



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0121458

(43) 공개일자 2015년10월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 33/36 (2010.01) H01L 33/12 (2010.01)

(21) 출원번호 10-2014-0047325

(22) 출원일자 2014년04월21일

심사청구일자 2014년04월21일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

성태연

서울특별시 서초구 신반포로33길 64 한신로얄아파트 1동 506호

김성기

서울특별시 동대문구 무학로45길 40 엘피스빌 102호

윤석구

서울특별시 강남구 삼성로69길 39-4

(74) 대리인

이동건

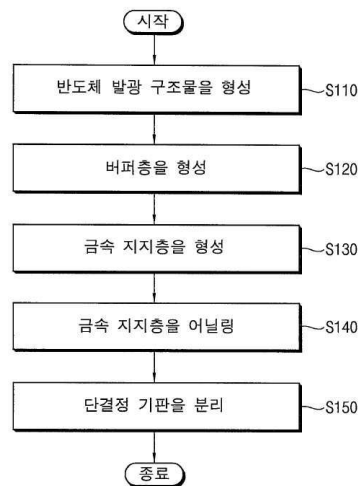
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 수직형 발광 소자의 제조 방법

(57) 요약

직형 발광 소자의 제조 방법에 따르면, 단결정 기판 및 반도체 적층체를 갖는 반도체 발광 구조물을 형성하고, 상기 반도체 발광 구조물 상에 에어로졸 증착 공정을 통하여 상기 반도체 적층체를 지지하도록 금속 지지층을 형성한다. 상기 단결정 기판을 상기 반도체 적층체로부터 분리한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415131567

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 전자정보디바이스산업원천기술개발

연구과제명 180lm/W급 고효율 나노기반 LED 개발

기 여 율 1/1

주관기관 포항공과대학교산학협력단

연구기간 2013.03.01 ~ 2014.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

단결정 기관 및 반도체 적층체를 갖는 반도체 발광 구조물을 형성하는 단계;

상기 반도체 발광 구조물 상에 에어로졸 증착 공정을 통하여 상기 반도체 적층체를 지지하도록 금속 지지층을 형성하는 단계; 및

상기 단결정 기관을 상기 반도체 적층체로부터 분리하는 단계를 포함하는 수직형 발광 소자의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 에어로졸 증착 공정 전, 상기 반도체 발광 구조물 상에 버퍼층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수직형 발광 소자의 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 단결정 기관을 상기 반도체 적층체로부터 분리하기 전, 상기 금속 지지층에 대하여 어닐링하는 어닐링 공정을 수행하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수직형 발광 소자의 제조 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 어닐링 공정은 300 내지 500°C 온도에서 수행되는 것을 특징으로 하는 수직형 발광 소자의 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 단결정 기관을 상기 반도체 적층체로부터 분리하는 단계는 레이저 리프트 오프 공정을 수행하는 것을 특징으로 하는 수직형 발광 소자의 제조 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 에어로졸 증착 공정은 상기 반도체 적층체에 대하여 스캐닝 방식으로 수행되는 것을 특징으로 하는 수직형 발광 소자의 제조 방법.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 수직형 발광 소자의 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 다층 발광구조물 박막을 포함하는 수직형 구조를 가지며 광을 발생하는 수직형 발광 소자의 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 반도체 발광 소자는, 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.

[0003] 일반적으로 그룹 3-5족 질화물계 반도체는 양질의 반도체 박막을 얻기 위하여 최초 성장 기관 상에 헤테로 에피택셜하게 성장시켜 제조되는데, 이러한 최초 성장 기관으로서 사파이어, 실리콘, 실리콘 탄소(SiC) 등이 이용되고 있다.

