



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호

10-2014-0000634

(43) 공개일자

2014년01월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 33/10 (2010.01) H01L 33/32 (2010.01)

(21) 출원번호

10-2013-0070193(분할)

(22) 출원일자

2013년06월19일

심사청구일자

2013년06월19일

(62) 원출원

특허 10-2012-0067148

원출원일자

2012년06월22일

심사청구일자

2012년06월22일

(71) 출원인

엘지이노텍 주식회사

서울특별시 중구 한강대로 416 (남대문로5가, 서울스퀘어)

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145 (안암동5가) 고려대학교 산학협력단

(72) 발명자

성대연

서울특별시 서초구 신반포로33길 64 (잠원동, 잠원한신로얄아파트) 1동506호

전준우

서울특별시 동대문구 제기로4길 17 (제기동) 402호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박영복, 김용인

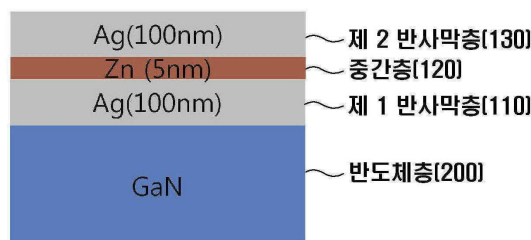
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **발광 다이오드**

(57) 요약

중간층을 이용한 반사막을 포함하는 발광 다이오드 제조 방법, 및 상기 방법으로 제조한 발광 다이오드가 개시된다. 발광 다이오드 제조 방법은, n형 반도체층과 p형 반도체층 사이의 활성층에서 생성된 광을 반사하는 반사막층을 포함하는 발광 다이오드를 제조하는 방법으로서, 반사막층의 제조는, 제 1 반사막층을 형성하는 단계, 제 1 반사막층 상에 제 1 반사막층과 다른 성분의 중간층을 형성하는 단계, 및 중간층상에 제 2 반사막층을 형성하는 단계를 포함하며, 중간층은 열처리시 제 2 반사막층으로 확산하는 성분의 금속이다. 이와 같이, 반사막층 사이에 반사막층으로 확산하는 금속 성분의 중간층을 삽입하는 경우, 반사막의 열안정성을 향상시킬 수 있게 된다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

염웅선

인천광역시 계양구 계양대로 215 (계산동, 신도아
파트) 107동 1102호

한재천

서울특별시 중구 한강대로 416, 서울스퀘어 20층
엘지이노텍(주) (남대문로5가)

특허청구의 범위

청구항 1

n형 반도체층과 활성층 및 p형 반도체층을 포함하는 질화 갈륨 반도체층; 및

상기 질화 갈륨 반도체층 상에 배치된 반사막층을 포함하고,

상기 반사막층은 제1 반사막층과 제2 반사막층 및, 상기 제1 반사막층과 제2 반사막층 사이에 배치되고 상기 제1 반사막층과 다른 성분의 중간층을 포함하고, 상기 중간층의 성분이 상기 제2 반사막층 방향으로 확산되어 배치되는 발광 다이오드.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 중간층의 성분이 상기 제1 반사막층 방향으로 확산되어 배치되는 발광 다이오드.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 확산된 중간층의 성분은 산화물을 이루는 발광 다이오드.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 제2 반사막층은 은(Ag)을 포함하는 발광 다이오드.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 중간층은 아연(Zn), 인듐(In), 로듐(Rh), 티타늄(Ti), 니켈(Ni), 크롬(Cr), 및 구리(Cu)로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나의 금속인 발광 다이오드.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 중간층은 아연(Zn), 인듐(In), 로듐(Rh), 티타늄(Ti), 니켈(Ni), 크롬(Cr), 및 구리(Cu)로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나의 금속 화합물인 발광 다이오드.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 중간층은 TCO(Transparent Conducting Oxide) 또는 아연(Zn)을 포함하는 발광 다이오드.

청구항 8

제1 항에 있어서,

상기 제1 반사막층의 두께는 100 나노미터 이상인 발광 다이오드.

