(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0067339
(43) 공개일자 2010년06월21일

(51) Int. Cl.
H01L 21/027 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0125861
(22) 출원일자 2008년12월11일
심사청구일자 2008년12월11일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내
(72) 발명자
이헌
서울특별시 서초구 방배동 808-4 (2/5) 그랑씨엘 방배 -302
변경재
서울특별시 노원구 월계동 롯데캐슬루나아파트 103동 901호
홍성훈
서울 동대문구 제기동 벽산아파트 103동 1902호
(74) 대리인
특허법인대아

전체 청구항 수 : 총 15 항

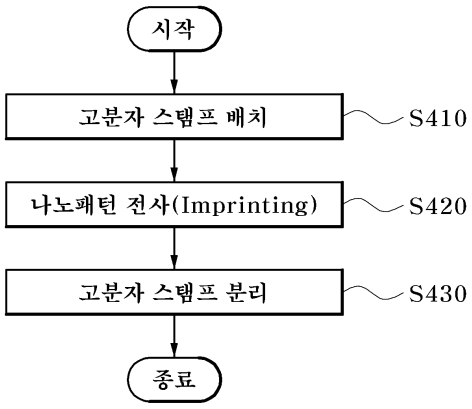
(54) 고분자 스탬프 제조 방법 및 이를 이용한 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법

(57) 요 약

고분자 스탬프 제조 방법 및 이를 이용한 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법에 관하여 개시한다.

본 발명에 따른 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법은 자외선 투과용 쿼츠 윈도우 상에 투명 러버 지지대를 배치하는 단계; 상기 투명 러버 지지대 상에, 표면에 나노패턴이 형성된 고분자 스탬프 및 발광다이오드 기판을 순차적으로 배치하는 단계; 상기 쿼츠 윈도우의 배면에 자외선을 조사하는 상태에서, 압력을 가하여 상기 고분자 스탬프 표면에 형성된 나노패턴을 상기 발광다이오드 기판 표면에 전사하는 단계; 및 자외선 조사를 중단하고, 상기 발광다이오드 기판과 상기 고분자 스탬프를 분리하는 단계를 포함하여 이루어진다. 이때, 상기 고분자 스탬프는 유연한 고분자 재질로서 표면에 SAM(Self Assembled Monolayer) 코팅된 이형용 막이 형성되어 있다.

대 표 도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2008-E-AP-HM-P-09-0000
부처명	지식경제부
연구사업명	학술진흥(에너지기술분야)
연구과제명	나노 패터닝 기술을 이용한 고효율 LED 소자기술
주관기관	고려대학교산학협력단
연구기간	2008년 08월 01 ~ 2011년 07월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

(a)표면에 나노패턴이 형성된 마스터 스탬프를 고분자 시트(Polymer Sheet) 상부에 위치시키는 단계;

(b)핫 엠보싱(Hot-embossing) 방법으로 상기 마스터 스탬프에 형성된 나노패턴을 상기 고분자 시트 표면에 전사하는 단계;

(c)상기 (b)단계를 통하여 나노패턴이 형성된 고분자 시트 표면에 SiO_2를 증착하는 단계; 및

(d)액상 또는 기상 SAM(Self Assembled Monolayer) 코팅을 통하여, 상기 SiO_2 표면에 이형용 막을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 고분자 스탬프 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 고분자 시트는

PVC(Poly-Vinyl Chloride) 재질로 이루어진 것을 특징으로 하는 고분자 스탬프 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 (b)단계는,

(b1)상기 마스터 스탬프와 고분자 시트를 접촉시키고, 상기 고분자 시트의 유리전이온도(Tg)보다 높은 온도로 가열하는 단계;

(b2)압력을 가하여 상기 마스터 스탬프 표면에 형성된 나노패턴을 상기 고분자 시트 표면에 전사하는 단계; 및

(b3)온도를 상기 고분자 시트의 유리전이온도보다 낮은 온도로 낮추고, 상기 마스터 스탬프와 고분자 시트를 분리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 고분자 스탬프 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 (c)단계는

