



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0134640
(43) 공개일자 2011년12월15일

(51) Int. Cl.

H01L 33/20 (2010.01)

(21) 출원번호 10-2010-0054325

(22) 출원일자 2010년06월09일

심사청구일자 2010년06월09일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

이현

서울특별시 서초구 방배동 808-4 그랑씨엘방배-302

변경재

서울특별시 노원구 월계2동 롯데캐슬루나 아파트 103-901

양기연

서울특별시 동작구 사당2동 극동 아파트 102-1003

(74) 대리인

김한

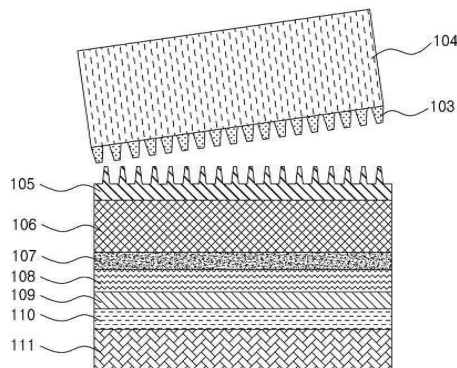
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발광 다이오드 소자 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 발광 다이오드 소자의 광추출 효율을 향상시키기 위한 광산란 패턴을 기판의 일면 또는 화합물 반도체층 일면에 새로운 프린팅 공정을 이용하여 형성된 발광 다이오드 소자와 이러한 발광 다이오드 소자의 제조방법을 제공한다. 본 발명의 일측면에 따르면, 일면에 제1 요철 패턴을 가진 스탬프의 상기 일면 상에 전사층을 도포하는 단계; 상기 전사층이 직접 접촉되도록 상기 스탬프를 기판에 배치시키는 단계; 상기 전사층이 상기 기판에 부착된 상태에서 상기 스탬프를 상기 전사층으로부터 분리시키는 단계; 및 상기 전사층 상부에 하지층, 제1 타입 화합물 반도체층, 활성층 및 상기 제1 타입에 반대의 극성을 가지는 제2 타입 화합물 반도체층을 적층하는 단계를 포함하는 발광 다이오드 소자의 제조방법이 제공된다.

대표도 - 도8



특허청구의 범위

청구항 1

일면에 제1 요철 패턴을 가진 스탬프의 상기 일면 상에 전사층을 도포하는 단계;

상기 전사층이 직접 접촉되도록 상기 스탬프를 기판에 배치시키는 단계;

상기 전사층이 상기 기판에 부착된 상태에서 상기 스탬프를 상기 전사층으로부터 분리시키는 단계; 및

상기 전사층 상부에 하지층, 제1 타입 화합물 반도체층, 활성층 및 상기 제1 타입에 반대의 극성을 가지는 제2 타입 화합물 반도체층을 적층하는 단계;

를 포함하는, 발광 다이오드 소자의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제2 타입 화합물 반도체층 상에 제2 타입 전극을 형성하는 단계;

상기 전사층 및 상기 기판을 상기 하지층으로부터 분리하는 단계;

상기 하지층에 형성된 패턴을 식각 마스크로 사용하여 식각함으로써 상기 제1 타입 화합물 반도체층 상에 제2 요철 패턴을 형성하는 단계; 및

상기 제1 타입 화합물 반도체층 상에 제1 타입 전극을 형성하는 단계;

를 더 포함하는, 발광 다이오드 소자의 제조방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 전사층은 SOG(spin on glass)를 포함하는, 발광 다이오드 소자의 제조방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 SOG는 HSQ(hydrogen silsesquioxane)를 포함하는, 발광 다이오드 소자의 제조방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 스탬프를 상기 전사층으로부터 분리시키는 단계 이전에 진공 챔버 내에서 상기 스탬프에 압력을 가하는 단계를 더 포함하는, 발광 다이오드 소자의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 압력은 1 내지 10 기압 범위인, 발광 다이오드 소자의 제조방법.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 스탬프를 상기 전사층으로부터 분리시키는 단계 이후에 상기 전사층을 어닐링 하는 단계를 더 포함하는, 발광 다이오드 소자의 제조방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 어닐링 하는 단계 전에 UV-오존 또는 산소 플라즈마를 이용하여 상기 전사층의 표면처리를 수행하는 단계를 더 포함하는, 발광 다이오드 소자의 제조방법.

청구항 9

제7항에 있어,

상기 어닐링 하는 단계 후에 상기 전사층의 잔존 부분을 식각하는 단계를 더 포함하는, 발광 다이오드 소자의 제조방법.

청구항 10

제2항에 있어서,

상기 전사층 및 상기 기판을 상기 하지층으로부터 분리하는 단계는 레이저 리프트-오프 또는 화학적 리프트-오프 공정을 이용하여 수행하는, 발광 다이오드 소자의 제조방법.

청구항 11

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 스탬프의 제조방법은,

템플레이트 판의 일면에 사진식각공정을 이용하여 요철 형태의 마스터 패턴을 형성하는 단계;

상기 마스터 패턴 상으로 액상의 스탬프 구성 물질을 부어 몰딩한 후 응고시키는 단계; 및

상기 응고된 스탬프 구성물질을 상기 마스터 패턴으로부터 분리시키는 단계;

를 포함하는, 발광 다이오드 소자의 제조방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 마스터 패턴은 가로 세로비가 1:1 내지 1:3 범위에 있고, 피치가 수 서브마이크론 내지 수 마이크로미터 범위의 테이퍼진 요철로서 이루어진 패턴을 포함하는, 발광 다이오드 소자의 제조방법.

청구항 13

제2항에 있어서,

상기 제2 타입 전극 상에 방열층 및 지지층을 적층하는 단계를 더 포함하는, 발광 다이오드 소자의 제조방법.

청구항 14

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 스탬프를 기판에 배치시키는 단계 전에 UV-오존처리, 피라나 처리 및 산소 플라즈마 처리 중 어느 하나 이상으로 상기 기판의 표면 처리를 수행하는, 발광 다이오드 소자의 제조방법.

