



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2016년08월24일  
 (11) 등록번호 10-1650840  
 (24) 등록일자 2016년08월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 H01L 33/10 (2010.01) H01L 33/12 (2010.01)  
 (21) 출원번호 10-2009-0079189  
 (22) 출원일자 2009년08월26일  
 심사청구일자 2014년08월22일  
 (65) 공개번호 10-2011-0021406  
 (43) 공개일자 2011년03월04일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP2005109283 A  
 JP2008147511 A  
 KR1020010042718 A

(73) 특허권자  
 삼성전자주식회사  
 경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)  
 (72) 발명자  
 김준연  
 경기도 화성시 영통로50번길 27, 두산위브아파트  
 109동 903호 (반월동)  
 민복기  
 경기도 수원시 영통구 매탄로140번길 61, 301호  
 (매탄동)  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 18 항

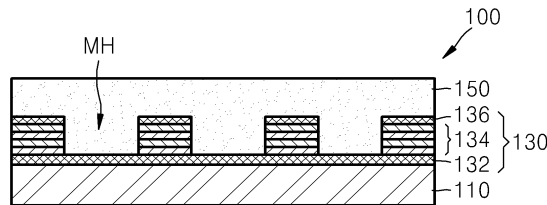
심사관 : 김태연

(54) 발명의 명칭 **발광소자 및 이의 제조방법**

**(57) 요약**

발광소자 및 이의 제조방법이 개시된다. 개시된 발광소자는 실리콘 기판; 상기 실리콘 기판상에 형성된 것으로, 금속성 버퍼층과 패터닝 분산브래그 반사층을 포함하는 반사버퍼층; 상기 반사버퍼층 위에 형성된 GaN 기반의 발광구조층;을 포함한다.

**대표도** - 도1b



(72) 발명자

**홍현기**

경기도 수원시 영통구 효원로 363, 신아파트  
129-1004 (매탄동, 매탄 위브 하늘채)

**이재원**

경기도 수원시 권선구 동수원로146번길 17, 202호  
(곡반정동)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

실리콘 기판;

상기 실리콘 기판상에 형성된 금속성 버퍼층;

상기 금속성 버퍼층 위에 형성된 패터닝 분산브래그 반사층;

상기 패터닝 분산브래그 반사층과 상기 패터닝 분산브래그 반사층의 패터닝 사이의 영역 상에 형성된 질화물계 박막층;

$Al_xGa_{1-x}In_yN$  ( $0 \leq x < 1$ ,  $0 \leq y < 1$ ) 발광층;을 포함하고,

상기 분산브래그 반사층은 복수의 홀을 포함하는 형태로 패터닝되고,

상기 금속성 버퍼층은 상기 분산브래그 반사층과 동일한 형태로 패터닝된 것을 특징으로 하는 발광소자.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 분산브래그 반사층은 SiC, AlN, GaN, BN, BP, AlInGaN, AlBGaN 중에서 선택된 어느 하나의 물질로 이루어진 층과 SiO<sub>2</sub>로 이루어진 층이 교번 적층되어 이루어진 것을 특징으로 하는 발광 소자.

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 질화물계 박막층은  $Al_xGa_{1-x}In_yN$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ )로 이루어진 것을 특징으로 하는 발광 소자.

**청구항 4**

제1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 금속성 버퍼층은 XY물질을 포함하는 단층 또는 다층막 구조로 이루어지며, 여기서, X는 Ti, Cr, Zr, Hf, Nb, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고, Y는 N, B, B<sub>2</sub> 중에서 선택된 어느 하나인 발광소자.

**청구항 5**

삭제

**청구항 6**

제1항에 있어서,

상기 패터닝 분산브래그 반사층 위에, XY물질층이 더 형성되고, 여기서, X는 Ti, Cr, Zr, Hf, Nb, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고, Y는 N, B, B<sub>2</sub> 중에서 선택된 어느 하나인 발광소자.

**청구항 7**

제1항에 있어서,

상기 복수의 홀은 나노 오더의 크기를 가지며, 상기 홀의 내부에 XY물질이 형성되고, 여기서, X는 Ti, Cr, Zr, Hf, Nb, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고, Y는 N, B, B<sub>2</sub> 중에서 선택된 어느 하나인 발광소자.

**청구항 8**

제1항에 있어서,

상기 금속성 버퍼층은 1nm 내지 1 $\mu$ m 범위의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 발광소자.

**청구항 9**

실리콘 기판상에 패터닝된 금속성 버퍼층과 분산브래그 반사층을 포함하는 반사버퍼층을 형성하는 단계;

상기 반사버퍼층 상에 GaN 기반의 발광구조층을 형성하는 단계;를 포함하고,

상기 분산브래그 반사층은 복수의 홀을 포함하는 형태로 패터닝되고,

상기 금속성 버퍼층은 상기 분산브래그 반사층과 동일한 형태로 패터닝된 것을 특징으로 하는 발광소자 제조방법.

**청구항 10**

제9항에 있어서,

상기 반사버퍼층을 형성하는 단계는

상기 실리콘 기판상에 금속성 버퍼층을 형성하는 단계;

상기 금속성 버퍼층 위에 분산브래그 반사층을 형성하는 단계;

상기 분산브래그 반사층에 복수의 홀이 형성되도록 패터닝하는 단계;를 포함하는 발광소자 제조방법.

**청구항 11**

제10항에 있어서,

상기 분산브래그 반사층은,

SiC, AlN, GaN, BN, BP, AlInGa<sub>N</sub>, AlBGaN 중에서 선택된 어느 하나의 물질로 이루어진 층과 SiO<sub>2</sub>로 이루어진 층을 교번 적층하여 형성되는 것을 특징으로 하는 발광소자 제조방법.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기 분산브래그 반사층은 SiC로 이루어진 층과 SiO<sub>2</sub>로 이루어진 층이 교번 적층되어 형성되는 것을 특징으로 하는 발광소자 제조방법.

**청구항 13**

제9항 내지 제 12항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 금속성 버퍼층을 XY물질층을 포함하는 단층 또는 다층막 구조로 형성하며, 여기서, X는 Ti, Cr, Zr, Hf, Nb, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고, Y는 N, B, B<sub>2</sub> 중에서 선택된 어느 하나인 발광소자 제조방법.

**청구항 14**

제10항에 있어서,

상기 분산브래그 반사층을 패터닝하는 단계에서,

상기 금속성 버퍼층을 상기 분산브래그 반사층과 동일한 패턴으로 함께 패터닝하는 것을 특징으로 하는 발광소자 제조방법.

**청구항 15**

제10항에 있어서,

상기 패터닝된 분산브래그 반사층 위에 XY물질층을 형성하는 단계를 더 포함하며, 여기서, X는 Ti, Cr, Zr, Hf, Nb, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고, Y는 N, B, B<sub>2</sub> 중에서 선택된 어느 하나인 발광소자 제조방법.