청구항 9

제1 항에 있어서,

상기 제1 반사막층과 제2 반사막층의 두께의 합은 200 나노미터 이상인 발광 다이오드.

청구항 10

제1 항에 있어서,

상기 중간층은 5 나노미터의 두께로 형성되고, 섭씨 500도 이상에서 열처리되는 발광 다이오드.

청구항 11

제1 항에 있어서,

상기 중간층은 10 나노미터의 두께로 형성되고, 섭씨 300도의 온도의 열처리되는 발광 다이오드.

명세서

기술 분야

[0001] 실시예는 발광 소자에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 발광 다이오드(LED; Light Emitting Diode)의 광출력 향상을 위해 사용하는 반사막에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 발광 다이오드에 있어서 반사막은 고출력, 고효율 LED 개발에 있어서 필수적인 요소로서, 전방위로 발광되는 빛을 효과적으로 집중시키기 위하여 LED에서 없어서는 안되는 중요한 역할을 한다.

[0003] 발광 다이오드에 있어서, 기존 저효율의 수평(Lateral) 구조와는 다르게 고효율, 고출력의 플립칩(Flip Chip) 구조와 수직(Vertical) 구조에서는 반사막의 역할이 매우 중요하다.

[0004] 반사막은 LED 활성층에서 전방위로 발광되는 빛을 상부로 효과적으로 반사시켜 그 효율을 극대화시키게 된다. 따라서 일반적으로 활성층 아래에 존재하게 된다.

[0005] 하지만, 최근에는 이러한 반사막이 활성층 아래에서 빛을 상부로 반사하는 역할뿐만 아니라, 전극 밑에도 형성되어 전극으로 인한 빛의 흡수를 최소화시키는 역할도 하는 등 그 활용영역이 확대되고 있다.

[0006] 이러한 반사막의 재료로는 반사도가 높은 은(Ag), 알루미늄(Al), 로듐(Rh) 등이 사용되는데 은(Ag)의 경우 반사도가 가장 높아 널리 사용되고 있다. 하지만, LED 공정에서 전기적인 품질 향상을 위하여 열처리 단계가 필요하게 되는데, Ag 반사막의 경우 열처리시 뭉침 현상 (Agglomeration)에 의하여, 반사막의 품질, 즉 반사도가 저하되는 문제점을 가지고 있다.

[0007] 본 발명의 배경기술은 대한민국 공개특허공보 제10-2008-0049393호(2008.06.04)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상술한 종래의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 발광 다이오드의 반사막, 특히 은 기반(Ag-based) 반사막의 열 안정성을 향상시킨 발광 다이오드의 제조 방법, 및 열 안정성이 향상된 은 기반 반사막을 구비한 발광 소자를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 실시예는 n형 반도체층과 활성층 및 p형 반도체층을 포함하는 질화 갈륨 반도체층; 및 상기 질화 갈륨 반도체층 상에 배치된 반사막층을 포함하고, 상기 반사막층은 제1 반사막층과 제2 반사막층 및, 상기 제1 반사막층과 제2 반사막층 사이에 배치되고 상기 제1 반사막층과 다른 성분의 중간층을 포함하고, 상기 중간층의 성분이 상기 제2 반사막층 방향으로 확산되어 배치되는 발광 다이오드를 제공한다.

[0010] 중간층의 성분이 상기 제1 반사막층 방향으로 확산되어 배치될 수 있다.

[0011] 확산된 중간층의 성분은 산화물을 이룰 수 있다.

[0012] 제2 반사막층은 은(Ag)을 포함할 수 있다.

[0013] 중간층은 아연(Zn), 인듐(In), 로듐(Rh), 티타늄(Ti), 니켈(Ni), 크롬(Cr), 및 구리(Cu)로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나의 금속일 수 있다.

