



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. H01L 33/00 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년01월09일 10-0665173 2006년12월28일
---------------------------------------	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	10-2005-0034351 2005년04월26일 2005년04월26일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2006-0112013 2006년10월31일
----------------------------------	---	------------------------	--------------------------------

(73) 특허권자 삼성전기주식회사
 경기 수원시 영통구 매탄3동 314번지

(72) 발명자 박희석
 경기 수원시 영통구 영통동 벽적골 태영아파트 935-1301

 코이케 마사요시
 경기도 수원시 영통구 매탄3동 314번지 삼성전기(주)내

 민경익
 서울 강남구 도곡동 921-4 다솜빌라 203호

(74) 대리인 특허법인씨엔에스

심사관 : 황윤구

전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 질화물층의 제조방법 및 이를 이용한 수직구조 질화물반도체 발광소자의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 질화물층 및 수직구조 질화물 반도체 발광소자의 제조방법에 관한 것이다. 본 발명은, 사파이어 기판을 마련하는 단계; 상기 사파이어 기판상에, 질화물보다 높은 용점을 가지며 질화물보다 높은 열전도성을 갖는 물질로 이루어진 버퍼층을 형성하는 단계; 상기 버퍼층 상에 질화물층을 형성하는 단계; 및 상기 사파이어 기판의 하부에 레이저를 조사하여 상기 질화물층을 분리하는 단계를 포함하는 질화물층의 제조방법을 제공한다. 본 발명에서 상기 질화물층은 $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$ 조성식(여기서, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$ 임)을 갖는 물질이며, 상기 버퍼층은 SiC로 이루어진 것을 특징으로 한다.

대표도

도 2c

특허청구의 범위

청구항 1.

사파이어 기판을 마련하는 단계;

상기 사파이어 기판상에, 질화물보다 높은 용점을 가지며 질화물보다 높은 열전도성을 갖는 물질로 이루어진 버퍼층을 형성하는 단계;

상기 버퍼층 상에 질화물층을 형성하는 단계; 및

상기 사파이어 기판의 하부에 레이저를 조사하여 상기 질화물층을 분리하는 단계를 포함하는 질화물층의 제조방법.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 버퍼층의 두께는 2000Å 이하인 것을 특징으로 하는 질화물층의 제조방법.

청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 버퍼층은 SiC로 이루어진 것을 특징으로 하는 질화물층의 제조방법.

청구항 4.

제1항에 있어서,

상기 질화물층은 $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$ 조성식(여기서, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$ 임)을 갖는 물질인 것을 특징으로 하는 질화물층의 제조방법.

청구항 5.

제1항에 있어서, 상기 질화물층을 분리하는 단계는,

하기 수학적 식 1과 같은 강도를 갖는 레이저를 사파이어 기판의 하부에 조사하여 상기 버퍼층과 질화물층의 계면에서 상기 질화물층을 분리하는 단계인 것을 특징으로 하는 질화물층의 제조방법.

[수학적 식 1]

$$I = \frac{I_N}{e^{-\alpha Z}}$$

(I: 조사되는 레이저의 강도, I_N : 질화물층이 분해되는데 필요한 레이저 강도, α : 레이저의 흡수계수, Z: 버퍼층의 두께)

청구항 6.

사파이어 기판을 마련하는 단계;

상기 사파이어 기판상에 SiC로 이루어진 버퍼층을 형성하는 단계;

상기 버퍼층 상에 $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$ 조성식(여기서, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$ 임)을 갖는 질화물층을 형성하는 단계; 및

하기 수학적 식 1과 같은 강도를 갖는 레이저를 사파이어 기판의 하부에 조사하여 상기 버퍼층과 질화물층의 계면에서 상기 질화물층을 분리하는 단계를 포함하는 질화물층의 제조방법.

[수학적 식 1]

$$I = \frac{I_N}{e^{-\alpha Z}}$$

(I: 조사되는 레이저의 강도, I_N : 질화물층이 분해되는데 필요한 레이저 강도, α : 레이저의 흡수계수, Z: 버퍼층의 두께)

청구항 7.

사파이어 기판을 마련하는 단계;

상기 사파이어 기판상에 SiC로 이루어진 버퍼층을 형성하는 단계;

상기 버퍼층 상에 $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$ 조성식(여기서, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$ 임)을 갖는 n형 질화물 반도체층, 활성층, p형 질화물 반도체층이 순차적으로 적층된 발광구조물을 형성하는 단계;

상기 p형 질화물 반도체층 상에 도전성 캐리어 기판을 형성하는 단계; 및

하기 수학적 식 1과 같은 강도를 갖는 레이저를 사파이어 기판의 하부에 조사하여 상기 버퍼층과 발광구조물의 계면에서 상기 발광구조물을 분리하는 단계를 포함하는 수직구조 질화물 반도체 발광소자의 제조방법.