청구항 15

기판;

상기 기판의 일면 상에 형성된 광산란 패턴; 및

상기 광산란 패턴 상에 순차 적층된 하지층, 제1 타입 화합물 반도체층, 활성층 및 상기 제1 타입과 반대되는 극성의 제2 타입 화합물 반도체층을 포함하고,

상기 광산란 패턴은 일면에 요철 패턴을 가지는 SOG층을 포함하는, 발광 다이오드 소자.

청구항 16

제1 타입 화합물 반도체층과 상기 제1 타입과 반대되는 극성의 제2 타입 화합물 반도체층;

상기 제1 타입 화합물 반도체층과 상기 제2 타입 화합물 반도체층 사이에 형성된 활성층;상기 제1 타입 화합물 반도체층과 접촉하는 제1 타입 전극; 및

상기 제2 타입 화합물 반도체층과 접촉하는 제2 타입 전극을 포함하고,

상기 제1 타입 화합물 반도체층의 상기 제1 타입 전극과 접촉하는 일면에는 요철 패턴이 형성된, 발광 다이오드 소자.

명세서

기술 분야

- [0001] 본 발명은 발광 다이오드 소자(Light emitting diode device, LED) 및 이를 제조하기 위한 방법에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로 발광 다이오드 소자를 형성하기 위해 제공되는 기판 또는 화합물 반도체층의 일면에 효율적인 광산란을 위한 광산란 패턴이 형성된 발광 다이오드 소자와 이러한 광산란 패턴을 발광 다이오드 소자에 구현하기 위한 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 발광 다이오드 소자는 전기 에너지를 빛 에너지로 바꿔주는 발광 반도체로서 화합물 반도체의 p-n 접합을 이용하는 반도체 조명 소자이다. 화합물 반도체(GaAs, GaP, GaN 등)의 p-n 접합 다이오드에 순방향의 전압을 가하면 전자-홀 간의 재결합에 의해 밴드갭에 해당하는 에너지가 빛으로 방출되게 된다. 따라서 화합물 반도체의 밴드갭 에너지에 따라 빛의 파장이 결정되며 녹색, 적색, 청색 등의 발광 다이오드 소자가 결정된다.
- [0003] 발광 다이오드 소자는 기존의 조명 장치에 비해서 에너지 변환 효율이 높아 전력소모가 매우 적고 수명이 10만 시간 이상으로서 반영구적이며 수은과 같은 유해물질이 필요하지 않은 장점을 가지고 있다. 따라서 액정 디스플레이의 백라이트, 자동차 전조등, 교통 신호등, 실내 인테리어, 모바일 장치 등 다양한 분야의 광원으로 사용되고 있으며 향후 일반 조명으로 확대될 경우 시장 규모는 막대할 것으로 예상된다.
- [0004] 현재 발광 다이오드 소자는 다양한 분야로 적용되고 있지만 아직까지 낮은 광추출 효율로 인하여 광출력이 낮고 열로 방출되는 비율이 높은 문제가 있다. 발광 다이오드 소자의 활성층으로부터 생성된 대부분의 광자는 소자 외부로 진행하지 못하고 소자 내부로 계속 전반사되어 결국 열로 방출된다. 따라서 고효율 발광 다이오드 소자 제작이 매우 어려운 실정이며 현재까지는 낮은 전류 주입 하에서 작동되는 분야에 적용되고 있다.
- [0005] 최근, 기존 발광 다이오드 소자에 비하여 열방출이 용이하고 칩의 대형화가 유리한 수직형 발광 다이오드 소자가 활발히 연구되고 있으며 일반 조명 분야에 주로 사용될 것으로 예상되고 있다. 수직형 발광 다이오드 소자는 높은 전류 주입 하에도 발광 효율이 크게 떨어지지 않아 고효율 발광 다이오드 소자 용도로 사용될 전망이다. 하지만 수직형 발광 다이오드 소자 역시 전반사로 인하여 광추출 효율이 매우 낮은 문제점이 있으며 이를 해결하기 위한 기술 개발이 필요한 상황이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 발광 다이오드 소자의 광추출 효율을 향상시키기 위한 광산란 패턴을 기판의 일면 또는 화합물 반도체층 일면에 새로운 프린팅 공정을 이용하여 형성된 발광 다이오드 소자와 이러한 발광 다이오드 소자의 제조방법을 제공한다.
- [0007] 이러한 본 발명의 과제는 이상에서 언급한 것으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명의 일측면에 따르면, 일면에 제1 요철 패턴을 가진 스탬프의 상기 일면 상에 전사층을 도포하는 단계; 상기 전사층이 직접 접촉되도록 상기 스탬프를 기판에 배치시키는 단계; 상기 전사층이 상기 기판에 부착된 상태에서 상기 스탬프를 상기 전사층으로부터 분리시키는 단계; 및 상기 전사층 상부에 하지층, 제1 타입 화합물

반도체층, 활성층 및 상기 제1 타입에 반대의 극성을 가지는 제2 타입 화합물 반도체층을 적층하는 단계를 포함하는 발광 다이오드 소자의 제조방법이 제공된다.

