(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.[7]
H01L 33/00

(11) 공개번호 10-2004-0096207
(43) 공개일자 2004년11월16일

(21) 출원번호 10-2003-0029073
(22) 출원일자 2003년05월07일

(71) 출원인 삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416

광주과학기술원
광주 북구 오룡동 1번지

(72) 발명자 송준오
광주광역시북구오룡동1번지광주과학기술원신소재공학과

임동석
광주광역시북구오룡동1번지광주과학기술원신소재공학과

성태연
광주광역시북구오룡동1번지광주과학기술원신소재공학과

(74) 대리인 이영필
황이남

심사청구 : 있음

(54) 고성능의 질화갈륨계 광소자 구현을 위한 니켈계 고용체를이용한 오믹 접촉 형성을 위한 금속박막 및 그 제조방법

요약

본 발명은 질화갈륨(GaN) 반도체를 이용한 청 · 녹색 및 자외선을 내는 단파장 발광 다이오드(light emitting diode: LED)와 레이저 다이오드(laser diode: LD) 제작의 핵심기술 중 하나인 양질의 오믹 접촉(Ohmic Contact) 형성에 관한 것이다.

본 발명은 p형 질화갈륨 반도체 상부에 니켈계 고용체(Ni-based Solid Solution)를 박막 증착시킴으로써 질화갈륨 표면 부위에 실효 캐리어 농도를 증가시켜 우수한 전류-전압특성과 낮은 비접촉 저항 값을 갖으면서 동시에 단파장 영역에서 높은 투과도 (transmittance)를 지닌 고품위 오믹 접촉 시스템을 구현하였다.

대표도

도 5

색인어

발광다이오드, 레이저 다이오드, 오믹접촉, 질화갈륨

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1측면에 의한 본 발명의 금속박막 구조이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 제2측면에 의한 본 발명의 금속박막 구조이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속박막의 니켈-마그네슘 고용체의 상태도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 금속박막의 니켈-마그네슘 고용체(Ni-Mg Solid Solution)의 XRD결과로서, (a)는 열처리 전의 결과, (b)는 550℃ , 1분 열처리한 결과이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 금속박막에서 5 x 10^{17} 의 캐리어 농도를 갖는 p형 질화갈륨 상부에 니켈-마그네슘 고용체/금(Ni-Mg/Au)을 증착시킨 다음, 열처리 전과 후에 대한 전류-전압 특성을 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속박막의 Corning glass 위에 니켈-마그네슘 고용체/금(Ni-Mg/Au)을 증착시켜, 열처리 한 다음에 측정한 투과도 결과이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속박막의 니켈-마그네슘 고용체(Ni-Mg Solid Solution)의 AES depth profile 결과로서, (a)는 열처리 전의 결과, (b)는 550℃ , 1분 열처리한 결과이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속박막에서 5 x 10^{17} 의 캐리어 농도를 갖는 p형 질화갈륨 상부에 니켈-마그네슘 고용체/백금(Ni-Mg/Pt)을 증착시킨 다음, 열처리 전과 후에 대한 전류-전압 특성이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 금속박막에서 5 x 10^{17} 의 캐리어 농도를 갖는 p형 질화갈륨 상부에 니켈-마그네슘 고용체/팔라디움(Ni-Mg/Pd)을 증착시킨 다음, 열처리 전과 후에 대한 전류-전압 특성이다.

{도면의 주요부호에 대한 설명}

1 : 고용체 전극층 2 : 제1금속 전극층

3 : p형 질화칼륨 4 : 기판

5 : 제2금속 전극층

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 질화갈륨(GaN) 반도체를 이용한 청 · 녹색 및 자외선을 내는 단파장 발광 다이오드(light emitting diode; LED)와 레이저 다이오드(laser Diode; LD) 제작의 핵심기술 중 하나인 저(低) 오믹 접촉 저항과 고(高) 투과도를 지닌 양질의 오믹 접촉(Ohmic contact) 형성에 관한 것이다.

발광 다이오드 및 레이저 다이오드 등과 같이 질화갈륨 반도체를 이용하는 광 디바이스(photo-related devices)를 구현하기 위해서는 반도체와 금속 전극간에 양질의 오믹 접촉을 형성하는 것이 매우 중요하다.

종래부터 p형 질화갈륨의 경우 니켈(Ni)을 기본으로 하는 금속 박막구조, 즉 니켈/금(Ni/Au)의 금속 박막이 오믹 접촉을 위한 금속 박막 구조로 널리 사용되고 있으며 최근, Ni/Pt/Au, Pt/Ni/Au, Pd/Au 등과 같이 다양한 형태의 오믹 접촉 금속 시스템이 개발되고 있다.

그러나, 현재까지도 양질의 p형 질화갈륨 오믹 접촉 형성에는 몇 가지 문제점들이 있다. 그들 중에서, 특히 p형 질화갈륨 성장시 사용되는 분위기 가스인 암모니아(NH3)의 수소(H)가 p형 도펀트인 Mg와 결합하여 전기적으로 절연특성을 보이는 Mg-H 결합체(complex)를 형성하여 낮은 실효 캐리어 농도(effective carrier concentration)와 높은 표면 저항 값을 갖게 되어 양질의 오믹 접촉을 형성하기가 어려울 뿐만이 아니라, 실제 광소자에서 낮은 캐리어(hole)

주입 때문에 고품위 광소자를 제작하기가 곤란하다.