**청구항 16**

제15항에 있어서,

상기 발광구조층을 형성하는 단계는,

상기 복수의 홀의 내부 및 상기 XY물질층 위로 GaN 기반의 반도체물질을 수직 성장시키는 단계를 포함하는 발광 소자 제조방법.

**청구항 17**

제10항에 있어서,

상기 복수의 홀을 나노 오더의 크기로 형성하는 것을 특징으로 하는 발광소자 제조방법.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

상기 발광구조층을 형성하는 단계는

상기 복수의 홀 내부에 나노로드의 형태로 GaN 기반의 반도체물질을 형성하는 단계;

나노 로드 형태로 성장된 GaN 기반의 반도체물질을 측면 과성장시키는 단계;를 포함하는 발광소자 제조방법.

**청구항 19**

제17항에 있어서,

상기 발광구조층을 형성하는 단계는

상기 복수의 홀의 내부에 XY물질층(여기서, X는 Ti, Cr, Zr, Hf, Nb, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고, Y는 N, B, B2 중에서 선택된 어느 하나임)을 형성하는 단계;

상기 XY물질층로부터 기반의 반도체 물질을 측면 과성장시키는 단계;를 포함하는 발광소자 제조방법.

**발명의 설명**

**발명의 상세한 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 개시는 발광소자 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 실리콘 기판 상에 GaN 기반의 발광소자 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 최근, GaN과 같은 질화물계 반도체는 청자색 발광 다이오드 및 레이저 다이오드와 같은 발광소자 및 고속 스위칭, 고출력소자인 전자소자에 응용되고 있다. GaN 기반의 LED는 주로 2인치 사파이어 기판을 중심으로 제작이 이뤄졌고, 현재 4인치 기판으로 전환 중이나 아직 초기 단계이다.

[0003] LED의 생산량을 늘이고 생산 단가를 낮추는 위해서는 기판의 대구경화가 필요하다. 사파이어 기판의 경우, 가격이 비싸고, 대구경으로 반도체층을 성장 시킬 때, 낮은 열 전도도로 인하여 고온에서 기판이 휘 수 있어 균일도를 유지하기 어렵다.

[0004] 최근, GaN 기반의 발광소자에 사용되는 기판으로, 실리콘 기판을 사용하는 것에 대한 관심이 높아지고 있다. 실리콘 기판의 경우 사파이어 기판이나 실리콘 카바이드(SiC) 기판에 비해 가격이 저렴할 뿐 아니라, 12" 정도의 대구경 웨이퍼의 사용이 가능하여, 원가 절감 및 생산성 증대가 가능하다. 또한, 실리콘 기판은 전도성이 있기 때문에 실리콘 기판의 하면에 전극을 형성하는 구조가 가능하여 공정 단계를 간단해지는 이점도 있다. 또한, 실리콘 기판은 사파이어 기판에 비해 열전도도가 높기 때문에 고온에서 성장하는 GaN 박막 성장 온도에서도 기판의 휨 정도가 크지 않아 8인치 기판에서 균일한 박막 특성이 관찰된다.

[0005] 이와 같은 여러 장점에도 불구하고, 실리콘 기판이 GaN 발광소자의 기판으로 사용되지 못하는 것은 실리콘 기판과 GaN 박막층 간의 극심한 격자상수의 차이 및 열팽창계수의 차이에 의해 높은 전위밀도(dislocation densit

y)와 균열(crack)이 생기기 때문이다. 또한, 실리콘 기판이 발광층에서 생성되는 빛을 흡수하므로, LED의 외부 양자 효율을 낮아지는 점이 문제시된다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

[0006] 본 개시는 실리콘 기판을 사용한 GaN 기반의 발광소자 및 이의 제조방법을 제공하고자 한다.

**과제 해결수단**

- [0007] 실리콘 기판; 상기 실리콘 기판상에 형성된 금속성 버퍼층; 상기 금속성 버퍼층 위에 형성된 패터닝된 분산브래그 반사층; 상기 패터닝된 분산브래그 반사층과 상기 패터닝된 분산브래그 반사층의 패터닝 사이의 영역 상에 형성된 질화물계 박막층;  $Al_xGa_{1-x}In_yN$  ( $0 \leq x < 1$ ,  $0 \leq y < 1$ ) 발광층;을 포함하는 발광소자가 제공된다.
- [0008] 상기 분산브래그 반사층은 SiC, AlN, GaN, BN, BP, AlInGaN, AlBGaN 중에서 선택된 어느 하나의 물질로 이루어진 층과 SiO<sub>2</sub>로 이루어진 층이 교번 적층된 구조를 가질 수 있다.
- [0009] 상기 질화물계 박막층은  $Al_xGa_{1-x}In_yN$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ )로 이루어질 수 있다.
- [0010] 상기 금속성 버퍼층은 XY물질을 포함하는 단층 또는 다층막 구조로 이루어질 수 있으며, 여기서, X는 Ti, Cr, Zr, Hf, Nb, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고, Y는 N, B, B2 중에서 선택된 어느 하나이다.
- [0011] 상기 분산브래그 반사층은 복수의 홀을 포함하는 형태로 패터닝되고, 상기 금속성 버퍼층은 상기 분산브래그 반사층과 동일한 형태로 패터닝될 수 있다.
- [0012] 상기 패터닝된 분산브래그 반사층 위에, XY물질층이 더 형성될 수 있고, 여기서, X는 Ti, Cr, Zr, Hf, Nb, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고, Y는 N, B, B2 중에서 선택된 어느 하나이다.
- [0013] 상기 복수의 홀은 나노 오더의 크기로 형성될 수 있고, 상기 복수의 홀 내부에 XY물질이 형성될 수 있으며, 여기서, X는 Ti, Cr, Zr, Hf, Nb, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고, Y는 N, B, B2 중에서 선택된 어느 하나이다.
- [0014] 상기 금속성 버퍼층은 1nm 내지 1um 범위의 두께를 가질 수 있다.
- [0015] 실리콘 기판상에 금속성 버퍼층과 패터닝된 분산브래그 반사층을 포함하는 반사버퍼층을 형성하는 단계; GaN 기반의 발광구조층을 형성하는 단계;를 포함하는 발광소자 제조방법이 제공된다.
- [0016] 상기 반사버퍼층을 형성하는 단계는 상기 실리콘 기판상에 금속성 버퍼층을 형성하는 단계; 상기 금속성 버퍼층 위에 분산브래그 반사층을 형성하는 단계; 상기 분산브래그 반사층에 복수의 홀이 형성되도록 패터닝하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 분산브래그 반사층은, SiC, AlN, GaN, BN, BP, AlInGaN, AlBGaN, 중에서 선택된 어느 하나의 물질로 이루어진 층과 SiO<sub>2</sub>로 이루어진 층이 교번 적층되어 형성될 수 있다.
- [0018] 상기 분산브래그 반사층은 SiC로 이루어진 층과 SiO<sub>2</sub>로 이루어진 층이 교번 적층되어 형성될 수 있다.
- [0019] 상기 금속성 버퍼층은 XY물질을 포함하는 단층 또는 다층막 구조로 형성될 수 있으며, 여기서, X는 Ti, Cr, Zr, Hf, Nb, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고, Y는 N, B, B2 중에서 선택된 어느 하나이다.
- [0020] 상기 분산브래그 반사층을 패터닝할 때, 상기 금속성 버퍼층을 상기 분산브래그 반사층과 동일한 패턴으로 함께 패터닝할 수 있다.
- [0021] 상기 패터닝된 분산브래그 반사층 위에 XY물질층을 더 형성할 수 있으며, 여기서, X는 Ti, Cr, Zr, Hf, Nb, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고, Y는 N, B, B2 중에서 선택된 어느 하나이다.
- [0022] 상기 발광구조층을 형성하는 단계는, 상기 복수의 홀의 내부 및 상기 XY물질층 위로 GaN 기반의 반도체물질을 수직 성장시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 복수의 홀을 나노 오더의 크기로 형성할 수 있다.
- [0024] 상기 발광구조층을 형성하는 단계는 상기 복수의 홀 내부에 나노 로드의 형태로 GaN 기반의 반도체물질을 형성하는 단계; 나노 로드 형태로 성장된 GaN 기반의 반도체물질을 측면 과성장시키는 단계;를 포함할 수 있다.