- [0009] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 특징에 의하면, 상기 제2 타입 화합물 반도체층 상에 제2 타입 전극을 형성하는 단계; 상기 전사층 및 상기 기판을 상기 하지층으로부터 분리하는 단계; 상기 하지층에 형성된 패턴을 식각 마스크로 사용하여 식각함으로써 상기 제1 타입 화합물 반도체층 상에 제2 요철 패턴을 형성하는 단계; 및 상기 제1 타입 화합물 반도체층 상에 제1 타입 전극을 형성하는 단계를 더 포함하는 발광 다이오드 소자의 제조방법이 제공될 수 있다.
- [0010] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 다른 특징에 의하면, 상기 전사층은 SOG(spin on glass)를 포함할 수 있다.
- [0011] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 또 다른 특징에 의하면, 상기 SOG는 HSQ(hydrogen silsesquioxane)를 포함할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 다른 특징에 의하면, 상기 스탬프를 상기 전사층으로부터 분리시키는 단계 이전에 진공 챔버 내에서 상기 스탬프에 압력을 가하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 또 다른 특징에 의하면, 상기 압력은 1 내지 10 기압 범위일 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 또 다른 특징에 의하면, 상기 스탬프를 상기 전사층으로부터 분리시키는 단계 이후에 상기 전사층을 어닐링 하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 또 다른 특징에 의하면, 상기 어닐링 하는 단계 전에 UV-오존 또는 산소 플라즈마를 이용하여 상기 전사층의 표면 처리를 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 또 다른 특징에 의하면, 상기 어닐링 하는 단계 후에 상기 전사층의 잔존 부분을 식각하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 또 다른 특징에 의하면, 상기 전사층 및 상기 기판을 상기 하지층으로부터 분리하는 단계는 레이저 리프트-오프 또는 화학적 리프트-오프 공정을 이용하여 수행할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 또 다른 특징에 의하면, 상기 스탬프의 제조방법은 템플레이트 판의 일면에 사진식각 공정을 이용하여 요철 형태의 마스터 패턴을 형성하는 단계; 상기 마스터 패턴 상으로 액상의 스탬프 구성 물질을 부어 몰딩한 후 응고시키는 단계; 및 상기 응고된 스탬프 구성 물질을 상기 마스터 패턴으로부터 분리시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 또 다른 특징에 의하면, 상기 스탬프 구성물질은 실리콘계 유기 중합체를 포함할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 또 다른 특징에 의하면, 상기 실리콘계 유기 중합체는 PDMS(polydimethylsiloxane)를 포함할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 또 다른 특징에 의하면, 상기 템플레이트 판은 실리콘 웨이퍼, 석영 웨이퍼 및 전기도금법에 의해 제조된 니켈 부재 중 어느 하나는 포함할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 또 다른 특징에 의하면, 상기 마스터 패턴은 가로 세로비가 1:1 내지 1:3 범위에 있고 피치가 수 서브마이크론(sub-micron) 내지 수 마이크론(micron)의 범위에 있는 테이퍼진 요철로서 이루어진 패턴을 포함할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 또 다른 특징에 의하면, 상기 제2 타입 전극 상에 방열층 및 지지층을 적층하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 또 다른 특징에 의하면, 상기 하지층은 도핑이 되지 않은 GaN를 포함할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 또 다른 특징에 의하면, 상기 제1 타입 화합물 반도체층 및 제2 타입 화합물 반도체층은 각각 n 타입 GaN 및 p 타입 GaN를 포함할 수 있다.

- [0026] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 또 다른 특징에 의하면, 상기 기판은 사파이어를 포함할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일측면을 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법의 또 다른 특징에 의하면, 상기 스탬프를 기판에 배치시키는 단계 전에 UV-오존처리, 피라나 처리 및 산소 플라즈마 처리 중 어느 하나 이상으로 상기 기판의 표면 처리를 수행할 수 있다.
- [0028] 본 발명의 다른 일측면에 따르면, 기판; 상기 기판의 일면상에 형성된 광산란 패턴; 및 상기 광산란 패턴 상에 순차 적층된 하지층, 제1 타입 화합물 반도체층, 활성층 및 상기 제1 타입과 반대되는 극성의 제2 타입 화합물 반도체층을 포함하고, 상기 광산란 패턴은 일면에 요철 패턴을 가지는 SOG층을 포함하는 발광 다이오드 소자가 제공될 수 있다.
- [0029] 본 발명의 또 다른 일측면에 따르면, 제1 타입 화합물 반도체층과 상기 제1 타입과 반대되는 극성의 제2 타입 화합물 반도체층; 상기 제1 타입 화합물 반도체층과 상기 제2 타입 화합물 반도체층 사이에 형성된 활성층; 상기 제1 타입 화합물 반도체층과 접촉하는 제1 타입 전극; 및 상기 제2 타입 화합물 반도체층과 접촉하는 제2 타입 전극을 포함하고, 상기 제1 타입 화합물 반도체층의 상기 제1 타입 전극과 접촉하는 일면에는 요철 패턴이 형성된 발광 다이오드 소자가 제공될 수 있다.