이와 같이 p형 질화갈륨의 도핑농도를 증가시키고자 한 예로서 Zr과 같이 수소 친화력을 갖는 금속을 질화갈륨과 접촉 후, 열처리를 통해 질화갈륨 결정 내에 존재하는 p형 도펀트의 활성화를 촉진시킴으로써, 높은 캐리어 농도를 갖는 질화갈륨을 얻은 보고가 있다[일본특허 特開2001-35796]. 또 다른 예로서, 질화갈륨 위에 니켈, 금-아연 합금, 금(Ni/Au-Zn/Au)을 순차적으로 박막 증착시켜 오믹 접촉을 형성한 보고도 있다[대한민국특허 특2001-0002265].

또 하나의 다른 문제는 단파장 영역에서의 높은 투과도를 지닌 양질의 오믹 접촉 시스템이 없다는 것이다. 현재 LED 공정에서 사용하고 있는 니켈/금(Ni/Au)에 대한 시스템은 얇은 두께(〈~100 Å)를 이용하여 80% 이상의 투과도를 얻고 있다. 이와 같이, 극도로 얇은 금속층을 이용한 오믹 접촉은 높은 투과도를 얻을 수는 있지만, 반면에 전류 주입 및 전파(current injection amp; spreading)가 어려워서 광소자의 효율을 저하시키는 원인을 제공한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

이에 본 발명자들은 p형 질화갈륨 반도체 상부에 니켈계 고용체(Ni-based Solid Solution)를 박막 증착 증착시킨 후, 마그네슘(Mg)의 녹는점 근처에서 열처리하여 주면 질화갈륨 표면 부위에서 마그네슘(Mg)의 도핑효과가 발생되어 실효 캐리어 농도를 증가시켜 우수한 전류-전압특성과 낮은 비접촉 저항값을 갖으면서 동시에 단파장 영역에서 높은 투과도 (transmittance)를 지닌 고품위 오믹 접촉 시스템을 구현하고자 하였다.

다음에서 기술한 3가지 목적을 성취하고자 기존의 개발된 기술과는 전혀 다른 새로운 개념인 니켈-마그네슘 고용체(Ni-Mg Solid Solution)를 이용한 고품위 오믹 접촉 형성기술을 구현하였다. 본 연구 기술을 통해서 얻고자 한 목적은 다음과 같다.

① 니켈-마그네슘 고용체(Ni-Mg Solid Solution)의 우수한 수소 친화력은 Mg-H 결합을 파괴하여, 질화갈륨 표면 부위에서의 실효 캐리어 농도를 증가시킨다.

② 단파장 영역에서 니켈 산화물(NiO)보다 마그네슘이 첨가된 니켈-마그네슘 산화물(Ni_xMg_yO)이 더욱 더 우수한 빛 투과도와 더 큰 일함수값을 지니게 된다 [A. Azens *et al.* , Thin Solid Films 422, 2002, 1].

③ Ni-Mg 상태도에서 보는 바와 같이 강한 휘발성을 지닌 마그네슘(Mg)은 니켈(Ni) 모체에 소량으로 고용된 상태로 존재하고 있기 때문에 열처리시 도핑 효과를 나타낼 수 있다. [M. H. G. Jacobs, P. J. Spencer, J. Chem. Phys. 90, 1993, 167].

④ 모체 금속인 니켈(Ni) 또는 첨가된 X원소와 갈륨(Ga)과의 화합물 형성을 통한 다량의 갈륨 공공(gallium vacancies)을 생성하게 된다.

상기한 바와 같이 p-형 질화갈륨 위에 니켈-마그네슘 고용체/금(Ni-Mg/Au)을 오믹 접촉시켜 연구를 수행한 결과, 기존에 발표된 보고보다 월등히 우수한 결과를 얻어내어 본 발명을 완성하게 되었다.

따라서 본 발명의 목적은 니켈-마그네슘 고용체(Ni-Mg Solid Solution)를 사 용하여 p형 질화갈륨 반도체에서의 실효 캐리어 농도 증가(①,③,④)와 높은 투과도를 지닌(②) 우수한 전기적, 광학적, 열적 및 구조적 특성을 갖는 신개념의 오믹 접촉 시스템(Ohmic contact metal system)을 제공함에 있다.

발명의 구성 및 작용

상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 p형 질화갈륨 반도체의 오믹 접촉 형성을 위한 금속박막은 p형 질화갈륨 상부에 적층되는 니켈계 고용체(Ni-based Solid Solution)를 포함한 고용체 전극층; 상기 고용체 전극층 상부에 적층되며, Au, Pd, Pt, Ru, 투명전도성 산화물(TCOs) 중 적어도 1종 이상을 포함하는 캡핑층을 포함한다.

본 발명에서 니켈계 고용체(Ni-based Solid Solution; Ni-X)는 니켈(Ni)을 모체로 하고, Mg, Be, Ca, Zn, S, Se, Te의 군에서 선택되는 1종을 포함한다.

본 발명에서 니켈계 고용체(Ni-based Solid Solution; Ni-X)를 구성하는 X원소는 안티모니(Sb), 갈륨과 저온의 온도 범위내에서(≤~700℃) 화합물을 형성할 수 있는 원소 중 1종 이상을 포함한다.

본 발명에서 니켈계 고용체(Ni-based Solid Solution; Ni-X)를 구성하는 X원소의 첨가비는 1 ~ 49 at.% 을 포함한다.

본 발명에서 고용체 전극층의 두께는 1~10,000Å; 및 캡핑층의 두께는 1~50,000Å으로 형성된다.