[0025] 상기 발광구조층을 형성하는 단계는 상기 복수의 홀의 내부에 XY물질을 형성하는 단계; 상기 XY물질로부터 GaN 기반의 반도체물질을 측면 과성장시키는 단계;를 포함할 수 있으며, 여기서, X는 Ti, Cr, Zr, Hf, Nb, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고, Y는 N, B, B2 중에서 선택된 어느 하나이다.

**효과**

[0026] 상술한 GaN 기반의 발광소자는 금속성 버퍼층과 패턴된 분산브래그 반사층과 포함하는 반사버퍼층을 구비하고 있어, 실리콘 기판에 의한 광흡수가 줄어들어 광추출 효율이 높다.

[0027] 상술한 발광소자 제조방법에 의하면, 우수한 박막 품질을 가지며 광효율이 높은 발광소자를 대면적 웨이퍼에 구현할 수 있어 생산성이 증대된다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

[0028] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예의 구성과 작용을 상세히 설명하기로 한다. 이하의 도면들에서 동일한 참조부호는 동일한 구성요소를 지칭하며, 도면상에서 각 구성요소의 크기는 설명의 명료성과 편의상 과장되어 있을 수 있다.

[0029] 도 1a는 일 실시예에 의한 발광소자의 개략적인 구조를 보이는 사시도이고, 도 1b는 도 1a에 대한 부분 단면도이다. 도면들을 참조하면, 발광소자(100)는 실리콘 기판(110), 실리콘 기판(110)상에 형성된 반사버퍼층(130), 반사버퍼층(130) 위에 형성된 GaN 기반의 발광구조층(150)을 포함한다.

[0030] 반사버퍼층(130)은 실리콘 기판(110) 상에 발광구조층(150)을 이루는 GaN 기반의 반도체 물질층을 형성할 때 발생할 수 있는 균열을 줄이고 발광구조층(150)에서 생성된 광이 실리콘 기판(110)에 흡수되는 것을 줄이기 위해 마련된 것이다. 이를 위하여, 반사버퍼층(130)은 금속성 버퍼층(132)과 패턴된 분산브래그 반사층(134)을 포함한다.

[0031] 분산브래그 반사층(134)은 굴절률의 주기적 배열 구조에 의한 빛의 반사를 이용하는 것이다. 이를 구성하는 물질로는 일반적으로 SiO<sub>2</sub>와 TiO<sub>2</sub>가 교번 적층된 구조가 많이 사용되지만, 본 실시예에서는 GaN 박막 성장시 요구되는 고온 공정을 고려하여, 고온, 예를 들어, 대략 1000℃ 내지 1200℃의 범위의 온도에서의 열처리에 대해 변성이 거의 없는 물질로 분산브래그 반사층(134)을 구성한다. 이에 대해서는 도 2의 그래프와 함께 후술한다. 분산브래그 반사층(134)은 에너지 밴드갭이 대략 2.5eV보다 큰 반도체 물질을 포함한다. 다만, 이것은 발광층(154)에서 청색대역의 파장의 광이 생성되는 경우를 가정한 것이며, 발광층(154)에서 생성되는 광의 파장 대역에 따라 분산브래그 반사층(134)에 포함되는 반도체 물질의 에너지 밴드갭 범위는 적절히 조절될 수 있다. 분산브래그 반사층(134)은 SiC, AlN, GaN, BN, BP, AlInGaN, AlBGaN 중에서 선택된 어느 하나의 물질로 이루어진 층과 SiO<sub>2</sub>로 이루어진 층이 교번 적층되어 이루어질 수 있다. 예를 들어, SiC로 이루어진 층과 SiO<sub>2</sub>로 이루어진 층이 교번 적층되어 이루어질 수 있다. 분산브래그 반사층(134)의 도시된 층 수는 예시적인 것이며, 구체적인 반사율 특성을 고려하여, 적절히 선택될 수 있다. 분산브래그 반사층(134)은 또한, 복수의 홀(MH)을 구비하는 형태로 패터닝 되어 있다. 이와 같은 홀(MH)을 형성한 것은 분산브래그 반사층(134)은 전도성이 없고 비정질(amorphous) 상태로 증착이 되어, 분산브래그 반사층(134) 위에 GaN 결정성 박막을 성장시키기 어렵기 때문이다. 복수의 홀(MH)은 대략 수 내지 수십 마이크로미터 정도의 크기로 형성될 수 있으며, 예를 들어 대략 1μm 내지 10μm 범위의 직경을 가질 수 있다. 홀의 크기가 작아질수록 GaN 반도체 물질의 결정 결함이 적은(crack free) 두께를 두껍게 할 수 있다.

[0032] 금속성 버퍼층(132)은 분산브래그 반사층(134)의 반사 특성을 보조하며, 또한, GaN 박막 성장을 위한 버퍼 물질로서 마련되는 것이다. 분산브래그 반사층(134)의 반사 특성은 입사각에 대한 의존도가 높는데, 금속성 버퍼층(132)을 함께 사용하는 경우, 입사각에 대한 반사 특성 의존도가 다소 완화된다. 이에 대해서는 도 3의 그래프와 함께 후술한다. 금속성 버퍼층(132)의 재질로는 실리콘 기판(110)과의 열팽창계수의 차이와 격자상수의 차이가 적은 물질을 채용할 수 있다. 금속성 버퍼층(132)은 XY물질을 포함하는 단층 또는 다층막 구조로 이루어질 수 있으며, 대략 1nm 에서 1μm 범위의 두께를 가질 수 있다. 여기서, X는 Ti, Cr, Zr, Hf, Nb, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고, Y는 N, B, B2 중에서 선택된 어느 하나이다.

