side) 측으로부터 조사되고, 레이저빔은 일정한 면적이 있기 때문에 넓은 면적의 성장기판(401)은 일정한 간격으로 조사된다. 레이저빔이 일정 간격으로 성장기판(401)을 조사하면, 레이저빔이 조사되는 부분으로부터

순차적으로 성장기관(401)이 분리된다. 이때 발광구조체(402)에 큰 손상 없도록 상기 전도성 웨이퍼 결합층(미도시)을 통해서 치밀하게 히트셍크 지지대(403)를 결합(bonding)시켜야 한다. 특히, 레이저빔이 일정 간격으로 성장기관(401)을 조사하면, 레이저빔이 조사되는 부분과 조사되지 않은 부분 사이의 경계면에 열 및 기계적인 충격 편차로 인하여 발광구조체(402) 내에 미세한 크랙이 발생하고, 또한 널리 전파되어 전체적인 제품 수율을 저하시킨다. 이를 방지하기 위해서 종래 기술에서는 석화 공정을 수행하였거나, 본 발명자의 선행 국내 특허(출원번호 10-2008-0030106)에서는 석화 공정 대신 기능성 복합막층을 발광구조체(402) 상면에 직접 웨이퍼 결합 시에 삽입하였다.

- <48> 또한, 상기 기계적 연마(mechanical polishing)는 다이아몬드, SiC 분말을 이용하는 것이 바람직하다.
- <49> 또한, 상기 습식 식각은 황산, 인산, 염산, 3가 크롬산, 6가 크롬산, 갈륨(Ga), 인듐(In), 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al)의 혼합액의 주성분인 식각액으로 사용하며, 식각속도를 향상하기 위하여, 인산의 농도와 식각액의 온도를 높이는 것이 바람직하다. 상기 식각액의 온도는 200℃ 내지 500℃로 하는 것이 공정시간 단축을 위하여 바람직하다.
- <50> 다음으로, 도 4D와 같이, 성장기관(401)이 분리된 후에 식각 또는 절단 공정 기술을 이용하여 발광구조체(402)를 단위칩 단위로 식각하였고, 대기에 노출된 상기 발광구조체(402) 상면에 제1 오믹접촉 전극구조체(406)를 형성한다. 여기서, 상기 제1 오믹접촉 전극구조체(406) 물질을 증착한 다음, 오믹접촉 계면을 형성할 수 있는 온도 및 개스 분위기에서 열처리를 행하는 것이 바람직하다.
- <51> 다음으로, 도 4E와 같이, 단위칩 제조를 위한 히트셍크 지지대(403)에 식각 또는 절단 공정을 행한다. 특히, 기계적인 절단 또는 레이저 가공을 이용하여 상기 웨이퍼 플레이트(404) 표면이 대기(air)에 노출될 때까지 수행한다.
- <52> 마지막으로, 도 4F와 같이, 상기 웨이퍼 플레이트(404) 상면에 형성된 희생분리층(405)을 용해(solution) 또는 열-화학 분해(decomposition)시켜 상기 웨이퍼 플레이트(404)를 완전히 분리한다. 또한, 미도시되었지만, 상기 웨이퍼 플레이트(404)를 완전히 분리한 다음, 상기 히트셍크 지지대(403) 후면에 제2 오믹접촉 전극구조체를 형성한다. 상기 제2 오믹접촉 전극구조체 물질을 증착한 다음, 오믹접촉 계면을 형성할 수 있는 온도 및 개스 분위기에서 열처리를 행하는 것이 바람직하다. 여기서, 상기 웨이퍼 플레이트(404) 분리하는 도 4C와 같이, 레이저 리프트 오프, 기계적 연마, 또는 식각 공정 기술을 이용하여 수행한다.
- <53> 도 5 내지 14는 본 발명에 따른 제1 실시예로서, 수직구조 발광다이오드 소자 제조 공정을 보인 단면도이다.
- <54> 도 5는 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 첫 번째 단계로서, 샌드위치 복합체를 형성하기 전에 준비된 성장기관부를 보인 단면도이다.
- <55> 이에 도시된 바와 같이, 성장기관(501) 상면에 완충층을 포함한 n형 질화물계 클래드층(502), 질화물계 활성층(503), p형 질화물계 클래드층(504)을 순차적으로 성장한 다음에 석화 공정을 수행하고, 상기 p형 질화물계 클래드층(504) 상면에 p형 오믹접촉 전극층(510)과 제1 소자 패시베이션층(509) 적층한다. 다음으로, 상기 p형 오믹접촉 전극층(510)과 제1 소자 패시베이션층(509) 상면에 반사성 오믹접촉 전극층(511)을 적층한 다음, 연이어 상기 반사성 오믹접촉 전극층(511) 상면에 제1 전도성 웨이퍼 결합층(508)을 형성한다.
- <56> 여기서, 상기 성장기관(501)으로는 사파이어(Al₂O₃), 실리콘 카바이드(SiC), 실리콘(Si), 갈륨아세나이드(GaAs), 질화알루미늄(AlN), 질화갈륨(GaN), 질화알루미늄갈륨(AlGaIn), 유리(glass) 등을 사용하며, 특히 사파이어 기판이 대표적으로 사용되는데, 이는 상기 성장기관(501)상면에 성장되는 그룹 3족 질화물계 반도체 물질의 결정 구조와 동일하면서 격자 정합을 이루는 상업적인 기판이 존재하지 않기 때문이다.
- <57> 상기 성장기관(501) 상면에 성장된 n형 질화물계 클래드층(502)은 Al_xIn_yGa_(1-x-y)N 조성식 (여기서, 0 ≤ x ≤ 1, 0 ≤ y ≤ 1, 0 ≤ x+y ≤ 1)을 갖는 n형 도판트(dopant)가 첨가된 그룹 3족 질화물계 반도체 물질로 이루어질 수 있으며, 특히 GaN가 널리 사용된다. 또한 상기 n형 질화물계 클래드층(502)을 성장하기에 앞서 불일치한 격자 정합 및 열팽창 계수 차이로 발생하는 스트레스를 완화하는 물질층(“완충층”으로 지칭)을 삽입될 수 있으며, 특히 GaN, AlN, InGaIn, AlGaIn, SiC, SiCN가 널리 사용된다.
- <58> 상기 n형 질화물계 클래드층(502) 상면에 형성되는 질화물계 활성층(503)은 양자 우물(Quantum Well) 구조를 가지며, Al_xIn_yGa_(1-x-y)N 조성식 (여기서, 0 ≤ x ≤ 1, 0 ≤ y ≤ 1, 0 ≤ x+y ≤ 1)을 갖는 그룹 3족 질화물계 반도체 물질계로 이루어진다.
- <59> 상기 질화물계 활성층(503) 상면에 형성되는 p형 질화물계 클래드층(504)은 상기 n형 질화물계 클래드층(502)과

마찬가지로, $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$ 조성식 (여기서, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)을 갖는 그룹 3족 질화물계 반도체 물질로 이루어지며, p형 도판트가 첨가된다.