발명의 효과

- [0030] 본 발명에 따른 경제적인 프린팅 공정으로 기존의 발광 다이오드 소자보다 광추출 효과가 우수한 광산란 패턴을 가진 발광 다이오드 소자의 제작 가능하다. 본 발명에 따른 광산란 패턴을 발광 다이오드 소자에 적용할 경우, 종래의 발광 다이오드 소자에 비해 높은 굴절률을 가짐으로써 광을 난반사시키는 효과가 우수하여 발광 다이오드 소자의 광추출 향상 효과가 크다.
- [0031] 또한, 본 발명에 의하면, 부가적인 패턴링 공정 없이 마스터 템플레이트 상에 형성되는 마스터 패턴의 설계를 변경함에 따라 나노 스케일을 가지는 다양한 형태의 광산란 패턴을 용이하게 형성할 수 있다. 이렇게 다양한 형태로 변경할 수 있는 광산란 패턴에 의해 발광 다이오드 소자의 내부 전반사를 감소시켜서 광추출 효율을 크게 향상시킬 수 있으며, 이에 따라 발광 다이오드 소자의 발광 출력 능력을 현저하게 증가하게 된다.
- [0032] 본 발명의 효과는 이상에서 언급한 것으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1 내지 도 10은 본 발명의 일 실시예를 따르는 발광 다이오드 소자의 제조방법을 단계별로 도시한 것이다. 도 11 내지 도 13에는 도 1에 도시된 일면에 요철 패턴이 형성된 스탬프의 형성방법을 단계별로 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하면 다음과 같다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있는 것으로, 이하의 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 또한 설명의 편의를 위하여 도면에서는 구성 요소들이 그 크기가 과장 또는 축소될 수 있다.
- [0035] 도 1 내지 도 10에는 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드 소자의 제조방법이 단계별로 도시되어 있으며, 도 11 내지 도 13에는 도 1에 도시된 일면에 요철 패턴(101)이 형성된 스탬프(102)를 형성하는 방법이 단계별로 도시되어 있다.
- [0036] 도 1을 참조하면, 일면에 제1 요철 패턴(101)이 형성된 스탬프(102)가 제공된다. 이때 제1 요철 패턴(101)은 후술하는 전사층(103)에 역상의 요철 패턴을 전사하게 되며, 이러한 전사층(103)은 그 형상 그대로 혹은 역상으로 본 발명의 일 실시예에 따르는 발광 다이오드 소자의 광산란 패턴을 형성하는데 이용된다. 따라서 광산란 패턴의 요철 형상이나 요철의 피치(pitch) 등과 같은 패턴 형태는 제1 요철 패턴(101)의 패턴 형태에 의해 결정되게 된다.
- [0037] 도 11 내지 도 13을 참조하여 제1 요철 패턴(101)을 가지는 스탬프(102)를 형성하는 방법의 일 실시예를 설명한다. 도 11의 (a) 내지 도 11의 (d)에 도시된 바와 같이, 스탬프(102)를 형성하기 위한 템플레이트 판(201)이

제공되며, 이 템플레이트 판(201) 상에 사진식각 공정을 이용하여 그 일면에 요철 형태의 마스터 패턴(202)을 형성한다. 여기서 사진식각 공정이란 임의의 기관에 감광막을 도포하고 이를 노광 및 현상하여 일정한 패턴 형태를 형성한 후 이를 마스크로 상기 기관을 식각함으로써 상기 기관의 일면에 일정한 형상의 구조물을 형성하는 일련의 공정으로서, 당업자에게 널리 공지된 미세 패턴 형성 방법을 통칭한다. 이때 감광막의 노광 공정은 광원으로 빛 또는 전자빔을 이용하여 수행할 수 있으며, 식각 공정은 전형적으로 RIE(reactive ion etching)을 이용할 수 있으나 본 발명이 이들에 한정되는 것은 아니다.

[0038] 이때 마스터 패턴(202)이 형성된 템플레이트 판(201)을 마스터 템플레이트(203)로 명명할 수 있으며, 이러한 마스터 템플레이트(203)는 스탬프(102)를 제조하기 위한 몰드로서 이용될 수 있다.

[0039] 이때 템플레이트 판(201)은 실리콘 웨이퍼, 석영 웨이퍼 및 전기도금법에 의해 제조된 니켈 부재 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0040] 또한 마스터 패턴(202)은 발광 다이오드 소자에 적용하였을 때 광추출 효과가 높은 구조를 고려하여 제작할 수 있다. 따라서 마스터 패턴(202)을 구성하는 요철의 형상 또는 피치가 나노 또는 마이크로 스케일을 가질 수 있으며, 일 예로서 가로 세로비가 1:1 내지 1:3 범위에 있고, 피치가 수 서브마이크론(sub-micron) 내지 수 마이크로(micron)의 범위에 있을 수 있다. 또한 패턴의 높이는 200 nm ~ 1 um 범위에 있을 수 있다.

[0041] 또한 도 11의 (b) 내지 도 11의 (d)와 같이 요철의 형상이 테이퍼진 형태를 가질 수 있다. 테이퍼진 형태의 요철은 감광막 마스크(미도시)와 템플레이트 판(201)과의 식각 선택비를 조절하여 형성할 수 있다. 일 예로서 RIE로 식각하는 경우, 감광막 마스크와 템플레이트 판의 식각 선택비를 1:1~1:3 범위로 유지하면서 감광막 마스크의 마모(erosion)를 조절함으로써 도 11의 (b) 내지 도 11의 (d)와 같은 테이퍼진 요철 형상을 형성할 수 있다. 이러한 테이퍼진 요철을 가진 마스터 패턴(202)으로부터 전사되는 광산란 패턴은 빛의 난반사 효과가 높아 광추출 효과를 향상시키는데 유리하다.

[0042] 다음, 도 12에 도시된 바와 같이, 마스터 패턴(202) 상으로 액상의 스탬프 구성물질(204)을 부어 몰딩한 후 응고시킨다.

[0043] 다음, 응고된 스탬프 구성 물질(204)을 마스터 템플레이트(203)의 마스터 패턴(202)로부터 분리시킴으로써, 도 13에 도시된 바와 같은 제1 요철 패턴(101)을 가지는 스탬프(102)를 제조할 수 있다.

[0044] 이때 스탬프 구성물질(204)은 실리콘계 유기 중합체를 포함할 수 있으며, 일례로서 PDMS(polydimethylsiloxane)를 포함할 수 있다. PDMS는 광학적으로 투명하고 높은 탄성을 가지는 유기 중합체로서, 분자구조상 주쇄인 실로산(Si-O)에 기인하는 무기적 특성으로 인해 일반 유기체 고무에 비해 내열성, 내화학적 및 내마모성이 우수하다.

[0045] 이렇게 제작된 스탬프(202)는 그 일면에 마스터 템플레이트(203)의 마스터 패턴(202)과 역상의 구조를 가지는 제1 요철 패턴(101)을 가지게 된다.

[0046] 도 1에 도시된 바와 같이, 이러한 제1 요철 패턴(101)을 가진 스탬프(102)를 제공하고, 이 스탬프(102)의 제1 요철 패턴(101) 상에 전사층(103)을 도포한다.

[0047] 전사층(103)은 스탬프(102)의 제1 요철 패턴(101)으로부터 전사되는 역상의 패턴 구조를 형성하기 위하여 도포되는 것으로서, 이 경우 스탬프(102)는 전사층(103)을 일정 형상으로 제조하기 위한 몰드로서 기능하게 된다.

