

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
H01L 21/283

(11) 공개번호 10-2005-0100252  
(43) 공개일자 2005년10월18일

(21) 출원번호 10-2004-0025463  
(22) 출원일자 2004년04월13일

(71) 출원인 광주과학기술원  
광주 북구 오룡동 1번지

(72) 발명자 박성주  
광주광역시북구오룡동1번지광주과학기술원신소재공학과  
임재홍  
광주광역시북구오룡동1번지광주과학기술원신소재공학과  
황대규  
광주광역시북구오룡동1번지광주과학기술원신소재공학과

(74) 대리인 허진석

심사청구 : 있음

(54) 아연산화물을 이용한 p-AlGaInN 화합물 반도체의오믹접촉 투명전극층 형성방법

요약

본 발명에 따른 오믹접촉 투명전극층 형성방법은, p-AlGaInN 화합물 반도체층(120) 상에 니켈산화물(NiO<sub>1-x</sub>), 망간산화물(MnO<sub>1-x</sub>), 철산화물(FeO<sub>3/2(1-x)</sub>), 코발트산화물(CoO<sub>1-x</sub>), 크롬산화물(CrO<sub>3/2(1-x)</sub>), 구리산화물(CuO<sub>1-x</sub>), 주석산화물(SnO<sub>1-x</sub>), 은산화물(AgO<sub>1-x</sub>), 구리알루미늄산화물(CuAlO<sub>2(1-x)</sub>), 및 팔라듐산화물(PdO<sub>1-x</sub>)으로 이루어진 금속 산화물군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하여 이루어지는 삽입층(130)과 아연 산화물층(140)을 순차적으로 적층하고 상기 결과물을 100~1200℃의 온도범위에서 열처리하는 것을 특징으로 한다. 아연산화물의 우수한 열적 안정성 및 투광성으로 인해서 우수한 광방출효율을 갖는 발광소자를 제조할 수 있으며, 발광소자의 고온 열처리에 의한 특성 저하를 방지할 수 있게 된다.

대표도

도 1

색인어

아연 산화물, 니켈 산화물, 삽입층, 열처리, 오믹접촉, 투명전극, GaN

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 실시예에 따른  $p\text{-Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$  화합물 반도체의 오믹접촉 투명전극층 형성방법을 설명하기 위한 단면도;

도 2는 니켈금속/아연산화물과 니켈산화물/아연산화물로 이루어진 오믹접촉계에 대한 전류-전압 그래프;

도 3은 니켈금속/아연산화물과 니켈산화물/아연산화물로 이루어진 오믹접촉계의 깊이에 따른 원소 분포도이다.

< 도면의 주요 부분에 대한 참조번호의 설명 >

110: 산화알루미늄 기판 120: p-GaN층

130: 삽입층 140: 아연 산화물층

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은  $p\text{-Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$  화합물 반도체의 오믹접촉 투명전극층 형성방법에 관한 것으로서, 특히 아연산화물을 이용하는  $p\text{-Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$  화합물 반도체의 오믹접촉 투명전극층 형성방법에 관한 것이다. 여기서,  $0 \leq x, y, z \leq 1$ ,  $x + y + z = 1$  이다.

p-GaN에 오믹접촉되는 전극층으로서 니켈(Ni)을 기본으로 하는 금속층, 예컨대 니켈(Ni)/금(Au)의 금속층이 널리 사용되어 왔다. 니켈을 기본으로 하는 금속층을 전극층으로 사용할 경우 산소( $\text{O}_2$ ) 분위기에서  $500 \sim 600^\circ\text{C}$ 의 온도범위에서 열처리하면 질화갈륨과 니켈의 계면에 p형 반도체 산화물인 니켈 산화물(NiO)이 형성되고, 또한 갈륨이 바깥쪽으로 확산하여 질화갈륨 표면 부위에 다수 캐리어인 홀(hole)이 공급되어 질화갈륨 표면부근에서의 실효 캐리어 농도(effective carrier concentration)가 증가되어  $10^{-3} \sim 10^{-4} \Omega\text{cm}^2$  정도의 비접촉저항을 갖는 오믹접촉을 얻을 수 있게 된다.

