



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0131339
(43) 공개일자 2016년11월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 13/00 (2006.01) H01B 1/02 (2006.01)
H01B 1/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01B 13/0026 (2013.01)
H01B 1/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0063409
(22) 출원일자 2015년05월06일
심사청구일자 2015년05월06일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김태근
경기도 성남시 분당구 양현로 88, 503동 1403호 (이매동, 동부코오롱아파트)
김민주
경기도 성남시 분당구 췌골로 32 (금곡동, 골든빌 102-301)
(74) 대리인
특허법인주원

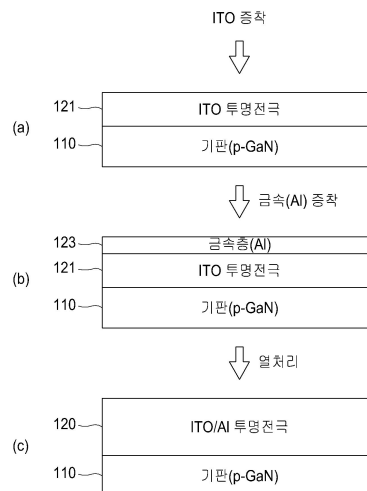
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 투과도가 향상된 투명 전극 형성 방법 및 이를 이용하여 형성된 투명 전극을 포함하는 반도체 소자

(57) 요약

본 발명은 투명 전극 형성 방법을 공개한다. 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 투명 전극 형성 방법은, 투명 전극으로 가장 널리 사용되는 ITO 투명 전극 위에 Indium보다 주기율표상의 주기가 낮은 금속을 이용하여 금속층을 형성하고 열처리를 통해서 금속층을 구성하는 금속들을 ITO 투명 전극 내부로 침투시켜 유효 밴드갭을 확장시킴으로써, 투명 전극의 투과도를 자외선 영역으로 확장시킴과 동시에, ITO 투명 전극 내부에 침투한 금속이 전체 투명 전극의 전도도를 향상시키는 효과가 있다. 이러한 본 발명의 투명 전극 형성 방법은 종래의 투명 전극 형성 공정에, 복잡한 패터닝이나 에칭 공정을 추가함 없이, 단순한 금속층을 형성하는 공정과 열처리 공정을 추가하는 것 만으로도 투명 전극의 투과도 및 전도도를 향상시킬 수 있어, 현재 상용화된 투명 전극 형성 공정에 바로 적용이 가능한 장점이 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01B 1/08 (2013.01)

H01L 31/1884 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 기판위에 인듐 산화물 및 주석 산화물을 증착하여 ITO(Indium-Tin-Oxide) 투명 전극을 형성하는 단계;
- (b) 상기 ITO 투명 전극 위에, 주기율표상에서 인듐보다 낮은 주기에 속하는 금속을 증착하여 금속층을 형성하는 단계; 및
- (d) 상기 금속층이 형성된 기판을 열처리하여, 상기 금속을 ITO 투명 전극 내부로 침투시켜 투명 전극을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 투명 전극 형성 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 (b) 단계는

상기 ITO 투명 전극 위에, 복수의 dot 형태의 금속 결정들로 구성되는 금속층을 형성하는 것을 특징으로 하는 투명 전극 형성 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 (b) 단계에서,

상기 ITO 투명 전극 위에 증착되는 금속은 Al, Ti, Ga, 및 Ge 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 투명 전극 형성 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 (b) 단계에서,

상기 금속층은 1nm 내지 5nm의 두께로 형성되는 것을 특징으로 하는 투명 전극 형성 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 (d) 단계는

질소 또는 대기 분위기에서 450도 내지 750도에서 열처리가 수행되는 것을 특징으로 하는 투명 전극 형성 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 (b) 단계는, ITO층 표면에 요철 패턴으로 상기 금속층을 형성하고,

상기 (d) 단계가 수행되면, 요철 패턴으로 형성된 금속층의 금속이 상기 ITO 투명 전극으로 침투하여 투명 전극 표면에 요철 패턴이 형성되는 것을 특징으로 하는 투명 전극 형성 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 기판 표면에서, 상기 기판 표면에 접촉하는 ITO 투명 전극의 표면의 반대 표면으로 갈수록 상기 금속의 조성비가 증가하여, 공기와의 굴절율 차이가 감소하는 것을 특징으로 하는 투명 전극 형성 방법.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항의 투명 전극 형성 방법에 의해서 형성된 투명 전극을 포함하는 반도체 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 투명 전극 형성 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 투과도가 향상된 투명 전극 형성 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 1907년 CaO물질이 투명전극으로 제안된 이후 Display 산업이 태동하기까지 투명전극에 대한 관심은 그리 크지 않았다. 그러나 LED, 태양전지, LCD, OLED, 투명 Display, 터치패널 등의 수광소자 및 발광소자 사업이 성장하면서 다양한 투명전극이 많은 관심을 받고 있다.