[수학적 식 1]

$$I = \frac{I_N}{e^{-\alpha Z}}$$

(I: 조사되는 레이저의 강도, I_N : n형 질화물 반도체층이 분해되는데 필요한 레이저 강도, α : 레이저의 흡수계수, Z: 버퍼층의 두께)

청구항 8.

제7항에 있어서,

상기 사파이어 기판이 분리된 n형 질화물 반도체층의 하면에 n층 전극을 형성하는 단계; 및

상기 캐리어 기판의 상면에 p층 전극을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화물 반도체 발광소자의 제조방법.

청구항 9.

제7항에 있어서, 상기 발광구조물은,

상기 n형 질화물 반도체층의 하부에 형성된 비도핑 질화물 반도체층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화물 반도체 발광소자의 제조방법.

청구항 10.

제9항에 있어서,

상기 사파이어 기판을 분리하는 단계 이후, 비도핑 질화물 반도체층을 건식 및 습식 식각, 화학 기계적 연마(chemical mechanical polishing: CMP)으로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 공정을 이용하여 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화물 반도체 발광소자의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 질화물층의 제조방법 및 이를 이용한 수직구조 질화물 반도체 발광소자의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 사파이어 기판 상에 질화물층을 성장시킨 후 사파이어 기판을 제거하기 위한 레이저 리프트 오프(Laser Lift Off: LLO) 공정에서, 조사되는 레이저의 강도를 적절하게 조절하여 질화물층과 버퍼층의 계면에서 분리가 일어나도록 함으로써, 질화물층의 분해시 발생하는 열을 버퍼층을 통해 방출하여 열으로 인한 질화물층의 열화를 방지할 수 있는 질화물층의 제조방법 및 이를 이용한 수직구조 질화물 반도체 발광소자의 제조방법에 관한 것이다.

최근 정보통신기술의 급격한 발달로 인하여 초고속, 대용량의 신호 전송을 위한 통신 기술이 급속도로 발달되고 있다. 특히 무선통신 기술에서 개인 휴대폰, 위성통신, 군사용 레이더, 방송통신, 통신용 중계기 등의 수요가 점점 확대됨에 따라 마이크로파와 밀리미터파 대역의 초고속 정보통신 시스템이 필요한 고속·고전력 전자소자에 대한 요구가 증가되고 있는 추세이다. 특히, 질소 화합물(질화물)은 에너지 갭이 크고, 높은 열적 화학적 안정도, 높은 전자포화속도 등의 뛰어난 물성 가지고 있어 광소자뿐만 아니라 고주파·고출력용 전자소자로의 응용이 용이하여 다양한 분야에서 활발히 연구되고 있다.

이와 같은 질화물 반도체를 얻기 위해 종래에는 사파이어 기판을 이용하여 질화물층을 성장시켰다. 하지만 사파이어 기판은 절연체이고 가공하기 어려우며 열전도율이 나빠서 소자 제작공정이 복잡해지고 소자 성능 향상에 장애가 된다. 이러한 단점을 극복하기 위해 사파이어 기판을 레이저 리프트 오프(Laser Lift Off: LLO)와 같은 기판 분리 공정을 이용하여 질화물층과 사파이어 기판을 분리하였다.

도 1은 종래의 레이저 리프트 오프 공정을 이용한 질화물층 제조방법을 도시한 단면도이다. 도 1을 참조하면, 종래의 질화물층 제조방법은, 먼저, 사파이어 기판(10) 상에 AlN 또는 GaN으로 이루어진 버퍼층(11)을 형성하고 상기 버퍼층(11) 상에 질화물층(12)을 성장시킨다. 이어, 상기 사파이어 기판(10)의 하부로 레이저(L)를 조사하여, 조사된 레이저가 사파이어 기판(10)을 투과하여 버퍼층(11)을 분해시킴으로써 상기 질화물층(12)을 분리시켰다. 즉, 종래의 질화물층 제조방법은, 레이저 리프트 오프 공정에서 상기 버퍼층(11)을 희생층으로 이용하여 사파이어 기판(10)과 질화물층(12)을 분리하였다.