상기 SiO_2를 5~30nm 두께로 증착하는 것을 특징으로 하는 고분자 스탬프 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 (d)단계는

(heptadecafluoro-1,1,2,2-tetra-hydrodecyl)trichlorosilane 및

$Cl_3Si(C_2H_4)C_8F_{17}$ 중 하나의 물질을 SAM 코팅하는 것을 특징으로 하는 고분자 스탬프 제조 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 마스터 스탬프는

SiC, SiO_2, Si_3N_4, Al_2O_3, MgO, Si 및 Ni 중에서 어느 하나의 물질로 된 것을 특징으로 하는 고분자 스탬프 제조 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 마스터 스탬프는

표면에 이형물질이 코팅되어 있는 것을 특징으로 하는 고분자 스탬프 제조 방법.

청구항 8

(a)자외선 투과용 쿼츠 윈도우 상에, 표면에 나노패턴이 형성된 고분자 스탬프 및 발광다이오드(LED) 기판을 순차적으로 배치하는 단계;

(b)상기 쿼츠 윈도우의 배면에 자외선을 조사하는 상태에서, 압력을 가하여 상기 고분자 스탬프 표면에 형성된 나노패턴을 상기 LED 기판 표면에 전사하는 단계; 및

(c)자외선 조사를 중단하고, 상기 LED 기판과 상기 고분자 스탬프를 분리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법.

청구항 9

(a)자외선 투과용 쿼츠 윈도우 상에 지지대로서 투명 러버 지지대(Transparent Rubber Supporter)를 배치하는 단계;

(b)상기 투명 러버 지지대 상에, 표면에 나노패턴이 형성된 고분자 스탬프 및 발광다이오드(LED) 기판을 순차적으로 배치하는 단계;

(c)상기 쿼츠 윈도우의 배면에 자외선을 조사하는 상태에서, 압력을 가하여 상기 고분자 스탬프 표면에 형성된 나노패턴을 상기 LED 기판 표면에 전사하는 단계; 및

(d)자외선 조사를 중단하고, 상기 LED 기판과 상기 고분자 스탬프를 분리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법.

청구항 10

제8항 또는 제9항에 있어서, 상기 고분자 스탬프는

이형을 위하여, 5~30nm 두께의 SiO_2 및 상기 SiO_2 위에 (heptadecafluoro-1,1,2,2-tetra-hydrodecyl)trichlorosilane와 $Cl_3Si(C_2H_4)C_8F_{17}$ 중 하나의 물질이 SAM(Self Assembled Monolayer) 코팅되어 있는 것을 특징으로 하는 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법.

청구항 11

제8항 또는 제9항에 있어서, 상기 고분자 스탬프는

PVC 재질로 이루어진 것을 특징으로 하는 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법.

청구항 12

(a)발광다이오드 기판 상에 용융상태의 레진을 드롭(Drop)하는 단계;

(b)표면에 나노패턴이 형성된 고분자 스탬프를 발광다이오드 기판 상부에 위치시키는 단계;

(c)수평으로 진행하는 롤러를 이용하여 상기 고분자 스탬프를 상기 발광다이오드 기판에 압착시켜, 상기 고분자 스탬프 표면에 형성된 나노패턴 내부에 상기 레진을 충진시키는 단계;

(d)상기 레진을 경화시켜, 상기 발광다이오드 기판 표면에 나노패턴을 형성하는 단계; 및

(e)상기 고분자 스탬프와 발광다이오드 기판을 분리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 레진은

UV 경화형 레진인 것을 특징으로 하는 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법.

청구항 14

제12항에 있어서, 상기 고분자 스탬프는

이형을 위하여, 5~30nm 두께의 SiO_2 및 상기 SiO_2 위에 (heptadecafluoro-1,1,2,2-tetra-hydrodecyl)trichlorosilane와 $Cl_3Si(C_2H_4)C_8F_{17}$ 중 하나의 물질이 SAM(Self Assembled Monolayer) 코팅되어 있는 것을 특징으로 하는 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법.