- [0014] 중간층은 아연(Zn), 인듐(In), 로듐(Rh), 티타늄(Ti), 니켈(Ni), 크롬(Cr), 및 구리(Cu)로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나의 금속 화합물일 수 있다.
- [0015] 중간층은 TCO(Transparent Conducting Oxide) 또는 아연(Zn)을 포함할 수 있다.
- [0016] 제1 반사막층의 두께는 100 나노미터 이상일 수 있다.
- [0017] 제1 반사막층과 제2 반사막층의 두께의 합은 200 나노미터 이상일 수 있다.
- [0018] 중간층은 5 나노미터의 두께로 형성되고, 섭씨 500도 이상에서 열처리될 수 있다.
- [0019] 중간층은 10 나노미터의 두께로 형성되고, 섭씨 300도의 온도의 열처리될 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명은 열처리시 은(Ag) 반사막의 뭉침 현상을 방지하여 열처리 후에도 우수한 반사도를 갖도록 한다. 따라서 본 발명에 따라 제조된 반사막이 사용된 발광소자는 우수한 출력 특성을 가지게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명에 따른 발광 다이오드 제조 방법의 일 실시예에 따라 반사막을 제조하는 과정의 개략적인 흐름도.
- 도 2는 중간층으로 사용될 수 있는 물질을 도시한 표.
- 도 3은 도 1의 방법에 따라 제조된 반사막의 개략적인 도면.
- 도 4는 도 3의 반사막이 플립칩(Flip-chip) LED에 적용된 예를 도시한 도면.
- 도 5는 도 3의 반사막이 수직 구조(Vertical) LED에 적용된 예를 도시한 도면.
- 도 6은 은 반사막을 섭씨 500도로 열처리한 이후의 표면 사진.
- 도 7은 은 반사막을 섭씨 500도로 열처리한 이후의 단면 사진.
- 도 8은 은/아연/은 구조의 반사막을 섭씨 500도로 열처리한 이후의 표면 사진.
- 도 9는 은/아연/은 구조의 반사막을 섭씨 500도 열처리한 이후의 단면 사진.
- 도 10은 열처리 온도에 따른 반사막의 반사도를 도시한 그래프.
- 도 11은 열처리 온도에 따른 반사막의 460nm 파장에서의 반사도를 도시한 표.
- 도 12는 은반사막을 500도 열처리하는 경우 20mA에서의 이미션 이미지(Emission image).
- 도 13은 중간층을 포함한 반사막을 500도 열처리하는 경우 20mA에서의 이미션 이미지(Emission image).
- 도 14는 열처리 온도에 따른 광출력의 비교 그래프.
- 도 15는 열처리 온도에 따른 광출력 비교 표.
- 도 16은 열처리전 중간층이 적용된 반사막 XPS 데이터.
- 도 17은 500도 열처리후 중간층이 적용된 반사막 XPS 데이터.
- 도 18은 본 발명에 따른 중간층의 두께에 따른 반사도를 비교한 표.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명한다.
- [0023] 도 1은 본 발명에 따른 발광 다이오드 제조 방법의 일 실시예에 따라 반사막을 제조하는 과정의 개략적인 흐름도이다.
- [0024] 먼저, LED GaN(질화 갈륨) 반도체층상에 제 1 반사막층을 형성한다(S110). LED 소자에서 산화막이 형성되는 반도체층의 형성 과정까지는 일반적인 LED 제조 과정과 동일하므로 상세한 설명은 생략한다.