- <60> 상기 p형 질화물계 클래드층(504)은 표면 개질층(interface modification layer)을 별도로 포함할 있다. 상기 표면 개질층은 슈퍼래티스 구조(spuerlattice structure), n형 도전성의 InGaN, GaN, AlInN, AlN, InN, AlGaIn, p형 도전성의 InGaIn, AlInN, InN, AlGaIn, 또는 질소 극성으로 형성된 표면(nitrogen-polar surface)을 갖는 그룹 3족 질화물계이다. 특히, 상기 슈퍼래티스 구조의 표면 개질층은 그룹 2족, 3족, 또는 4족 원소 성분을 포함하고 있는 질화물(nitride) 또는 탄소질화물(carbon nitride)로 구성된다.
- <61> 여기서, 상기 n형 질화물계 클래드층(502), 질화물계 활성층(503), p형 질화물계 클래드층(504)은 MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)법 또는 MBE(Molecular Beam Epitaxy)법 등과 같은 증착 공정을 사용하여 성장시키되, 특히 MOCVD법으로 성장시키는 것이 바람직하다.
- <62> 상기 p형 오믹접촉 전극층(510)은 p형 질화물계 클래드층(504) 상면에서 오믹접촉 계면을 형성하고 있는 동시에 커런트 브라킹 영역을 포함하고 있다. 여기서, 상기 커런트 블라킹 영역은 대기(air) 상태 또는 전기절연성 물질, 또는 상기 p형 질화물계 클래드층과 쇼키접촉 계면을 형성하는 물질로 구성된다.
- <63> 상기 제1 소자 패시베이션층(509)은 상기 p형 질화물계 클래드층(402) 상면과 메사 식각된 측면에 형성한다. 상기 제1 소자 패시베이션층(509)으로는 실리콘 산화박막(SiO₂), 실리콘 질화박막(SiN_x), 알루미늄 산화박막(Al₂O₃) 등이 사용되며, 상기 제1 소자 패시베이션층(509)은 10 ~ 100nm의 두께로 형성하는 것이 바람직하다.
- <64> 상기 반사성 오믹접촉 전극층(511)은 p형 오믹접촉 전극층(510)과 상기 제1 소자 패시베이션층(509) 상면에 형성되며, 이를 구성하는 물질은 니켈(Ni), Ni 관련 합금 및 고용체, 은(Ag), Ag 관련 합금 및 고용체, 알루미늄(Al), Al 관련 합금 및 고용체, 로듐(Rh), Rh 관련 합금 및 고용체, 백금(Pt), Pt 관련 합금 및 고용체, 팔라듐(Pd), Pd 관련 합금 및 고용체, 금(Au), Au 관련 합금 및 고용체, Ag-Si, Al-Si, Rh-Si, Pd-Si, Ni-Si, Cr-Si, Pt-Si 등의 각종 실리사이드(silicide)이다.
- <65> 또한, 상기 반사성 오믹접촉 전극층(511)은 소정의 면적을 갖는 p형 오믹접촉 전극층(510)보다 더 넓게 형성한다.
- <66> 상기 제1 전도성 웨이퍼 결합층(508)은 상기 반사성 오믹접촉 전극층(511) 상면의 일부 영역에 일정 압력과 최소 300℃ 이상의 온도 조건하에서 치밀한 접착력을 형성하는 Au, Ni, Cu, Ti, Ag, Al, Si, Ge, Pt, Pd, Rh, W, Mo, V, Sc, Hf, Ir, Re, Co, Zr, Ru, Ta, Nb, Mn, Mn, Cr, 희토류금속 중 적어도 하나 이상을 포함하고 있는 금속, 합금, 고용체, 화합물이 사용되며, 특히 단층 또는 이중층 이상의 다층 구조로 이루어진다.
- <67> 도 6은 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 단계로서, 샌드위치 복합체를 형성하기 전에 준비된 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대부를 보인 단면도이다.
- <68> 이에 도시된 바와 같이, 도 6은 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대(601)의 상하면에 전도성 웨이퍼 결합층(602, 603)이 형성된다. 여기서, 기계 가공된 전기전도성 상기 히트싱크 지지대(601)의 상면인 A면은 발광구조체가 성장된 성장기판이 결합되는 면이고, 대향하는 하면인 B면은 임시 기판인 웨이퍼 플레이트가 결합하는 면이다.
- <69> 상기 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대(601)는 5 μm 내지 1 mm 이하의 두께를 갖는 판(sheet), 디스크(disk), 또는 호일(foil) 형상을 갖는다.
- <70> 또한, 상기 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대(601)는 우수한 열 및 전기전도도를 갖는 물질이면 어떠한 물질이라도 사용에 제한하지 않는다. 특히, 상하면이 기계 가공된 Si, SiGe, ZnO, GaN, AlSiC, GaAs 기판, 그리고 Cu, Ni, Ag, Al, Nb, Ta, Ti, Au, Pd, Pd, W 성분들 중 적어도 하나 이상으로 이루어지는 금속, 합금, 또는 고용체를 사용하는 바람직하다.
- <71> 상기 제1 전도성 웨이퍼 결합층(602), 제2 전도성 웨이퍼 결합층(603)은 일정 압력과 최소 300℃ 이상의 온도 조건하에서 치밀한 접착력을 형성하는 Au, Ni, Cu, Ti, Ag, Al, Si, Ge, Pt, Pd, Rh, W, Mo, V, Sc, Hf, Ir, Re, Co, Zr, Ru, Ta, Nb, Mn, Mn, Cr, 희토류금속 중 적어도 하나 이상을 포함하고 있는 금속, 합금, 고용체, 화합물이 사용되며, 특히 단층 또는 이중층 이상의 다층 구조로 이루어진다.
- <72> 도 7은 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 단계로서, 샌드위치 복합체를 형성하기 전에 준비된 임시 기판인 웨이퍼 플레이트부를 보인 단면도이다.

- <73> 이에 도시된 바와 같이, 도 7은 임시 기판인 웨이퍼 플레이트(701) 상면에 희생분리층(702)과 제2 전도성 웨이퍼 결합층(703)이 순차적으로 형성된다. 여기서, 상기 웨이퍼 플레이트(701)는 상기 발광구조체의 성장기판(501)과 동일 물질을 우선적으로 사용하되, 상기 성장기판(501)과의 열팽창계수 차이가 2ppm/°C 이하를 갖는 물질계이면 어떠한 물질이라도 사용에 제한하지 않는다.
- <74> 또한, 상기 웨이퍼 플레이트(701) 상면에 형성되는 희생분리층(702)은 ZnO를 포함한 2-6족 화합물, GaN을 포함한 3-5족 화합물, Al, Au, Ag, Cr, Ti, ITO, PZT, SU-8 등을 포함한 각종 금속, 합금, 유기물로 구성된다.
- <75> 상기 제2 전도성 웨이퍼 결합층(703)은 일정 압력과 300°C 이상의 온도 조건하에서 치밀한 접착력을 형성하는 Au, Ni, Cu, Ti, Ag, Al, Si, Ge, Pt, Pd, Rh, W, Mo, V, Sc, Hf, Ir, Re, Co, Zr, Ru, Ta, Nb, Mn, Cr, 희토류금속 중 적어도 하나 이상을 포함하고 있는 금속, 합금, 고용체, 화합물이 사용되며, 특히 단층 또는 이층 이상의 다층 구조로 이루어진다.
- <76> 도 8은 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 단계로서, 성장기판부, 히트싱크 지지대부, 및 웨이퍼 플레이트부를 동시에 웨이퍼 결합시킨 샌드위치 복합체의 단면도이다.
- <77> 상기 성장기판부(A)는 성장기판(501) 상면에 n형 질화물계 클래드층(502), 질화물계 활성층(503), p형 질화물계 클래드층(504), p형 오믹접촉 전극층(510), 제1 소자 패시베이션층(509), 반사성 오믹접촉 전극층(511), 제1 전도성 웨이퍼 결합층(508) 적층되어 있다.
- <78> 상기 히트싱크 지지대부(B)는 히트싱크 지지대(601)의 상하면에 각각 제1 및 제2 전도성 웨이퍼 결합층(602, 603)이 적층되어 있다.
- <79> 상기 웨이퍼 플레이트부(C)는 임시 기판인 웨이퍼 플레이트(701) 상면에 희생분리층(702) 및 제2 전도성 웨이퍼 결합층(703)이 순차적으로 적층되어 있다.
- <80> 상기 성장기판부(A), 히트싱크 지지대부(B), 및 웨이퍼 플레이트부(C)의 결합은 각각 제1 전도성 웨이퍼 결합층간(508/602) 및 제2 전도성 웨이퍼 결합층간(603/703)의 접합을 통해 일정 압력과 300°C 이상의 온도에서 수행한다.
- <81> 여기서, 웨이퍼 결합의 공정 개스 분위기는 진공, 질소(N₂), 아르곤(Ar) 기체가 바람직하나, 경우에 따라서는 산소(O₂) 기체가 첨가될 수도 있다.
- <82> 도 9는 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 단계로서, 웨이퍼 결합된 샌드위치 복합체로부터 성장기판을 분리시키는 공정을 보인 단면도이다.
- <83> 상기 성장기판(501)을 발광구조체로부터 분리하는 공정 기술은 엑사이머 레이저(excimer laser) 등을 이용한 레이저 리프트 오프(laser lift-off)의 방식으로 할 수도 있으며, 건식 및 습식 식각 방법으로 할 수도 있다. 특히, 상기 성장기판(501)이 사파이어와 SiC인 경우는 레이저 리프트 오프 방식으로 수행하는 것이 바람직하다. 즉, 상기 성장기판(501)에 일정 영역의 파장을 가지는 엑사이머 레이저빔을 포커싱(focusing)하여 조사하면, 상기 성장기판(501)과 상기 완충층을 포함한 n형 질화물계 클래드층(502)의 경계면에 열에너지가 집중되어 상기 완충층을 포함한 n형 질화물 반도체(502)의 계면이 갈륨(gallium, Ga)과 질소(nitrogen, N) 분자로 열-화학적 분해가 발생하면서 레이저빔이 지나가는 부분에서 순간적으로 성장기판(501)의 분리가 일어난다.
- <84> 도 10은 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 단계로서, 성장기판이 분리된 후에 제2 소자 패시베이션층을 형성하는 공정을 보인 단면도이다.
- <85> 상기 제2 소자 패시베이션층(512)은 대기에 노출된 n형 질화물계 클래드층(502) 상면과 제1 소자 패시베이션층(509), p형 오믹접촉 전극층(510), 반사성 오믹접촉 전극층(511), 및 제1 전도성 웨이퍼 결합층(508)의 측면 또는 상면에 형성된다.
- <86> 또한, 상기 제2 소자 패시베이션층(512)으로는 실리콘 산화박막(SiO₂), 실리콘 질화박막(SiNx), 알루미늄 산화박막(Al₂O₃) 등이 사용되며, 상기 제2 소자 패시베이션층(512)은 100 ~ 1000nm의 두께로 형성하는 것이 바람직하다.
- <87> 도 11은 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 단계로서, 제2 소자 패시베이션층의 일부 영역을 제거한 후에 대기에 노출된 n형 질화물계 클래드층 상면에 표면 요철을 형성하는 공정을 보인 단면도이다.
- <88> 상기 n형 질화물계 클래드층(502) 상면에 존재하는 소자 패시베이션층(800) 일부 영역을 제거시킨 후, 상기 n형

질화물계 클래드층(502) 상면에 구조적인 모양을 만드는 표면 요철(900)을 도입한다. 이러한 표면 요철(900) 도입은 상기 질화물계 활성층(503)에서 생성된 빛을 외부로 방출시키는데 큰 도움을 주어, 수직구조 발광다이오드 소자의 외부 발광 효율을 상당히 개선할 수 있다.

