(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년03월17일
(11) 등록번호 10-0814587
(24) 등록일자 2008년03월11일

(51) Int. Cl.
H01S 5/30 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2001-0083800
(22) 출원일자 2001년12월24일
심사청구일자 2006년07월31일
(65) 공개번호 10-2002-0052968
(43) 공개일자 2002년07월04일
(30) 우선권주장
JP-P-2000-00392003 2000년12월25일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
US5543354 A
US6172382 B
US6060335 A
전체 청구항 수 : 총 22 항

(73) 특허권자
마츠시타 덴끼 산교 가부시키가이샤
일본 오오사카후 가도마시 오오아자 가도마 1006
(72) 발명자
이시바시아키히코
일본국오오사카후사카이시하지쵸2-10-61
츠지무라아유무
일본국오오사카후미시마군시마모토쵸2-8-1-811
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김영철

심사관 : 이용배

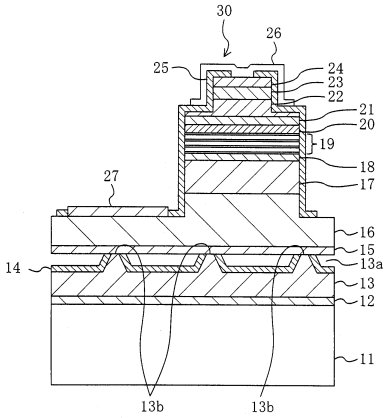
(54) 질화물반도체의 제조방법, 질화물반도체소자의 제조방법및 그것을 이용한 질화물반도체소자

(57) 요 약

질화물반도체의 p형 불순물농도를 도핑량을 증대시키지 않고 높임으로써 저저항화를 도모하는 동시에, 급격한 p형 불순물 프로파일을 얻을 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다.

기판(11) 상에는 MQW 활성층(19)과, 그 MQW 활성층(19) 상에 형성된 p형 초격자캡층(20)이 형성되어 있다. p형 초격자캡층(2)은 질화갈륨(GaN)으로 이루어지는 제 1층(20a)과 그 제 1층(20a) 상에 형성된 질화알루미늄갈륨(AlGaN)으로 이루어지는 제 2층(20b)이 4주기분 적층되어 구성되어 있다. 제 2층(20b)에서의 제 1 층(20a)과의 계면의 근방영역에는 p형 도펀트의 농도가 국소적으로 증대하고 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

하세가와요시아키

일본국오오사카후가타노시이쿠노4-9-401

오츠카노부유키

일본국효고켄가와니시시사사베2-18-8

스가하라가쿠

일본국나라켄나라시스자쿠5-1-1-68-101

미야나가료코

일본국나라켄나라시시키시마쵸2-511-11

시마모토도시타카

일본국오오사카후마츠바라시아마미가도2-328

하라후지겐지

일본국오오사카후히라카타시니시마키노3-3-19

반유자부로

일본국오오사카후히라카타시기타야마1-44-15

오나카기요시

일본국오오사카후사카이시고다이350

특허청구의 범위

청구항 1

기판상에 제 1의 III족 소스 및 질소를 포함하는 V족 소스를 공급함으로써, 제 1의 III족 질화물로 이루어지는 제 1 반도체층을 성장시키는 제 1 공정과,

상기 제 1 반도체층 상에 제 2의 III족 소스 및 질소를 포함하는 V족 소스를 공급함으로써, 상기 제 1 반도체층 상에 제 2의 III족 질화물로 이루어지는 제 2 반도체층을 성장시키는 제 2 공정을 구비하고,

상기 제 1 공정 및 제 2 공정 중의 적어도 하나의 공정에서는 상기 기판상에 p형 도펀트를 더 공급하며,

상기 제 1 반도체층과 상기 제 2 반도체층의 계면의 근방영역은 상기 p형 도펀트의 농도가 국소적으로 증대하도록 성장하는 것을 특징으로 하는 질화물반도체의 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제 1의 III족 소스는 갈륨을 포함하고, 상기 제 2의 III족 소스는 알루미늄 또는 인듐을 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물반도체의 제조방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제 1의 III족 소스는 갈륨으로 이루어지고, 상기 제 2의 III족 소스는 갈륨과, 알루미늄 또는 인듐을 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물반도체의 제조방법.

청구항 4

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 공정 및 제 2 공정이 모두 상기 p형 도펀트를 공급하는 경우에, 상기 각 p형 도펀트의 공급량은 동등한 것을 특징으로 하는 질화물반도체의 제조방법.

청구항 5

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 공정 및 제 2 공정에서의 상기 p형 도펀트의 공급량은 다른 것을 특징으로 하는 질화물반도체의 제조방법.

청구항 6

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 반도체층의 성장시에 상기 p형 도펀트를 공급하는 경우에, 상기 p형 도펀트를 상기 제 1 반도체층을 성장하기 전에 공급하기 시작하는 것을 특징으로 하는 질화물반도체의 제조방법.

청구항 7

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 반도체층의 성장시에 상기 p형 도펀트를 공급하는 경우에, 상기 p형 도펀트를 상기 제 2 반도체층을 성장하기 전에 공급하기 시작하는 것을 특징으로 하는 질화물반도체의 제조방법.

청구항 8

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 p형 도펀트의 농도의 피크는 상기 제 2 반도체층 중에 위치하는 것을 특징으로 하는 질화물반도체의 제조방법.

청구항 9

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2의 III족 소스는 복수의 III족 원소를 포함하고,

상기 제 2 반도체층에서의 상기 복수의 III족 원소 중 조성비가 작은 원소의 농도의 피크위치와, 상기 p형 도펀트의 피크위치는 서로 다른 것을 특징으로 하는 질화물반도체의 제조방법.

청구항 10

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 p형 도펀트의 농도는 $3 \times 10^{19} cm^{-3}$ 이하인 것을 특징으로 하는 질화물반도체의 제조방법.

청구항 11

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 반도체층의 두께는 1.5㎚ 이상인 것을 특징으로 하는 질화물반도체의 제조방법.

청구항 12

기판 상에 제 1 질화물반도체로 이루어지는 활성층을 성장시키는 제 1 공정과,

상기 활성층 상에 제 2 질화물반도체로 이루어져 상기 활성층을 보호하는 p형 캡층을 성장시키는 제 2 공정과,

상기 p형 캡층 상에 제 3 질화물반도체층으로 이루어지는 p형 클래드층을 성장시키는 제 3 공정과,

상기 p형 클래드층 상에 제 4 질화물반도체층으로 이루어지는 p형 콘택트층을 성장시키는 제 4 공정을 구비하고,

상기 제 2 공정, 제 3 공정 및 제 4 공정 중의 적어도 하나는 제 1의 III족 소스 및 질소를 포함하는 V족 소스를 공급함으로써, 제 1의 III족 질화물로 이루어지는 하나의 층을 성장시키는 공정과,

상기 하나의 층 상에 제 2의 III족 소스 및 질소를 포함하는 V족 소스를 공급함으로써, 상기 하나의 층 상에 제 2의 III족 질화물로 이루어지는 다른 층을 성장시키는 공정을 갖고,

상기 하나의 층을 성장시키는 공정 및 다른 층을 성장시키는 공정의 적어도 하나는 상기 기판 상에 p형 도펀트를 공급하는 공정을 포함하며,

상기 하나의 층과 상기 다른 층의 계면의 근방영역은 상기 p형 도펀트의 농도가 국소적으로 증대하도록 성장하는 것을 특징으로 하는 질화물반도체소자의 제조방법.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 제 1의 III족 소스는 갈륨을 포함하고, 상기 제 2의 III족 소스는 알루미늄 또는 인듐을 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물반도체소자의 제조방법.

청구항 14

제 12항 또는 제 13항에 있어서,

상기 하나의 층 또는 다른 층을 성장시키는 공정보다도 전에, 상기 p형 도펀트를 공급하기 시작하는 것을 특징으로 하는 질화물반도체소자의 제조방법.

청구항 15

제 12항 또는 제 13항에 있어서,

상기 p형 캡층 또는 p형 클래드층의 p형 도펀트의 농도는 $3 \times 10^{19} cm^{-3}$ 이하인 것을 특징으로 하는 질화물반도체

소자의 제조방법.