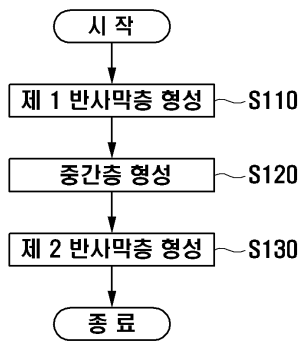
- [0025] 이때, 제 1 반사막층의 재료로는 은(Ag), 알루미늄(Al), 로듐(Rh)과 같이 반사도가 높은 물질이 사용될 수 있으며, 특히 은은 반사도가 매우 높아 반사막으로서 사용될 경우 우수한 특성을 보인다.
- [0026] 이어서, 제 1 반사막층 상에 제 1 반사막층과 다른 성분의 중간층을 형성한다(S120).
- [0027] 이때, 중간층의 성분은 아연(Zn), 인듐(In), 로듐(Rh), 티타늄(Ti), 니켈(Ni), 크롬(Cr), 및 구리(Cu)로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 금속 또는 화합물일 수 있으며, 특히, 아연(Zn)일 수 있다. 이러한 물질들은 우수한 전기 전도도와 반사도를 가지며 은 내부에 고용될 수 있는 물질이다.
- [0028] 이 밖에도 TCO(Transparent Conducting Oxide)가 중간층으로 사용될 수 있으며, TCO 역시 우수한 전기 전도도를 가지며 은내부에 고용될 수 있는 물질임은 물론 높은 투과도를 가진다.
- [0029] 도 2는 중간층으로 사용될 수 있는 물질을 도시한 표이다.
- [0030] 도 2에서 확인할 수 있는 바와 같이, 중간층으로 사용되는 물질은 좋은 전기 전도도와 반사도를 가져야 하며 은 내부에 고용될 수 있는 물질 이어야 한다. 따라서, 녹는점과 전도도, 용해도(solubility)를 고려하여 선택되어야 한다.
- [0031] 마지막으로, 중간층상에 제 2 반사막 층을 형성한다.
- [0032] 제 2 반사막층의 재료도 역시 은(Ag), 알루미늄(Al), 로듐(Rh)과 같이 반사도가 높은 물질이 사용될 수 있으며, 특히 제 1 반사막층과 동일한 재료인 은(Ag)이 사용되는 것이 바람직할 것이다.
- [0033] 상기 반사막과 중간층(Middle layer)은 전자빔 증착(e-beam evaporation), 스퍼터링(sputtering) 등의 방법으로 형성할 수 있다.
- [0034] 도 3은 도 1의 방법에 따라 제조된 반사막의 개략적인 도면이고, 도 4와 도 5는 각각 도 3의 반사막이 플립칩(Flip-chip) LED에 적용된 예, 및 수직 구조(Vertical) LED에 적용된 예를 도시한 도면이다.
- [0035] 도 3은, 은(Ag) 성분의 반사막층(110, 130) 사이에 아연(Zn) 성분의 중간층이 적용된 반사막의 구조를 도시하고 있다. 도 4와 도 5는 도 3의 반사막 구조가, 실제 반사막이 사용되는 LED 구조인 플립칩과 수직 구조에 적용된 모습을 도시하고 있다. 이와 같이, 일반적으로 반사막이 적용되는 부분에는 어디든지 본 발명의 구조를 가지는 반사막이 사용 가능하다.
- [0036] 이와 같이, 발광 다이오드의 반사막층에 반사막층으로 확산하는 금속 성분의 중간층을 삽입하는 경우, 반사막의 열안정성을 향상시킬 수 있게 된다.
- [0037] 도 6은 은 반사막을 섭씨 500도로 열처리한 이후의 표면 사진이고, 도 7은 은 반사막을 섭씨 500도로 열처리한 이후의 단면 사진이다. 또한, 도 8은 은/아연/은 구조의 반사막을 섭씨 500도로 열처리한 이후의 표면 사진이고, 도 9는 은/아연/은 구조의 반사막을 섭씨 500도 열처리한 이후의 단면 사진이다.
- [0038] 도 6, 및 도 7에서 확인할 수 있는 바와 같이, 일반적인 은기반 반사막의 경우 500도로 열처리를 하게 되면 표면의 은이 공급되는 열에너지에 반응하여 뭉침 현상이 발생하게 되고 반사막의 반사도가 저하된다.
- [0039] 하지만 도 8, 및 도 9에서 확인할 수 있는 바와 같이, 아연(Zn) 중간층이 적용된 반사막의 경우, 은의 뭉침 현상이 거의 일어나지 않았고, 표면이 훨씬 매끄러운 것을 알 수 있다
- [0040] 도 6 내지 9에서 나온 특징들은 실제로 반사도 측정을 하는 경우 더욱 명확하게 확인할 수 있다. 도 10은 열처리 온도에 따른 반사막의 반사도를 도시한 그래프이고, 도 11은 열처리 온도에 따른 반사막의 반사도를 도시한 표이다.
- [0041] 도 10과 도 11에 따르면 보통 은만으로 구성된 반사막의 열처리시 반사도가 급격히 감소하지만, 중간층이 있는 경우 반사도 저하가 효과적으로 줄어드는 것을 알 수게 된다.
- [0042] 중간층이 실제 발광 소자에 적용되었을 때 얼마나 효과적인지 잘 나타내어주는 지는 다른 증거를 통해서도 확인할 수 있다.
- [0043] 도 12는 은 반사막을 500도 열처리하는 경우 20mA에서의 이미션 이미지(Emission image)이고, 도 12는 중간층을 포함한 반사막을 500도 열처리하는 경우 20mA에서의 이미션 이미지(Emission image)이다.
- [0044] 도 12의 경우 일반적인 은 반사막을 사용하여 제작한 발광 소자이다. 도 12에서 밝게 보이는 면은 원래 반사막이 형성되어 빛을 반사하여 실제로는 빛을 통과시키면 안되는 영역이지만 은 반사막의 경우 뭉침 현상에 의한