본 발명에서 또 다른 금속 박막은 p형 질화갈륨 상부에 적층되며 니켈계 고 용체(Ni-based Solid Solution)로 구성된 고용체 전극층과; 상기 고용체 전극층 상부에 적층되며 Au, Pd, Pt, 및 Ru군에서 선택되는 1종을 포함하는 제 1금속 전극층과; 상기 제 1금속 전극층 상부에 적층되며 Al, Ag, Rh군에서 선택되는 1종을 포함한다.

본 발명에서 상기 다른 금속 박막은 제 1금속 전극층 대신 투명 전도성 산화물(TCOs)을 증착하고; 상기 투명 전도성 산화물(TCOs) 상부에 Al, Ag, Rh군에서 선택되는 1종을 포함하는 2금속 전극층을 포함한다.

본 발명에서 상기 다른 금속 박막은 고용체 전극층은 1~10,000 Å; 제 1금속 전극층은 1~50,000Å;및 제 2금속 전극층의 두께는 1~50,000Å로 형성된다.

본 발명에서 오믹 접촉 형성을 이용한 발광 다이오드용 및 레이저 다이오드용 금속 박막의 제조방법은 p형 질화갈륨 상부에 금속 박막을 제조함에 있어서, 고용체를 증착하기 전에 질화갈륨 반도체위의 탄소와 산소층을 세척하여 불순물을 제거하는 단계; 전자선 금속 증착기(e-beam evaporator), 스퍼터링(sputtering), 및 펄스 레이저 증착기(PLD) 중 어느 하나를 이용하여 2 x 10^{-6} ~ 5 x 10^{-8} Torr 진공 하에서 증착시키는 단계; 상기 증착 후 250 ~ 800℃의 온도로 공기, 산소 또는 질소 분위기 하에서 30초 ~ 1시간 열처리하는 단계를 포함한다.

본 발명은 금속 전극층으로서 수소 친화력을 갖는 니켈계 고용체(Ni-based Solid Solution)를 박막 증착 시킨 다음, 질화갈륨 표면 부위에 실효 캐리어 농도를 증가시켜 우수한 전류-전압특성과 낮은 비접촉 저항값을 갖으면서 동시에 단파 장 영역에서 높은 투과도 (transmittance)를 지닌 고품위 오믹 접촉 시스템을 형성하고자 하였다.

이하 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세하게 설명하고자 한다.

도 1에는 본 발명에서 개발한 니켈계 고용체(Ni-based Solid Solution) 전극층(1)과 캡핑층(2)이 순차적으로 기판(4) 상의 질화갈륨층(3)위에 적층된 구조가 개시되어 있다.

상기 고용체 전극층(1)은 p형 질화갈륨 반도체의 오믹 접촉을 형성하기 위한 전극으로 p형 질화갈륨의 상부에 적층되며, 이때 사용 가능한 고용체로는 질화갈륨 반도체 내의 Mg-H 결합을 파괴하는데 용이하고 100Å 이상의 두께에서도 높은 투과도를 지닌 물질을 우선적으로 요한다.

이와 같이 질화갈륨 반도체와 접촉하는 상기 고용체는 낮은 온도(600 이하)에서 열처리 시, 질화갈륨 내의 Mg-H 결합을 쉽게 파괴하용된 상태로 존재하는 고용체 성분(Mg)이 도핑효과(doping effect)를 주어 질화갈륨 표면 부위에서 실효 캐리어 농도를 증가시킨다.

이러한 질화갈륨 표면의 높은 실효 캐리어 농도(>10^{18} cm^{-3})는 질화갈륨 반도체와 접촉하는 금속 전극의 계면에 존재하는 쇼트키 장벽의 폭을 줄여서 다수 캐리어인 홀(hole)들이 양자개념의 터널링(tunneling)효과를 통하여 높은 캐리어 전도현상을 발생시킬 수 있다.

상기와 같은 요구조건을 만족하는 고용체의 대표적인 예로는 강한 수소 친화 력을 갖는 니켈계 고용체(Ni-based Solid Solution; Ni-X)가 있으며 니켈 금속 모체에 첨가시키는 X 원소는, 우선 먼저 마그네슘(Mg), 베릴륨(Be), 칼슘(Ca), 아연(Zn) 등의 2족 원소들인데 이들 원소들은 p형 질화갈륨의 도펀트(dopants) 역할을 하는 성분들이다. 따라서 이들 성분들은 니켈(Ni) 모체에 첨가하여 저온 영역에서 화합물의 상태가 아니라 고용된 형태로 존재하고 있어, 증착 후 열처리하면 도펀트(dopants)로서의 역할을 하거나 모체인 니켈(Ni) 금속처럼, 갈륨과의 반응을 통한 화합물을 형성하여 다량의 갈륨 공공을 유발하므로 우수한 전기적인 특성을 갖는 양질의 오믹 접촉 형성을 용이하게 할 수 있으리라 사료된다.

또한 니켈(Ni) 금속 모체에 첨가하는 X 원소는 황(S), 셀레늄(Se) 및 텔레늄(Te) 등의 6족 원소들도 가능하다. 이들 원소 또한 질화갈륨에서 질소와 치환하여 p형 질화갈륨의 도펀트(dopants) 역할 및 갈륨과의 반응을 통한 갈륨 화합물을 형성하여 다량의 갈륨 공공을 유발하며 우수한 전기적인 특성을 갖는 양질의 오믹 접촉 형성을 용이하게 하는 성분이다. 물론, 2족 및 3족 원소 이외에 X 원소로 첨가할 수 있는 성분들은 안티모니(Sb)를 비롯한 저온에서 갈륨과 화합물을 형성할 수 있는 원소들이 유리하다.

