



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0105689
(43) 공개일자 2016년09월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/36 (2010.01) H01L 33/32 (2010.01)
(52) CPC특허분류
H01L 33/36 (2013.01)
H01L 33/32 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0028688
(22) 출원일자 2015년02월28일
심사청구일자 2015년02월28일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
성태연
서울특별시 서초구 신반포로33길 64 한신로얄아파
트 1동 506호
강태욱
서울특별시 광진구 천호대로125길 35-8
(74) 대리인
이동건

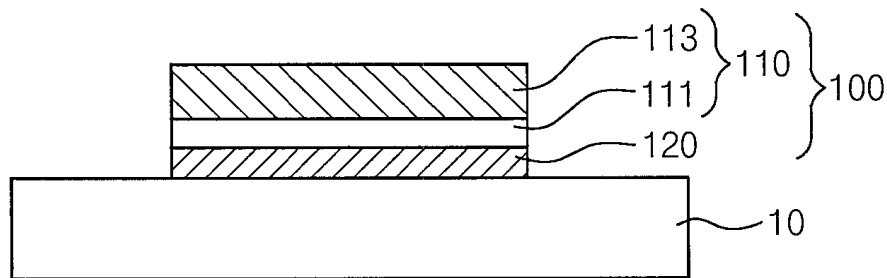
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 전극 구조물 및 이를 포함하는 발광 다이오드

(57) 요약

n형 질화물계 클래드층 상에 형성된 전극 구조물은 상기 n형 질화물계 클래드층의 상부에 형성된 Ti/Al 다층 전극 및 상기 n형 질화물계 클래드층 및 상기 Ti/Al 다층 전극 사이에 개재된 주석 박막을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 2924/12041 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

n형 질화물계 클래드층 상에 형성된 전극 구조물에 있어서,
상기 n형 질화물계 클래드층의 상부에 형성된 Ti/Al 다층 전극; 및
상기 n형 질화물계 클래드층 및 상기 Ti/Al 다층 전극 사이에 개재된 주석 박막을 포함하는 것을 특징으로 하는 전극 구조물.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 주석 박막은 3 내지 10 nm 의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 전극 구조물.

청구항 3

질화물계 활성층;
상기 질화물계 활성층 상면에 형성된 n형 질화물계 클래드층;
상기 n형 질화물계 클래드층 상에 형성된 주석 박막;
상기 주석 박막 상에 형성된 Ti/Al 다층 전극;
상기 질화물계 활성층 하면에 형성된 p형 질화물계 클래드층; 및
상기 p형 질화물계 클래드층 상에 형성된 p형 오믹 콘택 전극을 포함하는 발광 다이오드 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전극 구조물 및 이를 포함하는 발광 다이오드에 관한 것이다. 보다 상세하게는 N형 질화물계 클래드층 상에 형성되는 전극 구조물 및 상기 전극 구조물을 포함하는 발광 다이오드에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 발광다이오드(Light Emitting Diode, LED)는 전류가 가해지면 p,n형 반도체의 접합 부분에서 전자와 정공의 재결합에 의하여 다양한 빛을 발생시킬 수 있는 반도체 소자에 해당한다.

[0003] 일반적으로 반도체 발광 다이오드는, 정방향의 전류(forward current)가 흐를 경우 빛을 발생하는 발광다이오드(light-emitting diode; LED) 및 레이저다이오드(laser diode; LD)로 구분될 수 있다. 특히 LED 및 LD는 공통적으로 p-n접합 구조(p-n junction)를 가지고 있으며, 이러한 발광소자들에 전류를 인가하면 전류가 광자(photon)로 변환되어 광이 발생한다.

[0004] III족 n형 질화물계 반도체 소자인 발광 다이오드는 보다 전기적 특성이 향상된 오믹 콘택 특성을 갖도록 함으로써 더욱 효율을 개선할 필요가 있다. 나아가, 열적 안정성이 향상되어 열처리 후에도 높은 효율을 나타내는 소자에 대한 개발이 요구되고 있다.