그러나, 니켈(Ni)/금(Au) 투명전극층의 경우, 열적 불안정성으로 인하여 실제 발광소자에 응용시 소자 신뢰성에 있어 많은 문제가 발생한다. 또한 p형 질화갈륨 위에 적층되는 금속층이 낮은 실효 저항(effective resistance)과 높은 투광성을 갖도록 하기 위해서는 소정의 임계 두께를 가져야 하는 한계가 있다. 따라서, 니켈(Ni)/금(Au) 투명전극층은 낮은 접촉저항을 얻을 수는 있으나 좋은 발광효율을 얻지 못하는 단점을 가진다.

#### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 낮은 오믹접촉저항을 가지면서 투명하고 열적으로도 안정한 새로운 오믹접촉계(ohmic contact system)를 도입함으로써 상술한 종래의 문제점을 해결할 수 있는  $p\text{-Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$  화합물 반도체의 오믹접촉 투명전극층 형성방법을 제공하는 데 있다.

### 발명의 구성 및 작용

상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 오믹접촉 투명전극층 형성방법은, p-AlGaInN 화합물 반도체층 상에 니켈산화물( $\text{NiO}_{1-x}$ ), 망간산화물( $\text{MnO}_{1-x}$ ), 철산화물( $\text{FeO}_{3/2(1-x)}$ ), 코발트산화물( $\text{CoO}_{1-x}$ ), 크롬산화물( $\text{CrO}_{3/2(1-x)}$ ), 구리산화물( $\text{CuO}_{1-x}$ ), 주석산화물( $\text{SnO}_{1-x}$ ), 은산화물( $\text{AgO}_{1-x}$ ), 구리알루미늄산화물( $\text{CuAlO}_{2(1-x)}$ ), 및 팔라듐산화물( $\text{PdO}_{1-x}$ )으로 이루어진 금속 산화물군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하여 이루어지는 삽입층과 아연 산화물층을 순차적으로 적층하고 상기 결과물을  $100 \sim 1200^\circ\text{C}$ 의 온도범위에서 열처리하는 것을 특징으로 한다.

상기 열처리는 질소 및 산소로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하는 분위기에서 행해지는 것이 바람직하다.

상기 p-AlGaInN 화합물 반도체층의 p형 도펀트로서 Be, Mg, Ca, Zn, 및 Cd으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나가 사용되어질 수 있다.

상기 아연 산화물층은 인듐 산화물, 주석 산화물, 갈륨 산화물, 및 알루미늄 산화물로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하여 이루어진 것일 수 있다.

상기 삽입층은 0.1~1000nm의 두께를 가지는 것이 바람직하다.

상기 아연 산화물층은 0.1~1000nm의 두께를 가지는 것이 바람직하다.

상기 열처리가 1초 내지 3시간 동안 행해지는 것이 바람직하다.

상기 삽입층을 적층하기 이전에 염산(HCl), 인산(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), 수산화칼륨(KOH), 또는 왕수(Aqua regia solution)로 상기 p-AlGaInN 화합물 반도체층의 표면을 처리하면 더 좋다.

이하에서, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 아래의 실시예는 본 발명의 내용을 이해하기 위해 제시된 것일 뿐이며 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상 내에서 많은 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명의 권리범위가 이러한 실시예에 한정되어지는 것으로 해석되어져서는 안된다.

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>z</sub>N 화합물 반도체의 오믹접촉 투명전극층 형성방법을 설명하기 위한 단면도이다.