캡핑층(2)은 전극박막의 최상층으로 발광 다이오드와 레이저 다이오드 등의 소자 제작공정에 적용되는 고온(300~700℃)공정 중 발생하는 표면퇴화(surface degradation) 현상 방지능이 있고, 산화에 안정하며 와이어 접착성이 좋으면

서 우수한 투명성을 가지는 물질이 유리하며 이 캡핑층의 성분은 특별히 한정되지는 아니한다.

상기와 같은 요구조건을 만족하는 캡핑층의 대표적인 예로는 금(Au), 팔라디움(Pd), 백금(Pt), 루세늄(Ru) 등의 금속과 인듐 주석 산화물(ITO) 또는 아연 산화물(ZnO) 등과 같은 투명 전도성 산화물(TCOs) 등이 있다.

도 2에 도시되어 있는 본 발명의 제 2측면에 의한 금속 박막구조는 고용체 전극층(1), 제 1금속 전극층(2), 제 2금속 전극층(5)이 순차적으로 기판(4)상의 질화갈륨(3)위에 적층된 구조가 개시되어 있다.

고용체 전극층(1)과 제 1금속 또는 투명 전도성 산화물 전극층(2)은 제 1측면에 의한 본 발명의 구성 중 고용체 전극층(1), 캡핑층(2)와 실질적으로 동일하다.

상기 제 2금속 전극층은 발광 다이오드(LED)의 발광효율을 최대화하기 위한 일반적인 LED구조와는 역구조의 발광 다이오드(Flip Chip: 플립칩)를 제공하기 위해 도입된다. 이를 위해서 선택 가능한 금속은 반사성이 우수한 금속이 요구된다. 현재까지 보고 된 반사성이 우수한 금속으로는 알루미늄(Al). 은(Ag), 로듐(Rh) 등이 있으며 이들 모두 상기 제 2금속 전극층에 포함된다.

도 3은 본 발명에 사용된 니켈-마그네슘 고용체(Ni-Mg Solid Solution)에 대한 인용된 상태도(phase diagram)이다.

마그네슘(Mg)은 강한 휘발성을 지닌 금속이므로 니켈(Ni) 모체에 마그네슘을 첨가시킬 때 상당히 적은 양이 화합물 형태가 아닌 고용된 상태로 존재하고 있는 모습을 알 수 있다.

도 4는 금속 전극층으로 사용된 니켈-마그네슘 고용체(Ni-Mg Solid Solution)에 대한 열처리 전, 후의 XRD결과를 나타낸다.

(a)는 열처리 전의 XRD결과로서, p형 질화갈륨(GaN)과 기판으로 사용된 사파이어(Al_2O_3)의 피크가 나타나고, 아울러, 니켈(Ni)에 마그네슘(Mg)이 첨가되어 형성된 니켈-마그네슘 고용체(Ni-Mg Solid Solution)에 대한 피크가 확인되었다.

즉, 이와 같은 니켈-마그네슘 고용체는 강한 수소 친화력을 갖고 있어 p형 질화갈륨층 상부에 접촉 시 Mg-H 결합을 끊어주어 질화갈륨 표면에 캐리어 농도를 증가시키는 역할을 하게 된다. (b)는 550℃, 1분간 열처리한 후의 XRD결과로서, p형 질화갈륨(GaN) 피크와 더불어, 열처리 전의 니켈-마그네슘 고용체(Ni-Mg Solid Solution)가 산화되어 니켈-마그네슘 산화물 고용체(Oxidized Ni-Mg-O Solid Solution: $Ni_{1-X}Mg_XO$)와 니켈-갈륨 화합물인 NiGa 상이 동시에 나타낸다.

특히, 이 산화물 고용체는 전도성 산화물로서 기존의 니켈/금(Ni/Au) 구조에서 나타나는 니켈 산화물(NiO)보다 큰 일함수 값을 갖는 것으로 사료되며, 질화갈륨 표면 부위에 다수 캐리어인 홀(Hole)을 공급하면서 낮은 쇼트키 장벽 높이를 형성시켜 우수한 전기적 특성을 갖게 할 뿐만 아니라, 열처리 후 생성된 이러한 니켈-마그네슘 산화물 고용체는 금속박막의 투명성을 증가시켜주는 주도적인 역할도 함께 함을 유추할 수 있다.

도 5는 5×10^{17} 의 캐리어 농도를 갖는 p형 질화갈륨의 상부에 니켈-마그네슘 고용체/금(Ni-Mg/Au)을 증착시킨 후 열처리 전과 후에 대한 전기적 특성을 측정한 결과이다.

공기 분위기 하에서 450℃ 와 550℃ , 1분간 열처리 한 후 전류-전압 특성을 측정한 결과로부터 각각 8.45×10^{-6} 과 6.08×10^{-6} ㎠ 의 비접촉 저항이 얻어졌다. 한편, 공기 분위기에서 얻어진 그래프는 우수한 오믹성 접촉(ohmic contact) 특성을 보여주는 명확한 선형 그래프인데 반해, 질소 분위기에서는 정류성 접촉(rectifying contact) 특성인 비선형 그래프를 나타내고 있다.

도 6은 Corning glass 위에 니켈-마그네슘 고용체/금(Ni-Mg/Au)을 증착시켜, 550℃, 1분간 열처리 한 다음 투과도를 측정한 결과이다.