- <89> 여기서, 표면 요철(900) 도입은 습식 용액을 이용하여 일정한 규칙성이 없는 패턴을 형성하거나, 각종 리소그래피(lithography) 공정으로 패턴을 형성한 후에 식각 공정을 통하여 칩의 표면에 굴곡을 형성하는 방법을 사용하고 있다.
- <90> 도 12는 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 단계로서, 표면 요철이 형성된 n형 질화물계 클래드층 상면에 n형 오믹접촉 전극구조체를 형성하는 공정을 보인 단면도이다.
- <91> 상기 표면 요철(900)이 도입된 n형 질화물계 클래드층(502) 상면에 n형 오믹접촉 전극구조체(1000)를 형성한다. 여기서, n형 오믹접촉 전극구조체(1000) 형성은 마스크를 이용하여 일부 영역 또는 전체 영역에 형성된다. 특히, 상기 n형 질화물계 클래드층(502) 상면에 형성된 n형 오믹접촉 전극구조체(1000)의 위치는 상기 p형 오믹접촉 전극층(510) 내의 커런트 블라킹 영역에 대향 되게 한다.
- <92> 도 13은 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 단계로서, 수직방향으로 절단하는 공정을 보인 단면도이다.
- <93> 완전하게 단일화시킨 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하기 위해서 제1 전도성 웨이퍼 결합층(602), 히트셍크 지지대(601), 제2 전도성 웨이퍼 결합층(603, 703), 희생분리층(702)을 수직방향으로 모두 절단(1100) 한다. 여기서, 상기 임시 기관인 웨이퍼 플레이트(701)가 대기에 노출될 때까지 수행한다.
- <94> 도 14는 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 마지막 단계로서, 상기 임시 기관인 웨이퍼 플레이트로부터 수직구조 발광다이오드 소자를 분리한 후, 히트셍크 지지대 후면에 p형 오믹접촉 전극구조체 및 다이 결합층을 형성시킨 단면도이다.
- <95> 상기 임시 기관인 웨이퍼 플레이트(701)로부터 단일화시킨 다수개의 수직구조 발광다이오드 소자를 분리(lift-off)한 후, 상기 임시 기관인 히트셍크 지지대(601) 후면에 p형 오믹접촉 전극구조체(1200)와 다이 결합층(1300)을 형성한다. 상기 임시 기관인 웨이퍼 플레이트(701)를 분리하는 공정은 강한 에너지를 갖춘 레이저빔을 이용한 열-화학 분해, 습식 식각, 또는 화학-기계적 폴리싱(CMP), 기계적 연마(polishing) 등을 이용한다.
- <96> 도 15 내지 23은 본 발명에 따른 제2 실시예로서, 수직구조 발광다이오드 소자 제조 공정을 보인 단면도이다.
- <97> 도 15는 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 첫 번째 단계로서, 샌드위치 복합체를 형성하기 전에 준비된 성장기관부를 보인 단면도이다.
- <98> 이에 도시된 바와 같이, 성장기관(501) 상면에 완충층을 포함한 n형 질화물계 클래드층(502), 질화물계 활성층(503), p형 질화물계 클래드층(504)을 순차적으로 성장한 다음에 선풍 공정을 수행하고, 상기 p형 질화물계 클래드층(504) 상면에 p형 오믹접촉 전극층(510)과 제1 소자 패시베이션층(509) 적층한다. 다음으로, 상기 p형 오믹접촉 전극층(510)과 제1 소자 패시베이션층(509) 상면에 반사성 오믹접촉 전극층(511)을 적층한 다음, 연이어 상기 제1 소자 패시베이션층(509)과 반사성 오믹접촉 전극층(511) 상면 또는 측면에 제2 소자 패시베이션층(800)을 형성한다.
- <99> 그런 후, 상기 제2 소자 패시베이션층(800)의 일부 영역을 제거한 후에 상기 반사성 오믹접촉 전극층(511) 상면에 제1 전도성 웨이퍼 결합층(508)을 형성한다.
- <100> 여기서, 상기 성장기관(501)으로는 사파이어(Al2O3), 실리콘 카바이드(SiC), 실리콘(Si), 갈륨아세나이드(GaAs), 질화알루미늄(AlN), 질화갈륨(GaN), 질화알루미늄갈륨(AlGaN), 유리(glass) 등을 사용하며, 특히 사파이어 기관이 대표적으로 사용되는데, 이는 상기 성장기관(501)상면에 성장되는 그룹 3족 질화물계 반도체 물질의 결정 구조와 동일하면서 격자 정합을 이루는 상업적인 기관이 존재하지 않기 때문이다.
- <101> 상기 성장기관(501) 상면에 성장된 n형 질화물계 클래드층(502)은 $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$ 조성식 (여기서, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)을 갖는 n형 도판트(dopant)가 첨가된 그룹 3족 질화물계 반도체 물질로 이루어질 수 있으며, 특히 GaN가 널리 사용된다. 또한 상기 n형 질화물계 클래드층(502)을 성장하기에 앞서 불일치한 격자 정합 및 열팽창 계수 차이로 발생하는 스트레스를 완화시키는 물질층(“완충층”으로 지칭)을 삽입될 수 있으며, 특히 GaN, AlN, InGaN, AlGaN, SiC, SiCN가 널리 사용된다.
- <102> 상기 n형 질화물계 클래드층(502) 상면에 형성되는 질화물계 활성층(503)은 양자 우물(Quantum Well) 구조를 가지며, $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$ 조성식 (여기서, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)을 갖는 그룹 3족 질화물계 반도체 물

질계로 이루어진다.