[0003] 수광소자 및 발광소자의 구조설계, 소자 제작기술은 소자의 성능 향상에 있어서 매우 중요한 역할을 한다. 이러한 소자의 성능을 향상시키는 방법으로는 전류 주입효율을 높여 구동전압을 낮추는 방법이 있고, 균일한 전류 분산 및 주입을 위해서 전극의 접촉 면적을 넓히거나 투명전극(transparent conduction electrode; TCE)을 사용하거나, 광추출 및 흡수를 위해 표면에 나노 패턴을 만드는 방법들이 널리 사용되고 있다.

[0004] 그 중에서 수광 및 발광소자의 효율을 향상시키기 위한 노력으로 TCE의 연구는 가장 중요한 부분을 차지하고 있다. 투명전극은 빛의 투과와 전류의 주입/추출을 동시에 필요로 하는 IT산업의 핵심 재료로 주로 ITO(Indium-tin-oxide), IZO(indium-zinc-oxide; IZO)가 사용되고 있다. 더하여 고분자 투명전극, CNT, Graphene, 은나노 와이어 등 기반의 투명전극이 제안되고 있다.

[0005] 그러나 TCE층의 빛의 흡수에 의해 수광소자의 광흡수나 발광소자의 광추출에 어려움이 있다. 효율향상을 위해서는 오믹접촉을 통해 동작전압을 낮추어주거나 생성된 빛을 잘 투과시켜 효율을 높여줄 수 있다. 일반적으로는 투명전극의 투과도와 전도도는 서로 trade-off 관계를 가지고 있다.

[0006] 큰 밴드갭(wide band-gap)을 가지는 물질은 자외선 등의 단파장의 빛을 통과 시킬 수 있는 만큼 높은 투과도를 가지는 반면, 전극으로 이용되기에는 전도성이 매우 낮고 반도체 물질과 Ohmic contact 이 이루어지지 않아 전극으로 이용하는 것이 불가능하다. 현재의 기술로는 가시광 영역뿐만 아니라 자외선 영역에서도 높은 투과도를 나타내면서도, Ohmic contact 이 이루어져 높은 전기 전도도를 나타내는 투명 전극을 구현하기에는 어려움이 있다.

[0007] 따라서, 가시광 영역부터 UV 영역까지 적용될 수 있는 투명전극을 구현하기 위해서는, 높은 투과도를 지니는 동시에 발광 소자 및 수광 소자와 오믹 접촉 형성이 가능한 투명전극 개발이 필수적이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 전기적 특성을 열화시키지 않으면서도 자외선 영역의 빛에 대해서 높은 투과도를 나타내는 투명 전극 형성 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 투명 전극 형성 방법은, (a) 기판위에 인듐 산화물 및 주석 산화물을 증착하여 ITO(Indium-Tin-Oxide) 투명 전극을 형성하는 단계; (b) 상기 ITO 투명 전극 위에, 주기율표상에서 인듐보다 낮은 주기에 속하는 금속을 증착하여 금속층을 형성하는 단계; 및 (d) 상기 금속층이 형성된 기판을 열처리하여, 상기 금속을 ITO 투명 전극 내부로 침투시켜 투명 전극을 형성하는 단계를 포함한다.

[0010] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 (b) 단계는, 상기 ITO 투명 전극 위에, 복수의 dot 형태의 금속 결정들로 구성되는 금속층을 형성할 수 있다.