먼저, 산화알루미늄 기판(110) 상에 MOCVD 또는 MBE법으로 p-GaN층(120)을 형성하고, p-GaN층(120) 상에 PVD 또는 CVD법으로 삽입층(130)을 형성한다.

p-GaN층(120)의 p형 도펀트로서는 Be, Mg, Ca, Zn, 또는 Cd 등을 선택할 수 있다. 삽입층(130)은 0.1~1000nm의 두께를 가지며, 니켈산화물(NiO<sub>1-x</sub>), 망간산화물(MnO<sub>1-x</sub>), 철산화물(FeO<sub>3/2(1-x)</sub>), 코발트산화물(CoO<sub>1-x</sub>), 크롬산화물(CrO<sub>3/2(1-x)</sub>), 구리산화물(CuO<sub>1-x</sub>), 주석산화물(SnO<sub>1-x</sub>), 은산화물(AgO<sub>1-x</sub>), 구리알루미늄산화물(CuAlO<sub>2(1-x)</sub>), 및 팔라듐산화물(PdO<sub>1-x</sub>)으로 이루어진 금속 산화물군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하여 이루어지는 것이 바람직하다. 여기서, 0 < x < 1 이다. 특히, 니켈 산화물의 경우가 바람직하다. 삽입층(130)을 적층하기 이전에 염산, 인산, 수산화칼륨, 또는 왕수로 p-GaN층(120) 표면을 처리하면 더 좋다.

다음에, 삽입층(130) 상에 0.1~1000nm 두께의 아연 산화물층(140)을 형성한다. 여기서, 아연 산화물층(140)은 인듐 산화물(In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 주석 산화물(SnO), 갈륨 산화물(GaO), 및 알루미늄 산화물(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 불순물로서 포함하는 것이 바람직하며, 특히 인듐 산화물의 경우가 바람직하다.

이어서, p-GaN층(120)과 그 위에 적층된 층들 사이에 오믹접촉이 이루어지도록 상기 결과물을 100~1200℃의 온도범위에서 열처리를 행한다. 이 때의 열처리는 1초 내지 3시간 동안 행해질 수 있으며, 열처리 분위기는 질소 및 산소로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하는 분위기인 것이 바람직하다.

도 2의 그래프 320은 오믹접촉을 위한 열처리가 행해진 니켈산화물/아연산화물 오믹접촉계에 대한 전류-전압 그래프이며, 그래프 310은 오믹접촉을 위한 열처리가 행해진 니켈금속/아연산화물 전극에 대한 것이다. 그래프 320의 경우가 낮은 접촉저항을 가짐을 알 수 있다.

도 3(a)는 오믹접촉을 위한 열처리가 행해진 니켈금속/아연산화물 전극에 대한 대한 깊이에 따른 원소 분포도이며, 도 3(b)는 오믹접촉을 위한 열처리가 행해진 니켈산화물/아연산화물 전극에 대한 깊이에 따른 원소 분포도이다. 도 3을 참조하면, 니켈금속을 삽입층으로 사용하는 경우에는 p-GaN과의 계면에 니켈이 금속으로서 존재하지만, 니켈산화물을 삽입층으로 사용하는 경우에는 p-GaN와의 계면과 아연산화물층 내에 니켈이 산화물 형태로 존재함을 알 수 있다. 따라서, 니켈산화물을 삽입층으로 이용하는 경우에는 p형 반도체인 니켈산화물의 존재로 인하여 p-GaN 내에 더 많은 홀이 공급되어 바람직하게 된다.

**발명의 효과**

상술한 바와 같이 오믹접촉 투명전극층으로서 아연산화물층을 사용하면, 아연산화물의 우수한 열적 안정성 및 투광성으로 인해서 우수한 광방출효율을 갖는 발광소자를 제조할 수 있으며, 발광소자의 고온 열처리에 의한 특성 저하를 방지할 수 있게 된다.

**(57) 청구의 범위**

**청구항 1.**

p-AlGaInN 화합물 반도체층 상에 니켈산화물( $\text{NiO}_{1-x}$ ), 망간산화물( $\text{MnO}_{1-x}$ ), 철산화물( $\text{FeO}_{3/2(1-x)}$ ), 코발트산화물( $\text{CoO}_{1-x}$ ), 크롬산화물( $\text{CrO}_{3/2(1-x)}$ ), 구리산화물( $\text{CuO}_{1-x}$ ), 주석산화물( $\text{SnO}_{1-x}$ ), 은산화물( $\text{AgO}_{1-x}$ ), 구리알루미늄산화물( $\text{CuAlO}_{2(1-x)}$ ), 및 팔라듐산화물( $\text{PdO}_{1-x}$ )으로 이루어진 금속 산화물군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하여 이루어지는 삽입층과 아연 산화물층을 순차적으로 적층하고 상기 결과물을 100~1200℃의 온도범위에서 열처리하는 것을 특징으로 하는 오믹접촉 투명전극층 형성방법.