청구항 15

제12항에 있어서, 상기 고분자 스탬프는

PVC 재질로 이루어진 것을 특징으로 하는 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 고분자 스탬프 제조 방법 및 이를 이용한 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 발광다이오드의 광결정 패턴을 전사하기 위한 유연한 고분자 스탬프를 제조하는 방법 및 제조된 고분자 스탬프를 이용하여 발광다이오드 제조공정에서 전면적에 걸쳐 균일한 광결정 패턴을 형성하여 외부 광방출 효율을 증대시킬 수 있는 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 발광다이오드(Light Emitting Diode, LED)는 수명이 길고 전력소모가 적은 친환경적인 광원 장치로써 현재 LCD 및 휴대폰 백라이트, 자동차용 조명, 교통신호등 등 다양한 분야에서 광원으로 쓰이고 있으며, 최근에는 기존의 형광등, 백열전구 등을 대신할 미래의 일반조명용 광원으로 주목받고 있다.

[0003] 이러한, 발광다이오드는 주소재인 GaN or GaAs 등의 반도체 물질 및 ITO, AZO 등의 투명전극 물질이 외부 공기, 에폭시 봉지재, 사파이어 기판 등에 비하여 큰 굴절률을 가지는 특징으로 인하여, 활성층(발광층)에서 방출된 광이 소자 외부 계면에서 대부분 전반사되어 버리는 문제점이 있다. 따라서, 발광다이오드의 광추출 효율이 매우 떨어지게 되고, 전반사된 광은 결국 소자 내부에서 흡수되어 발열로 연결되는 문제를 야기시킨다.

[0004] 이를 해결하기 위해서 surface roughening (texturing) method, device fabrication on pre-patterned substrate, photon recycling technique, insertion of two dimensional (2D), 광결정(photonic crystals) 등의 다양한 방법이 시도되고 있으며, 특히 sub-micron 급 이차원 광결정 패턴을 발광다이오드에 삽입할 경우 광추출효율이 크게 증대되는 것으로 알려져 있다.

[0005] 하지만 기존의 노광 기반의 리소그래피 기술(lithography technology)로는 발광다이오드 기판에 경제적으로 광

결정 패턴(photonic crystal pattern)을 제작하기가 어려우며, 실제 광결정 패턴이 적용된 제품을 양산하기 위해서는 2인치(inch) 또는 4인치 이상의 발광다이오드 에피 웨이퍼 전면적에 패터닝을 할 수 있는 공법이 필요하다.

[0006] 한편, 나노 임프린팅은 기판 위에 레진을 도포한 후, 나노급 표면 요철 패턴이 새겨져 있는 스탬프로 가압한 뒤, 열 또는 자외선 조사를 통하여 레진을 경화시켜 패턴을 형성하는 직접 패터닝 방식의 기술이다. 이 기술은 값비싼 노광 장치가 필요없기 때문에 장비 및 공정 비용이 경제적이고, 또한 공정이 간단하기 때문에 생산수율이 높은 장점이 있다.

[0007] 발광다이오드에 필요한 광결정 패턴은 필라(pillar) 패턴 또는 홀(hole) 패턴이 주기적으로 나열된 구조로, 미세한 얼라인먼트(alignment)가 필요하지 않기 때문에 나노 임프린팅 공정을 통해서 효과적으로 형성할 수 있다.

[0008] 대한민국 등록특허공보 제0762004호(2007.09.25. 등록)에는 질화물계 발광 다이오드소자의 제조방법에서 질화물계 반도체층 상에 투명전도성 고분자층을 형성하고, 패턴이 형성된 스탬프를 형성된 투명전도성 고분자층에 가압하여 스탬핑함으로써 투명전도성 고분자층의 표면에 패턴을 전사한 후, 투명전도성 고분자층을 경화시키는 방법이 개시되어 있다. 이때, 스탬프 재질로 실리콘, 금속 다이아몬드 또는 석영 유리와 같이 재질의 강도가 높은 것을 사용하고 있다.