청구항 16

제 12항 또는 제 13항에 있어서,

상기 다른 층의 두께는 1.5㎚ 이상인 것을 특징으로 하는 질화물반도체소자의 제조방법.

청구항 17

제 12항 또는 제 13항에 있어서,

상기 p형 콘택트층은 인듐을 포함하고,

상기 p형 콘택트층에서의 상기 p형 도펀트의 농도는 상기 p형 콘택트층의 표면으로부터 점차 감소하고 또한 상면으로부터의 깊이가 10㎚의 위치에서 $3 \times 10^{19} ㎝^{-3}$ 이상인 것을 특징으로 하는 질화물반도체소자의 제조방법.

청구항 18

기판 상에 형성된 제 1 질화물반도체로 이루어지는 활성층과,

상기 활성층 상에 형성된 제 2 질화물반도체로 이루어지는 p형 캡층과,

상기 p형 캡층 상에 형성된 제 3 질화물반도체층으로 이루어지는 p형 클래드층과,

상기 p형 클래드층 상에 형성된 제 4 질화물반도체층으로 이루어지는 p형 콘택트층을 구비하고,

상기 p형 캡층, p형 클래드층 및 p형 콘택트층 중의 적어도 하나는 제 1의 III족 질화물로 이루어지는 하나의 층과 그 하나의 층 상에 형성되고 또한 상기 제 1의 III족 질화물과 다른 제 2의 III족 질화물로 이루어지는 다른 층이 적층되어 이루어지고,

상기 다른 층에서의 상기 하나의 층과의 계면의 근방영역은 p형 도펀트의 농도가 국소적으로 증대하고 있는 것을 특징으로 하는 질화물반도체소자.

청구항 19

제 18항에 있어서,

상기 제 1의 III족 질화물은 갈륨을 포함하고, 상기 제 2의 III족 질화물은 알루미늄 또는 인듐을 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물반도체소자.

청구항 20

제 18항 또는 제 19항에 있어서,

상기 p형 캡층 또는 p형 클래드층의 p형 도펀트의 농도는 $3 \times 10^{19} ㎝^{-3}$ 이하인 것을 특징으로 하는 질화물반도체소자.

청구항 21

제 18항 또는 제 19항에 있어서,

상기 다른 층의 두께는 1.5㎚ 이상인 것을 특징으로 하는 질화물반도체소자.

청구항 22

제 18항 또는 제 19항에 있어서,

상기 p형 콘택트층에서의 상기 다른 층은 인듐을 포함하고,

상기 p형 콘택트층에서의 상기 p형 도펀트의 농도는 상기 p형 콘택트층의 표면으로부터 점차 감소하고 또한 상면으로부터의 깊이가 10㎚의 위치에서 $3 \times 10^{19} ㎝^{-3}$ 이상인 것을 특징으로 하는 질화물반도체소자.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<20> 본 발명은 p형 도펀트의 농도를 적극적으로 증대시키는 질화물반도체의 제조방법, 질화물반도체소자의 제조방법 및 그것을 이용한 질화물반도체소자에 관한 것이다.

<21> 이하, 종래의 질화물반도체소자에서의 p형 도펀트, 특히 마그네슘(Mg)의 도핑방법을 설명한다.

<22> 우선, 제 1 종래예(Japanese Journal of Applied Physics, 38, L1012, (1999))에는, 활성층을 기판에 수직인 방향으로 그 양측으로부터 끼우고 또한 그 활성층에서 생성되는 생성광을 가두는 p형 클래드층 및 n형 클래드층에서의 p형 클래드층으로서, 예를 들면, 막두께가 24㎚의 질화알루미늄갈륨($Al_{0.15}Ga_{0.85}N$)층과 막두께가 12㎚의 질화갈륨(GaN)층으로 이루어지고, 주기가 36㎚의 초격자(superlattices : SLs)층을 개시하고 있다. 여기서는, 초격자층의 주기를 9㎚～100㎚로 하고 있다.

<23> p형 클래드층으로의 마그네슘(Mg)의 도핑은 초격자층에 대하여 균일하게 행하고 있다. 또, 다른 문헌에는 AlGaN층 및 GaN층의 어느 한쪽에만 도핑을 행하는 예가 보고되고 있지만, 어느 쪽의 경우도, 도핑대상으로 하는 AlGaN층 및 GaN층의 한층 중에서는 균일한 도프를 행하고 있다. 이 때 p형 클래드층의 성장방법은 성장압력이 300Torr(1Torr=133.322Pa)의 감압 MOVPE법을 이용하여, C면을 주면에 갖는 사파이어기판 상에 기판온도가 400℃에서 질화알루미늄(AlN)으로 이루어지는 버퍼층을 성장하고, 그 후 온도상승하여 막두께가 1㎛의 도프되지 않은 질화갈륨(GaN)을 성장한다. 이어서, 기판온도를 1010℃로 하여, 초격자층을 성장하고 있다.

<24> 이와 같이 하면, AlGaN층과 GaN층 사이에 왜곡이 생겨 내부전계가 발생함으로써, Mg의 억셉터준위가 얕아지므로, 억셉터의 활성화율이 향상되어, p형 캐리어농도(정공농도)가 증대하기 때문에, 레이저소자의 임계값전류의 저감에 유리하게 된다.

<25> 다음에, 제 2 종래예(일본 특개평 8-97471호 공보)에는, 니켈(Ni)로 이루어지는 전극과 접촉하여, 고농도로 도프된 p형 GaN으로 이루어지는 제 1 콘택트층을 개시하고 있다. 이 제 1 콘택트층은 막두께를 50㎚로 하고, Mg의 농도를 $1 \times 10^{20} cm^{-3}$～$1 \times 10^{21} cm^{-3}$으로 하고 있다. 이 구성에 의해, 콘택트저항이 저감되는 동시에, 캐리어농도를 높게 하여 소자의 동작전압이 저감되는 것을 서술하고 있다.

<26> 제 2 종래예에 있어서는, 제 1 콘택트층에 대하여 Mg의 도핑농도를 너무 높게 하면, 홀의 농도가 오히려 작아지는 현상이 발생하기 때문에, 제 1 콘택트층의 전극과 반대측에 그 제 1 콘택트층보다도 Mg의 농도가 작은 p형 GaN으로 이루어지는 제 2 콘택트층을 설치하고 있다. 또한, 제 2 콘택트층의 Mg의 농도는 홀의 농도를 높이기 위해서 $1 \times 10^{19} cm^{-3}$～$5 \times 10^{20} cm^{-3}$의 범위에서 도핑하는 것이 바람직하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<27> 그러나, 제 1 종래예는 p형 클래드층에 초격자구조를 이용하고 있지만, 그 저저항화는 불충분하다. 또한, 제 2 종래예는 p형 콘택트층의 상부에 p형 도펀트를 고농도로 도프하고 있지만, 반대로 홀의 농도가 저하되는 문제가 있다.

<28> 또한, 종래의 도핑법에서는, 급격한 불순물 프로파일을 얻는 것이 곤란하다. 특히, 활성층 상에 p형 캡층을 설치하는 경우에는, 활성층으로의 p형 도펀트의 확산을 억제하기 때문에, 더욱 급격한 불순물 프로파일을 필요로 하게 된다.

<29> 본 발명은 상기 종래의 문제를 해결하여, 질화물반도체의 p형 불순물농도를 도핑량을 증대시키지 않고 높임으로써 저저항화를 도모하는 동시에, 급격한 p형 불순물 프로파일을 얻을 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

<30> 상기의 목적을 달성하기 위해서, 본 발명은 III족 질화물로 이루어지는 제 1 반도체층과, 제 1 반도체층과 다른 조성인 그 밖의 III족 질화물로 이루어지는 제 2 반도체층을 접합시킴으로써, 제 1 반도체층과 제 2 반도체층의

헤테로 접합계면의 근방영역에 p형 도펀트의 농도를 국소적으로 증대시키는, 즉 편석(偏析)시키는 구성으로 한다.