이와 같은, 종래의 질화물층 제조방법은, 버퍼층(11)을 희생층으로 사용하기 때문에 버퍼층(11)을 분해시키는 과정에서 발생하는 약 1000℃의 열이 질화물층(12)으로 전도됨으로써, 상기 질화물층(12)이 열로 인해 열화되는 문제점을 갖는다. 이러한 열화로 인해 질화물층의 물성이 나빠지고, 광학 및 전기적 특성이 저하되는 등의 다양한 문제점이 발생한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 전술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 그 목적은 레이저 리프트 오프 공정에서, 조사되는 레이저의 강도를 적절하게 조절하여 질화물층과 버퍼층의 계면에서 분리가 일어나도록 함으로써, 질화물층의 분해시 발생하는 열을 버퍼층을 통해 방출하여 열로 인한 질화물층의 열화를 방지할 수 있는 질화물층의 제조방법 및 이를 이용한 수직구조 질화물 반도체 발광소자의 제조방법을 제공하는데 있다.

발명의 구성

상기 목적을 달성하기 위한 기술적 구성으로서, 본 발명은,

사파이어 기판을 마련하는 단계;

상기 사파이어 기판상에, 질화물보다 높은 용점을 가지며 상기 질화물보다 높은 열전도성을 갖는 물질로 이루어진 버퍼층을 형성하는 단계;

상기 버퍼층 상에 질화물층을 형성하는 단계; 및

상기 사파이어 기판의 하부에 레이저를 조사하여 상기 질화물층을 분리하는 단계를 포함하는 질화물층의 제조방법을 제공한다.

본 발명의 바람직한 실시형태에서, 상기 버퍼층은 SiC로 이루어지며 그 두께는 2000Å 이하이다. 또한, 상기 질화물층은 $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$ 조성식(여기서, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$ 임)을 갖는 물질일 수 있다.

바람직하게, 상기 질화물층을 분리하는 단계는, 하기 수학식 1과 같은 강도를 갖는 레이저를 사파이어 기판의 하부에 조사하여 상기 버퍼층과 질화물층의 계면에서 상기 질화물층을 분리하는 단계이다.

수학식 1

$$I = \frac{I_N}{e^{-\alpha Z}}$$

(I: 조사되는 레이저의 강도, I_N : 질화물층이 분해되는데 필요한 레이저 강도, α : 레이저의 흡수계수, Z: 버퍼층의 두께)

본 발명은, 상기 질화물층의 제조방법을 채용한 수직구조 질화물 반도체 발광소자의 제조방법도 제공한다. 본 발명에 따른 수직구조 질화물 반도체 발광소자의 제조방법은,

사파이어 기판을 마련하는 단계;

상기 사파이어 기판상에 SiC로 이루어진 버퍼층을 형성하는 단계;

상기 버퍼층 상에 $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$ 조성식(여기서, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$ 임)을 갖는 n형 질화물 반도체층, 활성층, p형 질화물 반도체층이 순차적으로 적층된 발광구조물을 형성하는 단계;

상기 p형 질화물 반도체층 상에 도전성 캐리어 기판을 형성하는 단계; 및

하기 수학적 식 1과 같은 강도를 갖는 레이저를 사파이어 기관의 하부에 조사하여 상기 버퍼층과 n형 질화물 반도체층의 계면에서 상기 발광구조물을 분리하는 단계를 포함한다.

[수학적 식 1]

$$I = \frac{I_N}{e^{-\alpha Z}}$$

(I: 조사되는 레이저의 강도, I_N : n형 질화물 반도체층이 분해되는데 필요한 레이저 강도, α : 레이저의 흡수계수, Z: 버퍼층의 두께)

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 다양한 실시형태를 보다 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명의 실시형태는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명되는 실시형태로 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시형태는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에 도시된 구성요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.

도 2a 내지 도 2d는 본 발명에 따른 질화물층의 제조방법을 공정 순서대로 도시한 공정 단면도이다.

먼저 도 2a와 같이, 사파이어 기관(100)을 마련하고, 상기 사파이어 기관(100) 상에 버퍼층(110)을 형성한다. 상기 버퍼층(110)은 이후 공정에서 그 상면에 형성될 질화물층을 구성하는 재료보다 높은 용점을 갖는 물질로 이루어지는 것이 바람직하다. 더하여, 그 상면에 형성될 질화물층과의 격자상수 및 열팽창계수의 차이를 고려하여 결합이 적은 질화물층을 성장시킬 수 있는 물질로 이루어지는 것이 바람직하다. 또한, 이후 레이저 리프트 오프(Laser Lift Off) 공정시 질화물층으로 전달되는 열을 감소시키기 위해 상기 질화물보다 높은 열전도성을 갖는 물질로 이루어지는 것이 바람직하다. 이와 같은 점들을 고려하여, 상기 버퍼층(110)은 SiC로 이루어지는 것이 바람직하다. 상기 SiC는 질화물의 성장을 위한 기관으로 사용될 수 있을 정도로 질화물과의 격자상수 및 열팽창계수 차이가 적으면서, 동시에 1500℃ 이상의 온도에서도 화학적, 물리적으로 안정한 물질이다. 상기 버퍼층(11)은 공지의 증착공정을 이용하여 형성될 수 있다. 상기 버퍼층(110)의 두께는 레이저가 투과되어 질화물층(120)과의 계면까지 도달할 수 있도록 2000Å 이하의 두께로 형성되는 것이 바람직하다.