- [0011] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 (b) 단계에서, 상기 ITO 투명 전극 위에 증착되는 금속은 Al, Ti, Ga, 및 Ge 중 어느 하나일 수 있다.
- [0012] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 (b) 단계에서, 상기 금속층은 1nm 내지 5nm의 두께로 형성될 수 있다.
- [0013] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 (d) 단계는, 질소 또는 대기 분위기에서, 450도 내지 750도에서 열처리가 수행될 수 있다.
- [0014] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 (b) 단계는, ITO층 표면에 요철 패턴으로 상기 금속층을 형성하고, 상기 (d) 단계가 수행되면, 요철 패턴으로 형성된 금속층의 금속이 상기 ITO 투명 전극으로 침투하여 투명 전극 표면에 요철 패턴이 형성될 수 있다.
- [0015] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 기판 표면에서, 상기 기판 표면에 접촉하는 ITO 투명 전극의 표면의 반대 표면으로 갈수록 상기 금속의 조성비가 증가하여, 공기와의 굴절을 차이가 감소할 수 있다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 투명 전극 형성 방법은 투명전극으로 가장 널리 사용되는 ITO 투명 전극 위에 Indium보다 주기율표상의 주기가 낮은 금속을 이용하여 금속층을 형성하고 열처리를 통해서 금속층을 구성하는 금속들을 ITO 투명 전극 내부로 침투시켜 유효 밴드갭을 확장시킴으로써, 투명 전극의 투과도를 자외선 영역으로 확장시킴과 동시에, ITO 투명 전극 내부에 침투한 금속이 전체 투명 전극의 전도도를 향상시키는 효과가 있다. 이러한 본 발명의 투명 전극 형성 방법은 종래의 투명 전극 형성 공정에, 복잡한 패터닝이나 에칭 공정을 추가함 없이, 단순한 금속층을 형성하는 공정과 열처리 공정을 추가하는 것 만으로도 투명 전극의 투과도 및 전도도를 향상시킬 수 있어, 현재 상용화된 투명 전극 형성 공정에 바로 적용이 가능한 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 투명 전극 형성 방법을 설명하는 공정도이다.
- 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 ITO 투명 전극과 Al 금속층을 구성하는 각 원소의 구성비를 AES 분석 방법을 통해서 측정한 그래프이다.
- 도 3은 본 발명의 투명 전극에서 투과도가 향상되는 현상을 설명하는 도면이다.
- 도 4는 ITO 투명 전극과 ITO 투명 전극에 Al 금속층을 형성한 경우에 투과도 변화를 설명하는 그래프이다.
- 도 5는 일반적인 ITO 투명 전극과 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 ITO 투명 전극 위에 금속층이 형성되고 열처리된 후의 I-V 특성을 실험한 그래프를 도시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 바람직한 다른 실시예에 따른 투명 전극 형성 방법을 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명한다.
- [0019] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 투명 전극 형성 방법을 설명하는 공정도이다.
- [0020] 도 1을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 투명 전극 형성 방법을 설명한다. 단, 본 발명의 바람직한 실시예는 ITO 투명 전극(121) 위에 Al 금속층(123)을 형성하여 ITO 투명 전극(121)의 투과도 및 전도도를 향상시키는 투명 전극 형성 방법을 예시적으로 설명한다.
- [0021] 먼저, 도 1의 (a)에 도시된 바와 같이, ITO 투명 전극(121)이 형성될 기판(110)을 준비하고, 기판(110)의 표면에 대해서 세척 작업을 수행한 후, 그 기판(110)위에 인듐 산화물과 주석 산화물을 증착하여 ITO 투명 전극(121)을 형성한다.
- [0022] 본 발명의 기판(110)은 발광 소자 또는 수광 소자가 형성된 것으로서, 발광소자를 예를 들면, 본 발명의 기판(110)은 반도체 기판(110) 위에 n-GaN, 활성층, 및 p-GaN층이 순차적으로 형성된 구조를 포함하는 기판(110)일

수 있다.