<31> 구체적으로, 본 발명에 관한 질화물반도체의 제조방법은, 기판상에 제 1의 III족 소스 및 질소를 포함하는 V족 소스를 공급함으로써, 제 1의 III족 질화물로 이루어지는 제 1 반도체층을 성장시키는 제 1 공정과, 제 1 반도체층 상에 제 2의 III족 소스 및 질소를 포함하는 V족 소스를 공급함으로써, 제 1 반도체층 상에 제 2의 III족 질화물로 이루어지는 제 2 반도체층을 성장시키는 제 2 공정을 구비하고, 제 1 공정 및 제 2 공정 중 적어도 하나의 공정에서는 기판상에 p형 도펀트를 더 공급하며, 제 1 반도체층과 제 2 반도체층의 계면의 근방영역은 p형 도펀트의 농도가 국소적으로 증대하도록 성장한다.

<32> 본 발명의 질화물반도체의 제조방법에 의하면, 제 1의 III족 질화물로 이루어지는 제 1 반도체층과 그 제 1의 III족 질화물과 다른 제 2의 III족 질화물로 이루어지는 제 2 반도체층의 계면의 근방영역에서 p형 도펀트의 농도가 국소적으로 또한 종래보다도 증대하도록 성장한다. 이 때문에, 제 1 반도체층 및 제 2 반도체층으로 이루어지는 적층체를 형성하면, 적층체에서의 p형 도펀트의 농도가 종래보다도 증대하기 때문에, 저저항화를 실현할 수 있는 동시에 적층체만이 고불순물농도를 갖는 급격한 p형 불순물 프로파일을 달성할 수 있다.

<33> 본 발명의 질화물반도체의 제조방법에 있어서, 제 1의 III족 소스가 갈륨을 포함하고, 제 2의 III족 소스가 알루미늄 또는 인듐을 포함하는 것이 바람직하다. 이와 같이 하면, 적층체에서의 p형 도펀트의 농도를 종래보다도 확실히 증대시킬 수 있게 된다.

<34> 또한, 본 발명의 질화물반도체의 제조방법에 있어서, 제 1의 III족 소스는 갈륨으로 이루어지고, 제 2의 III족 소스는 갈륨과 알루미늄 또는 인듐을 포함하는 것이 바람직하다. 이와 같이 하면, 적층체에서의 p형 도펀트의 농도를 종래보다도 확실히 증대시킬 수 있게 된다.

<35> 본 발명의 질화물반도체의 제조방법에 있어서, 제 1 공정 및 제 2 공정이 모두 p형 도펀트를 공급하는 경우에, 각 p형 도펀트의 공급량은 동등한 것이 바람직하다. 이와 같이 p형 도펀트의 균일도프를 행하여도, 제 1 반도체층과 제 2 반도체층의 계면근방에는 p형 도펀트의 농도를 국소적으로 증대시킬 수 있다.

<36> 본 발명의 질화물반도체의 제조방법에 있어서, 제 1 공정 및 제 2 공정에서의 p형 도펀트의 공급량은 다른 것이 바람직하다. 이와 같이 p형 도펀트의 선택도프를 행하여도, 제 1 반도체층과 제 2 반도체층의 계면근방에 p형 도펀트의 농도를 국소적으로 증대시킬 수 있다.

<37> 본 발명의 질화물반도체의 제조방법에 있어서, 제 1 반도체층의 성장시에 p형 도펀트를 공급하는 경우에, p형 도펀트를 제 1 반도체층을 성장하기 전에 공급하기 시작하는 것이 바람직하다. 또한, 제 2 질화물반도체의 제조방법에 있어서, 제 2 반도체층의 성장시에 p형 도펀트를 공급하는 경우에, p형 도펀트를 제 2 반도체층을 성장하기 전에 공급하기 시작하는 것이 바람직하다. 이와 같이 하면, 성장 중의 반도체층에 도입되는 p형 도펀트의 반도체의 성장면으로의 도달에 지연이 생기지 않기 때문에, 흡수한 불순물 프로파일을 확실히 달성할 수 있다.

<38> 본 발명의 질화물반도체의 제조방법에 있어서, p형 도펀트의 농도의 피크는 제 2 반도체층 중에 위치한다.

<39> 본 발명의 질화물반도체의 제조방법에 있어서, 제 2의 III족 소스는 복수의 III족 원소를 포함하고, 제 2 반도체층에서의 복수의 III족 원소 중 조성비가 작은 원소의 농도의 피크위치와 p형 도펀트의 피크위치는 서로 다르다.

<40> 본 발명의 질화물반도체의 제조방법에 있어서, p형 도펀트의 농도가 $3 \times 10^{19} cm^{-3}$ 이하인 것이 바람직하다. 이와 같이 하면, p형 도펀트의 유효 억셉터농도를 크게 할 수 있다.

<41> 본 발명의 질화물반도체의 제조방법에 있어서, 제 2 반도체층의 두께가 1.5㎚ 이상인 것이 바람직하다. 이와 같이 하면, p형 도펀트의 피크위치를 제 2 반도체층 중에 도입할 수 있다.

<42> 본 발명에 관한 질화물반도체소자의 제조방법은, 기판 상에 제 1 질화물반도체로 이루어지는 활성층을 성장시키는 제 1 공정과, 활성층 상에 제 2 질화물반도체로 이루어져 활성층을 보호하는 p형 캡층을 성장시키는 제 2 공정과, p형 캡층 상에 제 3 질화물반도체층으로 이루어지는 p형 클래드층을 성장시키는 제 3 공정과, p형 클래드층 상에 제 4 질화물반도체층으로 이루어지는 p형 콘택트층을 성장시키는 제 4 공정을 구비하고, 제 2 공정, 제 3 공정 및 제 4 공정 중의 적어도 하나는 제 1의 III족 소스 및 질소를 포함하는 V족 소스를 공급함으로써, 제 1의 III족 질화물로 이루어지는 하나의 층을 성장시키는 공정과, 하나의 층 상에 제 2의 III족 소스 및 질소를

포함하는 V족 소스를 공급함으로써, 하나의 층 상에 제 2의 III족 질화물로 이루어지는 다른 층을 성장시키는 공정을 갖고, 하나의 층을 성장시키는 공정 및 다른 층을 성장시키는 공정의 적어도 하나는 기판 상에 p형 도펀트를 공급하는 공정을 포함하며, 하나의 층과 다른 층의 계면의 근방영역은 p형 도펀트의 농도가 국소적으로 증대하도록 성장한다.

<43> 본 발명의 질화물반도체소자의 제조방법에 의하면, 질화물반도체소자에서의 p형 캡층, p형 클래드층 및 p형 콘택트층의 적어도 하나에 본 발명의 질화물반도체의 제조방법을 이용하고 있기 때문에, p형 캡층, p형 클래드층 및 p형 콘택트층 중의 적어도 하나의 저저항화 및 불순물 프로파일의 급격화를 실현할 수 있다.

<44> 본 발명의 질화물반도체소자의 제조방법에 있어서, 제 1의 III족 소스가 갈륨을 포함하고, 제 2의 III족 소스가 알루미늄 또는 인듐을 포함하는 것이 바람직하다.

<45> 본 발명의 질화물반도체소자의 제조방법에 있어서, 하나의 층 또는 다른 층을 성장시키는 공정보다도 전에, p형 도펀트를 공급하기 시작하는 것이 바람직하다.

<46> 본 발명의 질화물반도체소자의 제조방법에 있어서, p형 캡층 또는 p형 클래드층의 p형 도펀트의 농도가 3×10^{19} cm^{-3} 이하인 것이 바람직하다.

<47> 본 발명의 질화물반도체소자의 제조방법에 있어서, 다른 층의 두께가 1.5㎚ 이상인 것이 바람직하다.

<48> 본 발명의 질화물반도체소자의 제조방법에 있어서, p형 콘택트층이 인듐을 포함하고, p형 콘택트층에서의 p형 도펀트의 농도가 p형 콘택트층의 표면으로부터 점차 감소하고 또한 상면으로부터의 깊이가 10㎚의 위치에서 $3 \times 10^{19} cm^{-3}$ 이상인 것이 바람직하다.