단파장 범위인 370~450nm 구간에서 약 80% 이상의 투과도를 나타내고 있다. 일반적으로 투과도 측정시 증착시키는 금속 전극층과 캡핑층이 100Å 이내 수준인데 반해, 본 연구에 사용된 금속 전극층과 캡핑층은 약 200Å 수준으로 다소 두꺼우나, 80%이상의 우수한 투명성을 나타냄을 보여주고 있다.

도 7은 본 발명에 사용된 니켈-마그네슘 고용체(Ni-Mg Solid Solution)의 오제 전자 분광 분석(AES depth profile) 결과로서, (a)는 열처리 전의 결과, (b)는 550℃ , 1분 열처리한 결과들을 보여준다.

열처리 전의 결과를 보면 니켈(Ni)과 함께 소량의 마그네슘(Mg)이 질화갈륨 표면층에 있음을 확인할 수 있다. 본 특허에는 보여주지 않았지만 자세한 마그네슘(Mg)의 AES 데이터로부터 마그네슘은 화합물의 형태가 아니라 니켈(Ni) 금속에 고용된 상태로 존재하고 있음을 알 수 있다. 또한 열처리한 후의 결과는 니켈-마그네슘 산화물 고용체가 형성되어 있음을 명확하게 보여 주고 있으며, 동시 에 극미량의 마그네슘이 질화갈륨 표면부근으로 확산, 분포되어 있음을 확인할 수 있다.

도 8은 5 x 10 ^{17} 의 캐리어 농도를 갖는 p형 질화갈륨층 상부에 니켈-마그네슘 고용체/백금(Ni-Mg/Pt)을 증착시킨 후 공기 분위기에서 열처리하여 전기적 특성을 측정한 결과이다.

450 ~ 650℃ , 1분간 열처리 한 후 전류-전압 특성을 측정한 결과, 오믹 접촉 저항값이 10 $^{-5}$ ~10 $^{-6}$ ㎠ 수준의 오믹성 접촉(ohmic contact) 특성을 보여주는 명확한 선형 그래프를 얻을 수 있었다.

도 9는 5 x 10 ^{17} 의 캐리어 농도를 갖는 p형 질화갈륨층 상부에 니켈-마그네슘 고용체/팔라디움(Ni-Mg/Pd)을 증착시킨 후 공기 분위기에서 열처리하여 전기적 특성을 측정한 결과이다.

450℃, 1분간 열처리 한 후 전류-전압 특성을 측정한 결과, 오믹 접촉 저항값이 10 $^{-5}$ ㎠ 수준의 오믹성 접촉(ohmic contact) 특성을 보여주는 명확한 선형 그래프를 얻을 수 있었다.

이하 본 발명의 내용을 실시예에 의해 보다 상세하게 설명하기로 한다. 다만 이들 실시 예는 본 발명의 내용을 이해하기 위해 제시되는 것일 뿐 본 발명의 권리범위가 이들 실시예에 한정되어지는 것으로 해석되어져서는 아니된다.

<실시예 1>

p형 질화갈륨(GaN)을 트리클로로에틸렌, 아세톤, 메탄올, 증류수로 초음파 세척기(ultrasonic bath) 안에서 60℃온도로 각각 5분씩 표면 세척한 후, 시료에 남아 있는 수분을 제거하기 위하여 100℃ 에서 10분 동안 하드 베이킹(hard baking)하였다. 그런 다음, 포토 리지스트를 4,000 rpm에서 스핀 코팅하였다. 그 후 88℃ 에서 10분 동안 소프트 베이킹(soft baking)하고 마스크 패턴을 현상하기 위하여 마스크와 시료를 일치(align) 시킨 다음에 22.8 mW 강도의 UV에 10초 동안 노출시키고, 현상액과 증류수의 비를 1:4로 혼합한 용액 속에 시료를 침지시켜 15초 정도에서 현상하였다.

그 후, BOE 용액을 이용해 현상된 시료에 있는 오염층을 제거하기 위하여 5분간 침지시켰으며, 전자빔 증착기(electron-beam evaporator)를 이용하여 니켈-마그네슘 고용체(Ni-Mg Solid Solution)와 금(Au)을 각각 100Å 씩을 증착하였다. 아세톤으로 리프트 오프(lift-off) 공정을 거친 후, 급속 가열로 (Rapid Thermal Annealing : RTA)안에 시료를 넣어 공기 또는 질소 분위기 하에서 450 ~ 550℃ , 1분 동안 열처리하여 오믹 접촉 형성을 위한 금속 박막을 제조하였다.

<실시예 2>

니켈-마그네슘 고용체(Ni-Mg Solid Solution)를 증착하는 공정까지는 상기 <실시예 1>과 동일하게 수행하였으며, 전자빔 증착기를 이용하여 백금(Pt) 100Å 을 캡핑층으로 증착하였다. 아세톤으로 리프트 오프(lift-off) 공정을 거친 후, 급속 가열로 (rapid thermal annealing : RTA)안에 시료를 넣어 공기 분위기 하에서 450~ 650℃ 에서 1분 동안 열처리하여 오믹 접촉 형성을 위한 금속 박막을 제조하였다.

<실시예 3>

니켈-마그네슘 고용체(Ni-Mg Solid Solution)를 증착하는 공정까지는 상기 <실시예 1>과 동일하게 수행하였으며, 전자빔 증착기를 이용하여 팔라디움(Pd) 100Å 을 캡핑층으로 증착하였다. 아세톤으로 리프트 오프(lift-off) 공정을 거친 후, 급속 가열로 (rapid thermal annealing : RTA)안에 시료를 넣어 공기 분위기 하에서 450℃ , 1분 동안 열처리하여 오믹 접촉 형성을 위한 금속 박막을 제조하였다.