[0048] 이때 일 예로서 전사층(103)은 SOG(spin on glass)를 이용하여 형성할 수 있다. SOG는 실리콘 산화물을 주된 성분으로 하는 용액 형태로서 임의의 기관 상에 제공된 후 고상화된 절연체를 말한다. 이때 액상의 SOG 용액은 전형적으로 실리콘 산화물 및 기타 첨가성분이 유기용매에 혼합된 형태를 가진다. 이러한 SOG로는 HSQ(hydrogen silsesquioxane)를 포함할 수 있다.

[0049] 이러한 SOG층은 전형적으로 임의의 기관 상에 스핀 코팅법(spin coating)에 의해 형성된다. 따라서 도 1의 전사층(103)을 SOG로 형성하는 경우, 스핀 코팅법을 이용하여 액상의 SOG 용액을 스탬프(102)의 제1 요철 패턴(101)이 형성된 일면으로 공급함으로써 SOG층을 형성할 수 있다. 이때 SOG층(103)의 두께는 SOG 용액의 농도와 스핀 코팅 장치의 RPM을 조절함으로써 결정할 수 있다. SOG의 농도는 유기 용매를 혼합하여 조절할 수 있으며 3 내지 30% 정도의 농도가 적당하다. 3% 미만의 농도에서는 코팅이 균일하게 이루지기 힘들며, 30% 이상에서는 점도가 너무 높은 문제점이 있다. 스핀 코팅을 위한 RPM은 2,000 내지 6,000 rpm 범위가 적당하다. 코팅 공정 중 대부분의 유기 용매는 증발되거나 스탬프(102)로 투습될 수 있다.

- [0050] 도 1에 도시된 공정이 완료된 후, 도 2에 도시된 바와 같이 전사층(103)이 직접 접촉되도록 스탬프(102)를 기관(104)에 배치시킨다. 이때 기관으로는 사파이어를 포함한다.
- [0051] 이하 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드 소자의 제조방법은 기관(104)을 사파이어로 이용하고, 스탬프(102)를 PDMS로 형성하며 전사층(103)을 SOG로 형성하는 경우에 대해서 설명한다. 다만, 이는 본 발명의 기술적 사상을 구현하기 위한 일 실시예로서 예시되는 것이며, 본 발명이 이러한 구성에 한정되는 것은 아니다.
- [0052] 스탬프(102)를 기관에 배치시키기 전에 사파이어(104) 표면을 처리하여 OH기를 형성함으로써 SOG층(103)과의 접착력을 향상시킬 수 있다. 이때 사파이어 기관(104)의 표면 처리는 UV-오존처리, 피라나(piranha) 처리 및 산소 플라즈마 처리 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0053] 또한 SOG층(103)이 도포된 스탬프(102)를 사파이어 기관(104)의 일면 상에 배치시킨 때 가능한 균일하게 접하도록 하여야 하며, SOG층(103)과 사파이어 기관(104) 사이에 기포 또는 미세 입자와 같은 불순물이 개재되지 않도록 하는 것이 바람직하다.
- [0054] 다음, 도 3에 도시된 바와 같이, SOG층(103)이 사파이어 기관(104)에 부착된 상태에서 스탬프(102)만을 사파이어 기관(104)으로부터 분리시킨다. 이러한 분리 과정을 통해 스탬프(102)의 제1 요철 패턴(101)에 대해 역상의 패턴을 가진 SOG층(104)이 사파이어 기관(104)의 일면에 전사되어 프린팅되게 된다.
- [0055] 이때 스탬프(102)를 사파이어 기관(104)으로부터 분리하기 전에 스탬프(102)와 사파이어 기관(104)이 서로 접해 있는 결합체를 진공 챔버 내에 도입시킨 후 일정 압력을 가하는 단계를 더 수행할 수 있다. 이때 가해지는 압력은 1 내지 10 기압 범위가 바람직하다.
- [0056] 이러한 가압 단계에서는 PDMS로 이루어진 스탬프(102) 내에 흡수된 유기 용매 중 일부가 SOG층(103)과 스탬프(102)의 계면으로 방출되고 방출된 유기 용매에 의하여 SOG층(103)과 스탬프(102)의 분리가 보다 용이하게 된다.
- [0057] 다음, 도 5와 같이 SOG층(103)을 어닐링 처리함으로써 SOG층(103) 내부에 포함된 유기 용매 등을 방출시켜 SOG층(103)을 SiO_2 또는 SiO_x 의 실리콘 산화막으로 경화시키는 단계를 수행한다. 이때 보다 안정적으로 SiO_2 또는 SiO_x 로 경화시키기 위해서는, 진공 또는 공기 분위기 및 300 내지 500° C 온도 범위에서 1시간 이상 어닐링 처리하는 것이 바람직하다.
- [0058] 이때 경우에 따라 도 4와 같이 SOG층(103)의 어닐링 처리 전 단계에서 SOG층(103)의 표면을 UV-오존 또는 산소 플라즈마로 표면 처리 할 수 있다(103b). 이러한 표면 처리에 의해 UV-오존 또는 산소 플라즈마에 노출된 SOG층(103)의 표면 영역이 SiO_2 또는 SiO_x 로 형성되게 되며, 이후 상술한 것과 같은 조건에서 어닐링을 수행하게 된다.
- [0059] 이와 같이 SOG층(103)의 어닐링 처리 전에 표면 처리를 수행함으로써, 어닐링 과정 중에 SOG층(104) 층에 형성된 요철 패턴이 변형되는 것을 방지할 수 있다. 즉, 사전에 표면 처리를 통해 SOG층(103)의 표면 영역을 경한 SiO_2 또는 SiO_x 로 개질시킴으로써 그 표면 영역 하부에 포함된 SOG를 고정시킬 수 있다. 따라서 어닐링 과정 중에 SOG층(103)의 유동이 억제되고 열에 의한 SOG층(103)의 평탄화 현상이 발생되지 않음으로써 요철 패턴이 자신의 형상을 그대로 유지하게 할 수 있게 된다.
- [0060] 경우에 따라, 어닐링이 완료된 SOG층(103)은 도 5에서와 같이 두께 t를 가지는 잔존 부분(103a)이 남아 있을 수 있으며, 따라서 RIE와 같은 식각 공정을 이용하여 잔존 부분(103a)를 식각하여 제거할 수 있다. RIE 공정시 공정 가스로는 SF_6 , CF_4 , CHF_3 , C_2F_6 와 같은 플루오린(fluorine) 계열의 가스를 사용할 수 있다.
- [0061] 이와 같이 잔존 부분(103a)을 제거함으로써 도 6과 같이 SOG층(103)에는 사파이어 기관(104) 상에 복수의 요철이 각각 서로 이격되어 분리된 형태의 요철 패턴이 형성된다.
- [0062] 이러한 형상을 가진 SOG층(103)은 그 자체로 활성층에서 발생한 빛을 산란시키는 광산란 패턴으로 이용되거나 혹은 광산란 패턴을 전사하기 위한 몰드로 이용될 수 있다.
- [0063] 다음, 도 7에 도시된 바와 같이, SOG층(103) 상에 하지층(105), 제1 타입 화합물 반도체층(106), 활성층(107) 및 상기 제1 타입에 반대의 극성을 가지는 제2 타입 화합물 반도체층(108)을 순차적으로 적층한다.
- [0064] 하지층(105)은 일 예로서 도핑이 되지 않은 GaN층 일 수 있다. 제1 타입 화합물 반도체층(106) 및 제2 타입 화