[0033] 패턴된 분산브래그 반사층(134) 위에 XY물질층(136)이 더 형성될 수 있다. 여기서, X는 Ti, Cr, Zr, Hf, Nb, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고, Y는 N, B, B2 중에서 선택된 어느 하나이다. XY물질층(136)의 재질로 GaN보다 격자 상수가 작은 물질을 채용하는 경우, 이 위에 형성되는 GaN 박막이 압축 스트레인(compressive strain)을 받게 되며, 고온 조건에서 성장된 GaN 박막이 저온으로 냉각될 때 받는 인장 스트레인(tensile strain)을 보상



하게 된다. XY물질층(136)의 재질은 금속성 버퍼층(132)의 재질로 선택된 XY물질과 동일할 수도 있고, 다를 수도 있다.

[0034] 이와 같은 구조에서, 복수의 홀(MH) 내부와 XY물질층(136) 상면에서 GaN기반의 반도체 물질의 수직 성장이 가능해진다.

[0035] 발광구조층(150)은 분산브래그 반사층(134)상의 영역 및 분산브래그 반사층(134)의 패턴 사이의 영역에 마련된 질화물계 박막층과, 발광층(154)을 포함한다. 질화물계 박막층은  $Al_xGa_{1-x}In_yN$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ )으로 이루어질 수 있으며, 발광층(154)은  $Al_xGa_{1-x}In_yN$  ( $0 \leq x < 1$ ,  $0 \leq y < 1$ ) 층을 포함하여 이루어질 수 있다. 보다 구체적으로, 발광구조층(150)은 n-GaN 층(152), 발광층(154), p-GaN층(156)을 포함한다. 발광층(154)은 GaN계열의 III-V족 질화물 반도체로 이루어질 수 있으며, 예를 들어, InGaN/GaN, InGaN/InGaN, InGaN/AlGaN 또는 InGaN/InAlGaN의 단일양자우물구조 또는 다중양자우물구조로 이루어질 수 있다. p-GaN층(156), n-GaN층(152)은 GaN 기반의 반도체물질, 예를 들어  $Al_xGa_{1-x}In_yN$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ )층의 성장시에 p형 불순물, n형 불순물을 각각 도핑하여 형성한다.

[0036] 전극층(170,180)은 발광층(154)에서 전자 정공 결합이 일어나도록 전원을 인가하는 것으로, 실리콘 기판(110)의 하면과 p-GaN층(156)의 상면에 마련된다. 실리콘 기판(110)이 전도성이 있기 때문에, 전극층(170)을 실리콘 기판(110)의 일면에 마련할 수 있는 것이다. 예를 들어, 전도성이 없는 사파이어 기판을 사용하여 발광구조물을 형성한 경우에는 사파이어 기판을 발광구조물로부터 분리하는 공정이 더 필요하다는 불편함이 있다.

[0037] 도면에서는 수직(vertical) 구조, 즉, 하부의 전극층(170)이 실리콘 기판(110)의 하면에 배치된 구조로 도시하였지만, 이는 예시적인 것이며, 이에 한정되지 않는다. 수평(lateral) 구조를 채용하는 것도 가능한데, 즉, 반사버퍼층(130)과 발광구조층(150)의 측면 일부를 식각하여 드러나는 실리콘 기판(110)의 상면에 전극층(170)을 배치하는 것도 가능하다.

[0038] 도 2는 분산브래그 반사층의 반사율 특성을 열처리 전, 후에 대하여 보인 그래프이다. 발명자는 MOCVD 공정에 수반되는 고온 조건에서 SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, SiC의 박막품질 변화를 실험적으로 관찰하였는데, SiO<sub>2</sub>나 SiC의 경우 변성이 거의 없는 반면, TiO<sub>2</sub>는 열처리에 의해 박막 품질이 열화되는 것을 확인하였다. 그래프는 이러한 실험 결과를 반사율 그래프로 나타낸 것이다. 그래프에서는 분산브래그 반사층을 SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>로 구성한 경우와, SiO<sub>2</sub>/SiC로 구성한 경우를 비교하여 보이고 있다. 열처리 조건은 MOCVD 반응기 내에서 1100℃에서 H<sub>2</sub> 분위기 20분, NH<sub>3</sub> 분위기 20분이다. SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>로 구성된 경우, as-dep 상태의 반사율 특성이 열처리 후 현저하게 저하되는 것을 볼 수 있다. 반면, SiO<sub>2</sub>/SiC의 경우 열처리 전후의 반사율 특성 변화가 미미하다.

[0039] 도 3은 비교예와 실시예에 대하여 반사버퍼층의 입사각에 따른 반사율 특성을 보인 그래프이다. 실시예는 반사버퍼층(130)이 분산브래그 반사층(134)과 금속성 버퍼층(132)으로 이루어진 경우이며, 비교예에서는 금속성 버퍼층을 채용하지 않은 경우이다. 비교예의 경우 입사각에 따라 반사율 특성이 다르며, 반사율이 0인 입사각이 존재하는 것으로 나타난다. 발광층(154)에서 생성되는 광이 방향성이 없이 랜덤한 방향으로 출사됨을 고려할 때, 이와 같은 현상은 광추출효율 저하의 원인이 됨을 알 수 있다. 실시예의 경우, 입사각에 따른 반사율 특성 변화가 크게 줄어든 것을 볼 수 있다.

[0040] 이와 같이, 상술한 구조의 반사버퍼층(130)을 사용함으로써 발광층(154)에서 생성된 광이 실리콘 기판(110)에 흡수되지 않고 반사버퍼층(130)에서 반사되어 외부로 방출될 수 있어 외부 양자 효율이 높아진다. 또한, 실리콘 기판(110)을 사용하면서도 균열이 적은 박막 성장이 가능하고, 전극층(170,180) 형성 공정이 용이해진다.

[0041] 이하, 도 1a, 도 1b에서 설명한 발광소자와 유사한 성능을 가질 수 있는 발광소자에 대한 다양한 실시예들을 살펴보기로 한다.

[0042] 도 4는 다른 실시예에 의한 발광소자(200)의 개략적인 구조를 보이는 단면도이다. 발광소자(200)는 실리콘 기판(110), 반사버퍼층(230), 발광구조층(150)을 포함한다. 반사버퍼층(230)은 금속성버퍼층(232), 복수의 홀(MH)을 갖는 형태로 패턴된 분산브래그 반사층(234)을 구비하며, 금속성 버퍼층(232)이 분산브래그 반사층(234)과 동일한 형태로 패턴되어 있다. 또한, 분산브래그 반사층(234) 위에는 XY물질층(236)이 형성되어 있다. 이와 같은 구조의 경우, 홀(MH) 내부에서 금속성 버퍼층(232) 위로 GaN 박막이 성장되는 구조가 아니기 때문에, 금속성 버퍼층(232)을 결정질로 형성하지 않아도 된다는 편리함이 있다. 발광구조층(150)을 형성하기 위해, 홀(MH)의 내부 하면에 버퍼 물질로 AlN층을 더 형성할 수 있다.