반사도 감소로 상당량의 빛이 반사막을 통과하게 된다.

- [0045] 하지만 도 13에서와 같이 중간층이 삽입된 경우 열 안정성이 향상되어 반사막을 통과하는 빛이 거의 없고 대부분의 빛을 반사하여 반사막 뒤편이 검게 보이게 된다.
- [0046] 도 14는 열처리 온도에 따른 광출력의 비교 그래프이고, 도 15는 열처리 온도에 따른 광출력 비교 표이다.
- [0047] 도 14와 도 15는 열처리에 따른 실제 광출력을 비교한 것이다. 중간층이 적용된 반사막의 경우 같은 온도에서는 은 반사막에 비하여 25%의 향상된 품질을 얻을 수 있었고, 은 반사막이 더 낮은 온도에서 열처리한 300도의 경우보다 향상된 품질을 얻을 수 있었다
- [0048] 도 16은 열처리전 중간층 XPS 데이터이고, 도 17은 500도 열처리후 중간층 XPS 데이터이다.
- [0049] 도 16과 도 17은 500도 열처리 전과 후의 반사막의 조성을 나타내는 XPS 데이터로서, 도 16에서는 은과 은 사이에 삽입된 아연 중간층을 명확히 확인할 수 있다.
- [0050] 그러나 열처리를 하는 경우, 도 17에서 확인할 수 있듯이, 중간층은 위아래로 특히 상부로 확산을 하게 되고 표면에서 산소와 결합하여 산화아연(ZnO)을 형성하게 된다.
- [0051] 일반적으로 은이 뭉침 현상을 겪는 이유는 산소와의 반응으로 알려져 있으므로, 열처리 과정에서 형성된 산화아연층이 산소와 은과의 반응을 효과적으로 방해하여 은반사막의 열안정성을 향상시키는 것을 확인할 수 있다
- [0052] 본 발명에서, 반사막의 제조시, 제 1 반사막층의 두께는 100nm 이상인 것이 바람직한데, 이는 제 1 반사막층이 최소 100nm 이상인 경우에 반사막으로서의 원하는 특성을 얻을 수 있기 때문이다(반사도 최적화).
- [0053] 이때, 제 1 반사막층과 제 2 반사막층의 두께의 합은 200nm 정도인 것이 바람직하다. 전체 두께가 200nm이상이기만 하면 목적하는 특성을 확보할 수 있으므로, 비용 절감을 위해서 제 2 반사막층은 200nm에서 제1층을 제한 두께를 가지는 것이 좋다(비용 효과).
- [0054] 도 18은 본 발명에 따른 중간층의 두께에 따른 반사도를 비교한 표이다.
- [0055] 도 18에서, 제 1 반사막층이 50nm, 제 2 반사막층이 150nm인 경우, 열처리 전의 반사도를 보면 제 1 반사막층이 너무 얇아서 은만 200nm를 형성해준 반사막의 경우보다 낮은 94퍼센트의 반사도를 갖는 것을 볼 수 있다. 하지만, 제 1 반사막층이 100nm, 제 2 반사막층이 100nm인 경우, 은과 거의 비슷한 96퍼센트의 반사도를 갖는 것을 확인할 수 있다.
- [0056] 열처리 후에도 제 1 반사막층이 50nm인 경우보다 100nm인 경우가 더 좋은 열 안정성을 보이는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 제 1 반사막층은 100nm 이상이 적합하다.
- [0057] 또한, 본 발명에서는, 중간층의 두께는 미리 설정된 온도 이하에서 더 두껍게 형성할 수 있으며, 미리 설정된 온도는 섭씨 300도보다 크고 섭씨 500도보다 작은 온도일 수 있으며, 이때 중간층의 두께는 상기 미리 설정된 온도 이하에서는 5nm보다 크게 형성할 수 있고, 상기 미리 설정된 온도보다 큰 온도에서는 20nm보다 작게 형성할 수 있다.
- [0058] 도 18에서처럼, 반사막의 중간층을 10nm와 5nm로 각각 적용하여 보면, 중간층이 10nm인 경우는 5nm에 비하여 500도에서의 열적 안정성이 좋지 못하였다. 하지만, 300도에서는 10nm인 경우 더 뛰어난 특성을 보였다.
- [0059] 따라서, 300도 정도의 온도의 열처리가 필요할 때는 10nm 정도로 두껍게, 500도 이상의 열처리가 필요하다면, 5nm 정도로 얇은 중간층을 형성하는 것이 바람직할 것이다.
- [0060] 본 발명이 비록 일부 바람직한 실시예에 의해 설명되었지만, 본 발명의 범위는 이에 의해 제한되어서는 아니 되고, 특허청구범위에 의해 뒷받침되는 상기 실시예의 변형이나 개량에도 미쳐야 할 것이다.