- [0023] 또한, 본 발명의 바람직한 실시예에서, 기판(110) 위에 형성되는 투명 전극은 발광소자 및 수광소자에서 투명 전극으로 가장 보편적으로 이용되는 ITO(Indium-Tin-Oxide)가 이용되는데, 기판(110)위에 약 90nm 내지 130nm의 두께로 증착시켜 형성하였다. ITO 투명 전극(121)의 재질 및 두께는 공정 조건 및 제품 사양에 따라서 변경될 수 있음은 물론이며, 본 발명의 바람직한 실시예는 ITO 투명 전극(121)을 약 110nm 두께로 형성하였다.
- [0024] ITO 투명 전극(121)이 형성된 후, 도 1의 (b)에 도시된 바와 같이, ITO 투명 전극(121) 위에 박막의 금속층(123)을 형성한다. 이 때, 금속층(123)을 구성하는 금속으로는 ITO 투명 전극(121)을 구성하는 원소 중 Indium보다 주기율표상 주기가 낮은 금속이 이용된다.
- [0025] 참고로, Indium은 주기율표상 5주기 원소로서, 본 발명의 금속층(123)을 형성하는데 이용되는 금속으로는 2, 3, 4 주기 금속이 이용될 수 있는데, 본 발명의 바람직한 실시예에서는 Al을 금속층(123)을 형성하는 금속으로 이용하였으나, Ti, Ge, Ga 등의 금속들이 이용될 수도 있다. 이러한 금속들은 원자의 에너지 갭이 Indium보다 일반적으로 크기 때문에, 후술하는 열처리 공정에서 투명 전극 내부로 침투하여 Indium보다 큰 에너지 갭을 제공할 수 있어, 투명 전극의 투과도를 향상시킬 수 있다.
- [0026] ITO 투명 전극(121) 위에 형성되는 금속층(123)의 두께는 ITO 투명 전극(121)의 두께에 따라서 결정되며, 후술하는 열처리 과정에서 ITO 투명 전극(121) 내부로 침투하되, ITO 투명 전극(121)의 범위를 벗어나서 반도체 기판(110)위에 형성된 발광 소자 또는 수광 소자에 영향을 미치지 않도록 박막으로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0027] 도 1에 도시된 본 발명의 바람직한 실시예에서, 금속층(123)은 Al으로 2~5nm의 두께의 얇은 박막으로 형성될 수 있고, ITO 투명 전극(121)층이 약 110nm의 두께로 형성된 경우에 Al 금속층(123)은 3nm의 두께로 형성되었다. 본 발명의 바람직한 실시예에서, 박막인 금속층(123)은 스퍼터 장비를 이용하여 형성되었으나, ITO 투명 전극(121) 위에 금속 박막층을 형성할 수 있는 방법이라면 모두 적용이 가능하다.
- [0028] 한편, ITO 투명 전극(121)위에 금속층(123)이 형성된 기판(110)은, 도 1의 (c)에 도시된 바와 같이, 질소 또는 대기 분위기에서 450도 내지 750도에서 열처리가 수행되고, 열처리 과정에서 ITO 투명 전극(121) 위에 형성된 금속층(123)의 금속이 ITO 투명 전극(121) 내부로 침투한다. ITO 투명 전극(121) 내부로 침투한 금속은 ITO 투명 전극(121)을 구성하는 성분들과 결합하여 밴드갭을 확장시킴으로써 투과도를 향상시키고, ITO 투명 전극(121)의 구성 성분들과 결합하지 않은 금속 원자들은 ITO 투명 전극(121) 내부에 도너를 제공하는 역할을 수행함으로써, ITO 투명 전극(121) 전체적으로 전도도를 향상시키는 효과를 나타낸다.
- [0029] 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 ITO 투명 전극(121)과 Al 금속층(123)을 구성하는 각 원소의 구성비를 AES 분석 방법을 통해서 측정한 그래프이다.
- [0030] 도 2에 도시된 그래프는, p-GaN층 위에 ITO 투명 전극(121)을 형성한 후, 그 위에 Al으로 금속층(123)을 형성한 경우에, 깊이에 따른 조성비를 측정한 것으로서, 도 2의 (b)는 열처리를 수행하기 전의 조성비를 측정한 그래프이고, 도 2의 (a)는 열처리를 수행한 후의 조성비를 측정한 그래프이다. 참고로, 그래프의 x축의 sputtering time이 증가할수록 표면으로부터의 깊이가 증가함을 의미한다.
- [0031] 도 2의 (b)를 참조하면, 열처리 이전에, Al은 금속층(123)의 표면에만 존재하고, ITO 투명 전극(121) 내부에는 존재하지 않음을 알 수 있다.
- [0032] 그러나, 열처리가 수행되면, 도 2의 (a)에 도시된 바와 같이, 금속층(123)의 표면에서 Al의 조성비가 급격히 낮아진 반면, ITO 투명 전극(121) 내부에는 Al이 침투하여, 도 2의 (b)에서는 Al이 거의 검출되지 않았던 깊이에서, 상당한 조성비의 Al이 검출됨을 확인할 수 있고, Al의 조성비는 표면으로부터 깊이 들어갈수록 점차 감소함을 알 수 있다.
- [0033] 또한, 도 2의 (b)를 참조하면, Indium 및 ITO를 구성하는 다른 성분 역시 열처리에 의해서 금속층(123)으로 확산되어, 금속층(123) 표면에서 그 성분들이 검출되며, 특히 Indium의 경우에는 금속층(123) 표면에서 약 20%의 성분이 검출되고, 금속층 표면으로부터의 깊이가 깊어질수록 그 성분비가 점차 증가하여, Al의 성분비가 거의 0에 도달하는 깊이에서 원래 ITO에서 차지하던 성분비로 회복됨을 알 수 있다.
- [0034] 따라서, 열처리에 의해서 금속층(123)과 ITO 투명 전극(121)의 경계는 사라지고, 열처리전의 ITO 투명 전극(121)과 금속층(123)이 열처리에 의해서 하나의 투명 전극(120)으로 형성되고, 다만, 투명 전극(120)의 표면으