<49> 본 발명에 관한 질화물반도체소자는, 기판 상에 형성된 제 1 질화물반도체로 이루어지는 활성층과, 활성층 상에 형성된 제 2 질화물반도체로 이루어지는 p형 캡층과, p형 캡층 상에 형성된 제 3 질화물반도체층으로 이루어지는 p형 클래드층과, p형 클래드층 상에 형성된 제 4 질화물반도체층으로 이루어지는 p형 콘택트층을 구비하고, p형 캡층, p형 클래드층 및 p형 콘택트층 중의 적어도 하나는 제 1의 III족 질화물로 이루어지는 하나의 층과 그 하나의 층 상에 형성되고 또한 제 1의 III족 질화물과 다른 제 2의 III족 질화물로 이루어지는 다른 층이 적층되어 이루어져, 다른 층에서의 하나의 층과의 계면의 근방영역은 p형 도펀트의 농도가 국소적으로 증대하고 있다.

<50> 본 발명의 질화물반도체소자에 있어서, 제 1의 III족 질화물은 갈륨을 포함하고, 제 2의 III족 질화물은 알루미늄 또는 인듐을 포함하는 것이 바람직하다. 이와 같이 하면, 청자색 등의 단파장의 레이저광을 발진가능한 반도체 레이저소자를 얻을 수 있다.

<51> 본 발명의 질화물반도체소자에 있어서, p형 캡층 또는 p형 클래드층의 p형 도펀트의 농도가 $3 \times 10^{19} cm^{-3}$ 이하인 것이 바람직하다.

<52> 본 발명의 질화물반도체소자에 있어서, 다른 층의 두께가 1.5㎚ 이상인 것이 바람직하다.

<53> 본 발명의 질화물반도체소자에 있어서, p형 콘택트층에서의 다른 층이 인듐을 포함하고, p형 콘택트층에서의 p형 도펀트의 농도가 p형 콘택트층의 표면으로부터 점차 감소하고 또한 상면에서의 깊이가 10㎚의 위치에서 $3 \times 10^{19} cm^{-3}$ 이상인 것이 바람직하다.

<54> 또, 제 61회 응용물리학회 학술강연회, 강연예고집 3a-Y-30, (2000/9)에는 막두께가 2.5㎚의 $Al_{0.16}Ga_{0.84}N$층과 막두께가 2.5㎚의 GaN층으로 이루어지는 주기가 5㎚의 왜곡초격자(strained-layer-superlattices : SLSs)층이 기재되어 있고, p형 도펀트인 Mg는 농도가 $7 \times 10^{19} cm^{-3}$으로 AlGaN층과 GaN층으로 균일도프되어 있다. 2차 이온질량분석법(Secondary Ion Mass Spectrometry : SIMS)을 이용한 분석에 의하면, 매우 짧은 주기면서, 장벽층인 AlGaN층에 Mg가 선택적으로 도입되는 현상이 나타난다. 단, 여기서는 기판의 깊이방향의 분해능이 충분하지 않아, Mg가 헤테로 계면근방에 편석하고 있는지의 여부를 판별하는 것은 불가능하다.

<55> (실시예)

<56> 본 발명의 일실시예에 대하여 도면을 참조하여 설명한다.

<57> 도 1은 본 발명의 일실시예에 관한 질화물반도체 레이저소자의 단면구성을 나타내고 있다. 여기서는, 반도체 레

이저소자의 구성을 그 제조과정과 동시에 설명한다. 결정성장에는 유기금속기상성장(MOVPE)법을 이용하고, 그 성장압력은 감압하에서도, 대기압하에서도, 또한 대기압(1atm) 이상의 가압하에서도 좋다. 게다가, 반도체층마다 가장 적절한 압력으로 전환하여도 된다. 원료를 기판 상에 공급하기 위한 캐리어 가스는 적어도 질소 또는 수소 등의 비활성 가스로 한다.

<58> 우선, 도 1에 나타내는 바와 같이, 성장온도를 500℃ 정도로 하고, 예를 들면 사파이어로 이루어지는 기판(11)의 주면 상에 V족 소스인 암모니아(NH_3)와 III족 소스인 트리메틸갈륨(TMG)을 공급하여, 두께가 약 20㎚의 질화갈륨(GaN)으로 이루어지는 버퍼층(12)을 성장한다.

<59> 다음에, 성장온도를 1020℃ 정도로까지 온도상승한 후, NH_3와 TMG를 공급하여, 버퍼층(12) 상에 두께가 약 1㎛의 GaN으로 이루어지는 하지층(13)을 성장한다. 이어서, 포토리소그래피법을 이용하여, 하지층(13) 상에 각각의 폭이 약 3㎛이면서 서로 약 12㎛의 간격을 두고 평행하게 연장되는 레지스트 패턴(도시생략)을 형성하고, 형성한 레지스트 패턴을 마스크로 하여 하지층(13)에 대하여 드라이에칭을 행함으로써, 하지층(13)의 상부에 복수의 리세스부(13a)와 그 리세스부(13a)끼리에 끼워진 영역으로 이루어지는 복수의 스트라이프형상의 볼록부(13b)를 형성한다. 계속해서, 예를 들면 ECR 스퍼터법을 이용하여, 리세스부(13a)가 형성된 하지층(13) 상에 레지스트 패턴 및 볼록부(13b)를 포함하는 전면에 걸쳐, 질화실리콘(SiN_x)으로 이루어지는 마스크막(14)을 퇴적한다. 그 후, 레지스트 패턴을 리프트 오프하여 볼록부(13b) 상의 마스크막(14)을 제거함으로써, 그 볼록부(13b)의 상면을 노출한다.

<60> 다음에, 다시 MOVPE법에 의해, 성장온도를 1000℃ 정도로 하고, NH_3와 TMG를 공급하여, 하지층(13)의 볼록부(13b)의 노출면을 종결정으로서 두께가 약 3㎛인 GaN으로 이루어지는 선택성장층(15)을 성장한다.

<61> 다음에, 성장온도를 1000℃ 정도로 하고, NH_3, TMG 및 예를 들면 실리콘(Si)을 포함하는 n형 도펀트를 공급하여, 선택성장층(15) 상에 두께가 약 2㎛인 n형 GaN으로 이루어지는 n형 콘택트층(16)을 성장한다.

<62> 다음에, NH_3, TMG, 트리메틸알루미늄(TMA) 및 n형 도펀트를 공급하여, n형 콘택트층(16) 상에 두께가 약 0.7㎛인 n형 질화알루미늄갈륨($Al_{0.07}Ga_{0.93}N$)으로 이루어지는 n형 클래드층(17)을 성장한다.

<63> 다음에, NH_3, TMG 및 n형 도펀트를 공급하여, n형 클래드층(17) 상에 두께가 약 100㎚인 n형 GaN으로 이루어지는 n형 광가이드층(18)을 성장한다.

<64> 다음에, 성장온도를 810℃ 정도로 온도하강한 후, NH_3, TMG 및 트리메틸인듐(TMI)을 공급함으로써, n형 광가이드층(18) 상에 두께가 약 3㎚인 질화인듐갈륨($In_{0.1}Ga_{0.9}N$)으로 이루어지는 웰층과, TMI만 공급을 멈추고, 웰층 상에 두께가 약 6㎚인 GaN으로 이루어지는 배리어층을 1주기로 하는 3주기분의 반도체층을 성장하여 다중양자웰(MQW) 활성층(19)을 형성한다.

<65> 다음에, 성장온도를 1020℃ 정도로 온도상승하면서, NH_3, TMG 및 p형 도펀트의 마그네슘(Mg)을 포함하는 비스시클로펜타디에닐 마그네슘(Cp_2Mg)을 공급함으로써, 도 2의 (a)에 나타내는 바와 같이, 활성층(19) 상에 두께가 약 2.5㎚인 GaN으로 이루어지는 제 1층(웰층)(20a)과, III족 소스에 TMA를 추가하여 두께가 약 2.5㎚인 $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$으로 이루어지는 제 2층(배리어층)(20b)을 1주기로 하는 4주기분의 반도체층을 성장하여 두께가 약 20㎚인 p형 초격자캡층(20)을 형성한다.

<66> 다음에, NH_3, TMG 및 Cp_2Mg을 공급하여, p형 초격자캡층(20) 상에 두께가 약 100㎚인 p형 GaN으로 이루어지는 p형 광가이드층(21)을 성장한다.