[0004] 최초 성장기관으로 이용되는 것들 중에서, 사파이어 기관을 이루는 물질은 그룹 3-5족 질화물계 반도체와 격자상수(lattice constant) 및 열팽창계수가 상당한 차이를 보이게 되어, 양호한 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 구

상된 다층발광구조체 박막을 적층시키기 어려운 점이 있다. 또한, 사파이어 기판은 열전도도가 좋지 않아 LED소자로부터 발생하는 열을 제거하는 방열 특성이 낮은 단점을 가질 뿐만 아니라, 사파이어 기판이 전기적 절연체이기 때문에 외부로부터 전기가 흐를 수 있는 전극으로 사용될 수 없다.

[0005] 따라서, 상기 사파이어 기판을 상기 다층발광구조체 박막으로 제거하고 상기 사파이어 기판을 대체하여 전극 기능 및 방열 기능이 우수한 금속 지지체가 요구된다. 상기 금속 지지체를 상기 다층발광구조체 박막 상에 형성하기 위하여, 전기 도금 공정이나 웨이퍼 본딩 공정이 알려져 있다. 하지만, 상기 전기 도금 공정은 상기 금속 지지체를 형성하기 위하여 장시간 소요되는 단점이 있으며, 또한 상기 웨이퍼 본딩 공정은 압력 및 온도 조건에 따라 그 특성이 심각하게 변하는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 이와 같은 문제점을 감안한 것으로서, 본 발명의 일 목적은 고속공정을 통하여 우수한 전기전도성 및 열전도성을 갖는 금속 지지층을 형성할 수 있는 수직형 발광 소자의 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 수직형 발광 소자의 제조 방법에 따르면, 단결정 기판 및 반도체 적층체를 갖는 반도체 발광 구조물을 형성하고, 상기 반도체 발광 구조물 상에 에어로졸 증착 공정을 통하여 상기 반도체 적층체를 지지하도록 금속 지지층을 형성한다. 상기 단결정 기판을 상기 반도체 적층체로부터 분리한다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 에어로졸 증착 공정 전, 상기 반도체 발광 구조물 상에 버퍼층이 추가적으로 형성될 수 있다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 단결정 기판을 상기 반도체 적층체로부터 분리하기 전, 상기 금속 지지층에 대하여 어닐링하는 어닐링 공정이 추가적으로 수행될 수 있다. 여기서, 상기 어닐링 공정은 300 내지 500℃ 온도에서 수행될 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 단결정 기판을 상기 반도체 적층체로부터 분리하기 위하여 레이저 리프트 오프 공정이 수행될 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 에어로졸 증착 공정은 상기 반도체 적층체에 대하여 스캐닝 방식으로 수행될 수 있다.

발명의 효과

[0012] 상술한 금속 지지층(후막)이 에어로졸 증착 공정을 통하여 형성됨으로써 고속 증착이 가능하며, 상기 에어로졸 증착 공정의 공정 조건이 변경됨에 따라 상기 금속 지지층의 두께 및 밀도 조절이 용이하다. 나아가, 상기 에어로졸 증착 공정을 통하여 상기 금속 지지층을 형성할 경우, 반도체 적층체에 대한 손상이 억제될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수직형 발광 소자의 제조 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 2 내지 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 수직형 발광 소자의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도들이다.

도 5 및 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 수직형 발광 소자의 제조 방법에 의하여 제조된 수직형 발광 소자에 대한 주사 전자 현미경 사진이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 수직형 발광 소자의 제조 방법에 의하여 제조된 수직형 발광 소자에 대한 주사 전자 현미경 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 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 포

합되는 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.

[0015] 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.

[0016] 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.

[0017] 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.

[0018] 수직형 발광 소자의 제조 방법

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수직형 발광 소자의 제조 방법을 설명하기 위한 순서도이다. 도 2 내지 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 수직형 발광 소자의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도들이다.