도면

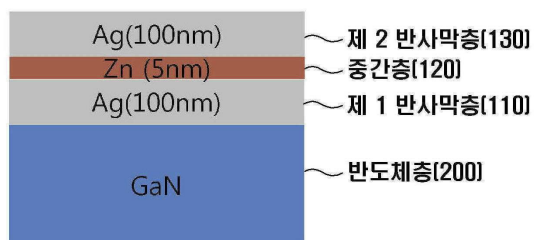
도면1



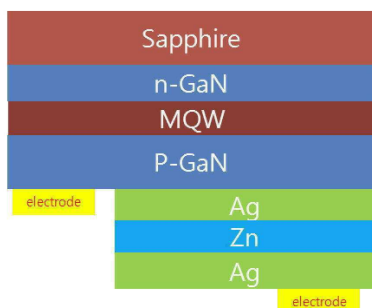
도면2

물 질	Atomic Radius(A)	녹는점(°C)	전도도 ($10^6/cm\Omega$)	반사도 (%)	일함수(eV)	Solubility in Ag
Ag	1.75	961	0.63	97	4.26	
Zn	1.53	419	0.166	80	4.33	~35%
In	2	156	0.116		4.12	~20%
Ni	1.62	1453	0.143	72	5.15	거의없음
Pt	1.83	1772	0.0966	73	5.65	~15%
Al	1.82	660	0.377	71	4.28	~10%
Cu	1.57	1084	0.596	90	4.65	~3%