[0043] 도 5는 다른 실시예에 의한 발광소자(300)의 개략적인 구조를 보이는 단면도이다. 발광소자(300)는 실리콘 기판



(110), 반사버퍼층(330), 발광구조층(150)을 포함한다. 반사버퍼층(330)은 금속성 버퍼층(332)과 분산브래그 반사층(334)을 구비하며, 분산브래그 반사층(334)은 나노 오더의 크기를 갖는 복수의 홀(NH)을 구비하는 형태로 패턴되어 있다. 홀(NH)은 대략 10nm 내지 1 $\mu$ m 범위의 직경을 가질 수 있으며, 예를 들어, 대략 100nm 정도의 직경을 가질 수 있다. 이와 같은 구조에서, 발광구조층(150)은 복수의 홀(NH)의 내부에 나노로드의 형태로 GaN 박막을 성장시키고, 측면 과성장(epitaxial lateral overgrowth, ELOG) 시키는 과정에 의해 형성될 수 있다.

[0044] 도 6은 다른 실시예에 의한 발광소자(400)의 개략적인 구조를 보이는 단면도이다. 발광소자(400)는 실리콘 기판(110), 반사버퍼층(430), 발광구조층(150)을 포함한다. 반사버퍼층(430)은 금속성 버퍼층(432), 복수의 홀(NH)을 갖는 형태로 패턴된 분산브래그 반사층(434)을 구비하며, 금속성 버퍼층(432)은 분산브래그 반사층(434)과 동일한 형태로 패턴되어 있다. 이와 같은 구조의 경우, 홀(NH) 내부에서 금속성 버퍼층(432) 위로 GaN 박막이 성장되는 구조가 아니기 때문에, 금속성 버퍼층(432)을 결정질로 형성하지 않아도 된다는 편리함이 있다. 나노로드의 형태로 GaN 물질을 성장시키는 경우, 실리콘 기판(110)과의 격자상수의 차이나 열팽창계수의 차이에 의한 영향을 덜 받는 것이 알려져 있다.

[0045] 도 7은 다른 실시예에 의한 발광소자(500)의 개략적인 구조를 보이는 단면도이다. 발광소자(500)는 실리콘 기판(110), 반사버퍼층(530), 발광구조층(150)을 포함한다. 반사버퍼층(530)은 금속성 버퍼층(532), 복수의 홀을 갖는 형태로 패턴된 분산브래그 반사층(534)을 구비하며, 복수의 홀 내부에는 XY물질층(535)이 형성된다. 이러한 구조에서, XY물질층(535)로부터 측면 과성장(ELOG)에 의한 GaN 박막 형성이 가능해진다. XY물질층(535)의 재질은 금속성 버퍼층(532)의 재질로 선택된 XY물질과 동일할 수도 있고 다를 수도 있다.

[0046] 도 8은 다른 실시예에 의한 발광소자(600)의 개략적인 구조를 보이는 단면도이다. 발광소자(600)는 실리콘 기판(110), 반사버퍼층(630), 발광구조층(150)을 포함한다. 반사버퍼층(630)은 금속성 버퍼층(632), 복수의 홀을 갖는 형태로 패턴된 분산브래그 반사층(634)을 구비한다. 금속성 버퍼층(632)은 패턴된 분산브래그 반사층(634)과 동일한 형태로 패턴되어 있다. 복수의 홀 내부에는 XY물질층(635)이 형성되어 있고, 이로부터, 측면 과성장(ELOG)에 의한 GaN 박막 성장이 가능하다.

[0047] 도 9a 내지 도 9e는 일 실시예에 의한 발광소자 제조방법을 설명하는 도면들이다. 도 9a를 참조하면, 실리콘 기판(110) 위에 금속성 버퍼층(132), 분산브래그 반사층(134)을 형성한다. 금속성 버퍼층(132)은 실리콘 기판(110)과의 격자상수 차이나 열팽창 계수 차이가 적은 물질로 형성하며, 예를 들어, XY물질을 포함하는 단층 또는 다층막 구조로 이루어질 수 있다. 여기서, X는 Ti, Cr, Zr, Hf, Nb, Ta 중에서 선택된 어느 하나이고, Y는 N, B, B2 중에서 선택된 어느 하나이다. 금속성 버퍼층(132)은 대략 1nm 에서 1 $\mu$ m 범위의 두께를 가질 수 있다. 분산브래그 반사층(134)의 재질로는 이후에 있을 GaN 기반의 반도체 물질의 성장 공정에서 MOCVD에 의한 고온 조건에서 변성이 적은 물질을 채용할 수 있다. 예를 들어, SiC, AlN, GaN, BN, BP, AlInGaN, AlBGaN 중에서 선택된 어느 하나의 물질로 이루어진 층과 SiO<sub>2</sub>로 이루어진 층을 교번 적층함으로써 형성될 수 있다. SiO<sub>2</sub>/SiC로 형성된 경우, SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> 구조와 비교할 때, 고온 공정후 반사율 특성 변화가 매우 적음을 전술한 바 있다.

[0048] 다음, 도 9b와 같이 분산브래그 반사층(134)을 패터닝하여 분산브래그 반사층(134)에 복수의 홀(MH)을 형성한다. 홀(MH)의 직경은 대략 수 내지 수십 마이크로미터 정도로, 예를 들어 1 $\mu$ m 내지 10 $\mu$ m 범위로 형성할 수 있다.

[0049] 다음, 도 9c와 같이 패턴된 분산브래그 반사층(134) 위로 XY물질층(136)을 형성한다. 이 단계는 도 9b의 단계와 순서가 바뀔 수도 있는데, 즉, 분산브래그 반사층(134)위에 XY물질층(136)을 증착한 후, 분산브래그 반사층(134)과 XY물질층(136)을 함께 패터닝하는 것도 가능하다.

[0050] 다음, 도 9d와 같이 XY물질층(136)의 상면 및 홀(MH)의 내부에 GaN 기반의 반도체 물질(150')을 수직 성장시킴으로써, 도 9e와 같은 구조의 발광소자(100)가 제조된다.