[0020] 도 1 및 도 2를 참조하면, 먼저 단결정 기관(10) 및 반도체 적층체(110)를 갖는 반도체 발광 구조물을 형성한다(S110). 상기 단결정 기관(10)은 예를 들면, 사파이어 기관, 실리콘 기관 및 실리콘 탄소 기관을 포함할 수 있다. 상기 반도체 적층체(110)는 상기 단결정 기관(10)을 성장 기관으로 이용하여 헤테로 에피텍셜 공정을 통하여 형성될 수 있다. 상기 반도체 적층체(110)는 3-5족 질화물계 반도체 박막들이 순차적으로 적층되면서 형성될 수 있다. 상기 반도체 적층체(110)는 MOCVD 장비 또는 MBE 장비를 이용하여 형성될 수 있다. 여기서 상기 반도체 박막들의 예로는 저온 및 고온 버퍼층, n형 반도체 클래드층, 발광 활성층, p형 반도체 클래드층을 들 수 있다.

[0021] 일 예로, 그룹 3-5족 질화물계 반도체 박막들은 투명한 단결정 기관(10)의 상부에 MOCVD(metal organic chemical vapor deposition) 공정, 액상 에피텍셜(liquid phase epitaxial) 공정, 수소 액상 성장(hydride vapor phase epitaxy) 공정, 분자빔 에피텍셜(Molecular beam epitaxial) 공정, MOVPE(metal organic vapor phase epitaxy) 공정을 통하여 적층 형성할 수 있다. 상기 적층 공정들은 단결정 기관(10)의 상부에 600℃ 이하의 온도에서 직접적으로 적층 성장한 저온 버퍼층(low-temperature buffering layer)을 비롯한 실리콘(Si)이 도핑된 그룹 3-5족 질화물계 반도체로 이루어진 고온 버퍼층(high-temperature buffering layer), 실리콘(Si)이 도핑된 n형 반도체 클래드층(Si-doped semiconductor cladding layer), 반도체 발광 활성층(semiconductor light-emitting active layer), 마그네슘(Mg)이 도핑된 p형 반도체 클래드층(Mg-doped semiconductor cladding layer)이 순차적으로 적층 형성될 수 있다.

[0022] 도 1 및 도 3을 참조하면, 상기 반도체 적층체(110) 상에 에어로졸 증착(aerosol deposition) 공정을 통하여 상기 반도체 적층체(110)를 지지하도록 금속 지지층(130)을 형성한다(S130).

[0023] 상기 금속 지지층(130)은 Au, Cu, Ni, Ag, Mo, Al, Nb, W, Ti, Cr, Ta, Al, Pd, Pt, Si 중 적어도 하나의 성분을 포함하는 금속, 합금 또는 고용체로 이루어질 수 있다.

[0024] 상기 에어로졸 증착 공정은 에어로졸 챔버 및 증착 챔버를 구비한 에어로졸 증착 장비를 이용하여 수행될 수 있다. 상기 에어로졸 챔버에는 상기 금속 지지층(130)을 이루는 금속 분말이 저장된다. 또한 상기 에어로졸 챔버에서 저장된 금속 분말 및 상기 금속 분말을 수송하는 수송 가스가 혼합된 혼합물이 상기 증착 챔버로 이동하면서 상기 반도체 적층체(110)의 표면에 충돌하면서 금속 지지층(130)이 형성된다.

[0025] 상기 금속 분말의 평균 입경은 50 내지 300nm일 수 있다. 상기 분말의 입경이 50nm 미만일 경우 치밀한 조직을 갖는 금속 지지층을 얻기 어려운 문제점이 있고, 300nm를 초과할 경우 막형성 속도가 느려지고 막의 균일도가

저하되는 문제점이 있다.