[0005] 개선된 효율 및 우수한 열적 안정성을 갖는 발광 다이오드를 개발하기 위하여, Ti/Al 전극기술이 개발되었으나 열적 안정성 측면에서 취약하기 때문에 이를 극복할 연구가 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 이와 같은 문제점을 감안한 것으로써, 본 발명의 일 목적은 개선된 전기적 특성 및 열적 안정성을 갖

는 전극 구조물을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 다른 목적은 개선된 전기적 특성 및 열적 안정성을 갖는 전극 구조물을 포함하는 발광 다이오드를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 n형 질화물계 클래드층 상에 형성된 전극 구조물은 상기 n형 질화물계 클래드층의 상부에 형성된 Ti/Al 다층 전극 및 상기 n형 질화물계 클래드층 및 상기 Ti/Al 다층 전극 사이에 개재된 주석 박막을 포함한다.

[0009] 본 발명의 일 실시예 있어서, 상기 주석 박막은 3 내지 10 nm 의 두께를 가질 수 있다.

[0010] 본 발명의 실시예에 따른 발광 다이오드 소자는, 질화물계 활성층, 상기 질화물계 활성층 상면에 형성된 n형 질화물계 클래드층, 상기 n형 질화물계 클래드층 상에 형성된 주석 박막, 상기 주석 박막 상에 형성된 Ti/Al 다층 전극, 상기 질화물계 활성층 하면에 형성된 p형 질화물계 클래드층 및 상기 p형 질화물계 클래드층 상에 형성된 p형 오믹 컨택 전극을 포함한다.

발명의 효과

[0011] 상술한 본 발명의 실시예들에 따른 전극 구조물 및 상기 전극 구조물을 포함하는 발광 다이오드는 N형 질화물 클래드층 및 Ti/Al 전극 사이에 주석 박막을 개재시킴으로써 감소된 접촉 저항을 가짐에 따라 전기적 특성이 개선될 수 있다. 나아가, 상기 발광 다이오드에 대한 열처리 후에도 상기 발광 다이오드는 종래의 N형 질화물 클래드층 및 상기 클래드층 상에 형성된 Ti/Al 전극을 포함하는 발광 다이오드보다 여전히 감소된 접촉 저항을 가지며 오믹 컨택 특성을 유지할 수 있으므로 우수한 열적 안정성을 가질 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조물을 설명하기 위한 단면도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드를 설명하기 위한 단면도이다.

도 3은 실시예 및 비교예 1 내지 2에 따른 발광 다이오드에 대한 전류-전압 특성을 나타낸 그래프이다.

도 4는 열처리 공정의 시간에 따른 발광 다이오드(실시예)에 대한 전류-전압 특성을 나타낸 그래프이다.

도 5는 열처리 공정의 시간에 따른 발광 다이오드(비교예)에 대한 전류-전압 특성을 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드에 포함된 주석 박막의 두께 변화 따른 전류-전압 특성을 나타낸 그래프이다.

도 7a 및 도 7b는 300°C의 온도에서 10시간 열처리 전과 후의 발광 다이오드(실시예)에 대한 X선 광전자 분광법을 이용한 그래프들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 첨부된 도면에 있어서, 대상물들의 크기와 양은 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대 또는 축소하여 도시한 것이다.

[0014] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0015] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "구비하다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이