<67> 다음에, NH_3, TMG 및 Cp_2Mg을 공급함으로써, p형 광가이드층(21) 상에 두께가 약 2.5㎚인 GaN으로 이루어지는 제 1층(웰층)과, III족 소스에 TMA를 추가하여 두께가 약 2.5㎚인 $Al_{0.14}Ga_{0.86}N$으로 이루어지는 제 2층(배리어층)을 1주기로 하는 140주기분의 반도체층을 성장하여 두께가 약 0.7㎛인 p형 초격자캡층(22)을 형성한다.

<68> 다음에, NH_3, TMG 및 Cp_2Mg을 공급하여, p형 초격자클래드층(22) 상에 두께가 약 100㎚인 p형 GaN으로 이루어지는 p형 제 2 콘택트층(23)을 성장한다.

<69> 다음에, NH_3, TMG 및 Cp_2Mg을 공급함으로써, 도 2의 (b)에 나타내는 바와 같이, p형 제 2 콘택트층(23) 상에 두

께가 약 2.5㎚～3㎚인 GaN으로 이루어지는 제 1층(배리어층)(24a)과, III족 소스에 TMI를 추가하여 두께가 약 2.5㎚～3㎚인 $In_{0.07}Ga_{0.93}N$으로 이루어지는 제 2층(웰층)(24b)을 1주기로 하는 2주기분의 반도체층을 성장하여 두께가 약 10㎚～12㎚인 초격자구조를 갖는 p형 제 1 콘택트층(24)을 형성한다.

<70> 이상과 같이 하여, 반도체 레이저소자를 구성하는 에피택셜층을 얻을 수 있다.

<71> 또, 본 실시예에 있어서는, 초격자층에서의 p형 도펀트의 도핑을 제 1층 및 제 2층의 성장시에 균일하게 도핑을 행하고 있다. 즉, Cp_2Mg의 공급량을 일정하게 하고 있지만, 제 1층 및 제 2층에서 공급량을 바꾸는, 소위 변조도프를 행하여도 되고, 또한 어느 한쪽의 반도체층에만 행하는, 소위 선택도프를 행하여도 된다. 이와 같이 균일도프가 아닌 경우에도, 알루미늄 또는 인듐을 포함하는 층에서의 기판측(성장개시측)의 계면근방에 p형 도펀트의 농도가 증대한다. 단, 선택도프의 경우라도, 알루미늄 또는 인듐을 포함하는 층에 대하여 도핑을 행하는 편이 바람직하다.

<72> 다음에, 에피택셜층에서의 스트라이프형상의 공진기형성영역을 마스크하여, 그 에피택셜층에 대하여 n형 콘택트층(16)을 노출하도록 에칭을 행한다. 게다가, 공진기형성영역에서의 p형 초격자클래드층(22), p형 제 2 콘택트층(23) 및 p형 제 1 콘택트층(24)에 대하여 에칭을 행함으로써, 공진기형성영역의 상부에 전류주입영역이 되는 릿지부(30)를 형성한다. 여기서, 릿지부(30)는 공진기형성영역에서의 하지층(13)의 볼록부(13b)의 상방의 영역에서 벗어난 위치에 설치하는 것이 바람직하다. 이와 같이 하면, 선택성장층(15)에서의 결정전위의 영향을 받기 어려워져, MQW 활성층(19) 등에서의 결정품위가 뛰어난 영역에 전류가 주입된다.

<73> 이어서, p형 제 1 콘택트층(24)의 상면의 전극과의 콘택트부 및 n형 콘택트층(16)의 상면의 전극과의 콘택트부를 각각 마스크하고, 그 후 CVD법 등에 의해, 릿지부(30) 및 공진기형성영역의 노출면 상에 산화실리콘(SiO_2)으로 이루어지는 보호절연막(25)을 퇴적한다. 여기서, 릿지부(30)의 스트라이프폭을 3㎛～5㎛ 정도로 하고 있다.

<74> 다음에, 보호절연막(25)에서의 릿지부(30) 상의 개구부를 충전하고 또한 릿지부(30)의 p측면을 덮도록, 예를 들면 증착법 등을 이용하여 니켈(Ni)과 금(Au)의 적층체로 이루어지는 p측 전극(26)을 형성한다. 이어서, 보호절연막(25)에서의 n형 콘택트층(16) 상의 개구부를 충전하도록 증착법 등을 이용하여 티타늄(Ti)과 알루미늄(Al)의 적층체로 이루어지는 n측 전극(27)을 형성한다.

<75> 또, 본 실시예에 있어서는, p형 초격자캡층(20), p형 초격자클래드층(22) 및 p형 제 1 콘택트층(24)을 각각 초격자구조로 함으로써, p형 반도체층의 저저항화와 p형 도펀트의 급격한 불순물 프로파일을 얻고 있지만, 이들 3층 중의 적어도 한층에 본 발명에 관한 초격자구조를 이용하여도 된다.

<76> 이와 같이 하여 얻어진 반도체 레이저소자에 대하여 p측 전극(26)과 n측 전극(27) 사이에 전압을 인가하면, MQW 활성층(19)을 향하여 p측 전극(26)으로부터 정공이 주입되는 동시에, n측 전극(27)으로부터 전자가 주입된다. 이로 인하여, MQW 활성층(19)에 있어서, 정공과 전자의 재결합에 의해 광학이득을 발생시켜 약 404㎚의 파장을 갖는 레이저발진을 일으킨다.

<77> 이하, p형 초격자캡층(20), p형 초격자클래드층(22) 및 p형 제 1 콘택트층(24)에 본 발명의 초격자구조를 이용하는 것의 유효성에 대해서 설명한다.

<78> 우선, p형 초격자캡층(20) 및 p형 초격자클래드층(22)을 설명한다.

<79> 도 3의 (a)는 GaN으로 이루어지는 제 1층(20a)과 $Al_{0.3}Ga_{0.7}N$으로 이루어지는 제 2층(20b)의 4주기분으로 이루어지는 p형 초격자캡층(20)에 포함되는 Mg의 기판의 깊이방향으로의 불순물 프로파일을 SIMS법에 의해 측정한 결과를 나타내고 있다. 각 반도체층의 성장과정은 그래프의 횡축의 우측에서 좌측으로 향하여 진행된다. 또한, 여기서는, Al을 포함하는 제 2층(20b)에만 p형 도펀트를 포함하는 Cp_2Mg를 공급하는 선택도프로 하고 있다.

<80> 도 3의 (a)에 나타내는 바와 같이, Al을 포함하는 제 2층(20b)에서의 기판측에 위치하는 Al을 포함하지 않는 제 1층(20a)과의 계면근방에 Mg의 농도가 증대하고 있다. 이로부터, Al을 포함하는 제 2층(20b)에 대하여 Mg의 선택적인 도핑이 가능해지는 것을 알 수 있다. 이와 같이, 초격자구조를 취하여 AlGaN으로 이루어지는 제 2층(20b) 내에 기판의 표면을 향하여 점차 감소하는 Mg의 농도경사가 형성된다. 게다가, 도 3의 (a)에 나타내는 바와 같이, 제 2층(20b)에서의 Mg의 농도의 최저값이라도, 종래의 방법에 의한 불순물농도와 같은 정도의 값이 확보되어 있다.

<81> 이와 같이, 본원 발명자들은 Cp_2Mg의 단위시간당 공급량을 일정값으로 하고 있음에도 불구하고, 헤테로 계면을 형성하는 것만으로 계면근방에 Mg의 농도경사가 발생하는 현상을 발견하였다.

<82> 그런데, 제 2층(20b)에서의 Mg의 농도의 피크는 제 2층(20b)에서의 기판측에서 접합하는 제 1층(20a)과의 계면으로부터 1.5㎚ 정도로 간격을 둔 위치에 있는 것을 확인하고 있다. 따라서, 제 2층(20b)은 그 두께를 적어도 1.5㎚로 하면, 불순물농도의 피크위치를 제 2층(20b)에 확실히 도입할 수 있기 때문에 바람직하다.

<83> 본 실시예에 있어서는, p형 도펀트인 Mg의 도핑은 p형 초격자캡층(20)보다도 깊은 영역, 즉 하층의 반도체층으로부터 개시하는 것이 바람직하다. 그것은 p형 초격자캡층(20)의 성장과 동시에 Mg의 도핑을 시작한 것에서 Mg의 원료인 Cp_2Mg가 기판 상에 빠르게 공급되지 않고 도핑에 지연이 생겨, 원하는 불순물 프로파일을 달성하기 어렵기 때문이다.