발명의 효과

본 발명에 따른 오믹 접촉 형성을 이용한 광전소자용 니켈-마그네슘 고용체(Ni-Mg Solid Solution)박막은 오믹 접촉 형성시, 낮은 비접촉 저항, 우수한 전류-전압 특성, 양호한 표면상태 및 높은 투명성 등의 우수한 전기적, 광학적 특성이 기대되므로 향후 질화갈륨 발광다이오드(LED) 및 레이저 다이오드(LD)의 전기적, 광학적 효율이 증대되어 양질의 발광 다이오드 및 레이저 다이오드 개발에 이용될 수 있다.

상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술 분야의 숙련된 당업자라면 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.
p형 질화갈륨 상부에 적층되는 니켈계 고용체(Ni-based Solid Solution)를 포함한 고용체 전극층;

상기 고용체 전극층 상부에 적층되며, Au, Pd, Pt, Ru, 투명전도성 산화물(TCOs) 중 적어도 1종 이상을 포함하는 캡핑층;

을 포함하는 것을 특징으로 하는 p형 질화갈륨 반도체의 오믹 접촉 형성을 위한 금속박막.

청구항 2.
제 1항에 있어서,

니켈계 고용체(Ni-based Solid Solution; Ni-X)는 니켈(Ni)을 모체로 하고, Mg, Be, Ca, Zn, S, Se, Te의 군에서 선택되는 1종을 포함하는 것을 특징으로 하는 p형 질화갈륨 반도체의 오믹 접촉 형성을 위한 금속박막.

청구항 3.
제 2항에 있어서,

니켈계 고용체(Ni-based Solid Solution; Ni-X)를 구성하는 X원소는 안티모니(Sb), 갈륨과 저온의 온도 범위내에서(≤~700℃) 화합물을 형성할 수 있는 원소중 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 p형 질화갈륨 반도체의 오믹 접촉 형 성을 위한 금속박막.

청구항 4.
제 2항에 있어서,

니켈계 고용체(Ni-based Solid Solution; Ni-X)를 구성하는 X원소의 첨가비는 1 ~ 49 at.% 로 이루어지는 것을 특징으로 하는 p형 질화갈륨 반도체의 오믹 접촉 형성을 위한 금속박막.

청구항 5.
제 1항에 있어서,

고용체 전극층의 두께는 1~10,000Å; 및

캡핑층의 두께는 1~50,000Å으로 형성됨을 특징으로 하는 p형 질화갈륨 반도체의 오믹 접촉 형성을 위한 금속박막.

청구항 6.
p형 질화갈륨 상부에 적층되며 니켈계 고용체(Ni-based Solid Solution)로 구성된 고용체 전극층과;

상기 고용체 전극층 상부에 적층되며 Au, Pd, Pt, 및 Ru군에서 선택되는 1종을 포함하는 제 1금속 전극층과;

상기 제 1금속 전극층 상부에 적층되며 Al, Ag, Rh군에서 선택되는 1종을 포 함하는 제 2금속 전극층을 포함하는 p형 질화갈륨 반도체의 오믹 접촉 형성을 위한 금속박막.

청구항 7.
제 6항에 있어서,

제 1금속 전극층 대신 투명 전도성 산화물(TCOs)을 증착하고;

상기 투명 전도성 산화물(TCOs) 상부에 Al, Ag, Rh군에서 선택되는 1종을 포함하는 제 2금속 전극층을 포함하는 p형 질화갈륨 반도체의 오믹 접촉 형성을 위한 금속박막.

청구항 8.
제 6항에 있어서,

고용체 전극층은 1~10,000 Å;

제 1금속 전극층은 1~50,000 Å;및

제 2금속 전극층의 두께는 1~50,000 Å로 형성됨을 특징으로 하는 p형 질화갈륨 반도체의 오믹 접촉 형성을 위한 금속박막.

청구항 9.
p형 질화갈륨 상부에 금속 박막을 제조하는 방법에 있어서,

고용체를 증착하기 전에 질화갈륨 반도체위의 탄소와 산소층을 세척하여 불 순물을 제거하는 단계;

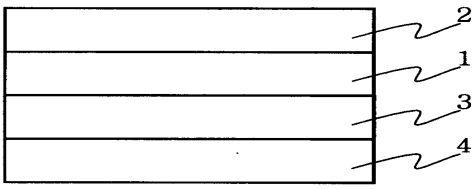
전자선 금속 증착기(e-beam evaporator), 스퍼터링(sputtering), 및 펄스 레이저 증착기(PLD) 중 어느 하나를 이용하여 2 x 10^{-6} ~ 5 x 10^{-8} Torr 진공 하에서 증착시키는 단계;

상기 증착후 250 ~ 800℃의 온도로 공기, 산소 또는 질소 분위기 하에서 30초 ~ 1시간 열처리하는 단계;

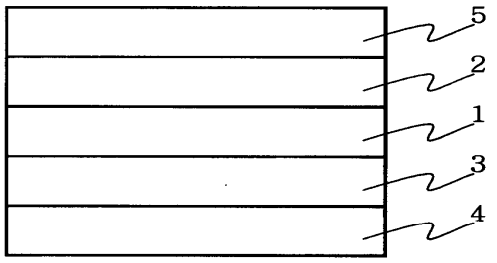
를 포함하는 것을 특징으로 하는 오믹 접촉 형성을 이용한 발광 다이오드용 및 레이저 다이오드용 금속 박막의 제조방법.