- <103> 상기 질화물계 활성층(503) 상면에 형성되는 p형 질화물계 클래드층(504)은 상기 n형 질화물계 클래드층(502)과 마찬가지로, $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$ 조성식 (여기서, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)을 갖는 그룹 3족 질화물계 반도체 물질로 이루어지며, p형 도판트가 첨가된다.
- <104> 상기 p형 질화물계 클래드층(504)은 표면 개질층(interface modification layer)을 별도로 포함할 있다. 상기 표면 개질층은 슈퍼래티스 구조(spuerlattice structure), n형 도전성의 InGa_n, GaN, AlInN, AlN, InN, AlGa_n, p형 도전성의 InGa_n, AlIn_n, InN, AlGa_n, 또는 질소 극성으로 형성된 표면(nitrogen-polar surface)을 갖는 그룹 3족 질화물계이다. 특히, 상기 슈퍼래티스 구조의 표면 개질층은 그룹 2족, 3족, 또는 4족 원소 성분을 포함하고 있는 질화물(nitride) 또는 탄소질화물(carbon nitride)로 구성된다.
- <105> 여기서, 상기 n형 질화물계 클래드층(502), 질화물계 활성층(503), p형 질화물계 클래드층(504)은 MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)법 또는 MBE(Molecular Beam Epitaxy)법 등과 같은 증착 공정을 사용하여 성장시키되, 특히 MOCVD법으로 성장시키는 것이 바람직하다.
- <106> 상기 p형 오믹접촉 전극층(510)은 p형 질화물계 클래드층(504) 상면에서 오믹접촉 계면을 형성하고 있는 동시에 커런트 브라킹 영역을 포함하고 있다. 여기서, 상기 커런트 블라킹 영역은 대기(air) 상태 또는 전기절연성 물질, 또는 상기 p형 질화물계 클래드층과 쇼키접촉 계면을 형성하는 물질로 구성된다.
- <107> 상기 제1 소자 패시베이션층(509)은 상기 p형 질화물계 클래드층(402) 상면과 mesa 식각된 측면에 형성한다.
- <108> 또한, 상기 제1 소자 패시베이션층(509)으로는 실리콘 산화박막(SiO₂), 실리콘 질화박막(SiN_x), 알루미늄 산화박막(Al₂O₃) 등이 사용되며, 상기 제1 소자 패시베이션층(509)은 10 ~ 100nm의 두께로 형성하는 것이 바람직하다.
- <109> 상기 반사성 오믹접촉 전극층(511)은 p형 오믹접촉 전극층(510)과 상기 제1 소자 패시베이션층(509) 상면에 형성되며, 이를 구성하는 물질은 니켈(Ni), Ni 관련 합금 및 고용체, 은(Ag), Ag 관련 합금 및 고용체, 알루미늄(Al), Al 관련 합금 및 고용체, 로듐(Rh), Rh 관련 합금 및 고용체, 백금(Pt), Pt 관련 합금 및 고용체, 팔라듐(Pd), Pd 관련 합금 및 고용체, 금(Au), Au 관련 합금 및 고용체, Ag-Si, Al-Si, Rh-Si, Pd-Si, Ni-Si, Cr-Si, Pt-Si 등의 각종 실리사이드(silicide)이다.
- <110> 또한, 상기 반사성 오믹접촉 전극층(511)은 소정의 면적을 갖는 p형 오믹접촉 전극층(510)보다 더 넓게 형성한다.
- <111> 상기 제2 소자 패시베이션층(800)은 제1 소자 패시베이션층(509)과 반사성 오믹접촉 전극층(511) 상면 또는 측면에 형성한다.
- <112> 또한, 상기 제2 소자 패시베이션층(800)으로는 실리콘 산화박막(SiO₂), 실리콘 질화박막(SiN_x), 알루미늄 산화박막(Al₂O₃) 등이 사용되며, 상기 제2 소자 패시베이션층(800)은 100 ~ 1000nm의 두께로 형성하는 것이 바람직하다.
- <113> 상기 제1 전도성 웨이퍼 결합층(508)은 상기 반사성 오믹접촉 전극층(511) 상면의 일부 영역에 일정 압력과 최소 300℃ 이상의 온도 조건하에서 치밀한 접착력을 형성하는 Au, Ni, Cu, Ti, Ag, Al, Si, Ge, Pt, Pd, Rh, W, Mo, V, Sc, Hf, Ir, Re, Co, Zr, Ru, Ta, Nb, Mn, Cr, 희토류금속 중 적어도 하나 이상을 포함하고 있는 금속, 합금, 고용체, 화합물이 사용되며, 특히 단층 또는 이중층 이상의 다층 구조로 이루어진다.
- <114> 도 16은 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 단계로서, 샌드위치 복합체를 형성하기 전에 준비된 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대부를 보인 단면도이다.
- <115> 이에 도시된 바와 같이, 도 16은 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대(601)의 상하면에 전도성 웨이퍼 결합층(602, 603)이 형성된다. 여기서, 기계 가공된 전기전도성 상기 히트싱크 지지대(601)의 상면인 A면은 발광구조체가 성장된 성장기판이 결합되는 면이고, 대향하는 하면인 B면은 임시 기판인 웨이퍼 플레이트가 결합하는 면이다.
- <116> 상기 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대(601)는 5 μm 내지 1 mm 이하의 두께를 갖는 판(sheet), 디스크(disk), 또는 호일(foil) 형상을 갖는다.
- <117> 또한, 상기 기계 가공된 전기전도성 지지대(601)는 우수한 열 및 전기전도도를 갖는 물질이면 어떠한 물질이라

도 사용에 제한하지 않는다. 특히, 상하면이 기계 가공된 Si, SiGe, ZnO, GaN, AlSiC, GaAs 기판, 그리고 Cu, Ni, Ag, Al, Nb, Ta, Ti, Au, Pd, W 성분들 중 적어도 하나 이상으로 이루어지는 금속, 합금, 또는 고용체를 사용하는 바람직하다.

- <118> 상기 제1 전도성 웨이퍼 결합층(602), 제2 전도성 웨이퍼 결합층(603)은 일정 압력과 최소 300°C 이상의 온도 조건하에서 치밀한 접착력을 형성하는 Au, Ni, Cu, Ti, Ag, Al, Si, Ge, Pt, Pd, Rh, W, Mo, V, Sc, Hf, Ir, Re, Co, Zr, Ru, Ta, Nb, Mn, Cr, 희토류금속 중 적어도 하나 이상을 포함하고 있는 금속, 합금, 고용체, 화합물이 사용되며, 특히 단층 또는 이중층 이상의 다층 구조로 이루어진다.
- <119> 도 17은 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 단계로서, 샌드위치 복합체를 형성하기 전에 준비된 임시 기판인 웨이퍼 플레이트부를 보인 단면도이다.
- <120> 이에 도시된 바와 같이, 도 17은 임시 기판인 웨이퍼 플레이트(701) 상면에 희생분리층(702)과 제2 전도성 웨이퍼 결합층(703)이 순차적으로 형성된다. 여기서, 상기 웨이퍼 플레이트(701)는 상기 발광구조체의 성장기판(501)과 동일 물질을 우선적으로 사용되되, 상기 성장기판(501)과의 열팽창계수 차이가 2ppm/°C 이하를 갖는 물질계이면 어떠한 물질이라도 사용에 제한하지 않는다.
- <121> 또한, 상기 웨이퍼 플레이트(701) 상면에 형성되는 희생분리층(702)은 ZnO를 포함한 2-6족 화합물, GaN을 포함한 3-5족 화합물, Al, Au, Ag, Cr, Ti, ITO, PZT, SU-8 등을 포함한 각종 금속, 합금, 유기물로 구성된다.
- <122> 상기 제2 전도성 웨이퍼 결합층(703)은 일정 압력과 300°C 이상의 온도 조건하에서 치밀한 접착력을 형성하는 Au, Ni, Cu, Ti, Ag, Al, Si, Ge, Pt, Pd, Rh, W, Mo, V, Sc, Hf, Ir, Re, Co, Zr, Ru, Ta, Nb, Mn, Cr, 희토류금속 중 적어도 하나 이상을 포함하고 있는 금속, 합금, 고용체, 화합물이 사용되며, 특히 단층 또는 이중층 이상의 다층 구조로 이루어진다.
- <123> 도 18은 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 단계로서, 성장기판부, 히트싱크 지지대부, 및 웨이퍼 플레이트부를 동시에 웨이퍼 결합시킨 샌드위치 복합체의 단면도이다.
- <124> 상기 성장기판부(D)는 성장기판(501) 상면에 n형 질화물계 클래드층(502), 질화물계 활성층(503), p형 질화물계 클래드층(504), p형 오믹접촉 전극층(510), 제1 소자 패시베이션층(509), 반사성 오믹접촉 전극층(511), 제1 전도성 웨이퍼 결합층(508) 적층되어 있다.
- <125> 상기 히트싱크 지지대부(E)는 히트싱크 지지대(601)의 상하면에 각각 제1 및 제2 전도성 웨이퍼 결합층(602, 603)이 적층되어 있다.
- <126> 상기 웨이퍼 플레이트부(F)는 임시 기판인 웨이퍼 플레이트(701) 상면에 희생분리층(702) 및 제2 전도성 웨이퍼 결합층(703)이 순차적으로 적층되어 있다.
- <127> 상기 성장기판부(D), 히트싱크 지지대부(E), 및 웨이퍼 플레이트부(F)의 결합은 각각 제1 전도성 웨이퍼 결합층 간(508/602) 및 제2 전도성 웨이퍼 결합층 간(603/703)의 접합을 통해 일정 압력과 300°C 이상의 온도에서 수행한다.
- <128> 여기서, 웨이퍼 결합의 공정 개스 분위기는 진공, 질소(N₂), 아르곤(Ar) 기체가 바람직하나, 경우에 따라서는 산소(O₂) 기체가 첨가될 수도 있다.
- <129> 도 19는 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 단계로서, 웨이퍼 결합된 샌드위치 복합체로부터 성장기판을 분리시키는 공정을 보인 단면도이다.
- <130> 상기 성장기판(501)을 발광구조체로부터 분리하는 공정 기술은 엑사이머 레이저(excimer laser) 등을 이용한 레이저 리프트 오프(laser lift-off)의 방식으로 할 수도 있으며, 건식 및 습식 식각의 방법으로 할 수도 있다. 특히, 상기 성장기판(501)이 사파이어와 SiC인 경우는 레이저 리프트 오프 방식으로 수행하는 것이 바람직하다. 즉, 상기 성장기판(501)에 일정 영역의 과장을 가지는 엑사이머 레이저빔을 포커싱(focusing)하여 조사하면, 상기 성장기판(501)과 상기 완충층을 포함한 n형 질화물계 클래드층(502)의 경계면에 열에너지가 집중되어 상기 완충층을 포함한 n형 질화물 반도체(502)의 계면이 갈륨(gallium, Ga)과 질소(nitrogen, N) 분자로 열-화학적 분해가 발생하면서 레이저빔이 지나가는 부분에서 순간적으로 성장기판(501)의 분리가 일어난다.
- <131> 도 20은 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 단계로서, 대기에 노출된 n형 질화물계 클래드층 상면에 표면 요철을 형성하는 공정을 보인 단면도이다.