<84> 도 3의 (b)는 제 1층(20a) 및 제 2층(20b)의 양쪽에 p형 도펀트를 균일하게 도프한 경우의 SIMS법에 의한 불순물 프로파일을 나타내고 있다. 도 3의 (b)에 나타내는 바와 같이, 균일도프라도 제 2층(20b)에서의 기판측에 위치하는 제 1층(20a)과의 계면근방에서 p형 도펀트인 Mg의 농도가 증대하여 그 계면근방에 편석한다. 또, 도 3의 (b)에 나타내는 초격자반도체층은 측정용으로서, 제 1층(20a) 및 제 2층(20b)을 1주기로 하는 8주기분으로 구성하고 있다.

<85> p형 초격자클래드층(22)에 대해서도 마찬가지로, Al을 포함하는 제 2층에서의 기판측에 위치하는 Al을 포함하지 않는 제 1층과의 계면근방에서 p형 도펀트의 농도가 증대하는 것을 확인하고 있다.

<86> 다음에, 초격자구조를 갖는 p형 제 1 콘택트층(24)의 유효성을 설명한다.

<87> 도 4는 GaN으로 이루어지는 제 1층(24a)과 $In_{0.07}Ga_{0.93}N$으로 이루어지는 제 2층(24b)의 초격자구조를 갖는 p형 제 1 콘택트층(24)에 포함되는 Mg의 기판의 깊이방향으로의 불순물 프로파일을 SIMS법에 의해 측정한 결과를 나타내고 있다. 도 4에서는, 제 2층(24b)에서의 기판측에 위치하는 제 1층(24a)과의 계면근방에서 p형 도펀트인 Mg의 농도가 증대하여 그 계면근방에 편석하고 있는 것을 알 수 있다. 이로 인해, 유효 억셉터농도가 크게 증대한다. 또, 도 4에 나타내는 초격자반도체층도 측정용으로서, 제 1층(24a) 및 제 2층(24b)을 1주기로 하는 4주기분으로 구성하고 있다.

<88> (실시예의 일변형예)

<89> 이하, 본 발명의 제 1 실시예의 일변형예에 대해서 도면을 참조하여 설명한다. 본 변형예에 관한 제 1 콘택트층(24)은 두께가 약 10㎚인 p형 InGaN으로 이루어지는 단층으로 구성된다.

<90> 도 5의 (a)는 SIMS법에 의해 구한 단층으로 이루어지는 p형 제 1 콘택트층과 p형 제 2 콘택트층의 Mg의 농도와, 다양한 측정주파수를 이용하여 C-V(capacitance-voltage) 측정법에 의해 구한 유효 억셉터농도(Na-Nd)의 기판의 깊이방향의 농도 프로파일을 나타내고 있다.

<91> 도 5의 (a)에 나타내는 바와 같이, p형 제 1 콘택트층에 단층의 p형 InGaN을 이용한 경우에는, Cp_2Mg의 공급량을 바꾸지 않는 균일도프로 하여도, p형 제 1 콘택트층에서의 p형 제 2 콘택트층과의 계면근방의 영역에서 Mg의 농도가 위로 볼록형상으로 급격하게 증대한다. 게다가, p형 제 1 콘택트층의 표면근방의 5㎚ 정도의 영역에서도 Mg의 농도가 급격히 증대한다. 이로 인해, 유효 억셉터농도는 표면근방의 약 5㎚의 영역 내에서 크게 증대하고, 또한, 깊이위치가 표면으로부터 5㎚～10㎚의 영역에서도 종래의 방법과 비교하여 약간 증대하고 있어, 개선이 보인다.

<92> 여기서, 비교용으로서 도 5의 (b)에, 종래의 방법에 의한 두께가 약 10㎚인 p^+-GaN으로 이루어지는 p형 제 1 콘택트층과 p-GaN으로 이루어지는 p형 제 2 콘택트층의 Mg의 농도 및 유효 억셉터농도의 기판의 깊이방향의 농도 프로파일을 나타낸다.

<93> 도 5의 (b)에 나타내는 제조과정에 있어서는, p형 제 2 콘택트층의 성장시에는 Cp_2Mg의 공급량을 약 0.04L/min(0℃, 1atm)으로 하고, p형 제 1 콘택트층의 성장시에는 Cp_2Mg의 공급량을 약 7배인 0.27L/min(0℃, 1atm) 정도로 증가시키고 있다. 그럼에도 불구하고, p형 제 1 콘택트층에서의 p형 제 2 콘택트층과의 계면근방, 즉 기판표면으로부터의 5㎚～10㎚의 영역에서는, Mg의 농도로 급격히 증대하는 징후는 보이지 않고, 단조롭게 증가하고 있는 것에 불과하다. 단, 기판표면으로부터 5㎚ 이내의 영역에서 Mg의 농도는 급격히 증대하고 있다.

따라서, 유효 억셉터농도는 표면근방의 5㎚까지의 영역에 한하여 증대시킬 수 있다.

<94> 이와 같이, p형 제 1 콘택트층의 성장시에만 Cp_2Mg의 공급량을 늘리는 종래의 방법은 p형 제 1 콘택트층에 도프되는 Mg의 농도를 p형 제 1 콘택트층에서의 p형 제 2 콘택트층과의 계면근방에서 급격히 증대시키는 것은 불가능하다.

<95> 또, 본원 발명자들은 GaN층, InGaN 층 및 AlGaN층의 어느 하나에 있어서도, Mg의 도핑농도는 $3 \times 10^{19} cm^{-3}$의 농도를 넘으면, Mg이 반도체결정 중의 갈륨이나 질소 등의 본래의 격자위치로 치환되지 않고, 억셉터로서의 활성화율이 저하되는 사실을 알게 되었다.

<96> 따라서, p형 초격자캡층(20) 및 p형 초격자클래드층(22)에 있어서는, 레이저소자에 주입되는 캐리어가 억셉터의 활성화율의 저하에 기인하는 결함 등의 비발광중심에서의 손실을 회피하기 위해서, Mg의 도핑농도를 $3 \times 10^{19} cm^{-3}$ 이하로 하는 것이 바람직하다.

<97> 한편, p형 제 1 콘택트층은 전극용의 금속재료와의 접촉저항을 내리는 편이 중요하고, Mg의 농도에 상한은 없다.

<98> 또한, 헤테로 접합계면에 의한 p형 도펀트의 농도증대의 효과는 III족 질화물반도체의 전반에 걸쳐 성립된다. 따라서, 알루미늄, 갈륨 및 인듐에 한하지 않고, 예를 들면 질화붕소(BN)로 이루어지는 반도체와의 사이에서 헤테로 접합계면을 가져도 된다.

<99> 또한, p형 도펀트는 마그네슘(Mg)에 한하지 않고, 대신에, 아연(Zn) 또는 칼슘(Ca) 등을 이용하여도 된다.

<100> 또한, 본 실시예에 관한 반도체 레이저소자는 하지층(13)에 설치한 리세스부(13a)끼리의 사이에 형성되는 스트라이프형상의 볼록부(13b) 상에 선택적 횡방향성장(ELOG)법에 의해 성장한 선택성장층(15)을 설치하고 있지만, 하지층(13) 및 선택성장층(15)은 본 발명에 필수적이지 않다. 그러나, 이 ELOG법을 이용함으로써, 선택성장층(15) 상에 성장하는 n형 콘택트층(16)으로부터 위로 성장하는 각 반도체층의 결정성을 매우 양호하게 할 수 있다.

<101> 또한, 질화물반도체의 성장방법은 MOVPE법에 한하지 않고, 하이드라이드 기상성장(H-VPE)법 또는 분자선 에피택셜(MBE)법 등의 질화물반도체를 성장가능한 방법이라면 모든 방법에 적용할 수 있다.