존재함을 지정하려는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0016] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조물을 설명하기 위한 단면도이다.
- [0018] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조물(100)은 n형 질화물계 클래드층(10) 상에 형성된다. 상기 n형 질화물 클래드층(10)은 발광 다이오드를 이루는 질화물계 활성층(미도시) 상에 형성된다.
- [0019] 상기 전극 구조물(100)은 Ti/Al 다층 전극(110) 및 주석 박막(120)을 포함한다.
- [0020] 상기 Ti/Al 다층 전극(110)은 상기 n형 질화물계 클래드층(10)의 상부에 배치된다. 상기 Ti/Al 다층 전극(110)은 티타늄 박막(111) 및 알루미늄 박막(113)이 순차적으로 적층된 다층 구조를 가진다. 상기 티타늄 박막(111)이 상기 Ti/Al 다층 전극(100)에 포함됨에 따라 상기 Ti/Al 다층 전극(100)의 오믹 특성이 개선되며 전류-전압 특성이 개선될 수 있다.
- [0021] 상기 주석 박막(120)은 상기 n형 질화물계 클래드층(10) 및 상기 Ti/Al 다층 전극 사이(110)에 개재된다. 즉, 상기 주석 박막(120)은 상기 n형 질화물계 클래드층(10) 및 상기 티타늄 박막(111) 사이에 개재된다.
- [0022] 상기 주석 박막(120)은 상기 n형 질화물계 클래드층(10) 및 상기 Ti/Al 다층 전극(110) 간의 접착력을 개선시킬 수 있다. 상기 주석 박막(120)이 상기 전극 구조물(100)에 포함됨으로써 상기 전극 구조물(100)은 감소된 접촉 저항을 가질 수 있다. 또한 상기 주석 박막(120)이 상기 전극 구조물(100)에 포함됨에 따라 상기 전극 구조물(100)에 대한 열에 의한 오믹 특성의 열화를 억제할 수 있다. 결과적으로 상기 전극 구조물(100)은 개선된 전기적 특성 및 안정적인 열적 안정성을 가질 수 있다.
- [0023] 상기 주석 박막(120)은 3 내지 10 nm의 두께를 가질 수 있다. 상기 주석 박막(120)이 3 nm 미만의 두께를 가질 경우, 상기 전극 구조물(100)이 충분하게 감소된 접촉 저항을 가질 수 없다. 한편 상기 주석 박막(120)이 10 nm 초과 두께를 가질 경우, 상기 전극 구조물(100)의 열적 안정성이 악화될 수 있다.
- [0024] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드를 설명하기 위한 단면도이다.
- [0025] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드(200)는 질화물계 활성층(30), 상기 질화물계 활성층(30) 상면에 순차적으로 형성된 n형 질화물계 클래드층(10), 주석 박막(120), Ti/Al 다층 전극(110), 상기 질화물계 활성층(30) 하면에 순차적으로 형성된 p형 질화물계 클래드층(50) 및 p형 오믹 전극(70)을 포함한다.
- [0026] 상기 질화물계 활성층(30)은 3족-5족 원소의 화합물 반도체 재료로 이루어진다. 상기 질화물계 활성층(30)은 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)의 조성식을 갖는 물질로 이루어질 수 있다. 상기 질화물계 활성층(30)은 단일 양자 우물 구조 또는 다중 양자 우물 구조를 가질 수 있다. 양자 우물 구조는 우물 모양의 퍼텐셜의 벽을 만들어 그 안에 전자를 구속할 수 있는 구조에 해당한다.
- [0027] 상기 n형 질화물계 클래드층(10)은 상기 질화물계 활성층(30)의 상부 표면에 형성된다. 상기 n형 질화물계 클래드층(10)은 AlGaN 계 반도체로 이루어질 수 있다. 상기 n형 질화물계 클래드층(10)은 상기 활성층(30)의 밴드갭보다 작은 밴드갭을 갖는 물질로 형성될 수 있다.
- [0028] 상기 주석 박막(120)은 상기 n형 질화물계 클래드층(10) 상에 형성된다.
- [0029] 상기 Ti/Al 다층 전극(110)은 상기 주석 박막(120) 상에 형성된다. 상기 Ti/Al 다층 전극(110)은 티타늄 박막(111) 및 알루미늄 박막(113)이 순차적으로 적층된 다층 구조를 가진다. 상기 티타늄 박막(111)이 상기 Ti/Al 다층 전극(110)에 포함됨에 따라 상기 Ti/Al 다층 전극(110)의 오믹 특성이 개선되며 전류-전압 특성이 개선될 수 있다.