이어, 도 2b와 같이, 상기 버퍼층(110) 상에 질화물층(120)을 형성한다. 상기 질화물층(120)은 $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$ 조성식(여기서, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$ 임)을 갖는 물질인 것이 바람직하다. 상기 질화물층(120)은 $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$ 조성식(여기서, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$ 임)을 갖는 물질을 유기금속 기상증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition : MOCVD), 분자빔 성장법(Molecular Beam Epitaxy : MBE) 또는 하이브리드 기상증착법(Hybride Vapor Phase Epitaxy : HVPE)과 같은 공지의 증착공정을 이용하여 형성될 수 있다.

이어, 도 2c와 같이, 질화물층(120)을 하부의 구조물과 분리하기 위해, 사파이어 기관(100)의 하부로 레이저를 조사하는 레이저 리프트 오프공정을 실시한다. 이 때, 조사되는 레이저는 사파이어 기관(100)을 투과하고, 상기 버퍼층(110) 및 질화물층(120)에 흡수될 수 있는 파장을 갖는 KrF 레이저 또는 Q-스위치드 Nd:YAG 레이저 등을 사용할 수 있다.

이 공정에서 레이저(L)의 강도는, 사파이어 기관(100)을 투과하여 버퍼층(110)에 도달한 후, 비교적 얇은 두께의 버퍼층(110)을 통과하면서 일부 에너지가 흡수되므로 지수(exponential) 함수로 감소한다. 버퍼층(110)을 통과한 레이저는 버퍼층(110)과 질화물층(120)의 계면(B)에 도달하여 상기 계면(B) 부근의 질화물층(120)을 분해시킨다.

하기 수학적 식 2는 강도 I의 레이저가 조사될 때, 두께 Z의 버퍼층(110)을 투과한 레이저의 강도(I_N)를 나타낸다.

수학적 식 2

$$I_N = Ie^{-\alpha Z}$$

(I: 조사되는 레이저의 강도, I_N : 질화물층이 분해되는데 필요한 레이저 강도, α : 레이저의 흡수계수, Z: 버퍼층의 두께)

즉, 조사된 레이저가 두께의 지수함수로 감소하게 된다. 위 수학적 2로부터 버퍼층(110)과 질화물층(120)의 계면까지 레이저가 도달하기 위해 조사하여야 하는 레이저의 강도를 하기 수학적 1과 같이 구할 수 있다.

[수학적 1]

$$I = \frac{I_N}{e^{-\alpha Z}}$$

(I: 조사되는 레이저의 강도, I_N : 질화물층이 분해되는데 필요한 레이저 강도, α : 레이저의 흡수계수, Z: 버퍼층의 두께)

예를 들어, 레이저 리프트 오프 공정에 사용되는 레이저가 약 10^5 /cm의 흡수계수를 갖는 355nm 파장의 Q-스위치 Nd:YAG 레이저를 사용하여 레이저 리프트 오프 공정을 진행하며, 질화물층(120)이 300 mJ/cm^2 의 강도를 갖는 레이저에 의해 분해되기 시작한다고 하면, 10nm 두께의 버퍼층을 이용한 경우에, 조사하여야 하는 레이저 강도는, $I=300/e^{-100000 \times 0.000001} \approx 332 \text{ mJ/cm}^2$ 이 된다. 이와 같이, 수학적 1을 이용하여 이로써 도 2d와 같이, 상기 버퍼층(110)과 질화물층(120)의 계면에서 질화물층(120)의 분리가 발생하도록 할 수 있는 레이저의 강도를 계산할 수 있다.

또한, 상기 수학적 1을 이용하여 버퍼층(110)과 질화물층(120)의 계면에서 질화물층(120)의 분리가 발생하도록 레이저의 강도를 조절하게 되면, 질화물층(120)의 분리 시 발생하는 열이 열전도성이 높은 버퍼층(110)을 통해 전달되므로 질화물층(120)으로 열이 전도되어 발생하는 질화물층(120)의 품질 열화를 방지할 수 있다.