합물 반도체층(108)은 각각 n 타입 GaN층 및 p 타입 GaN층일 수 있다. 활성층(107)은 MQW(multi quantum well) 구조를 가질 수 있다.

- [0065] 도 7은 그 자체로 발광 다이오드 소자가 될 수 있다. 이때 SOG층(103)은 활성층(107)에서 발생된 빛 중 사파이어 기관(104) 방향으로 진행되는 빛을 산란시키거나 난반사시키는 광산란 패턴으로 이용될 수 있다.
- [0066] 종래에는 기관의 일면에 광산란 패턴을 형성하는 텍스처링(texturing) 기술로서 사파이어 기관 자체를 식각하여 광산란 패턴을 형성하였다. 그러나 사파이어를 식각하는 경우에는 사파이어의 굴절률 변화를 이용한 난반사 효과를 기대할 수 없다.
- [0067] 반면, 본 발명에 따르는 경우, 사파이어와 굴절률이 상이한 SOG층에 스탬프의 요철 패턴을 전사시킨 후 이를 그 대로 사파이어 기관에 전사하는 방법을 통해 사파이어 기관의 표면 상에 이중 굴절률을 가진 광산란 패턴을 용이하게 형성할 수 있다. 따라서 종래의 텍스처링 기술에 비해 경제적이면서도 우수한 광추출 특성을 가지는 광산란 패턴을 제조할 수 있다.
- [0068] 또한 본 발명에 따르는 경우에는, 종래의 사파이어 기관을 직접 식각하는 경우의 하지층과 사파이어 기관의 계면에 형성되는 전위(dislocation)에 의한 문제가 발생되지 않는다.
- [0069] 또한 본 발명에 따르는 경우에는, 마스터 템플레이트의 마스터 패턴의 형상을 제어함에 따라 다양한 형상을 가지는 나노 스케일의 광산란 패턴을 용이하게 얻을 수 있으며, 테이퍼진 형태의 요철 구조물도 보다 용이하게 얻을 수 있다.
- [0070] 도 8 내지 도 10에는 도 7의 발광 다이오드 소자를 이용하여 수직형 발광 다이오드를 형성하는 방법이 단계별로 도시되어 있다.
- [0071] 도 8을 참조하면, 제2 타입 화합물 반도체층(108) 예를 들어 p 타입 GaN층 상에 제2 타입 전극 즉 p 타입 전극(109)을 형성하며, 경우에 따라 제2 타입 전극(109) 상에 방열층(110) 및 지지층(111)을 더 적층시킬 수 있다. 다음, SOG층(103)이 형성된 사파이어 기관(104)을 하지층(105)로부터 분리시킨다.
- [0072] 이때 사파이어 기관(104)의 SOG층(103)과 하지층(105)의 계면을 분리시키기 위하여 레이저 리프트 오프(lift-off) 또는 화학적 리프트 오프 공정을 이용할 수 있다.
- [0073] 도 9를 참조하면, 레이저 리프트 오프 공정은 SOG층(103) 및 하지층(105)의 계면에 레이저를 투입하여 하지층(105)인 도핑되지 않은 GaN층의 열분해(thermal decomposition)를 유도하여 SOG층(103)과 하지층(105)을 박리시키는 공정이다.
- [0074] 이러한 분리 공정 후 하지층(105) 표면에 잔존할 수 있는 SiO₂ 또는 SiO_x 잔여물은 BOE 세정을 통해서 깨끗이 제거할 수 있다.
- [0075] 이러한 분리 단계에 의해 하지층(105)에는 제1 요철 패턴(101)에 대해 역상을 가지는 요철 패턴이 형성되며, 이 경우 SOG층(103)은 하지층(105)에 제1 요철 패턴(101)과 역상의 요철 패턴을 전사하기 위한 몰드로서 이용된다.
- [0076] 이러한 하지층(105)에 형성된 요철 패턴을 식각 마스크로 하여 식각을 수행함으로써, 제1 타입 화합물 반도체층(106) 일 예로서 n 타입 GaN층에는 제1 요철 패턴(101)과 역상을 가지는 제2 요철 패턴(112)이 형성된다.
- [0077] 즉, 하지층(105)에 형성된 요철 패턴을 식각 마스크로 이용하는 경우, 이러한 형상이 그 하부의 제1 타입 화합물 반도체층(106)에 전사되어 제2 요철 패턴(112)이 제1 타입 화합물 반도체층(106) 상에 형성되게 되는 것이다.
- [0078] 이러한 제2 요철 패턴(112)은 활성층(107)에서 발생되어 외부로 진행되는 빛의 난반사를 도와 광추출 효율을 증가시키는 광산란 패턴으로 이용할 수 있다.
- [0079] 다음, 이러한 제1 타입 화합물 반도체층(106) 상에 제1 타입 전극 즉 n 타입 전극(113)을 형성함으로써 수직형 발광 다이오드 소자가 제조된다.
- [0080] 종래에는 표면 텍스처링을 위해 발광 다이오드의 n 타입 GaN층의 외부면을 식각하여 형성하였다. n 타입 GaN층의 외부면을 식각하는 경우에는 레이저 리프트 오프 공정 후에 생기는 n타입 GaN층의 표면 거칠기로 인하여 광추출 효율을 높이기 위한 패터닝 기술을 적용하기 어려운 문제점이 있었다.
- [0081] 이에 비하여, 본 발명에 의하면, 기관 상에 형성된 SOG층(103)을 이용하여 용이하게 하지층(105)을 패터닝하고