- [0030] 본 발명의 실시예들에 따른 발광 다이오드에 포함된 상기 주석 박막(120)은 상기 n형 질화물계 클래드층(10) 및 상기 Ti/Al 다층 전극(110) 간의 접착력을 개선시킬 수 있다. 상기 주석 박막(120)이 상기 전극 구조물(100)에 포함됨으로써 상기 전극 구조물(100)은 감소된 접촉 저항을 가질 수 있다. 또한 상기 주석 박막(120)이 상기 전극 구조물(100)에 포함됨에 따라 상기 전극 구조물(100)에 대한 열에 의한 오믹 특성의 열화를 억제할 수 있다. 결과적으로 상기 전극 구조물(100)은 개선된 전기적 특성 및 안정적인 열적 안정성을 가질 수 있다.
- [0031] 상기 주석 박막(120)은 3 내지 10 nm의 두께를 가질 수 있다. 상기 주석 박막(120)이 3 nm 미만의 두께를 가질 경우, 상기 전극 구조물(100)이 충분하게 감소된 접촉 저항을 가질 수 없다. 한편 상기 주석 박막(120)이 10 nm 초과인 두께를 가질 경우, 상기 전극 구조물(100)의 열적 안정성이 악화될 수 있다.
- [0032] **발광 다이오드에 대한 평가**
- [0033] MOCVD 장비를 이용하여 사파이어 기판 위에 2 μ m 두께의 도핑이 되지 않은 GaN, 5 μ m의 n형 GaN 박막들을 성장시키고, 그 위에 활성층을 성장시켰다. 그 후, 상기 활성층 위에 0.15 μ m 두께의 p형 GaN 박막을 성장시켰다. 다음으로, 상기 p형GaN 박막을 실리콘 기판과 웨이퍼 본딩 시켰다. 그 다음, 사파이어 기판에 KrF 레이저를 조사하여 사파이어 기판을 분리시켰다. 그 후, 전자빔 기화기(E-beam evaporator)를 이용하여 상기 n형 GaN 박막 상에 주석 박막을 형성하였다. 상기 주석 박막은 5nm의 두께를 가졌다. 이후, Ti(3nm)/Al(150nm)/Au(30nm) 다층 전극을 증착시켰다. (실시예)
- [0034] 비교예1의 경우, 주석 박막을 생략한 채, 전자빔 기화기를 이용하여 상기 n형 GaN 박막 상에 Ti(3nm)/Al(150nm)/Au(30nm) 다층 전극을 증착한 점을 제외하고는 실시예와 동일하다.
- [0035] 비교예2의 경우, 전자빔 기화기(E-beam evaporator)를 이용하여 상기 n형 GaN 박막 상에 주석 박막을 형성하였다. 상기 주석 박막은 5nm의 두께를 가졌다. 이후, 상기 주석 박막 상에 Ti 박막을 생략하고 바로 Al(150nm)/Au(30nm) 다층 전극을 증착시켰다.(비교예)
- [0036] 도 3은 실시예 및 비교예 1 내지2에 따른 발광 다이오드에 대한 전류-전압 특성을 나타낸 그래프이다.
- [0037] 도 3을 참조하면, 실시예에 따른 발광 다이오드에 있어서, 증착 상태(as-depo) 및 질소 분위기에서 300 $^{\circ}$ C에서 10시간 동안 열처리한 상태 모두 오믹 컨택 특성을 유지하는 것을 확인할 수 있다.
- [0038] 반면에, 비교예1에 따른 발광 다이오드 모두, 실시예의 경우 보다 높은 접촉 저항을 가지며, 질소 분위기에서 300 $^{\circ}$ C에서 10시간 동안 열처리 한 후에는 오믹 컨택 특성이 파괴됨을 확인할 수 있다.
- [0039] 나아가, 비교예1, 2 및 실시예에 따른 발광 소자의 접촉 저항에 있어서, 아래 표1과 같이 실시예의 경우 감소된 접촉 저항을 가짐을 확인할 수 있다.

표 1

[0040]	접촉 저항(Ωcm^2)	증착 후(as-depo)	열처리한 후
	비교예1	4×10^{-04}	Non-ohmic
	비교예2	4×10^{-05}	7×10^{-04}
	실시예	3×10^{-05}	1×10^{-04}

- [0041] 도 4는 열처리 공정의 시간에 따른 발광 다이오드(실시예)에 대한 전류-전압 특성을 나타낸 그래프이다.
- [0042] 도 4를 참조하면, 실시예에 따른 발광 다이오드는 질소 분위기에서 300 $^{\circ}$ C에서 8시간 까지 열처리 한 경우에도 시간대별로 우수한 오믹 컨택 특성을 유지할 수 있음을 확인할 수 있다.
- [0043] 도 5는 열처리 공정의 시간에 따른 발광 다이오드(비교예)에 대한 전류-전압 특성을 나타낸 그래프이다.
- [0044] 도 5를 참조하면, 비교예1에 따른 발광 다이오드는 질소 분위기에서 300 $^{\circ}$ C에서 8시간 까지 열처리 한 경우에도 오믹 컨택 특성이 파괴됨을 확인할 수 있다.