도 3은 본 발명에 따라 레이저 리프트 오프 공정을 진행한 후 질화물층의 분리된 면을 XPS로 분석한 결과도이다. 이 때 버퍼층의 재료로는 SiC를 이용하였으며, 질화물층은 GaN으로 이루어졌다. 도 3에 나타난 바와 같이, 질화물층의 분리된 면에서 C, O, N, Ga, Au 등의 원소들이 검출되었으나, 버퍼층의 재료를 구성하는 Si는 검출되지 않았다. 이로써 SiC로 이루어진 버퍼층의 분해는 이루어지지 않고 버퍼층과 질화물층의 계면에서 분리가 이루어졌음을 알 수 있다.

도 4는 본 발명에 따라 레이저 리프트 오프 공정을 진행한 후 질화물층의 분리된 면의 TEM 사진이다. 도 3과 마찬가지로 버퍼층의 재료로는 SiC를 이용하였으며, 질화물층은 GaN으로 이루어졌다. 도 4에 나타난 바와 같이, 질화물층의 분리된 면에서 GaN의 격자가 선명하게 나타났다. 이로써 SiC로 이루어진 버퍼층의 분해는 이루어지지 않고 버퍼층과 질화물층의 계면에서 분리가 이루어졌음을 알 수 있다.

이상에서 설명한 본 발명에 따른 질화물층의 제조방법은 벌크 질화물 기판을 제조하는데 사용될 수 있으며, 더하여, 사파이어 기판을 분리하는 공정이 필요한 수직구조 질화물 반도체 발광소자의 제조에 사용될 수도 있다. 본 발명이 적용된 수직구조 질화물 반도체 발광소자의 제조방법이 도 5a 내지 도 5f에 도시된다.

먼저 도 5a와 같이, 사파이어 기판(200)을 마련한 후, 상기 사파이어 기판(200)상에 SiC로 이루어진 버퍼층(210)을 형성한다. 상기 버퍼층(210)을 형성하는 공정은 전술한 공정과 동일하므로 상세한 설명은 생략하기로 한다.

이어, 도 5b와 같이, 상기 버퍼층(210) 상에 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{(1-x-y)}\text{N}$ 조성식(여기서, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$ 임)을 갖는 n형 질화물 반도체층(221), 활성층(222), p형 질화물 반도체층(223)이 순차적으로 적층된 발광구조물(220)을 형성한다.

상기 n형 질화물 반도체층(221)은 Si, Ge, Se, Te 또는 C 등을 불순물로 첨가하여 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{(1-x-y)}\text{N}$ 조성식(여기서, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$ 임)을 갖는 반도체 물질을 유기금속 기상증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition : MOCVD), 분자빔 성장법(Molecular Beam Epitaxy : MBE) 또는 하이브리드 기상증착법(Hybride Vapor Phase Epitaxy : HVPE)과 같은 공지의 증착공정을 사용하여 사파이어 기판 상에 순차적으로 성장시킬 수 있다.

상기 활성층(222)은 빛을 발광하기 위한 층으로서, 단일 또는 다중 양자우물구조를 갖는 GaN 또는 InGaN 등의 질화물층으로 구성되며 상기 n형 질화물 반도체층(221)과 마찬가지로 유기금속 기상증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition : MOCVD), 분자빔 성장법(Molecular Beam Epitaxy : MBE) 또는 하이브리드 기상증착법(Hybride Vapor Phase Epitaxy : HVPE)과 같은 공지의 증착공정을 사용하여 상기 n형 질화물 반도체층(221) 상에 형성된다.

상기 p형 질화물 반도체층(223)은 상기 n형 질화물 반도체층(112)과 마찬가지로, $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$ 조성식(여기서, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$ 임)을 갖는 p 도핑된 반도체 물질을 유기금속 기상증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition : MOCVD), 분자빔 성장법(Molecular Beam Epitaxy : MBE) 또는 하이브리드 기상증착법(Hybride Vapor Phase Epitaxy : HVPE)과 같은 공지의 증착공정을 사용하여 상기 활성층(222) 상에 성장시킬 수 있다. 상기 p형 질화물 반도체층(223)의 도핑에 사용되는 불순물로는 Mg, Zn 또는 Be 등이 있다.

상기 발광구조물(220)은 상기 n형 질화물 반도체층(221)을 형성하기 이전에 상기 버퍼층(210) 상에 형성된 비도핑(undoped) 질화물 반도체층(미도시)을 더 포함할 수 있다. 상기 비도핑 질화물 반도체층은 격자부정합을 완화하기 위해 형성된 것이다.