**청구항 2.**

제1항에 있어서, 상기 열처리는 질소 및 산소로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하는 분위기에서 행해지는 것을 특징으로 하는 오믹접촉 투명전극층 형성방법.

**청구항 3.**

제1항에 있어서, 상기 p-AlGaInN 화합물 반도체층의 p형 도펀트로서 Be, Mg, Ca, Zn, 및 Cd으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 사용하는 것을 특징으로 하는 오믹접촉 투명전극층 형성방법.

**청구항 4.**

제1항에 있어서, 상기 아연 산화물층이 인듐 산화물, 주석 산화물, 갈륨 산화물, 및 알루미늄 산화물로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 오믹접촉 투명전극층 형성방법.

**청구항 5.**

제1항에 있어서, 상기 삽입층이 0.1~1000nm의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 오믹접촉 투명전극층 형성방법.

**청구항 6.**

제1항에 있어서, 상기 아연 산화물층이 0.1~1000nm의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 오믹접촉 투명전극층 형성방법.

**청구항 7.**

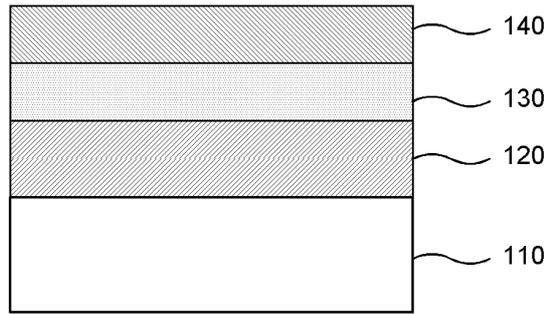
제1항에 있어서, 상기 열처리가 1초 내지 3시간 동안 행해지는 것을 특징으로 하는 오믹접촉 투명전극층 형성방법.

청구항 8.

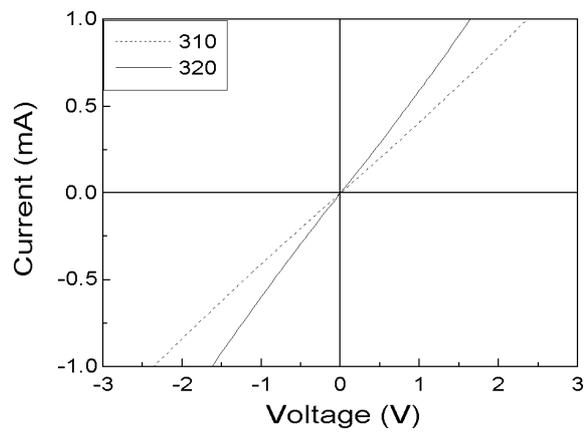
제1항에 있어서, 상기 삽입층을 적층하기 이전에 염산, 인산, 수산화칼륨, 또는 왕수로 상기 p-AlGaInN 화합물 반도체층의 표면을 처리하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 오믹접촉 투명전극층 형성방법.

도면

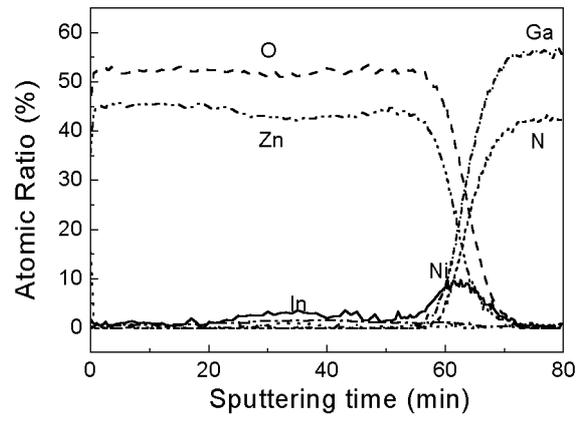
도면1



도면2



도면3a



도면3b