로 갈수록 Indium의 조성비가 감소하는 대신에 금속인 Al의 조성비가 증가하고, 투명 전극(120) 표면에서 투명 전극(120) 내부로 들어갈수록 금속인 Al 성분은 감소하고 Indium의 조성비가 증가함을 알 수 있다.

- [0035] 도 3은 본 발명의 투명 전극에서 투과도가 향상되는 현상을 설명하는 도면이다. 도 3을 참조하면, 금속층(123)을 형성하는 Al의 오비탈 구조로 인하여 ITO 투명 전극(121)에 Al을 침투시키면, 종래의 ITO 투명 전극(121)의 에너지 밴드 갭(E_{g-In-O})보다 Al이 침투된 후의 에너지 밴드 갭($E_{g-In-O-Al}$)이 확장되는 현상이 발생하고, 밴드갭이 확장됨에 따라서 흡수되는 광량이 줄어 투과도가 향상된다.
- [0036] 일반적으로 밴드갭이 넓어지면 투과도는 향상되고 전도도는 감소한다고 알려져 있으나, 본 발명의 경우, 열처리 과정에서 Indium을 대체하여 산소 원자와 결합한 Al이 전체적인 밴드갭을 향상시키면서도 산소 원자와 결합하지 않은 Al이 결정 사이 사이를 불순물 형식으로 침투하여 전도도를 향상시킨다. 결과적으로, 본 발명은 투명 전극 물질의 결합 구조를 변화시킴으로써, 전체적으로 밴드갭을 확장시킴과 동시에 불순물 도핑 효과를 나타내고, 이에 따라서 투과도 및 전도도가 동시에 향상된다.
- [0037] 또한, 본 발명은 상술한 바와 같이, 투명 전극 내에서 각 성분의 조성비가 표면으로부터의 깊이에 따라서 변화하게 되므로, 투명 전극의 굴절율 역시 투명 전극의 표면으로부터 투명 전극 내부로 갈수록, 또는 투명 전극 내부로부터 표면으로 갈수록 변화하게 된다.
- [0038] 일반적으로 ITO 투명 전극(121)의 굴절율은 1.7 ~ 2.1이고, Al의 경우는 산화물 상태를 고려해도 0.4 ~ 1.7 정도이다. 따라서, 표면으로부터 멀어진 투명 전극 내부에는 Al 성분이 극히 적으므로 일반적인 ITO의 굴절율(1.7 ~ 2.1)을 나타내지만, 표면으로 갈수록 Al 성분이 증가하여 4원계 물질이 되었을때의 굴절율은, 투명 전극(120)을 구성하는 4가지 원소들이 기여하는 정도에 따라서 굴절율에 변화가 생긴다. 전술한 바와 같이, 투명 전극(120)의 표면으로 갈수록 Al 성분의 비율이 높아지고, 이는 투명 전극(120)의 굴절율을 표면으로 갈수록 전체적으로 감소시킨다. 따라서, 투명 전극(120)의 표면으로 갈수록 투명 전극(120) 외부의 공기와 굴절률 차이가 감소하여, 투명 전극(120) 표면에서의 광의 전반사를 감소시키는 효과가 나타난다.
- [0039] 도 4는 ITO 투명 전극(121)과 ITO 투명 전극(121)에 Al 금속층(123)을 형성한 경우에 투과도 변화를 설명하는 그래프이다.
- [0040] 도 4의 (a) 그래프는, 110nm 두께의 ITO 투명 전극(121)과, 110nm 두께의 ITO 투명 전극(121)에 3nm 두께의 Al 금속층(123)을 형성한 투명 전극(ITO/Al 투명 전극)(120)의 투과도를 도시한 것으로서, 투과도에 거의 변화가 없음을 알 수 있다.
- [0041] 도 4의 (b) 그래프는 도 4의 (a)에 도시된 110nm 두께의 ITO 투명 전극(121)과, 110nm 두께의 ITO 투명 전극(121)에 3nm 두께의 Al 금속층(123)을 형성한 투명 전극(ITO/Al 투명 전극)(120)을 약 550 도의 온도에서 열처리를 수행한 후의 투과도를 도시하는 것으로서, 열처리 이후 ITO/Al 투명 전극(120)의 투과도가 ITO 투명 전극(121)보다 향상됨을 확인 할 수 있다. 특히 ITO/Al 투명 전극(120)의 경우, 열처리 이후에 근자외선 영역인 365 ~ 385 nm에서 90% 이상의 투과도를 나타내는 것을 확인할 수 있어, 투과도가 크게 향상되었음을 알 수 있다.
- [0042] 도 5는 일반적인 ITO 투명 전극(121)과 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 ITO 투명 전극(121) 위에 금속층(123)이 형성되고 열처리된 후의 I-V 특성을 실험한 그래프를 도시한 도면이다.
- [0043] 도 5를 참조하면, ITO 투명 전극(121)만을 110nm 두께로 형성한 경우와, 110nm 두께의 ITO 투명 전극(121) 위에 3nm의 Al 금속층(123)을 형성한 후 열처리를 수행한 경우(ITO(110nm)/Al(3nm))의 전기적 특성은 실질적으로 차이가 없음을 알 수 있다.
- [0044] 따라서, 도 4 및 도 5에 도시된 실험 결과를 종합해보면, 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 ITO 투명 전극(121) 위에 Indium 보다 주기가 낮은 금속으로 금속층(123) 박막을 형성하고, 열처리를 수행하여 금속을 ITO 투명 전극(121) 내부로 침투시키는 경우, 전기적 특성을 열화시키지 않고 투과도를 크게 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