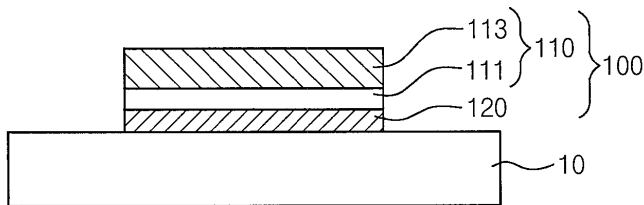
- [0045] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드에 포함된 주석 박막의 두께 변화 따른 전류-전압 특성을 나타낸 그래프이다.
- [0046] 도 6을 참조하면, 발광 다이오드에 포함된 주석 박막의 두께가 3nm, 5nm 및 100 nm로 조절되었다.
- [0047] 이 경우, 증착 상태(as-depo) 및 질소 분위기에서 300℃에서 10시간 동안 열처리한 상태 모두 옴릭 콘택 특성이 유지되는 것을 확인할 수 있다.
- [0048] 도 7a 및 도 7b는 300℃의 온도에서 10시간 열처리 전과 후의 발광 다이오드(실시예)에 대한 X선 광전자 분광법을 이용한 그래프들이다.
- [0049] 도 7a 및 도 7b를 참조하면, 열처리에 의하여 주석 원자 및 티타늄 원자가 확산됨으로 확인할 수 있다. 즉, 열처리 전 증착 상태에는 주석 및 티타늄 원자는 거의 동일한 위치에 존재함으로 확인할 수 있으나, 열처리에 의하여 주석 원자 및 티타늄 원자가 확산됨으로 확인할 수 있다.
- [0050] 한편, 열처리 후 갈륨 원자 및 질소 원자가 n형 질화물 클래드층의 외부로 확산되는 것을 확인할 수 있다. 이로써 상기 주석 박막은 확산 방지의 기능보다는 발광 다이오드가 오히려 개선된 전기적 특성 및 열적 안정성을 가지도록 하는데 기여하는 것으로 확인된다.

산업상 이용가능성

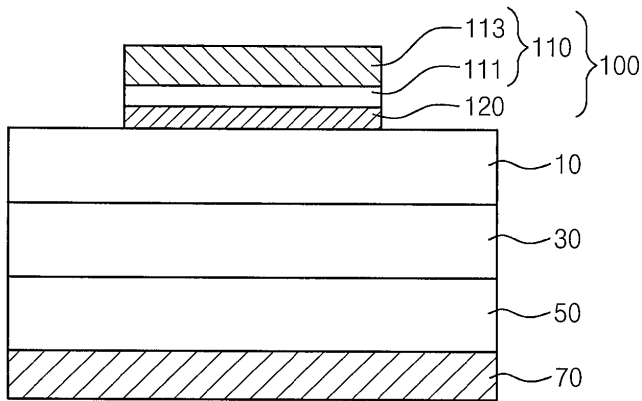
- [0051] 본 발명의 실시예들에 따른 전극 구조물 및 발광다이오드는 수직형 발광 다이오드 소자, 레이저 다이오드 소자 등에 적용될 수 있다.
- [0052] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