- [0026] 또한, 상기 증착 챔버의 내부 압력은 0.35 내지 5.6 Torr로 유지될 수 있다. 상기 수송 가스는 공기가 이용될 수 있다. 이로써 상기 금속 분말이 100 내지 500m/s의 속도로 가속되어 상기 반도체 적층체에 충돌함으로써 상기 금속 지지층이 형성될 수 있다.
- [0027] 상기 금속 지지층(130)의 두께는 1 ~ 120 μm 인 것이 바람직하다. 만일 상기 금속 지지층(130)의 두께가 1 μm 미만인 경우에는 전기전도도 및 열전도성 특성이 충분하지 못하여 전극 및 방열층으로의 역할을 수행하는 데 문제가 있고, 120 μm 를 초과하는 경우에는 열팽창 계수 차이가 커짐에 따라 반도체 적층체(110) 및 금속 지지층(130) 사이의 접합성이 저하되어 상기 금속 지지층(130)이 상기 반도체 적층체(110)로부터 쉽게 이형되는 문제가 있다.
- [0028] 상기 에어로졸 증착 공정은 상기 금속 분말 및 상기 수송 가스의 혼합물을 분사하는 분사 노즐을 이용하여 상기 반도체 적층체(110) 상에 스캐닝 방식으로 수행될 수 있다. 즉, 상기 반도체 적층체(110)는 제1 방향으로 수평 이동한다. 이때, 상기 분사 노즐은 상기 제1 방향에 대하여 수직인 제2 방향으로 수평 왕복 운동한다. 이로써 상기 에어로졸 증착 공정이 스캐닝 방식으로 수행됨으로써, 상기 금속 지지층(130)이 복수의 패턴행들(pattern lines)로 이루어져 상기 반도체 적층체(110) 상에 형성될 수 있다. 따라서, 상기 단결정 기판을 제거하는 레이저 리프트 오프 공정이 수행될 경우, 상기 금속 지지층(130)의 패턴행들마다 응력이 발생하여 전체적으로 부분 응력(partial stress)이 작용함으로써 상기 금속 지지층(110) 상에 형성된 마이크로 크랙 발생이 억제될 수 있다.
- [0029] 한편, 상기 에어로졸 증착 공정 대신에 VPE(HYDRIDE VAPOR PHASE EPITAXY)법, TAPE CASTING법, INK-JET PRINTING법, SCREEN PRINTING법, OFF-SET PRINTING법과 같은 고속 증착 공정이 이용될 수도 있다.
- [0030] 도 1 및 도 4를 참조하면, 상기 단결정 기판(10)을 상기 반도체 발광 구조물로부터 분리 공정을 통하여 분리시킨다(S150). 상기 분리 공정의 예로는 레이저 리프트 오프 공정을 들 수 있다.
- [0031] 상기 레이저 리프트 오프 공정에 따르면, 강한 에너지원인 레이저 빔을 단결정 기판의 후면을 통해 조사한다. 이로써, 그룹 3-5족 질화물계 반도체 단결정으로 이루어진 반도체 적층체(110) 및 단결정 기판(10) 사이의 계면에서 강하게 레이저 흡수가 일어나고, 이로 인해서 계면에 존재하는 질화갈륨(GaN)의 열화학 분해 반응에 의해서 단결정 기판(10)이 분리될 수 있다.
- [0032] 후속하여, 단결정 기판(10)을 분리한 후, 공기에 노출되는 반도체 적층체(110)의 표면을 H₂SO₄, HCl, KOH, BOE 중 적어도 하나의 표면 처리액을 이용하여 30℃ 내지 200℃ 온도에서 표면 처리하는 공정이 추가적으로 수행될 수 있다.
- [0033] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 금속 지지층(130)의 전기전도도 특성을 향상시키기 위하여 상기 금속 지지층(130)을 어닐링하는 어닐링 공정이 추가적으로 수행될 수 있다(S140). 상기 어닐링 공정을 통하여 상기 금속 지지층(130)의 표면 거칠기가 조절될 수 있다. 상기 어닐링 공정은, 예를 들면 250~750 ℃의 온도에서 수행될 수 있다. 특히, 상기 어닐링 공정은 400 ℃의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0034] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 금속 지지층(130)을 형성하기 전, 상기 반도체 적층체(110) 상에 버퍼층(120)을 형성한다(S120). 상기 버퍼층(120)은 후속하여 형성되는 금속 지지층(130)과의 우수한 접착성을 갖는 물질로 이루어질 수 있다. 이로써 상기 금속 지지층(130)이 보다 높은 접착력으로 상기 반도체 적층체(110) 상에 형성될 수 있다.
- [0035] **수직형 발광 소자에 대한 평가**
- [0036] 에어로졸 챔버 및 증착 챔버로 구성된 에어로졸 증착 장비가 이용되었다. 50g의 초기 미세 분말을 10 l/min의 유량으로 상기 증착 챔버 내부로 공급하였으며, 이때 증착 챔버의 압력은 약 4Torr로 유지되었다. 분사 노즐의 구경은 350 μm ²이며, 분사 이격 거리는 5mm로 조절되었다. 이송 가스는 공기가 이용되었다. 공정시간은 320초 동안 수행되었다. 그 결과 1.41 μm 의 두께를 갖는 금속 지지층이 형성됨을 확인할 수 있다.
- [0037] 도 5 및 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 수직형 발광 소자의 제조 방법에 의하여 제조된 수직형 발광 소자에 대한 주사 전자 현미경 사진이다.
- [0038] 도 5 및 도 6을 참조하면, 상기 금속 지지층의 제1 위치 및 제2 위치에서 상기 금속 지지층 및 반도체 적층체