발명의 효과

<102> 본 발명에 관한 질화물반도체의 제조방법에 의하면, 제 1의 III족 질화물로 이루어지는 제 1 반도체층과 그 제 1의 III족 질화물과 다른 제 2의 III족 질화물로 이루어지는 제 2 반도체층의 적층체에서의 헤테로 접합계면의 근방의 영역에서, p형 도펀트의 농도가 국소적으로 또한 종래보다도 증대하도록 성장한다. 이 때문에, 헤테로 접합계면근방에서 p형 도펀트의 농도가 종래보다도 증대하기 때문에, 저저항화를 실현할 수 있는 동시에 적층체만이 고불순물농도를 갖는 급격한 p형 불순물 프로파일을 달성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 본 발명의 일실시예에 관한 질화물반도체 레이저소자를 나타내는 구성단면도

<2> 도 2의 (a)는 본 발명의 일실시예에 관한 질화물반도체 레이저소자에서의 p형 초격자캡층을 나타내는 구성단면도

<3> 도 2의 (b)는 본 발명의 일실시예에 관한 질화물반도체 레이저소자에서의 p형 제 1 콘택트층을 나타내는 구성단면도

<4> 도 3의 (a) 및 (b)는 본 발명의 일실시예에 관한 질화물반도체 레이저소자에서의 p형 초격자캡층의 SIMS법에 의한 불순물 프로파일을 나타내는 것으로, (a)는 선택도프에 의한 그래프이고, (b)는 균일도프에 의한 그래프

<5> 도 4는 본 발명의 일실시예에 관한 질화물반도체 레이저소자에서의 p형 제 1 콘택트층의 SIMS법에 의한 불순물 프로파일을 나타내는 그래프

<6> 도 5의 (a) 및 (b)는 질화물반도체 레이저소자에서의 p형 제 1 콘택트층 및 p형 제 2 콘택트층의 농도프로파일을 나타내는 것으로, (a)는 본 발명의 일실시예의 일변형예에 관한 반도체 레이저소자를 나타내는 그래프이고, (b)는 종래의 반도체 레이저소자를 나타내는 그래프

<7> *도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명*

<8> 11 : 기판 12 : 버퍼층

<9> 13 : 하지층 13a : 리세스부

<10> 13b : 볼록부 14 : 마스크막

<11> 15 : 선택성장층 16 : n형 콘택트층

<12> 17 : n형 클래드층 18 : n형 광가이드층

<13> 19 : 다중양자웰(MQW) 활성층 20 : p형 초격자캡층

<14> 20a : 제 1층(웰층) 20b : 제 2층(배리어층)

<15> 21 : p형 광가이드층 22 : p형 초격자클래드층

<16> 23 : p형 제 2 콘택트층 24 : p형 제 1 콘택트층

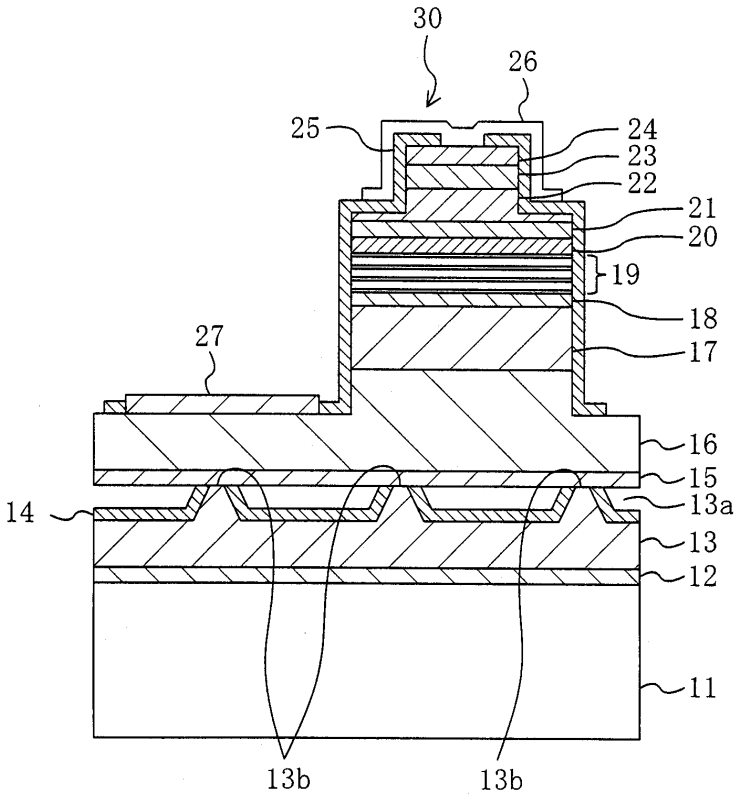
<17> 24a : 제 1층(배리어층) 24b : 제 2층(웰층)