- <132> 상기 대기에 노출된 n형 질화물계 클래드층(502) 상면에 구조적인 모양을 만드는 표면 요철(900)을 도입한다. 이러한 표면 요철(900) 도입은 상기 질화물계 활성층(503)에서 생성된 빛을 외부로 방출시키는데 큰 도움을 주어, 수직구조 발광다이오드 소자의 외부 발광 효율을 상당히 개선할 수 있다.
- <133> 여기서, 표면 요철(900) 도입은 습식 용액을 이용하여 일정한 규칙성이 없는 패턴을 형성하거나, 각종 리소그래피(lithography) 공정으로 패턴을 형성한 후에 식각 공정을 통하여 칩의 표면에 굴곡을 형성하는 방법을 사용하고 있다.
- <134> 도 21은 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 단계로서, 표면 요철이 형성된 n형 질화물계 클래드층 상면에 n형 오믹접촉 전극구조체를 형성하는 공정을 보인 단면도이다.
- <135> 상기 표면 요철(900)이 도입된 n형 질화물계 클래드층(502) 상면에 n형 오믹접촉 전극구조체(1000)를 형성한다. 여기서, n형 오믹접촉 전극구조체(1000) 형성은 마스크를 이용하여 일부 영역 또는 전체 영역에 형성된다. 특히, 상기 n형 질화물계 클래드층(502) 상면에 형성된 n형 오믹접촉 전극구조체(1000)의 위치는 상기 p형 오믹접촉 전극층(510) 내의 커런트 블라킹 영역에 대향 되게 한다.
- <136> 도 22는 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 단계로서, 수직방향으로 절단하는 공정을 보인 단면도이다.
- <137> 완전하게 단일화시킨 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하기 위해서 제1 전도성 웨이퍼 결합층(602), 히트싱크 지지대(601), 제2 전도성 웨이퍼 결합층(603, 703), 희생분리층(702)을 수직방향으로 모두 절단(1100) 한다. 여기서, 상기 임시 기판인 웨이퍼 플레이트(701)가 대기에 노출될 때까지 수행한다.
- <138> 도 23은 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 마지막 단계로서, 상기 임시 기판인 웨이퍼 플레이트로부터 수직구조 발광다이오드 소자를 분리한 후, 히트싱크 지지대 후면에 p형 오믹접촉 전극구조체 및 다이 결합층을 형성시킨 단면도이다.
- <139> 상기 임시 기판인 웨이퍼 플레이트(701)로부터 단일화시킨 다수개의 수직구조 발광다이오드 소자를 분리(lift-off)한 후, 상기 임시 기판인 히트싱크 지지대(601) 후면에 p형 오믹접촉 전극구조체(1200)와 다이 결합층(1300)을 형성한다. 상기 임시 기판인 웨이퍼 플레이트(701)를 분리하는 공정은 강한 에너지를 갖춘 레이저빔을 이용한 열-화학 분해, 습식 식각, 또는 화학-기계적 폴리싱(CMP), 기계적 연마(polishing) 등을 이용한다.
- <140> 도 24는 본 발명에 따라 제조된 단결정 그룹 3족 질화물계 반도체를 이용한 수직구조 발광다이오드 소자를 보인 단면도이다.
- <141> 도 24A를 참조하면, 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대(601) 상면에 두층의 전도성 웨이퍼 결합층(508, 602)에 의해 구조적 및 전기적으로 연결된 발광다이오드 소자용 발광구조체가 형성되어 되어 있다. 여기서, 상기 발광구조체의 p형 질화물계 클래드층(504)과 두층의 전도성 웨이퍼 결합층(508, 602) 사이에 p형 오믹접촉 전극층(510)과 반사성 오믹접촉 전극층(511)을 형성하고 있어, 전기 및 광학적으로 우수한 수직구조 발광다이오드 소자를 제조할 수 있다. 더 나아가서, 상기 p형 오믹접촉 전극층(410)은 커런트 블라킹 영역을 포함하고 있어, n형 오믹접촉 전극구조체(1000)와, 다이 결합층(1300)과 연결된 p형 오믹접촉 전극구조체(1200)를 통해서 외부 전류 주입 시에 상기 n형 오믹접촉 전극구조체(1000) 주위에 전류 집중 현상을 회피할 수 있다.
- <142> 또한, 두층의 소자 패시베이션층(509, 800)에 의해서 상기 발광구조체를 외부의 도전성 물질 및 수분으로부터 완전하게 보호하기 때문에 높은 소자 신뢰성을 확보할 수 있다. 특히, 상기 제2 소자 패시베이션층(800)은 히트싱크 지지대(601) 상면에 있는 제1 전도성 웨이퍼 결합층(602)과 접촉하고 있는 것이 특징이다.
- <143> 또 다른 본 발명에 의해 제조된 수직구조 발광다이오드 소자로서, 도 24B를 참조하면, 기계 가공된 전기전도성 히트싱크 지지대(601) 상면에 두층의 전도성 웨이퍼 결합층(508, 602)에 의해 구조적 및 전기적으로 연결된 발광다이오드 소자용 발광구조체가 형성되어 되어 있다. 여기서, 상기 발광구조체의 p형 질화물계 클래드층(504)과 두층의 전도성 웨이퍼 결합층(508, 602) 사이에 p형 오믹접촉 전극층(510)과 반사성 오믹접촉 전극층(511)을 형성하고 있어, 전기 및 광학적으로 우수한 수직구조 발광다이오드 소자를 제조할 수 있다. 더 나아가서, 상기 p형 오믹접촉 전극층(410)은 커런트 블라킹 영역을 포함하고 있어, n형 오믹접촉 전극구조체(1000)와, 다이 결합층(1300)과 연결된 p형 오믹접촉 전극구조체(1200)를 통해서 외부 전류 주입 시에 상기 n형 오믹접촉 전극구조체(1000) 주위에 전류 집중 현상을 회피할 수 있다.
- <144> 또한, 두층의 소자 패시베이션층(509, 800)에 의해서 상기 발광구조체를 외부의 도전성 물질 및 수분으로부터 완전하게 보호하기 때문에 높은 소자 신뢰성을 확보할 수 있다. 특히, 상기 제2 소자 패시베이션층(800)은 히트

쌍크 지지대(601) 상면에 있는 제1 전도성 웨이퍼 결합층(602)과 떨어져 있는 것이 특징이다.

<145> 한편, 상기에서는 본 발명을 특정의 바람직한 실시예에 관련하여 도시하고 설명하였지만, 이하의 특허청구범위에 의해 마련되는 본 발명의 정신이나 분야를 이탈하지 않는 한도 내에서 본 발명이 다양하게 개조 및 변화될 수 있다는 것을 당업계에서 통상의 지식을 가진 자는 용이하게 알 수 있다.

도면의 간단한 설명

<146> 도 1은 종래기술에 따라 단일화된 단위칩 형태의 그룹 3족 질화물계 수평구조의 발광다이오드 소자 도시한 단면도이고,

<147> 도 2는 종래기술에 따라 단일화된 단위칩 형태의 그룹 3족 질화물계 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 공정을 도시한 도면도이고,

<148> 도 3은 종래기술에 따라 단일화된 단위칩 형태의 그룹 3족 질화물계 수직구조 발광다이오드 소자를 제조하는 공정을 도시한 도면도이고,

<149> 도 4는 본 발명에 의해 제안된 웨이퍼 결합 공정을 통한 그룹 3족 질화물계 반도체를 이용한 수직구조 발광소자 제조에 관한 공정을 보인 개략적인 단면도이고,

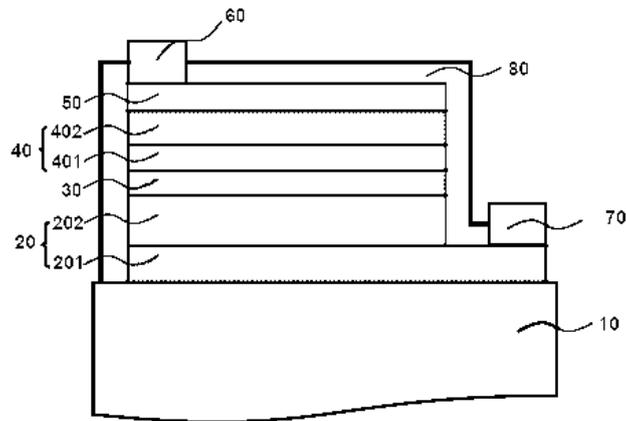
<150> 도 5 내지 14는 본 발명에 따른 제1 실시예로서, 수직구조 발광다이오드 소자 제조 공정을 보인 단면도이고,