도면

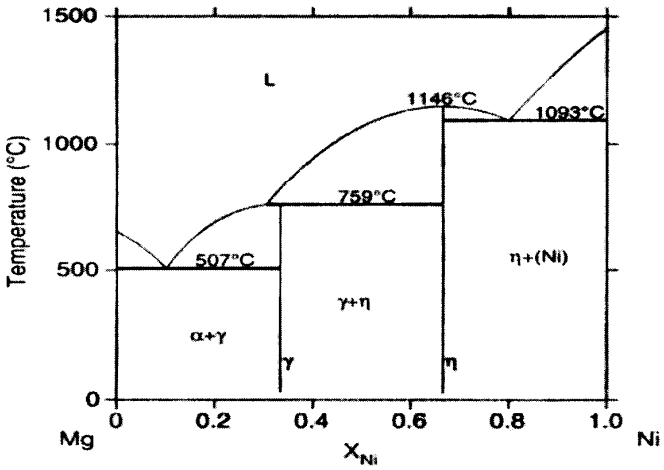
도면1



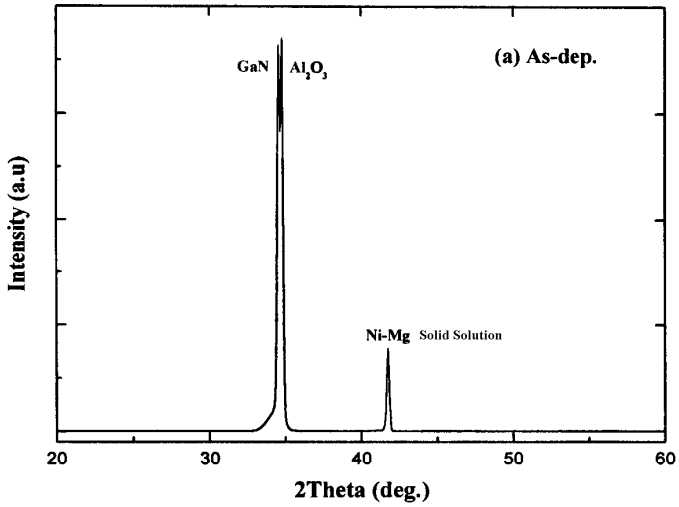
도면2



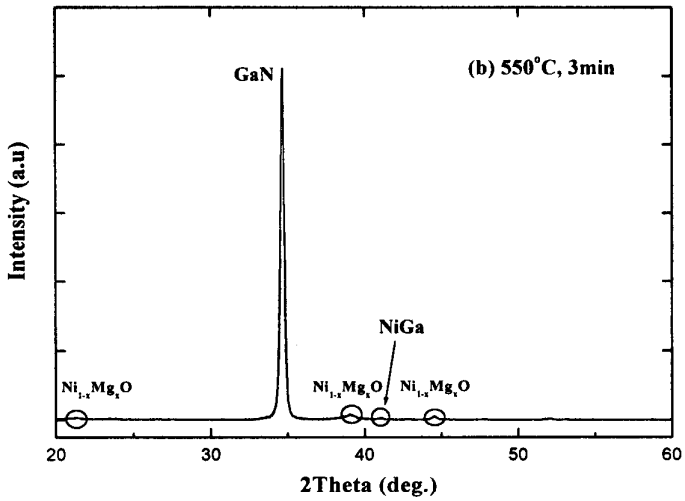
도면3



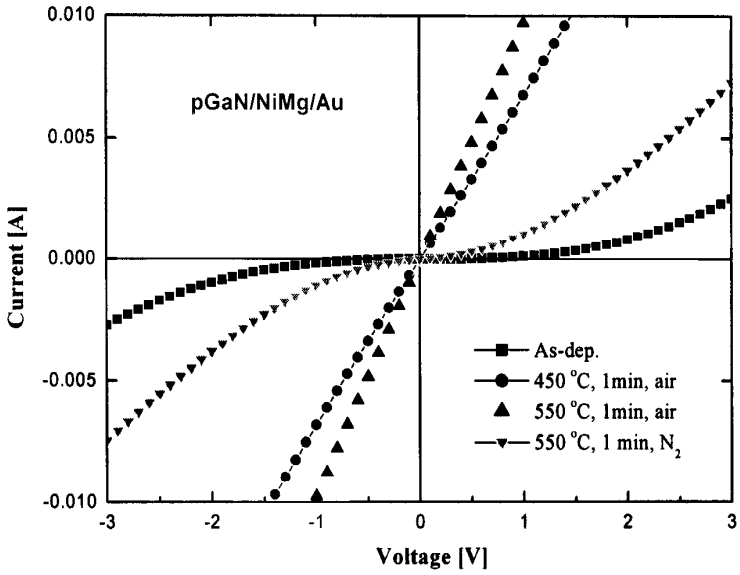
도면4a



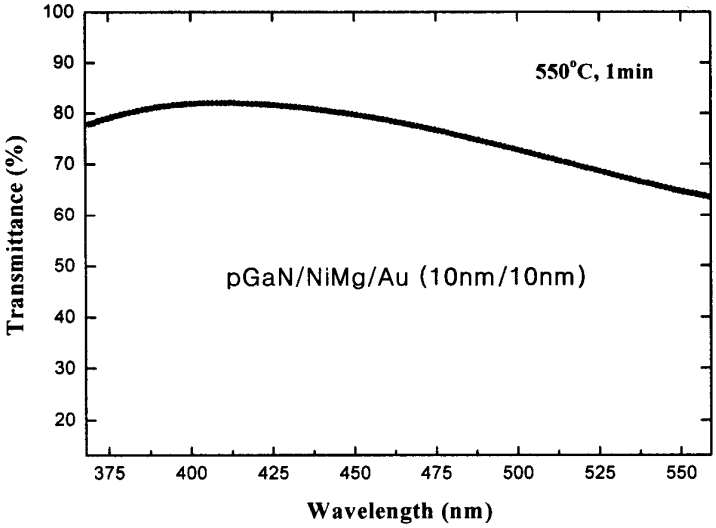
도면4b



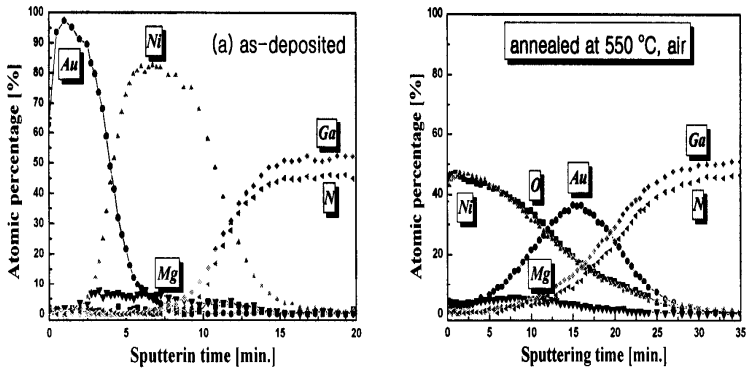
도면5


pGaN/NiMg/Au
Current [A]
Voltage [V]
As-dep.
450 °C, 1min, air
550 °C, 1min, air
550 °C, 1 min, N2

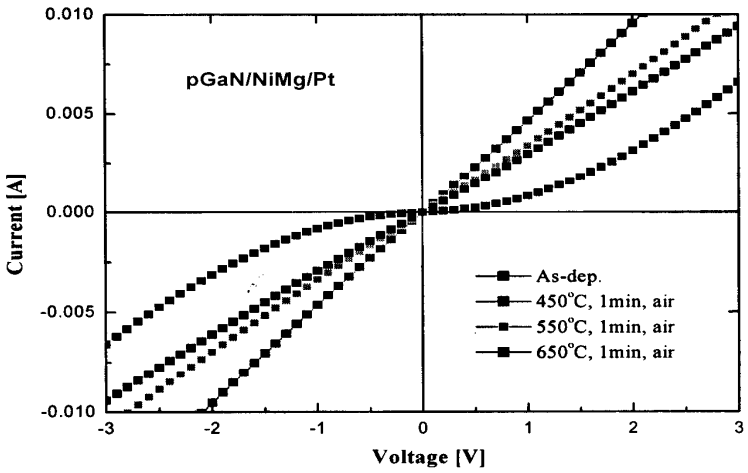
도면6


550°C, 1min
pGaN/NiMg/Au (10nm/10nm)