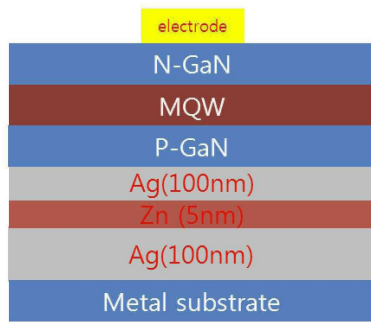
도면3



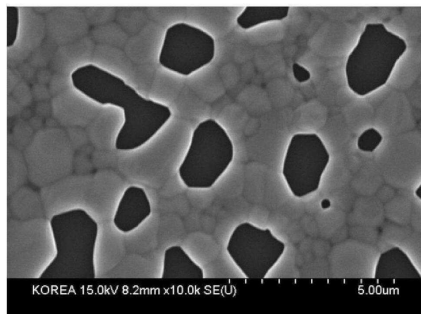
도면4



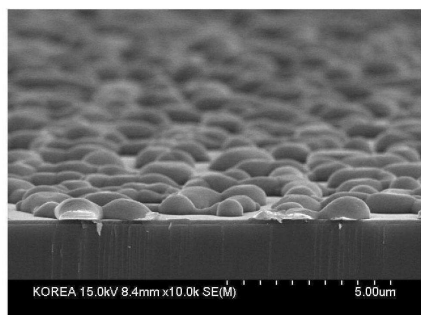
도면5



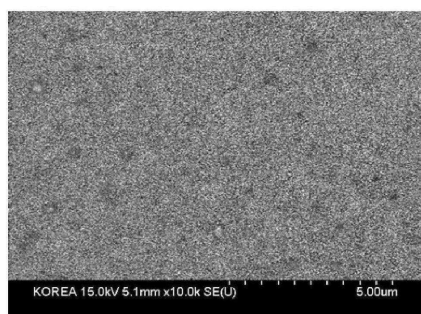
도면6



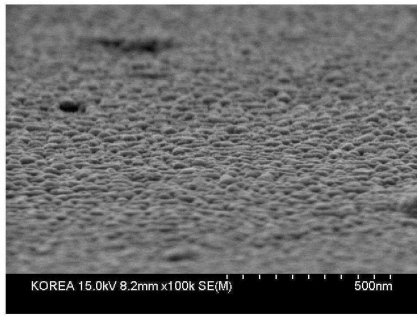
도면7



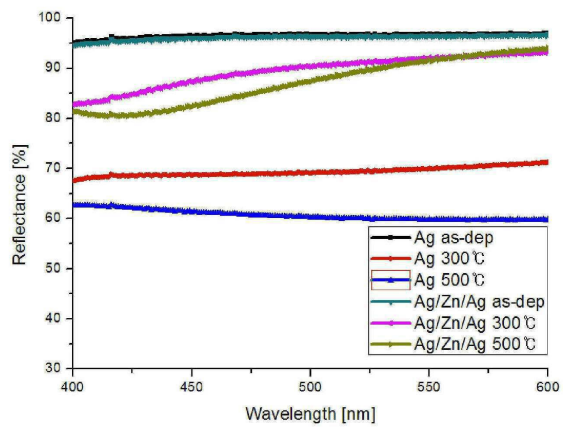
도면8



도면9



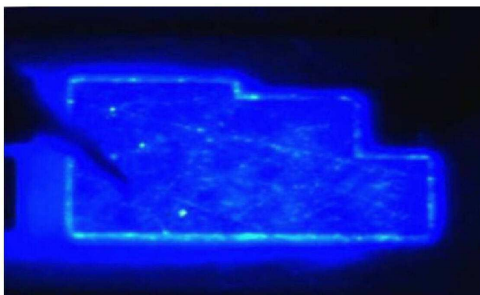
도면10



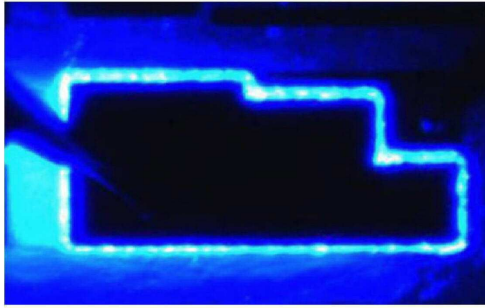
도면11

	Asdep	300 도	500 도
Ag only	96.6	68.7	61.0