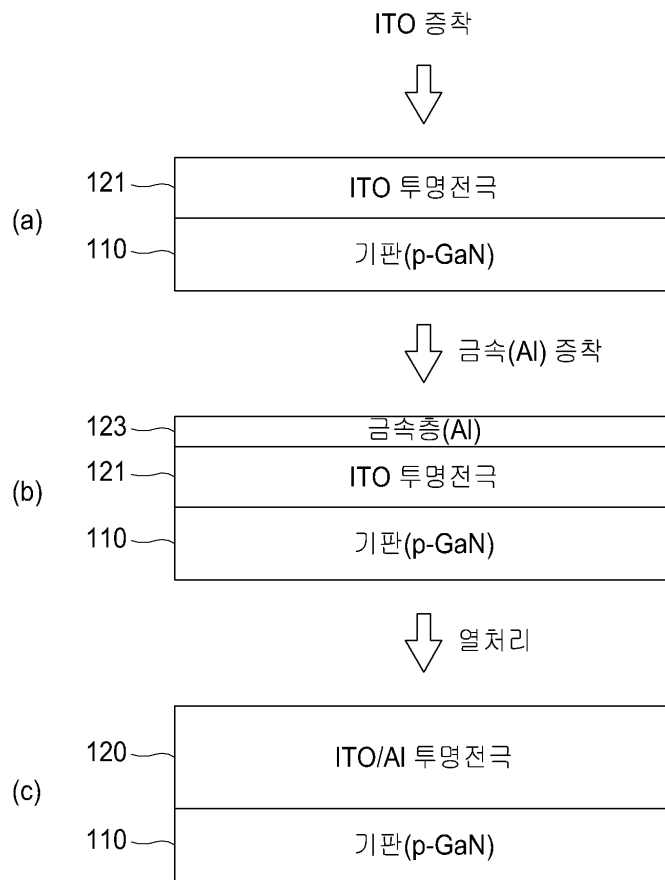
- [0045] 도 6은 본 발명의 바람직한 다른 실시예에 따른 투명 전극 형성 방법을 설명하는 도면이다.
- [0046] 도 1을 참조하여 설명한 본 발명의 투명 전극 형성 방법은, ITO 투명 전극(121) 위에 평탄한 금속층(123)을 형성하였다. 그러나, 도 6에 도시된 실시예의 경우, ITO 투명 전극(121) 위에, 금속층(123)이 복수의 dot 형태로 형성되도록 함으로써, 투명 전극 표면에 요철을 형성한 것과 실질적으로 동일한 효과를 나타낼 수 있다.
- [0047] 도 6을 참조하면, 먼저, 도 1(a)와 동일한 방식으로 발광소자 또는 수광소자가 형성된 기판(110)위에 ITO 투명 전극(121)을 형성 한다(도 6 (a) 참조).
- [0048] 그 후, e-beam 증착 장비를 이용하여 ITO 투명 전극(121) 위에 금속을 증착하여 금속층(125)을 형성한다(도 6의 (b) 참조). 이 때, ITO 투명 전극(121) 위에 증착되는 금속은 상술한 바와 같이, Al, Ti, Ge, Ga 등과 같이, Indium 보다 주기율표상 주기가 낮은 금속이 이용될 수 있다.
- [0049] 또한, e-beam 증착 장비를 이용하여 금속을 증착하면, 처음에는 금속 결정들이 dot 형태로 ITO 투명 전극(121) 위에 형성되다가 금속 결정들이 더 커지면 인접한 결정들과 연결되어 박막이 형성된다. 따라서, ITO 투명 전극(121) 위에 형성되는 금속의 두께는 금속의 재질에 따라서 박막으로 형성되지 않고 dot 형태를 유지할 정도의 두께로 형성되어야 한다. 본 발명의 바람직한 실시예에서는, Al을 e-beam 증착 장비를 이용하여 3nm 이하 두께의 복수의 dot 형태의 금속 결정(125)들로 금속층(125)을 형성하였다. 본 발명에서 dot 형태는 도면 부호 125가 지시하는 바와 같이, ITO 투명 전극(121)과 접하는 표면은 평탄하고, 그 반대편을 물방울의 표면 형상으로 볼록하게 돌출된 형상으로 정의한다.
- [0050] 복수의 dot 형태의 금속 결정들로 구성되는 금속층(125)이 형성된 후, 도 1의 (c)에 도시된 바와 동일한 방식으로, 450도 내지 750도에서 열처리를 수행하여 금속층(123)의 금속을 ITO 투명 전극(121) 내부로 침투시켜 투명 전극을 완성한다(도 6의 (c) 참조).
- [0051] 이렇게 완성된 투명 전극(120)의 경우에는, 그 표면이 dot 형태로 형성되므로, 전체적으로 보면, 투명 전극(120) 표면에 요철이 형성된 것과 동일한 효과를 나타낸다. 따라서, 도 6에 도시된 투명 전극(120)의 경우에는, 도 1을 참조하여 상술한 바와 같이, 투명 전극(120) 표면에서 금속의 조성비가 높아져 굴절율이 변화함으로써 전반사가 감소하는 효과뿐만 아니라, 투명 전극(120) 표면에 요철이 형성되어 난반사가 일어남으로써 전반사가 감소되는 효과가 추가적으로 발생하므로, 보다 높은 광 추출 효율 및 광 흡수 효율을 나타낼 수 있다.
- [0052] 또한, 도 6에서는 복수의 금속 결정들(125)이 서로 분리된 것으로 도시되었으나, 복수의 금속 결정들의 바닥면이 서로 연결되어 실질적으로 ITO 투명 전극(121) 위에 요철이 형성된 구조로 금속층이 형성될 수도 있다.
- [0053] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