이어, 도 5c와 같이, 상기 p형 질화물 반도체층(223) 상에 도전성 캐리어 기관(230)을 형성한다. 상기 도전성 캐리어 기관(230)은 Si 또는 도전성을 갖는 금속물질로 이루어질 수 있다. 상기 도전성 캐리어 기관(230)은 별도의 접합층을 매개로 하여 p형 질화물 반도체층(223) 상에 분당되거나, 도금이 가능한 금속 물질을 이용하는 경우 소정 두께로 p형 질화물 반도체층(223) 상에 도금함으로써 형성될 수 있다. 수직구조 질화물 반도체 발광소자의 경우, n형 질화물 반도체층(221)의 사파이어 기관이 분리된 면을 광방출면으로 활용하므로 상기 p형 질화물 반도체층(223)과 도전성 캐리어 기관(230)의 사이에는 반사도가 높은 금속으로 이루어진 반사막이 형성될 수도 있다.

이어, 도 5d와 같이, 사파이어 기관(200)의 하부로 레이저를 조사하여 상기 버퍼층(210)과 n형 질화물 반도체층(221)의 계면에서 발광구조물(220)과 버퍼층(210)을 서로 분리하여 도 5e와 같은 결과물을 얻는다. 이 때, 조사되는 레이저의 강도는 하기 수학적 식 1과 같다.

[수학적 식 1]

$$I = \frac{I_N}{e^{-\alpha Z}}$$

(I: 조사되는 레이저의 강도, I_N : n형 질화물 반도체층이 분해되는데 필요한 레이저 강도, α : 레이저의 흡수계수, Z: 버퍼층의 두께)

상기 n형 질화물 반도체층(221)과 버퍼층(210)의 계면에서 분리가 일어나도록 하기 위한 레이저 강도의 설정 및 레이저의 파장에 관한 설명은 전술한 질화물층 제조방법에서 이미 설명한 바와 같으므로 생략하기로 한다.

한편, 발광구조물(220)이 n형 질화물 반도체층(221)의 하부에 형성된 비도핑 질화물 반도체층(미도시)을 더 포함하는 경우, 상기 레이저 조사에 의한 분리는 상기 버퍼층(210)과 비도핑 질화물 반도체층 사이에서 일어날 것이다.

이어, 도 5f와 같이, 상기 사파이어 기관이 분리된 n형 질화물 반도체층(221)의 하면에 n층 전극(240)을 형성하고, 상기 캐리어 기관(250)의 상면에 p층 전극(250)을 형성하여 수직구조 질화물 반도체 발광소자를 완성한다. 이와 같은 수직구조 질화물 반도체 발광소자는 사파이어 기관이 분리된 n형 질화물 반도체층(221)의 하면이 주 발광면으로 사용된다. 상기 n층 전극(240)과 n형 질화물 반도체층(221) 사이에는 전류 확산을 개선하기 위해 ITO 등으로 이루어진 투명전극층이 형성될 수 있다. 또한, 상기 도전성 캐리어 기관(230)이 우수한 전기 전도성을 갖는 금속물질로 이루어진 경우 캐리어 기관(230) 자체를 p층 전극으로 사용할 수 있으므로, 별도의 p층 전극(250)을 생략할 수도 있다.

한편, 발광구조물(220)이 n형 질화물 반도체층(221)의 하부에 형성된 비도핑 질화물 반도체층(미도시)을 더 포함하는 경우, 상기 레이저 조사에 의한 분리가 완료된 이후 상기 비도핑 질화물 반도체층을 건식 및 습식 식각, 화학 기계적 연마(chemical mechanical polishing: CMP)으로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 공정을 이용하여 제거하여 상기 n형 질화물 반도체층(221)의 하면을 노출시킨 후 상기 n형 질화물 반도체층(221)의 노출된 하면에 n층 전극을 형성하는 것이 바람직하다.

본 발명에서 채용한 레이저 리프트 오프 공정은 버퍼층을 희생시키지 않고 레이저의 강도를 조절하여 질화물층과 버퍼층의 계면에서 분리가 일어나도록 함으로써, 질화물층의 분해시 발생하는 열을 버퍼층을 통해 방출하여 열으로 인한 질화물층의 열화를 방지할 수 있으므로, 우수한 품질의 질화물층을 제조할 수 있다.