<151> 도 15 내지 23은 본 발명에 따른 제2 실시예로서, 수직구조 발광다이오드 소자 제조 공정을 보인 단면도이고,

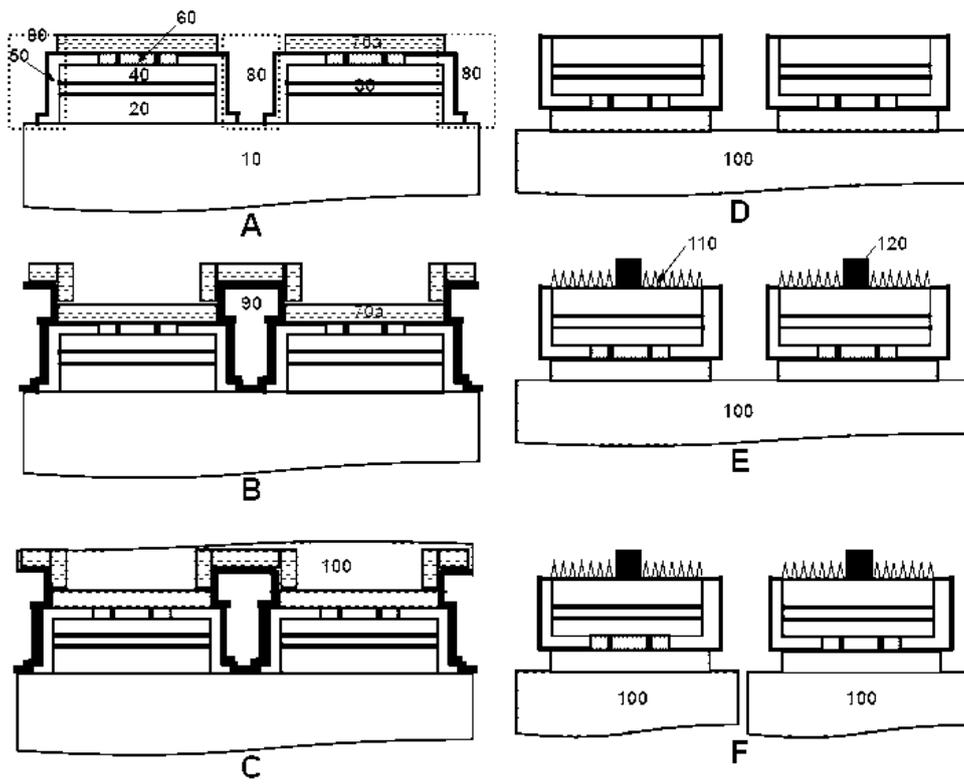
<152> 도 24는 본 발명에 따라 제조된 단결정 그룹 3족 질화물계 반도체를 이용한 수직구조 발광다이오드 소자를 보인 단면도이다.