[0009] 상기 문헌의 경우, 발광다이오드 기판 상에 임프린트 방법을 통한 고분자 패턴의 형성 방법을 제시하고 있으나, 나노 임프린팅은 스탬프로 기판 위의 레진층을 직접 가압하여 패턴을 전사하는 방식이므로 기판의 표면 거칠기(surface roughness) 및 평탄도(flatness)에 따라서 패턴의 균일한 전사 여부가 크게 영향 받는다. 발광다이오드 에피 웨이퍼는 기존의 반도체 공정에서 쓰이는 실리콘(Si) 웨이퍼에 비하여 표면 거칠기가 크고 평탄도가 크게 떨어진다.

[0010] 한편, 임프린팅 공정시 사용되는 스탬프는 상기 문헌에 기재된 것과 같이, 주로 실리콘(Si) 또는 용융 실리카(fused silica) 재질의 단단하고 유연성이 없는 재질이다.

[0011] 도 1은 단단한 재질의 몰드(Rigid mold)를 통한 임프린팅 공정과 유연한 재질의 몰드(Flexible mold)를 이용한 임프린팅 공정의 예를 통하여, 각각 LED 기판에 영향을 미치는 것을 도시한 개념도이다. 여기서, 몰드와 스탬프는 동일한 개념이다.

[0012] 도 1에 도시된 바와 같이, 단단한 재질의 몰드(스탬프)를 이용하여 발광다이오드 에피웨이퍼 위에 임프린팅하면 표면 단차가 차이나는 기판 상태를 보정할 수 없기 때문에 균일한 패터닝을 하기 어렵고, 대면적에 패턴을 형성시키기 어렵다. 따라서, 임프린팅 공정을 통해서 발광다이오드 에피 웨이퍼 전면적에 균일한 광결정 패턴을 형성하기 위해서는 발광다이오드 기판의 휨 정도와 낮은 표면 평탄도를 보정 가능한 유연한 스탬프가 요구된다.

[0013] 또한, 임프린팅 공정시 균일한 레진 도포, 균일한 가압을 위한 기술이 필요하다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0014] 본 발명의 하나의 목적은 발광다이오드의 광결정 패턴을 형성함에 있어 발광다이오드 기판의 휨 정도와 낮은 표면 평탄도를 보정할 수 있는 유연한 고분자 스탬프를 제조할 수 있는 방법을 제공하는 것이다.

[0015] 본 발명의 다른 목적은 상기의 고분자 스탬프를 이용하여 발광다이오드 기판의 전면적에 걸쳐 균일한 광결정 패턴을 형성할 수 있는 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

[0016] 상기 하나의 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 고분자 스탬프 제조 방법은 (a)표면에 나노패턴이 형성된 마스터 스탬프를 고분자 시트(Polymer Sheet) 상부에 위치시키는 단계; (b)핫 엠보싱(Hot-embossing) 방법으로 상기 마스터 스탬프에 형성된 나노패턴을 상기 고분자 시트 표면에 전사하는 단계; (c)상기 (b)단계를 통하여 나노패턴이 형성된 고분자 시트 표면에 SiO_2를 증착하는 단계; 및 (d)액상 또는 기상 SAM(Self Assembled

Monolayer) 코팅을 통하여, 상기 SiO_2 표면에 이형용 막을 형성하는 단계를 포함하여 이루어진다.

[0017] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법은 (a)자외선 투과용 쿼츠 윈도우 상에, 표면에 나노패턴이 형성된 고분자 스탬프 및 발광다이오드(LED) 기판을 순차적으로 배치하는 단계; (b)상기 쿼츠 윈도우의 배면에 자외선을 조사하는 상태에서, 압력을 가하여 상기 고분자 스탬프 표면에 형성된 나노패턴을 상기 LED 기판 표면에 전사하는 단계; 및 (c)자외선 조사를 중단하고, 상기 LED 기판과 상기 고분자 스탬프를 분리하는 단계를 포함하여 이루어진다.