발명의 효과

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 사파이어 기판 상에 질화물층을 성장시킨 후 사파이어 기판을 제거하기 위한 레이저 리프트 오프(Laser Lift Off: LLO) 공정에서, 조사되는 레이저의 강도를 적절하게 조절하여 질화물층과 버퍼층의 계면에서 분리가 일어나도록 함으로써, 질화물층의 분해시 발생하는 열을 버퍼층을 통해 방출하여 열으로 인한 질화물층의 열화를 방지할 수 있는 효과가 있다. 이로써, 우수한 품질의 질화물층 및 수직구조 질화물 반도체 발광소자를 제조할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 질화물층 제조방법을 도시한 단면도이다.

도 2a 내지 도 2d는 본 발명에 따른 질화물층 제조방법을 도시한 공정 단면도이다.

도 3은 본 발명에 따라 레이저 리프트 오프 공정을 진행한 후 질화물층의 분리된 면을 XPS로 분석한 결과도이다.

도 4는 본 발명에 따라 레이저 리프트 오프 공정을 진행한 후 질화물층의 분리된 면의 TEM 사진이다.

도 5a 내지 도 5f는 본 발명의 일 실시형태에 따른 수직구조 질화물 반도체 발광소자의 제조방법을 도시한 공정 단면도이다.

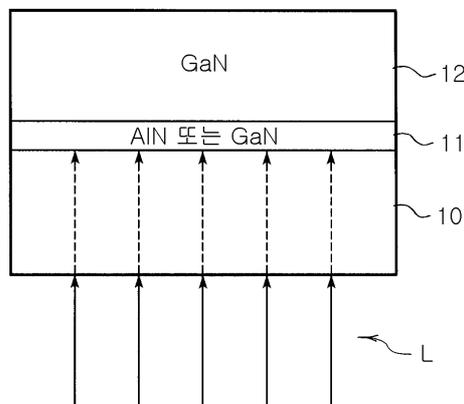
도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