Transmittance (%)
Wavelength (nm)

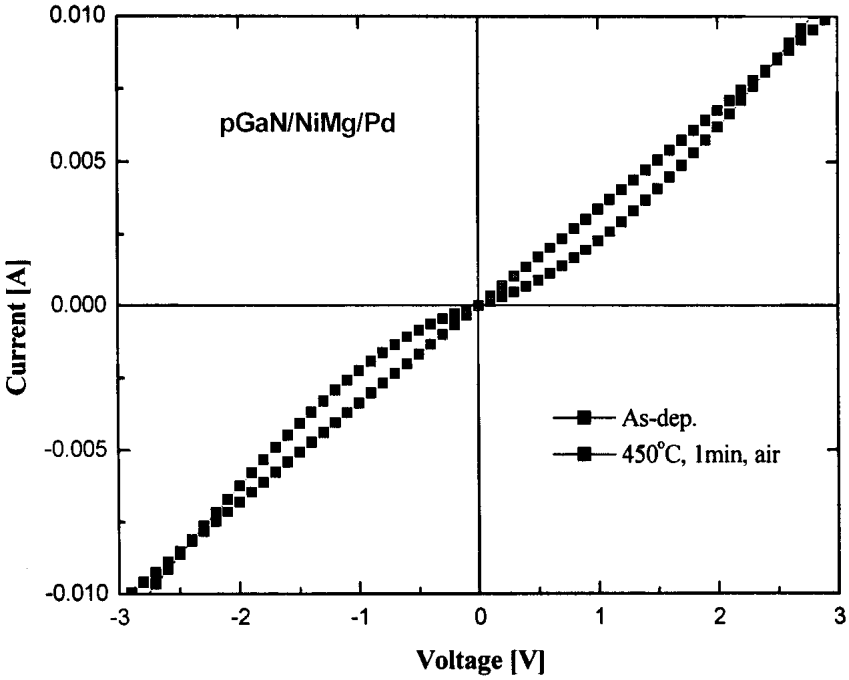
도면7


(a) as-deposited
annealed at 550 °C, air
Atomic percentage [%]
Sputterin time [min.]
Sputtering time [min.]
Ni
Au
Ga
N
Mg
O

도면8


pGaN/NiMg/Pt
Current [A]
Voltage [V]
0.010
0.005
0.000
-0.005
-0.010
-3
-2
-1
0
1
2
3
As-dep.
450°C, 1min, air
550°C, 1min, air
650°C, 1min, air

도면9


pGaN/NiMg/Pd
Current [A]
Voltage [V]
0.010
0.005
0.000
-0.005
-0.010
-3
-2
-1
0
1
2
3
As-dep.
450°C, 1min, air