도면

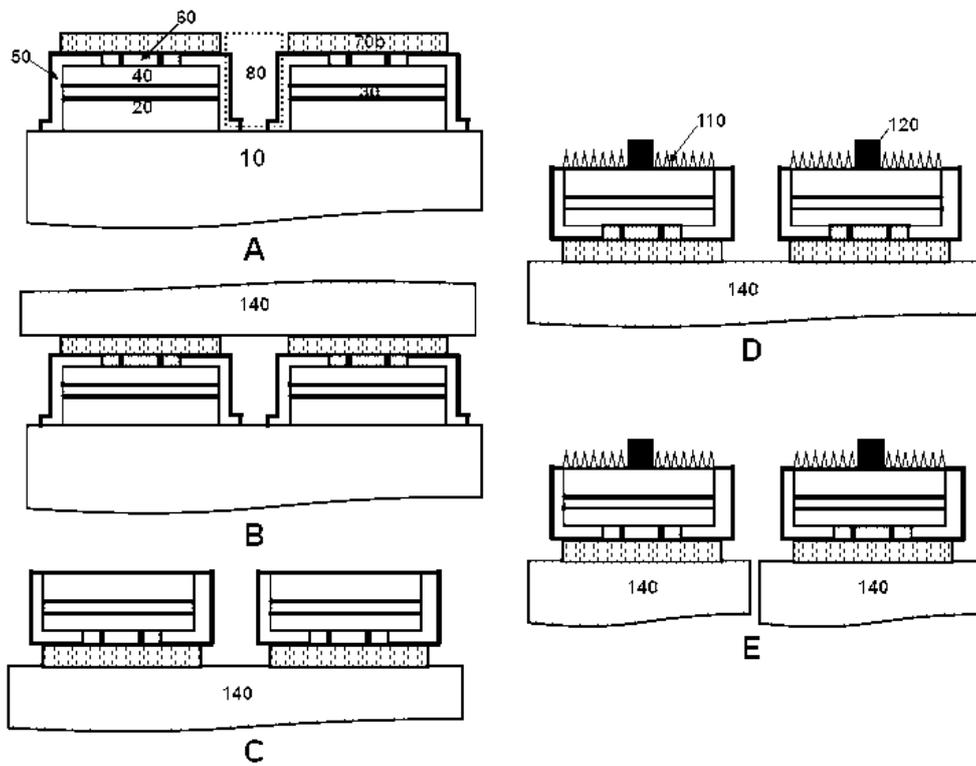
도면1



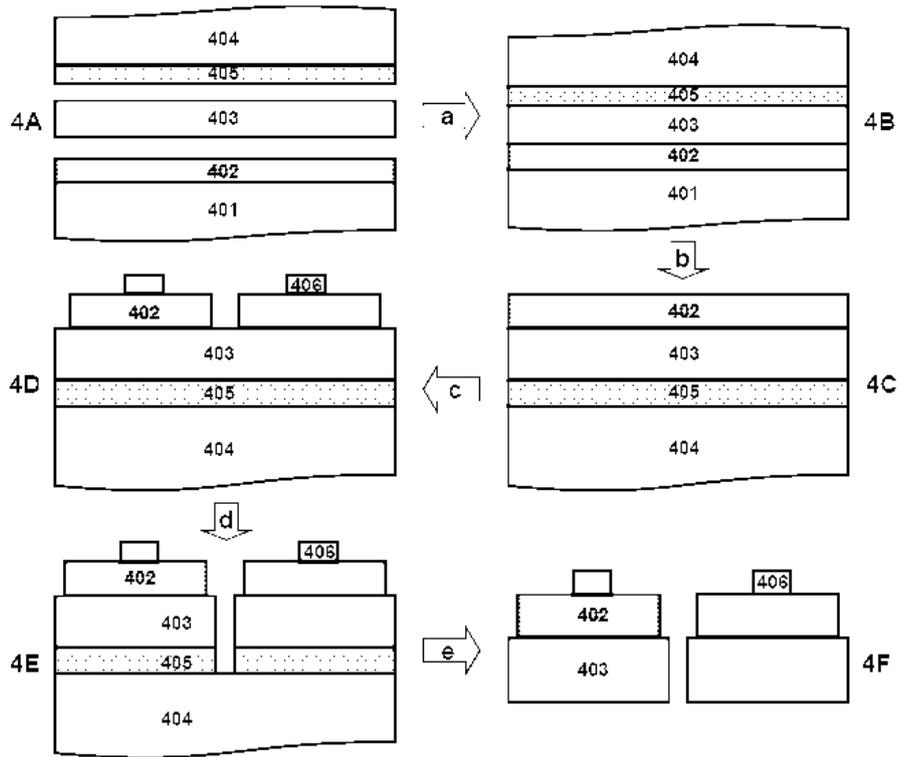
도면2



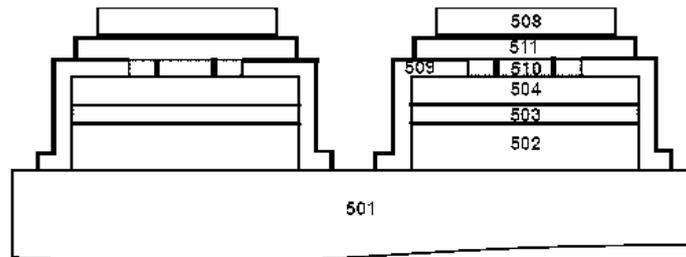
도면3



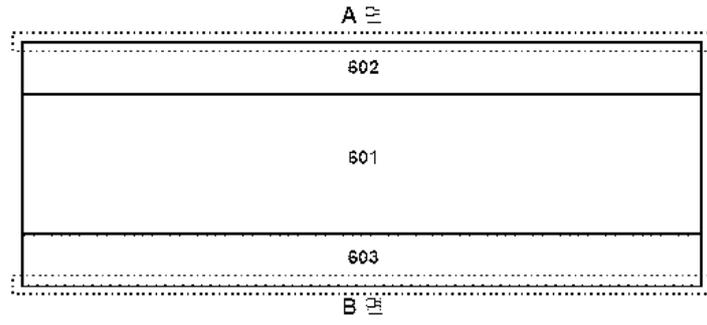
도면4



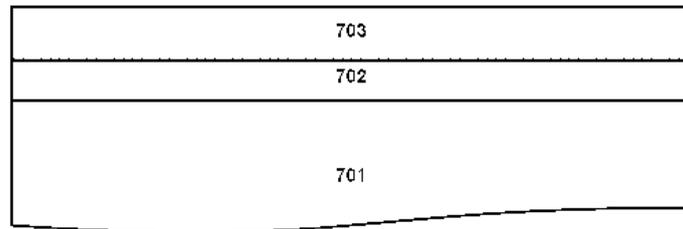
도면5



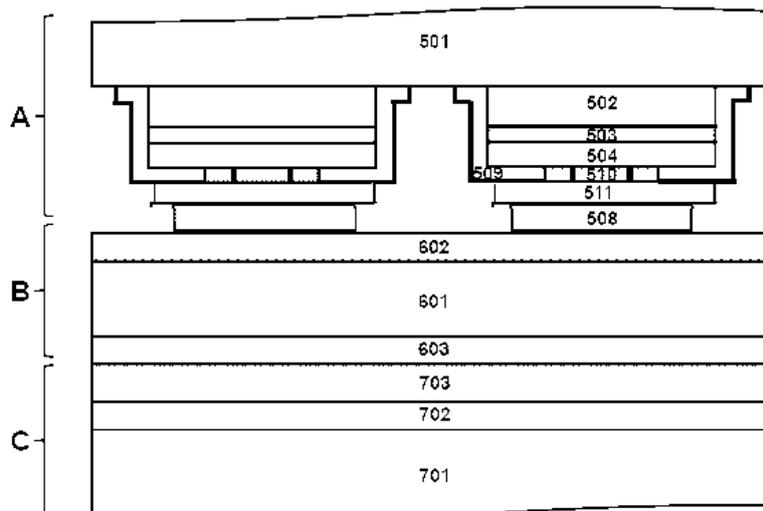
도면6



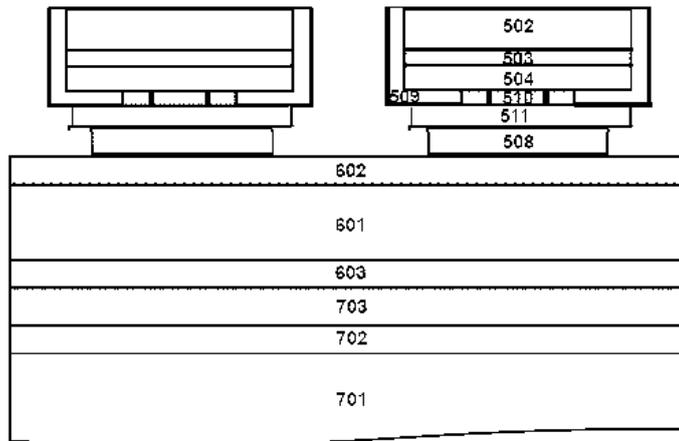
도면7



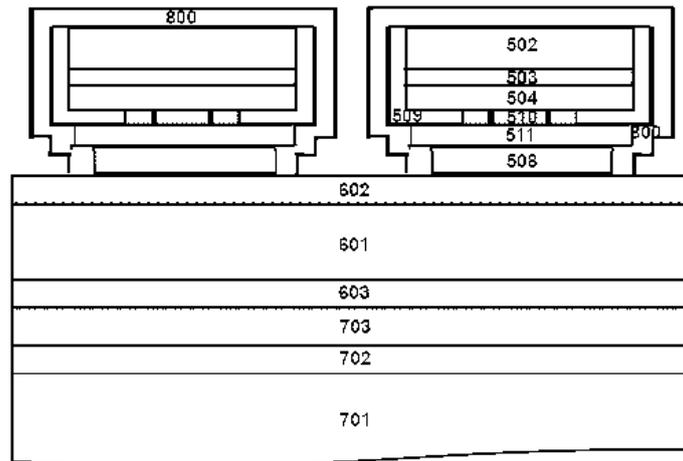
도면8



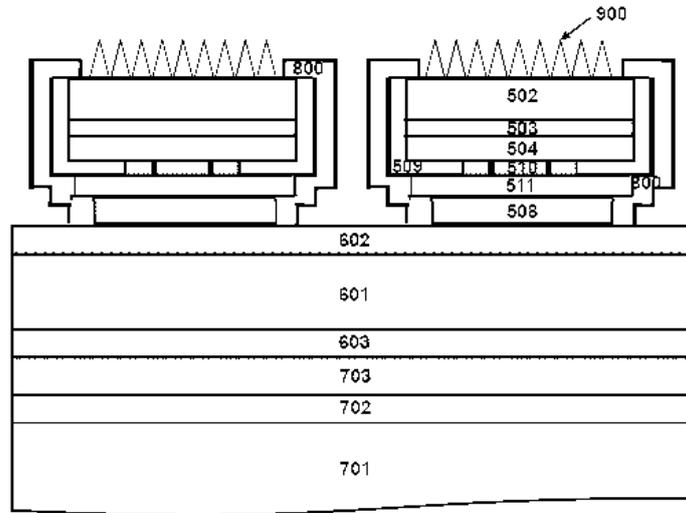
도면9



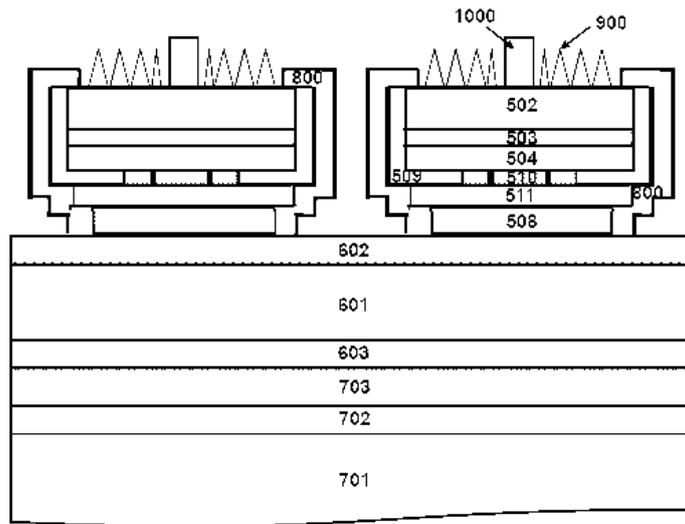
도면10



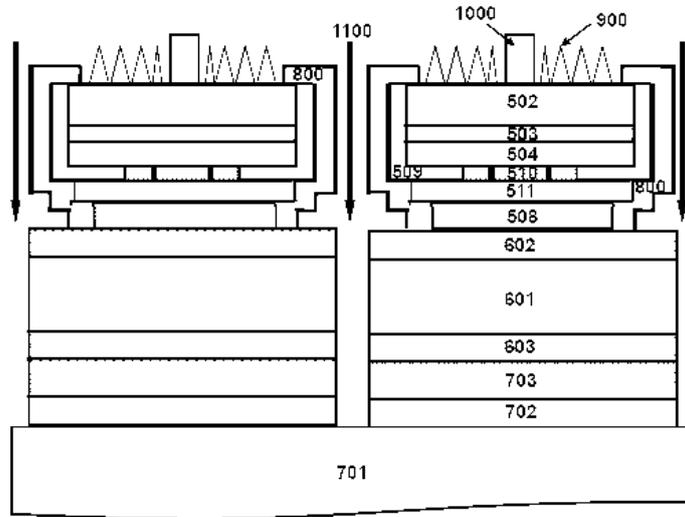