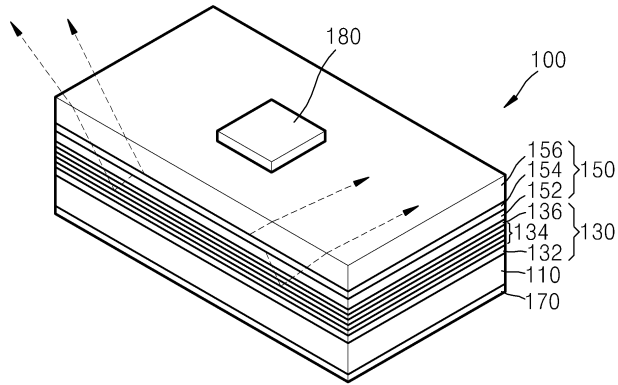
[0051] 도 10a 내지 도 10e는 다른 실시예에 의한 발광소자 제조방법을 설명하는 도면들이다. 도 10a를 참조하면, 실리콘 기판(110) 위에 금속성 버퍼층(232), 분산브래그 반사층(234)을 형성한다. 다음, 도 10b와 같이 분산브래그 반사층(234)과 금속성 버퍼층(232)을 함께 패터닝하여 복수의 홀(MH)을 형성한다. 홀(MH)의 직경은 대략 수 마이크로미터 정도로 형성할 수 있다. 다음, 도 10c와 같이 패턴된 분산브래그 반사층(234) 위로 XY물질층(236)을 형성한다. 이 단계는 도 9b의 단계와 순서가 바뀔 수도 있는데, 즉, 분산브래그 반사층(234)위에 XY물질층(236)을 증착한 후, 분산브래그 반사층(234), 금속성 버퍼층(232), XY물질층(236)을 함께 패터닝하는 것도 가능하다. 다음, 도 9d와 같이 XY물질층(236)의 상면 및 홀(MH)의 내부에 GaN 기반의 반도체 물질(150')을 수직 성장시킴으로써, 도 9e와 같은 구조의 발광소자(200)가 제조된다.

- [0052] 도 11a 내지 도 11d는 다른 실시예에 의한 발광소자 제조방법을 설명하는 도면들이다. 도 11a를 참조하면, 실리콘 기판(110) 위에 금속성 버퍼층(332), 분산브래그 반사층(334)을 형성한다. 다음, 도 11b와 같이 분산브래그 반사층(334)을 패터닝하여 복수의 홀(NH)을 형성한다. 홀(NH)의 직경은 나노 오더의 크기를 가지며, 대략 10nm에서 1um 범위의 크기를 가질 수 있다. 다음, 도 11c와 같이 홀의 내부에 나노로드 형태로 GaN 기반의 반도체물질(150')을 성장시키고, 측면 과성장(ELOG)시킨다. 도 11d와 같은 구조의 발광소자(300)가 제조된다.
  - [0053] 도 12a 내지 도 12c는 다른 실시예에 의한 발광소자 제조방법을 설명하는 도면들이다. 도 12a를 참조하면, 실리콘 기판(110) 위에 금속성 버퍼층(432), 분산브래그 반사층(434)이 형성되며, 금속성 버퍼층(432)과 분산브래그 반사층(434)이 동일한 패턴으로 패터닝되어 복수의 홀(NH)을 형성하고 있다. 다음, 도 12b와 같이 홀의 내부에 나노로드 형태로 GaN 기반의 반도체물질(150')을 성장시키고, 측면 과성장(ELOG) 시킴으로써 도 12c와 같은 발광소자(400)가 제조된다.
  - [0054] 도 13a 내지 도 13d는 다른 실시예에 의한 발광소자 제조방법을 설명하는 도면들이다. 도 13a를 참조하면, 실리콘 기판(110) 위에 금속성 버퍼층(532), 분산브래그 반사층(534)이 형성되며, 분산브래그 반사층(534)이 패터닝되어 복수의 홀(NH)을 형성하고 있다. 다음, 도 13b와 같이, 홀의 내부에 XY물질층(535)을 형성한다. XY물질층(535)의 재질은 금속성 버퍼층(532)을 이루는 XY물질과 동일할 수도 있고 다를 수도 있다. 다음, 도 13c와 같이, XY물질층(535)으로부터 GaN 기반의 반도체물질(150')을 측면 과성장(ELOG) 시킴으로써 도 13c와 같은 발광소자(500)가 제조된다.
  - [0055] 도 14a 내지 도 14d는 다른 실시예에 의한 발광소자 제조방법을 설명하는 도면들이다. 도 14a를 참조하면, 실리콘 기판(110) 위에 금속성 버퍼층(632), 분산브래그 반사층(634)이 형성되며, 분산브래그 반사층(634)과 금속성 버퍼층(632)이 동일한 패턴으로 패터닝되어 복수의 홀(NH)을 형성하고 있다. 다음, 도 14b와 같이, 홀의 내부에 XY물질층(635)을 형성하고, 다음, 도 13c와 같이, XY물질층(635)으로부터 GaN 기반의 반도체물질(150')을 측면 과성장(ELOG) 시킴으로써 도 14c와 같은 발광소자(600)가 제조된다.
  - [0056] 이러한 본원 발명인 발광소자 및 이의 제조방법은 이해를 돕기 위하여 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 분야에서 통상적 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의해 정해져야 할 것이다.
- 도면의 간단한 설명**
- [0057] 도 1a는 일 실시예에 의한 발광소자의 개략적인 구조를 보이는 사시도이고, 도 1b는 도 1a에 대한 부분 단면도이다.
  - [0058] 도 2는 다른 실시예에 의한 발광소자의 개략적인 구조를 보이는 단면도이다.
  - [0059] 도 3은 다른 실시예에 의한 발광소자의 개략적인 구조를 보이는 단면도이다.
  - [0060] 도 4는 다른 실시예에 의한 발광소자의 개략적인 구조를 보이는 단면도이다.
  - [0061] 도 5는 다른 실시예에 의한 발광소자의 개략적인 구조를 보이는 단면도이다.
  - [0062] 도 6은 다른 실시예에 의한 발광소자의 개략적인 구조를 보이는 단면도이다.
  - [0063] 도 7은 분산브래그 반사층의 반사율 특성을 열처리 전, 후에 대하여 보인 그래프이다.
  - [0064] 도 8은 비교예와 실시예에 대하여 반사버퍼층의 입사각에 따른 반사율 특성을 보인 그래프이다.
  - [0065] 도 9a 내지 도 9e는 일 실시예에 의한 발광소자 제조방법을 설명하는 도면들이다.
  - [0066] 도 10a 내지 도 10e는 다른 실시예에 의한 발광소자 제조방법을 설명하는 도면들이다.
  - [0067] 도 11a 내지 도 11d는 다른 실시예에 의한 발광소자 제조방법을 설명하는 도면들이다.
  - [0068] 도 12a 내지 도 12c는 다른 실시예에 의한 발광소자 제조방법을 설명하는 도면들이다.
  - [0069] 도 13a 내지 도 13d는 다른 실시예에 의한 발광소자 제조방법을 설명하는 도면들이다.
  - [0070] 도 13a 내지 도 13d는 다른 실시예에 의한 발광소자 제조방법을 설명하는 도면들이다.
  - [0071] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