[0018] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 일실시예에 따른 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법은 (a)자외선 투과용 쿼츠 윈도우 상에 투명 러버 지지대를 배치하는 단계; (b)상기 투명 러버 지지대 상에, 표면에 나노패턴이 형성된 고분자 스탬프 및 발광다이오드(LED) 기판을 순차적으로 배치하는 단계; (c)상기 쿼츠 윈도우의 배면에 자외선을 조사하는 상태에서, 압력을 가하여 상기 고분자 스탬프 표면에 형성된 나노패턴을 상기 LED 기판 표면에 전사하는 단계; 및 (d)자외선 조사를 중단하고, 상기 LED 기판과 상기 고분자 스탬프를 분리하는 단계를 포함하여 이루어진다.

[0019] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또다른 일실시예에 따른 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법은 (a)발광다이오드 기판 상에 용융상태의 레진을 드롭(Drop)하는 단계; (b)표면에 나노패턴이 형성된 고분자 스탬프를 발광다이오드 기판 상부에 위치시키는 단계; (c)수평으로 진행하는 롤러를 이용하여 상기 고분자 스탬프를 상기 발광다이오드 기판에 압착시켜, 상기 고분자 스탬프 표면에 형성된 나노패턴 내부에 상기 레진을 충진시키는 단계; (d)상기 레진을 경화시켜, 상기 발광다이오드 기판 표면에 나노패턴을 형성하는 단계; 및 (e)상기 고분자 스탬프와 발광다이오드 기판을 분리하는 단계를 포함하여 이루어진다.

효 과

[0020] 본 발명에 따른 고분자 스탬프 제조방법에 의해 제조된 고분자 스탬프는 유연한 재질로 이루어져 있으므로 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 과정에서 발광다이오드 기판의 휨 정도와 낮은 표면 평탄도를 보정할 수 있는 장점이 있으며, 또한 표면에 SAM(Self Assembled Monolayer) 코팅으로 이형처리가 되어 있어서 발광다이오드 기판으로부터 쉽게 이형시킬 수 있는 장점이 있으며, 그 제조방법은 기존 이빔 리소그래피나 포토리소그래피 등 고가의 공정으로 제조되는 고분자 스탬프를 저가의 공정으로 제조할 수 있는 장점이 있다.

[0021] 본 발명에 따른 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법은 상기의 유연한 재질의 고분자 스탬프를 통한 나노임프린팅 공정으로 광결정 패턴을 형성함으로써 저가의 공정으로도 발광다이오드 기판의 전면적에 걸쳐 균일한 광결정 패턴을 형성할 수 있어서, 형성된 광결정 패턴을 통하여 발광다이오드의 광추출 효율을 향상시킬 수 있다. 아울러 투명한 러버 지지대(rubber supporter)를 통하여 균일한 가압에 기여할 수 있으며, 롤러를 통한 고분자 스탬프와 발광다이오드 기판의 압착을 통하여 레진의 균일한 도포에 기여할 수 있는 장점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0022] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 고분자 스탬프 제조 방법 및 이를 이용한 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0023] **고분자 스탬프 제조 방법**

[0024] 도 2는 본 발명에 따른 고분자 스탬프 제조 방법을 개략적으로 도시한 순서도이다. 도 3은 도 2에 도시된 고분자 스탬프 제조 방법을 구성하는 각 단계를 단면도로 도시한 것이다. 이하, 도 3을 참조하면서 도 2에 도시된 고분자 스탬프 제조 방법을 설명하기로 한다.

[0025] 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 고분자 스탬프의 제조 방법은 마스터 스탬프 준비 단계(S210), 핫 엠보싱 단계(S220), SiO_2 증착 단계(S230) 및 이형용 막 형성 단계(S240)를 포함하여 이루어진다.

[0026] 마스터 스탬프 준비 단계(S210)에서는 표면에 나노패턴이 형성된 마스터 스탬프(Master Stamp, 20)를 고분자 시트(Polymer Sheet, 10) 상부에 위치시킨다.

[0027] 마스터 스탬프(20)는 고온과 고압에서도 충분히 견딜 수 있는 재질로 된 것으로, SiC, SiO_2, Si_3N_4, Al_2O_3, MgO, Si 및 Ni 중에서 어느 하나의 물질로 이루어질 수 있다.