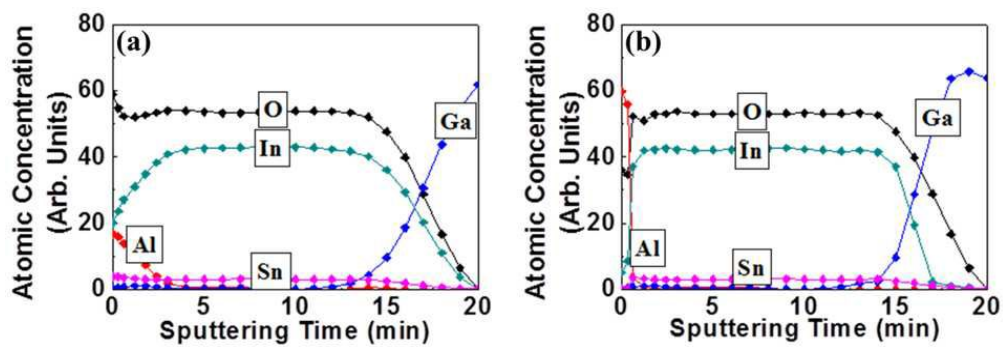
- [0054] 110 기판
- 121 ITO 투명 전극
- 123 금속층
- 125 복수의 dot 형태의 금속 결정 및 이들로 구성되는 금속층
- 120 ITO/Al 투명 전극