100 : 사파이어 기판 110 : 버퍼층

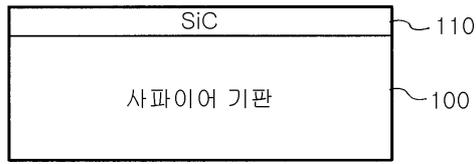
120 : 질화물층 L : 레이저

도면

도면1



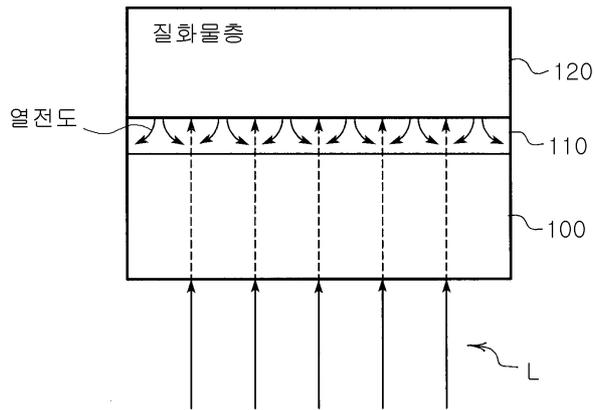
도면2a



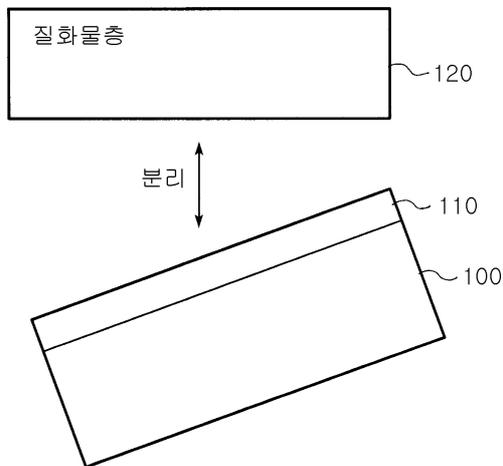
도면2b



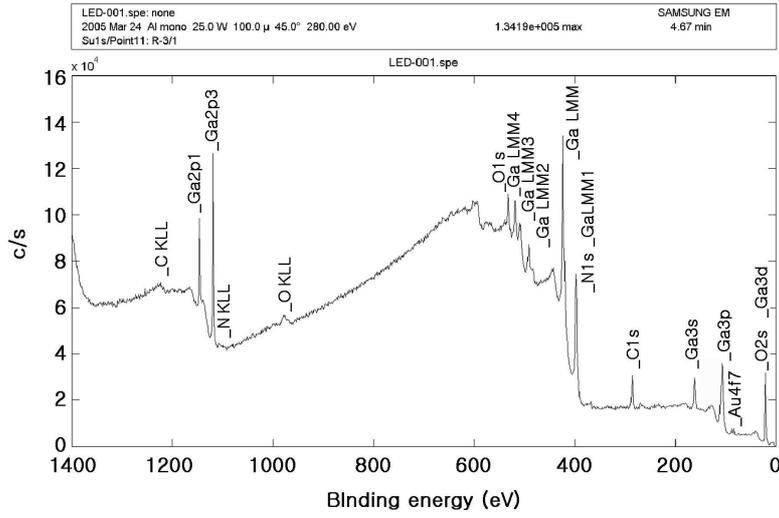
도면2c



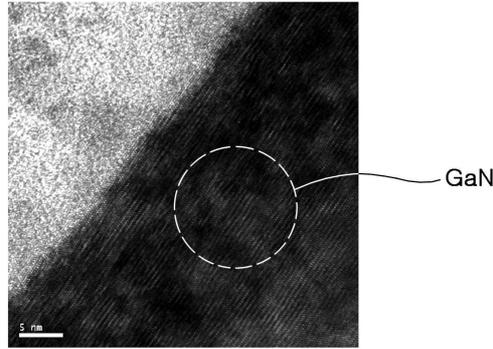
도면2d



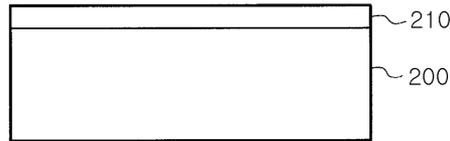
도면3



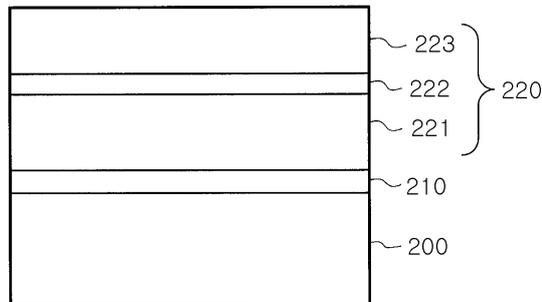
도면4



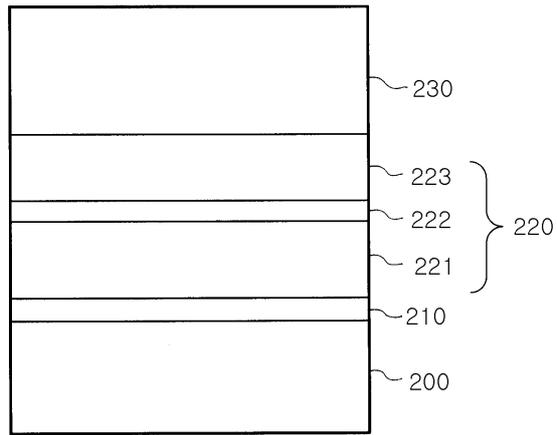
도면5a



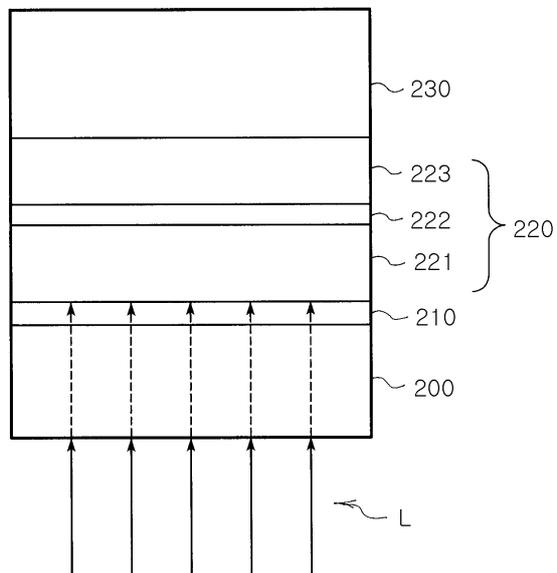
도면5b



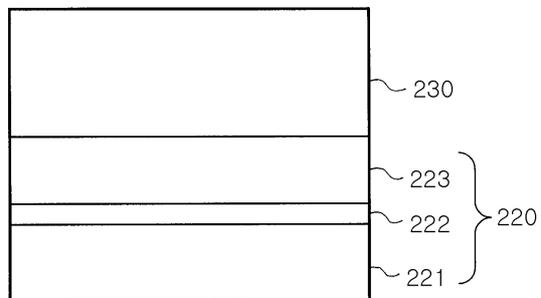
도면5c



도면5d



도면5e



도면5f