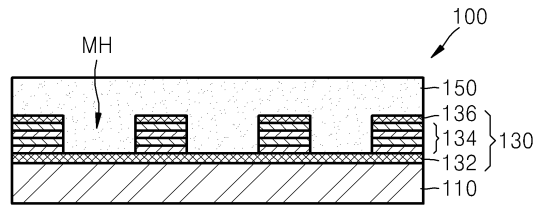
- [0072] 100, 200, 300, 400, 500, 600... 발광소자
- [0073] 110... 실리콘 기판    150... 발광구조층
- [0074] 130, 230, 330, 430, 530, 630... 반사버퍼층
- [0075] 132, 232, 332, 432, 532, 632... 금속성 버퍼층
- [0076] 134, 234, 334, 434, 534, 634... 분산브래그 반사층
- [0077] 136, 236, 535, 635... XY물질층

**도면**

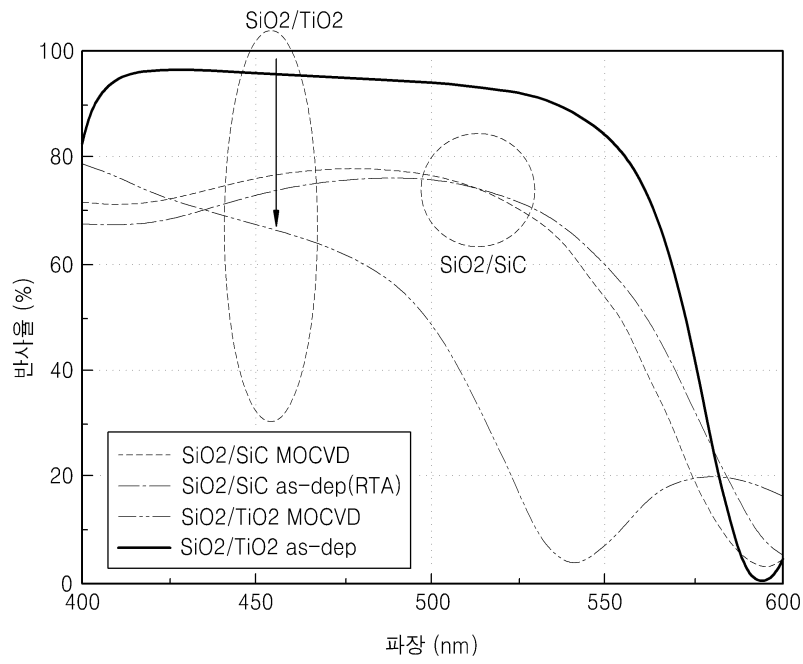
**도면1a**



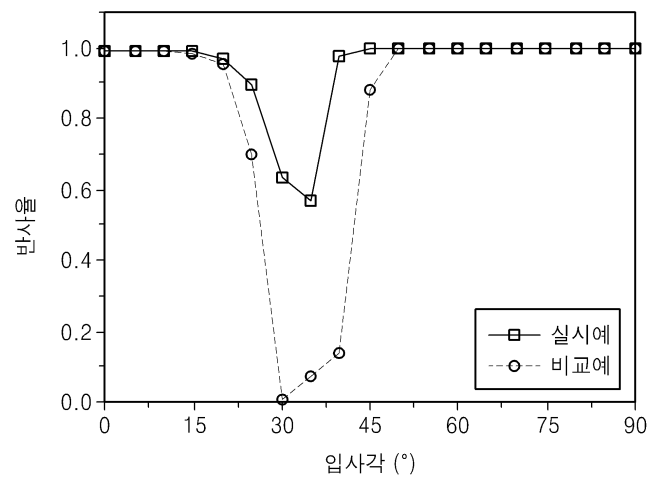
**도면1b**



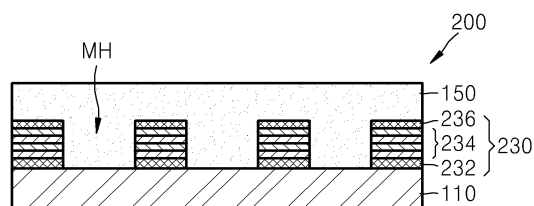
도면2



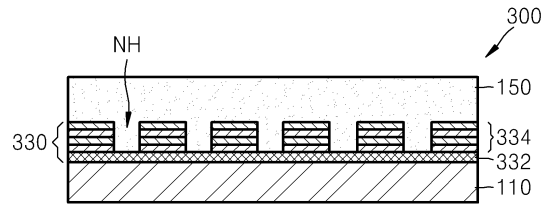
도면3



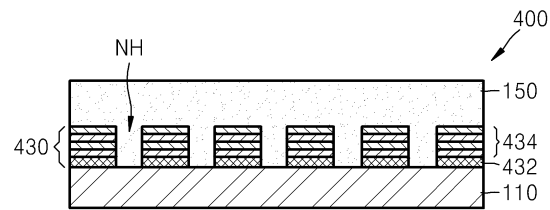
도면4



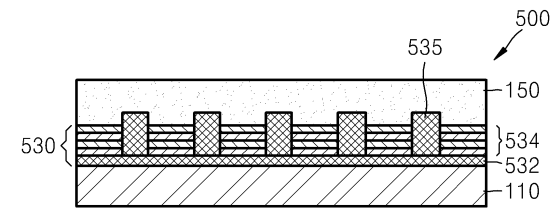
도면5



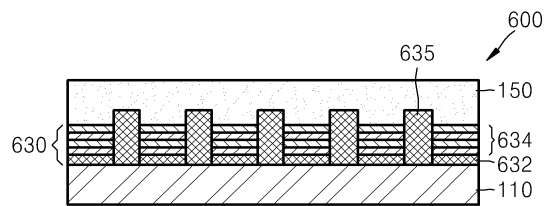
도면6



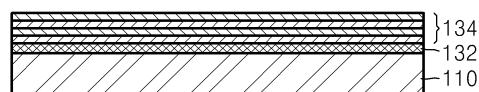
도면7



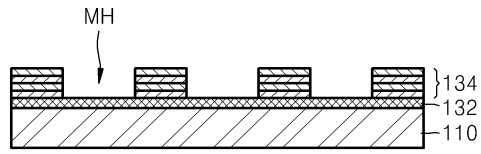
도면8



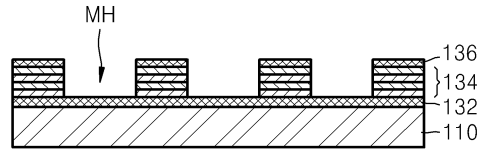
도면9a



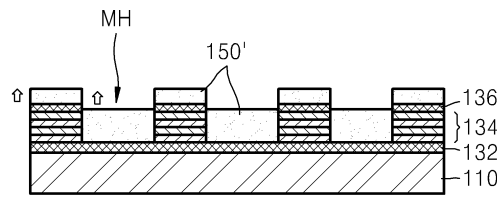
도면9b



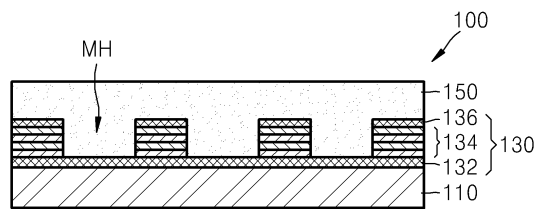
도면9c



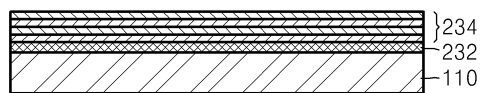