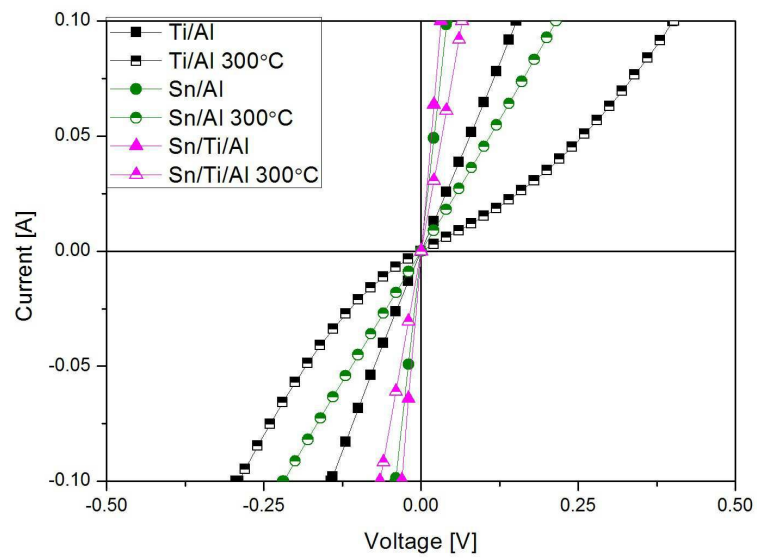
도면1



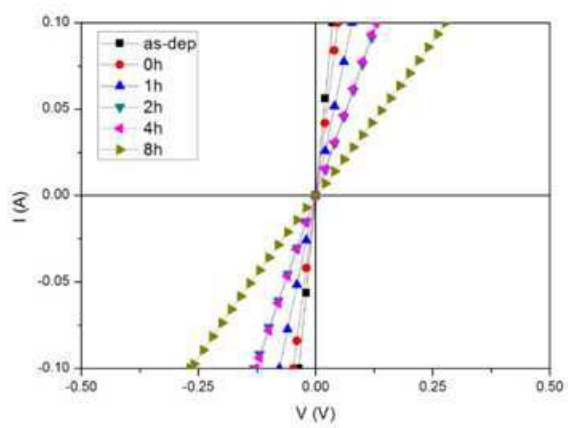
도면2



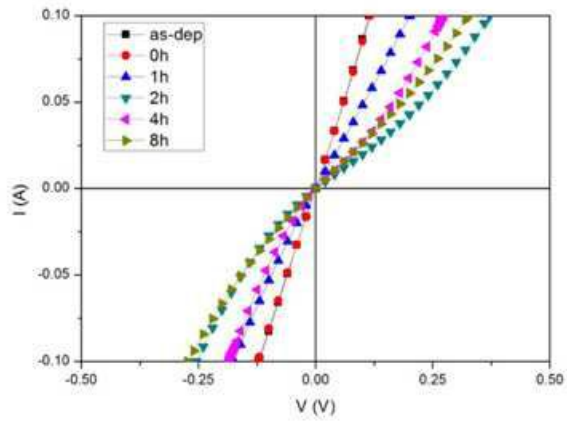
도면3



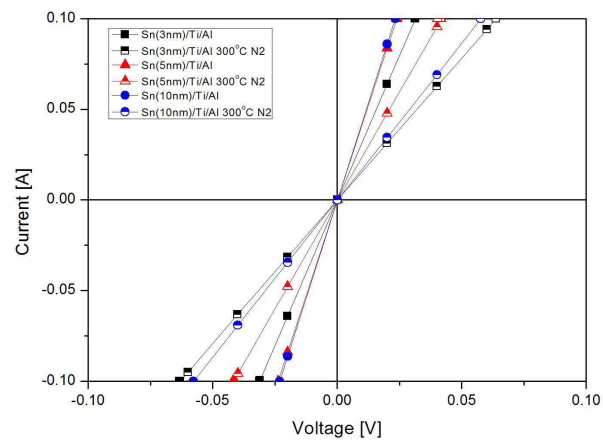
도면4



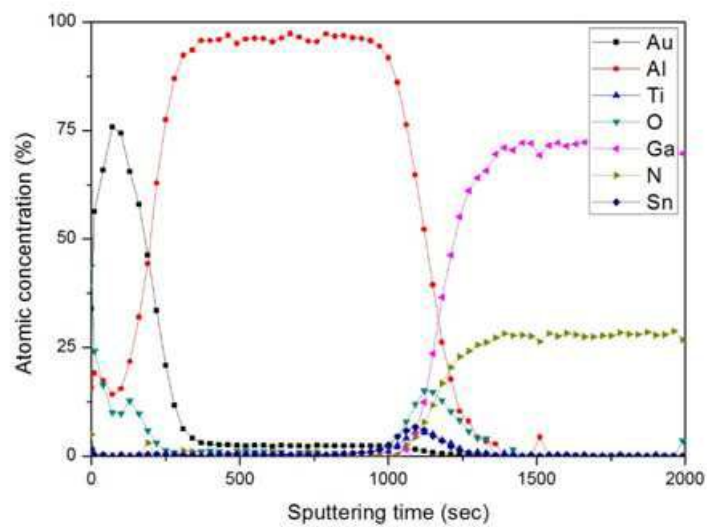
도면5



도면6



도면7a



도면7b