(ITO 박막)사이의 계면에서 상기 에어로졸 증착 공정 중 상기 반도체 적층체에 대한 손상이 없음을 확인할 수 있다.

[0039] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 수직형 발광 소자의 제조 방법에 의하여 제조된 수직형 발광 소자에 대한 주사 전자 현미경 사진이다.

[0040] 도 7을 참조하면, 상기 금속 지지층을 형성하는 에어로졸 증착 공정에 관한 공정 조건을 변화시킴에 따라 상기 금속 지지층의 밀도를 변화시킬 수 있다. 이로써 상기 금속 지지층의 조밀성이 개선될 수 있음을 확인할 수 있다.

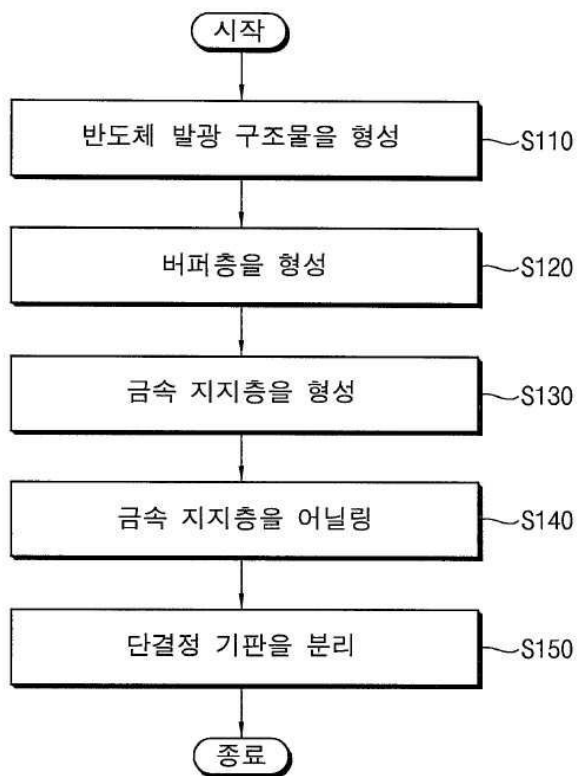
산업상 이용가능성

[0041] 본 발명의 실시예들에 따른 수직형 발광소자의 제조 방법은 수직형 발광 소자에 해당할 수 있는 발광 다이오드 소자, 레이저 다이오드 소자 등에 적용될 수 있다.