도면9d



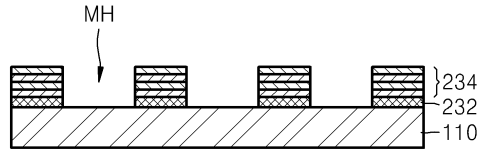
도면9e



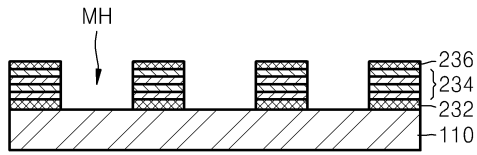
도면10a



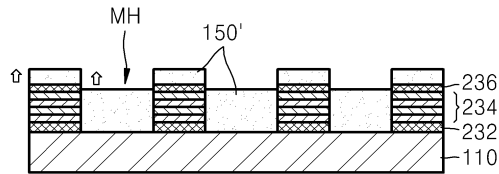
도면10b



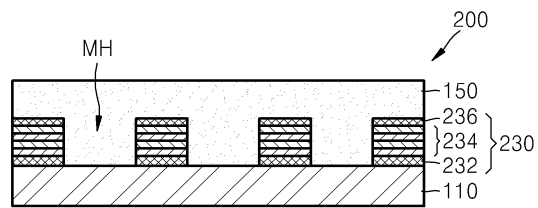
도면10c



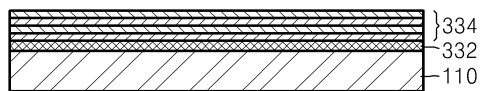
도면10d



도면10e

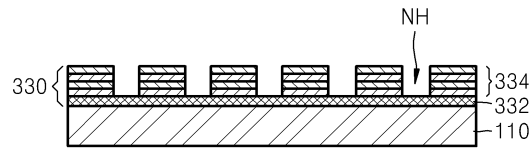


도면11a

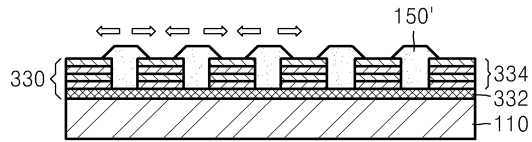




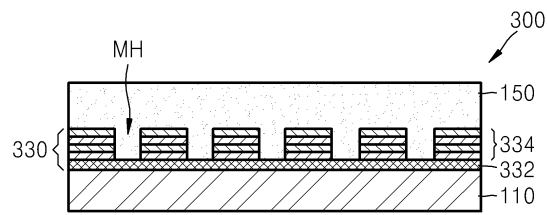
도면11b



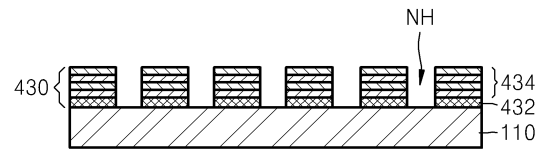
도면11c



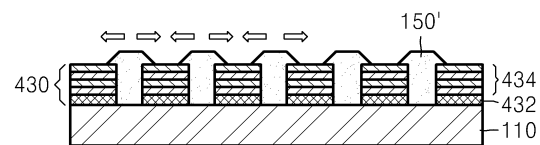
도면11d



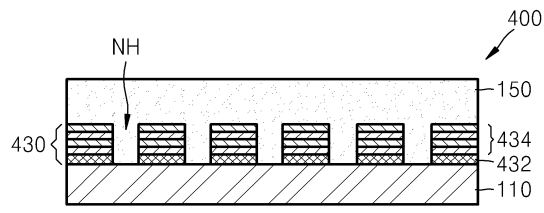
도면12a



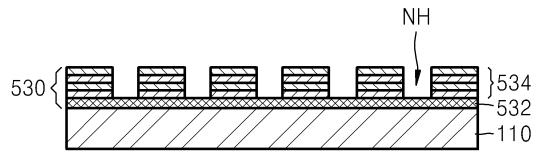
도면12b



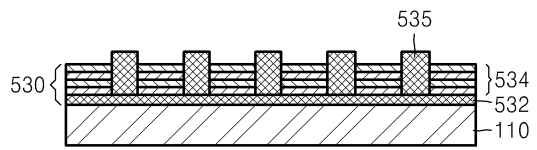
도면12c



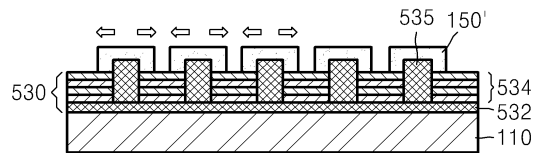
도면13a



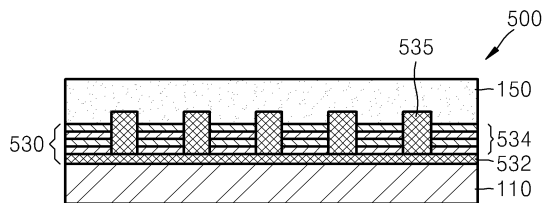
도면13b



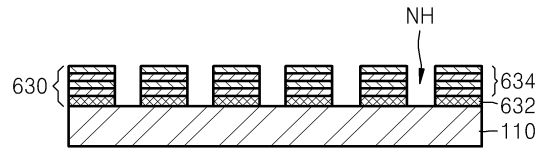
도면13c



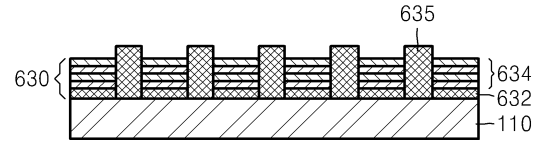
도면13d



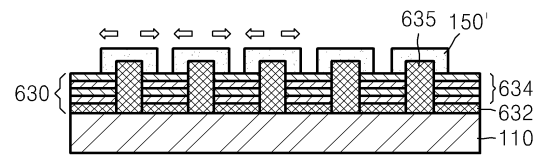
도면14a



도면14b



도면14c



도면14d