이를 식각 마스크로 사용하여 제1 타입 화합물 반도체층(106)을 식각함으로써 용이하게 제1 타입 화합물 반도체층(106) 상에 요철 패턴을 형성할 수 있다.

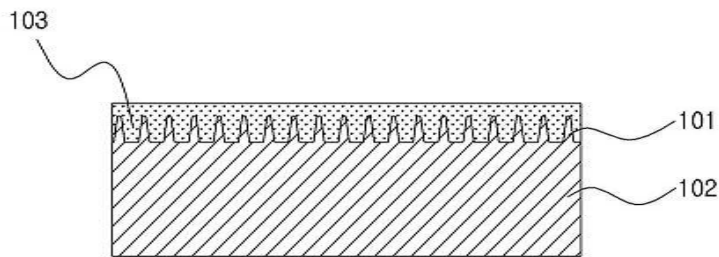
[0082] 발명의 특정 실시예들에 대한 이상의 설명은 예시 및 설명을 목적으로 제공되었다. 따라서 본 발명은 상기 실시예들에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 해당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 상기 실시예들을 조합하여 실시하는 등 여러 가지 많은 수정 및 변경이 가능함은 명백하다.

부호의 설명

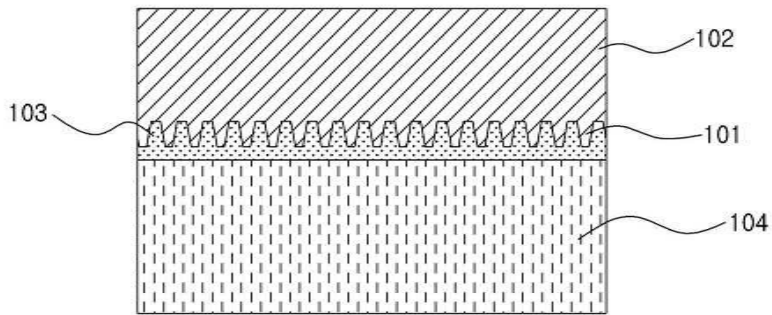
[0083] 101: 제1 요철 패턴
102: 스텝프
103: 전사층
103a: 잔여 부분
104: 기판
105: 하지층
106: 제1 타입 화합물 반도체층
107: 활성층
108: 제2 타입 화합물 반도체층
109: 제2 타입 전극
110: 방열층
111: 지지층