Middle layer	96.2	88.2	83.4

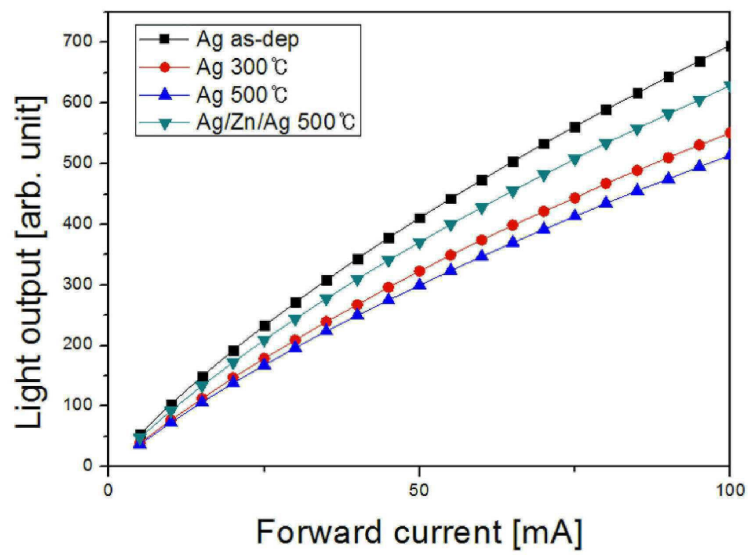
도면12



도면13



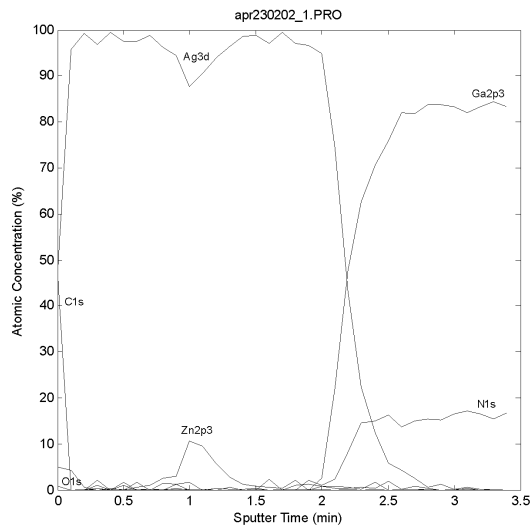
도면14



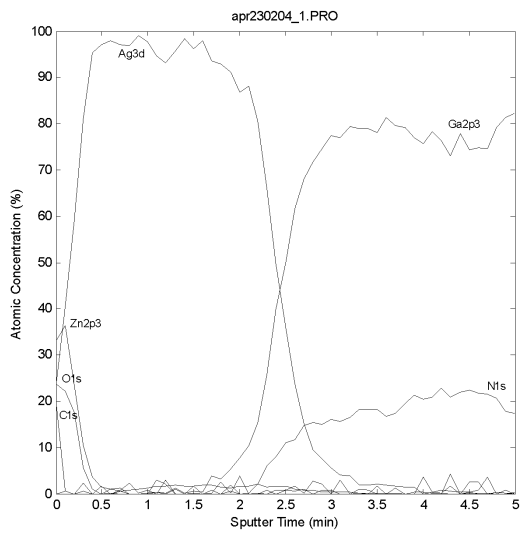
도면15

비교군 (at 20mA)	Middle layer 향상된 정도
Ag 300	17.5%
Ag 500	25.2%

도면16



도면17



도면18

Sample	Reflectance (at 460nm)		
	Asdep	300도	500도
Ag only	96.6	68.7	61.0
Ag(50)/Zn(5)/Ag(150)	94.3	79.7	73.0
Ag(100)/Zn(5)/Ag(100)	96.2	88.2	83.4
Ag(100)/Zn(10)/Ag(100)	95.9	93.5	75.1