도면11



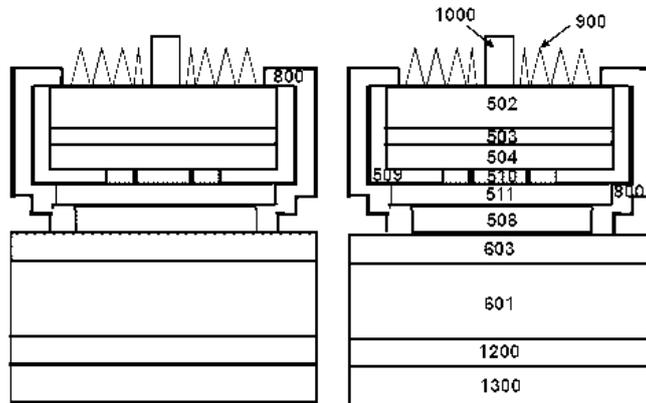
도면12



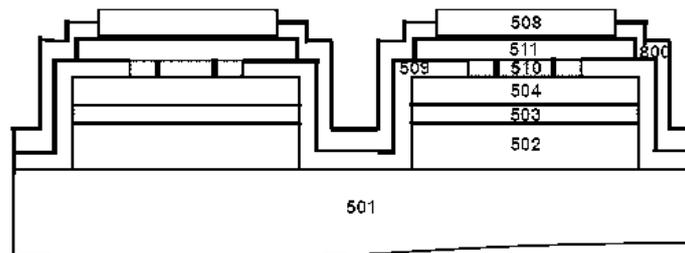
도면13



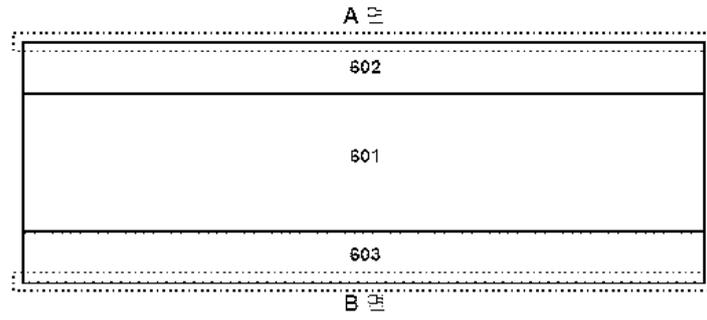
도면14



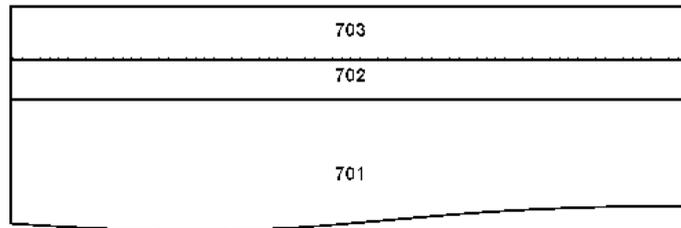
도면15



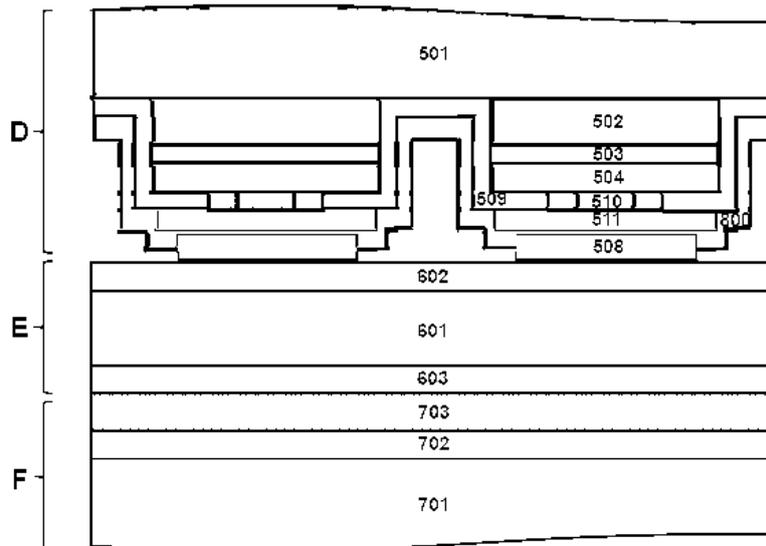
도면16



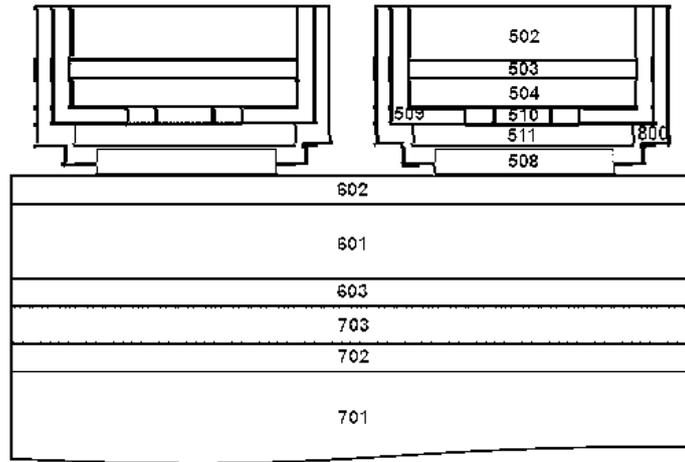
도면17



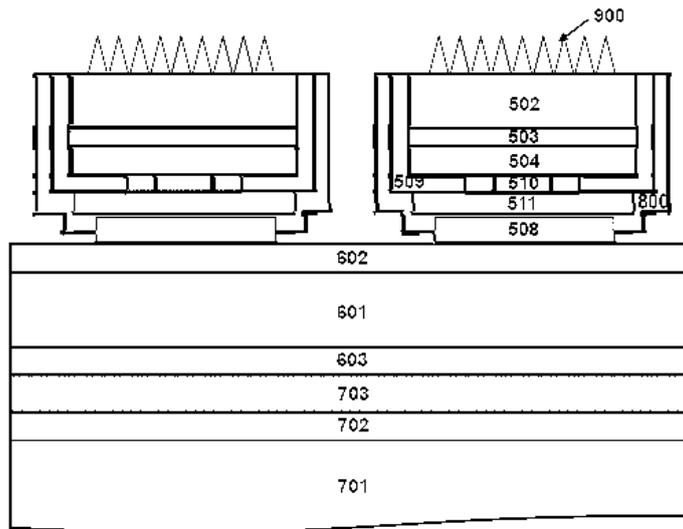
도면18



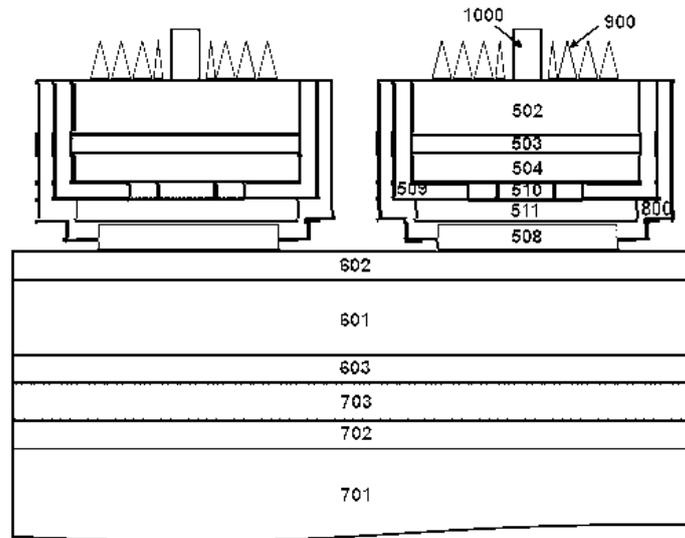
도면19



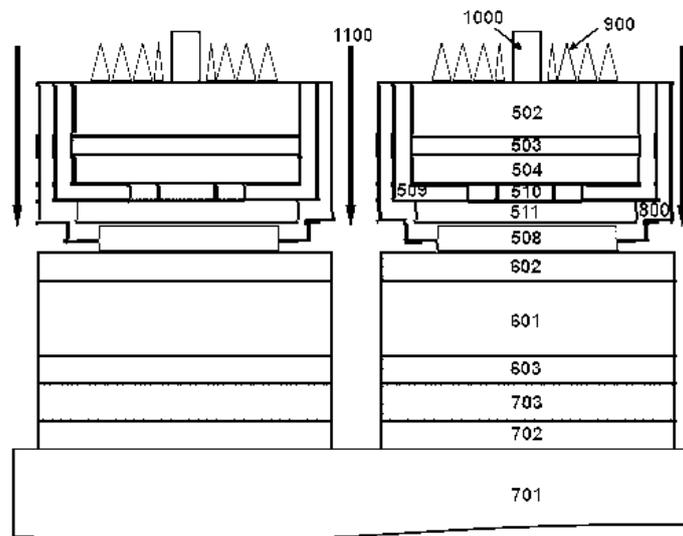
도면20



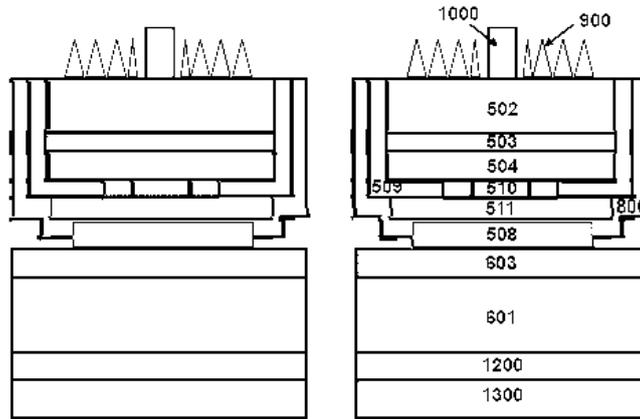
도면21



도면22



도면23



도면24