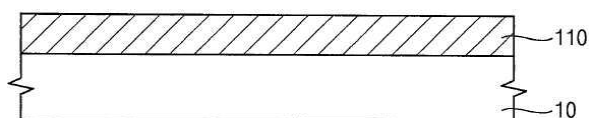
[0042] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

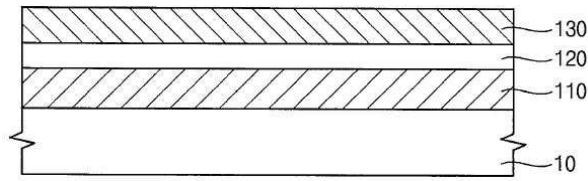
도면1



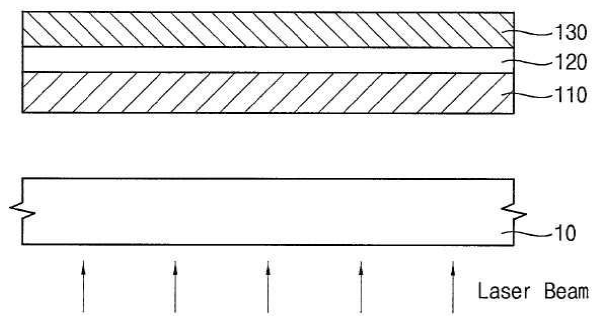
도면2



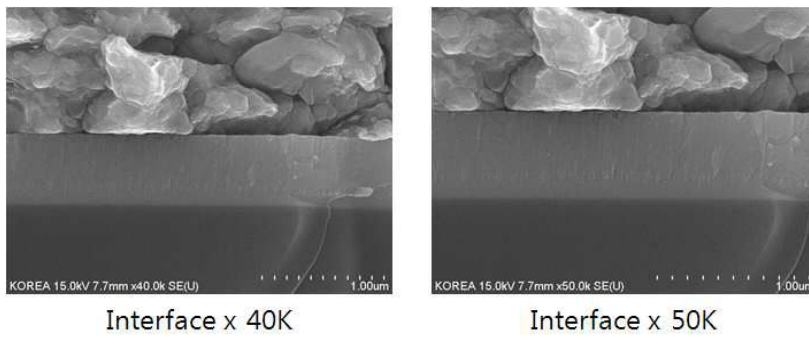
도면3



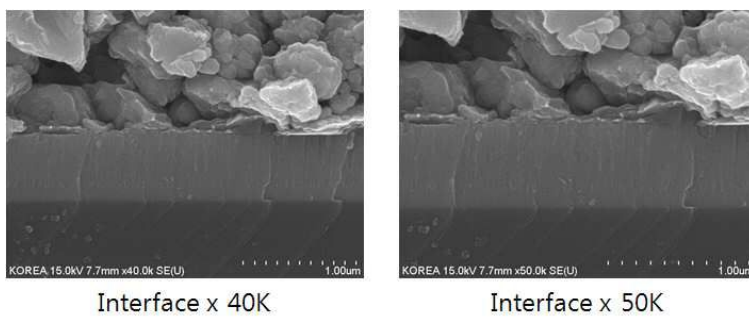
도면4



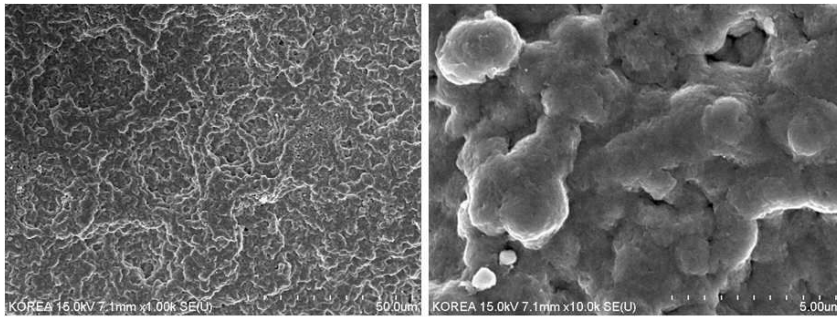
도면5



도면6



도면7



Surface x 1K

Surface x 10K