도면

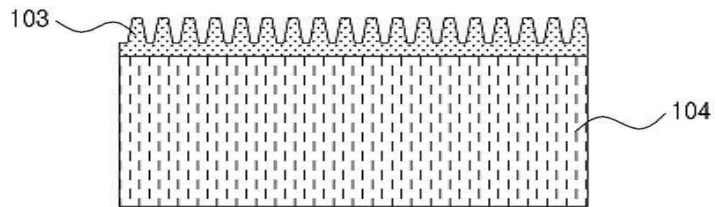
도면1



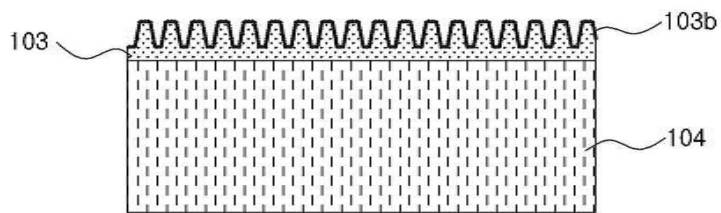
도면2



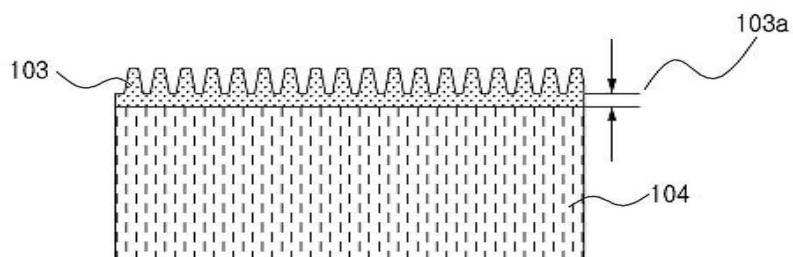
도면3



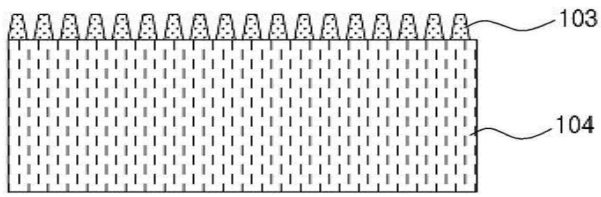
도면4



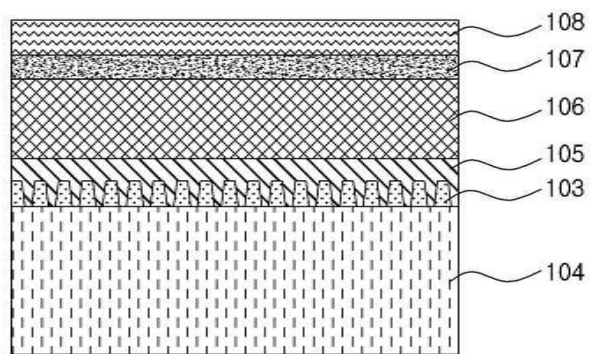
도면5



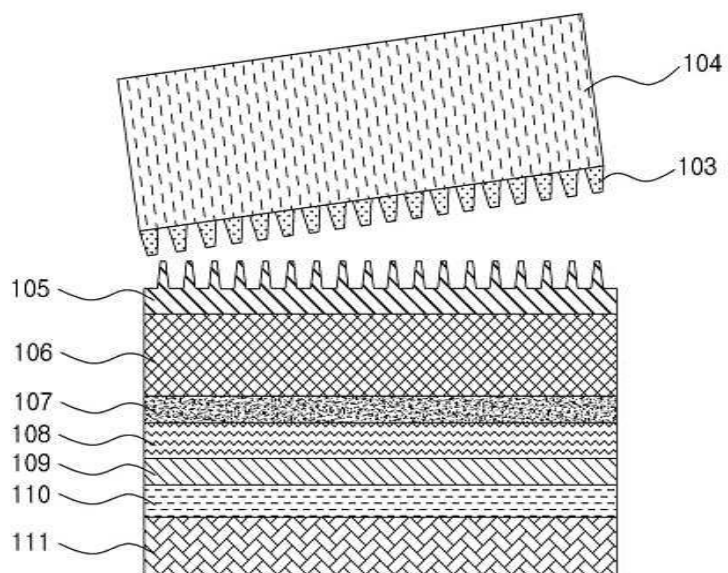
도면6



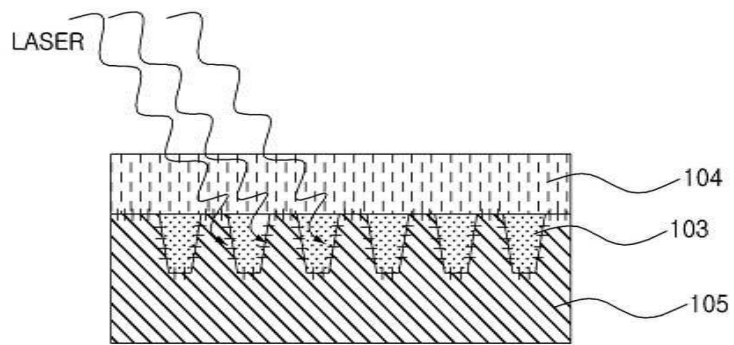
도면7



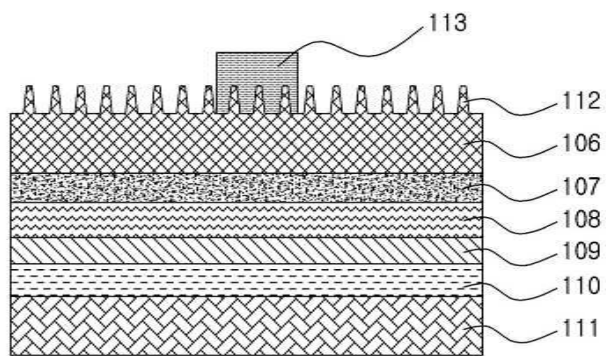
도면8



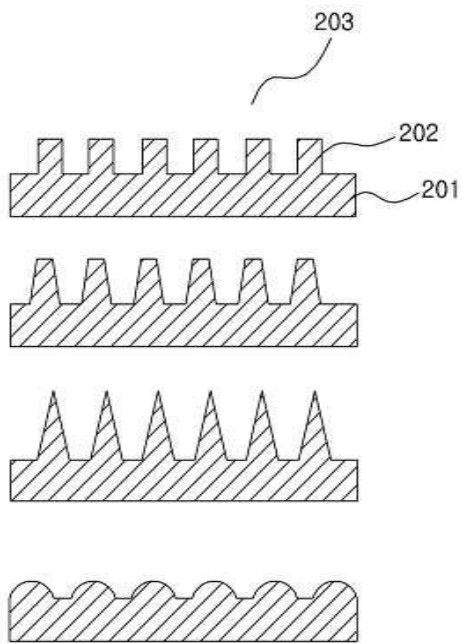
도면9



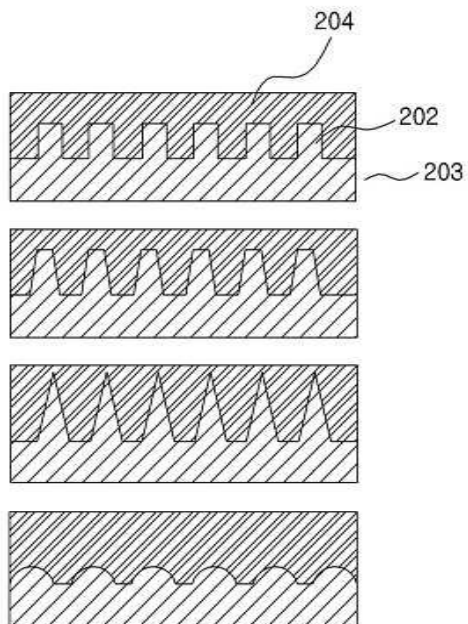
도면10



도면11



도면12



도면13