<18> 25 : 보호절연막 26 : p측 전극

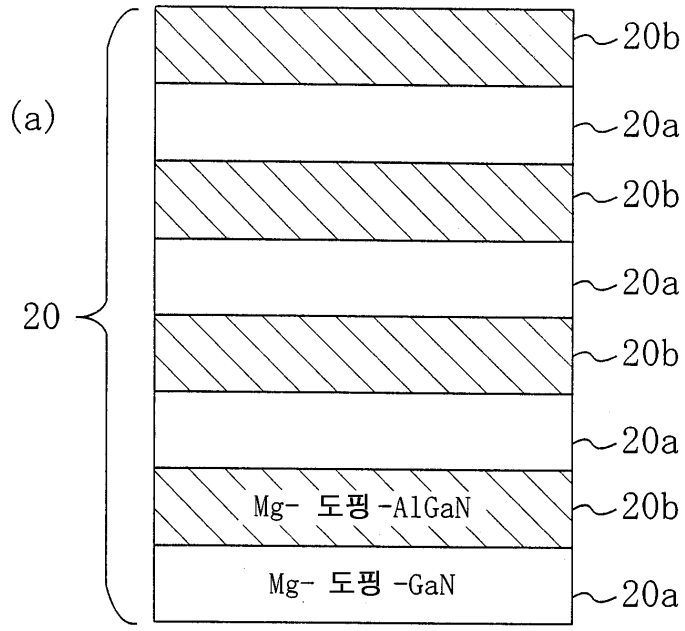
<19> 27 : n측 전극 30 : 릿지부

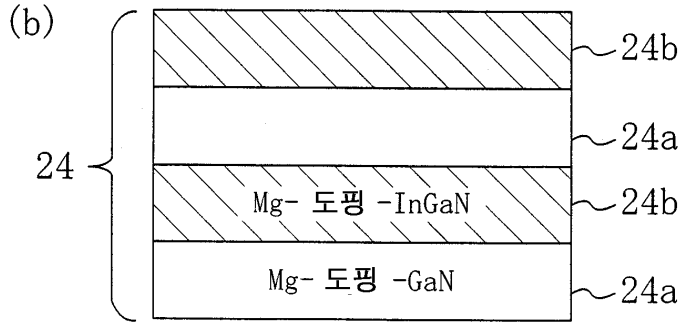
도면

도면1

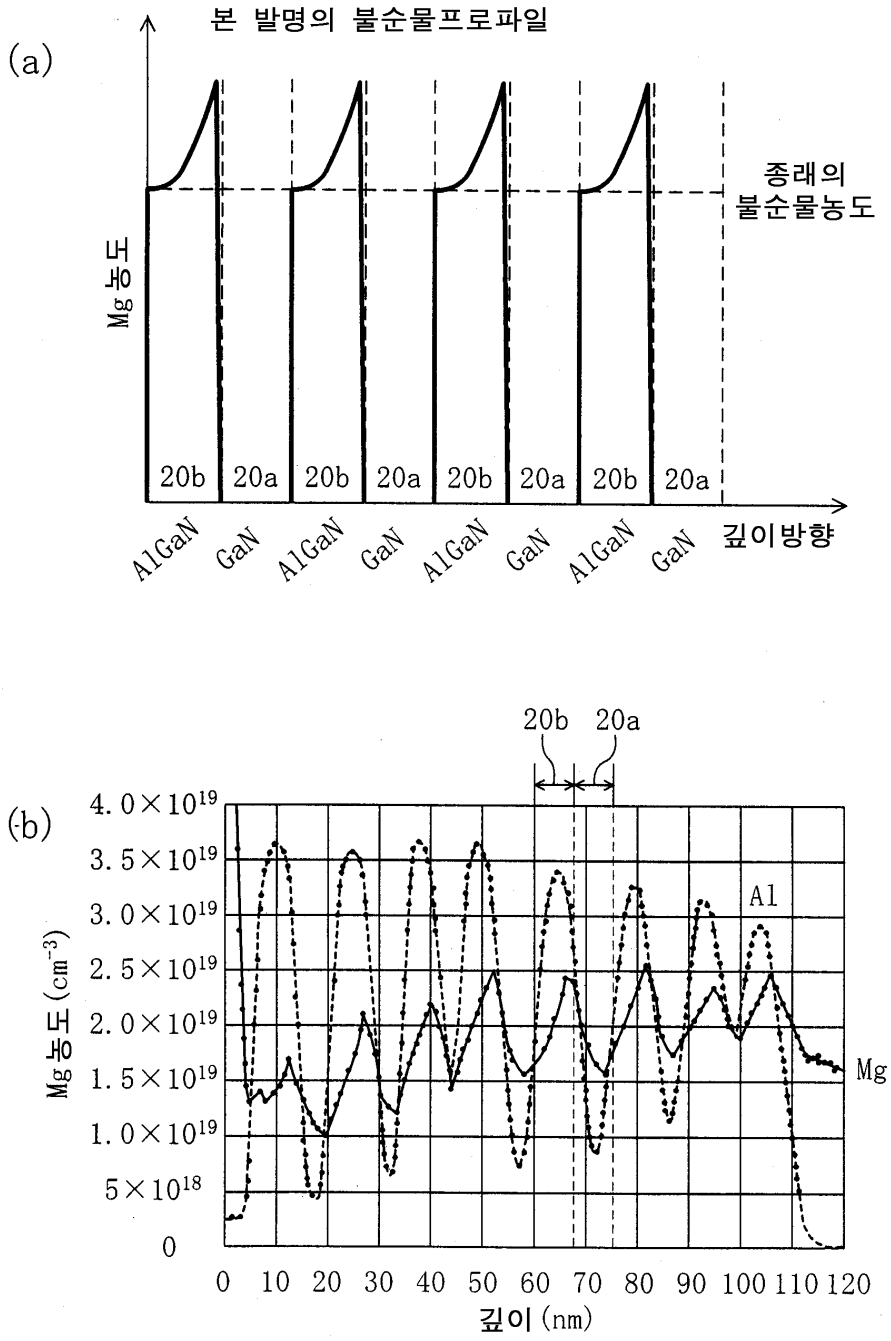


도면2

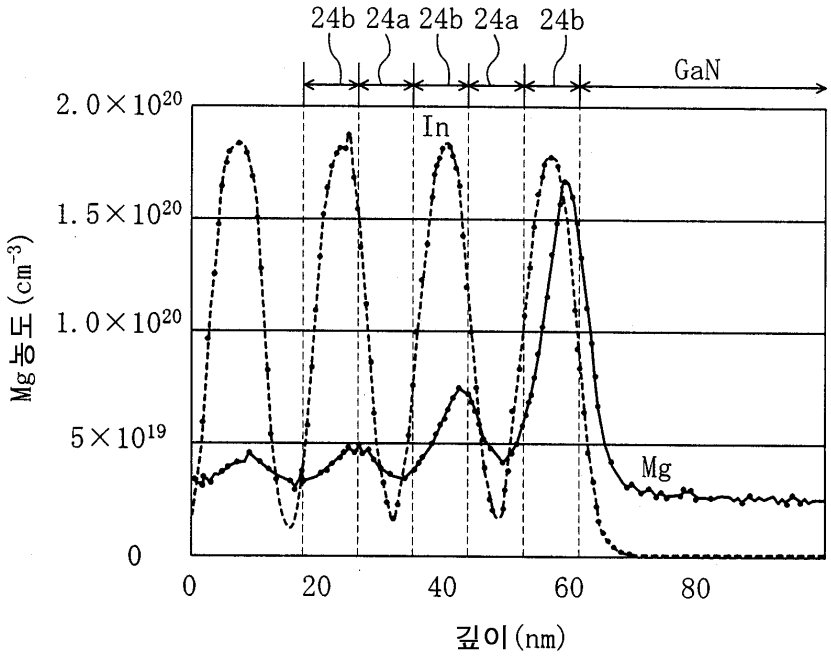

(a)
20
20b
20a
20b
20a
20b
20a
Mg- 도핑 -AlGaN
20b
Mg- 도핑 -GaN
20a


(b)
24
24b
24a
Mg- 도핑 -InGaN
24b
Mg- 도핑 -GaN
24a

도면3

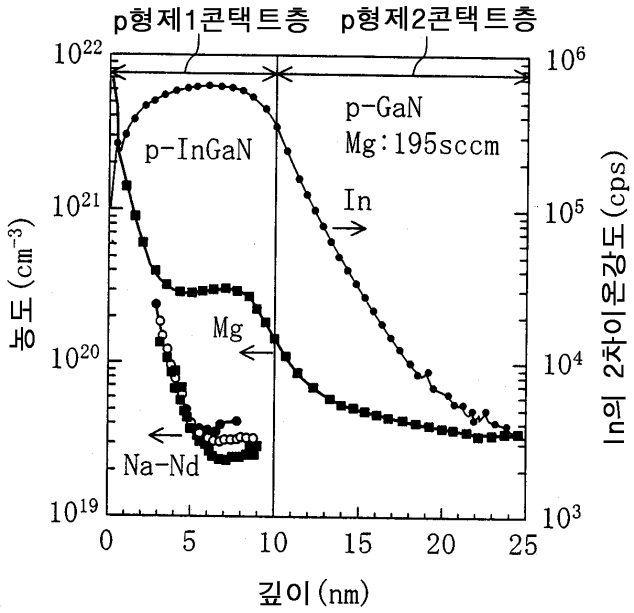

(a)
본 발명의 불순물프로파일
Mg 농도
종래의
불순물농도
20b
20a
AlGaN
GaN
깊이방향
(b)
20b
20a
Al
Mg
Mg 농도 (cm-3)
4.0×10^19
3.5×10^19
3.0×10^19
2.5×10^19
2.0×10^19
1.5×10^19
1.0×10^19
5×10^18
0
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120
깊이 (nm)

도면4

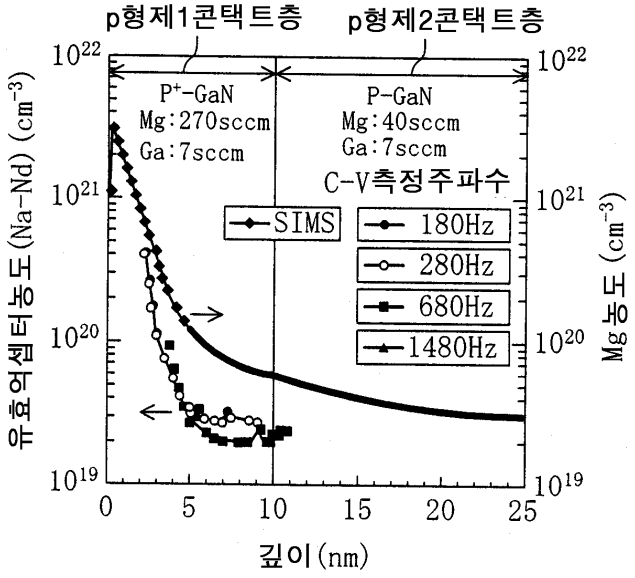

24b 24a 24b 24a 24b
GaN
In
Mg
2.0×10^20
1.5×10^20
1.0×10^20
5×10^19
0
Mg 농도 (cm^-3)
0
20
40
60
80
깊이 (nm)

도면5

(a)


p형제1콘택트층
p형제2콘택트층
p-InGaN
p-GaN
Mg:195sccm
In
Mg
Na-Nd
농도 (cm-3)
In의 2차이온강도 (cps)
깊이 (nm)

(b)


p형제1콘택트층
p형제2콘택트층
P+-GaN
Mg:270sccm
Ga:7sccm
P-GaN
Mg:40sccm
Ga:7sccm
C-V측정주파수
SIMS
180Hz
280Hz
680Hz
1480Hz
유효억셉터농도 (Na-Nd) (cm-3)
Mg농도 (cm-3)
깊이 (nm)