도면

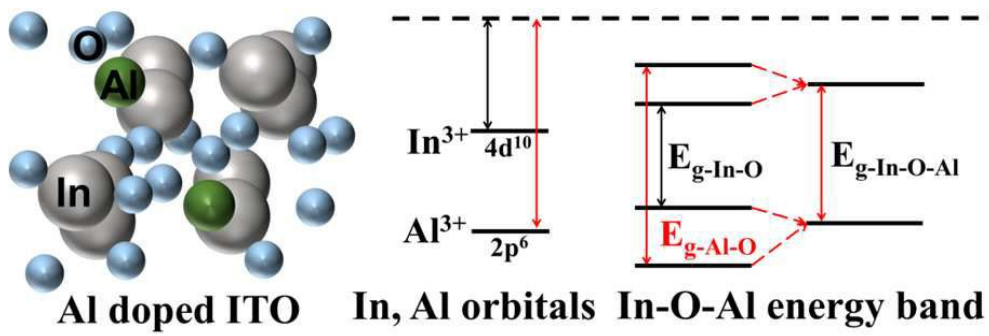
도면1



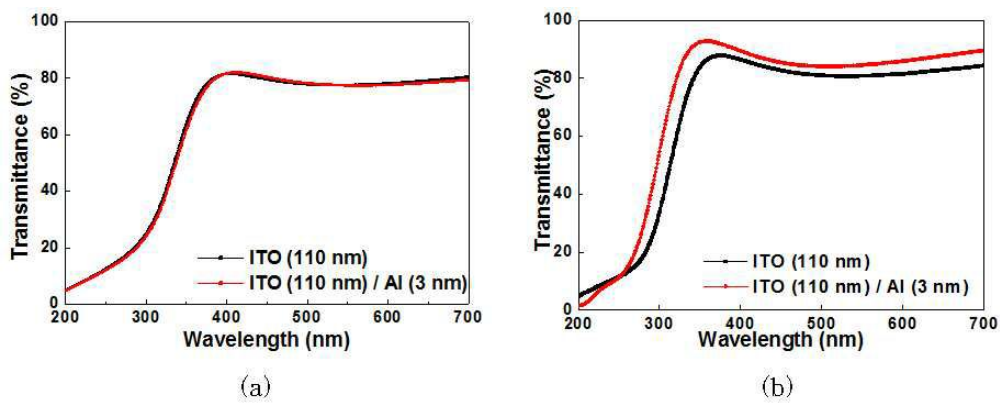
도면2



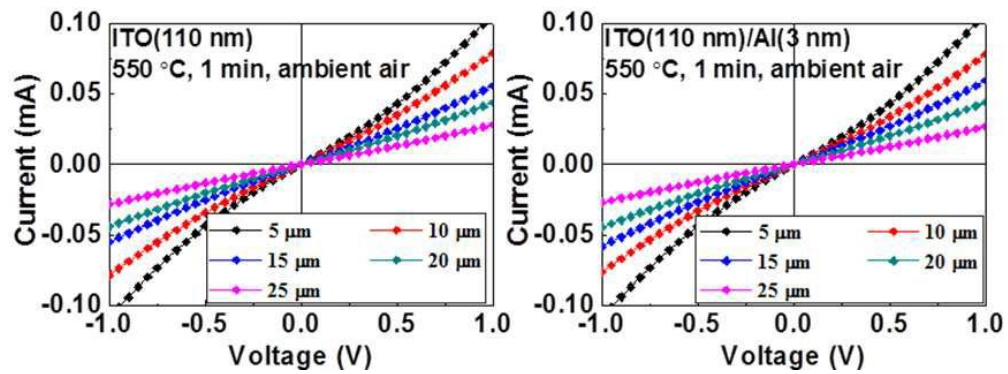
도면3



도면4



도면5



도면6