[0028] 마스터 스탬프(20)에 형성된 나노패턴은 여러 가지 방법으로 제조할 수 있다. 일례로, MgO 파우더, Al_2O_3 파우더 및 직경이 200nm ~ 300nm 정도의 SiO_2 나노 파우더(Nano Powder)가 혼합된 분말체를 가압한 후, HF와 같이 SiO_2만을 등방성 에칭(Isotropic Etching)할 수 있는 식각제로 SiO_2만을 선택적으로 에칭한 후, 소결 공정을 거치면 나노패턴이 형성된 마스터 스탬프가 제조될 수 있다. 다른 예로, 알루미늄 양극산화(Anodized Aluminium Oxide) 방법을 이용하여, 나노패턴이 형성된 알루미늄 산화물 표면 얻을 수도 있다.

[0029] 고분자 시트(10)는 PVC(Poly-Vinyl Chloride) 재질로 이루어질 수 있다. PVC 재질의 경우 노화성, 내유성, 불연성(난연성)이 양호하여 안전하다. 무엇보다 성형가공성이 우수하여 핫 엠보싱(hot-embossing) 공정을 통해서 스탬프로 제작하기 쉬우며, 투명성이 양호하기 때문에 UV 임프린팅용 스탬프로 적합하다. 또한 저가로 쉽게 구입이 가능하다.

[0030] 따라서, 경제성, 성능, 안전성 등 여러 가지 요소를 고려할 때, PVC 재질의 고분자 스탬프가 발광다이오드 광결정 패턴 형성(photonic crystal pattern) 등에 이용하기 위한 임프린팅용 스탬프로서 가장 적합하다.

[0031] 핫 엠보싱 단계(S220)에서는 핫 엠보싱(Hot-embossing) 방법으로 마스터 스탬프(20)에 형성된 나노패턴을 고분자 시트(10) 표면에 전사한다. 본 과정을 통하여 고분자 시트(10) 표면에 형성된 나노패턴은 엄밀히 말하자면 마스터 스탬프(20)에 형성된 나노패턴에 대응하는 반대패턴이 될 것이나, 연속된 나노패턴의 경우 그 반대패턴 역시 거의 동일하다는 점 등을 고려하여, 나노패턴으로 통칭하여 기술키로 한다.

[0032] 핫 엠보싱 단계(S220)는 구체적으로 다음과 같은 과정으로 이루어진다.

[0033] 우선 마스터 스탬프(20)와 고분자 시트(10)를 접촉시키고, 고분자 시트(10)의 유리전이온도(Tg)보다 높은 온도로 가열한다.(S222) 고분자 시트(10)의 유리전이온도(Tg) 이상의 온도를 유지한 상태에서 10~40 bar 정도로 마스터 스탬프(20)에 압력을 가하여, 마스터 스탬프(20) 표면에 형성된 나노패턴을 고분자 시트(10) 표면에 전사한다.(S224) 일반적으로 고분자, 특히 열가소성 고분자는 유리온도(Tg) 이상의 온도에서 유연해지기 때문에, 고분자 시트(10)의 유리온도(Tg)보다 높은 온도에서는 쉽게 핫 엠보싱(Hot-embossing)이 이루어질 수 있다.

[0034] 핫 엠보싱에 의한 패턴전사 이후, 온도를 고분자 시트(10)의 유리전이온도보다 낮은 온도, 바람직하게는 상온까지로 온도를 낮추고, 마스터 스탬프(20)와 고분자 시트(10)를 분리한다.(S226)

[0035] 실리콘카바이드(SiC) 등의 물질로 이루어진 마스터 스탬프(20)는 고분자 시트(10)와 열팽창률이 다르기 때문에, 냉각시 고분자 시트(10)로부터 쉽게 분리할 수 있다. 다만, 유리온도(Tg) 이상에서 고분자 시트(10)가 마스터 스탬프(20)에 들러붙을 수도 있으므로, 미리 마스터 스탬프(20) 표면에 그라파이트(Graphite) 등과 같은 이형물질이 코팅되어 있을 수 있다.

[0036] SiO_2 증착 단계(S230)에서는 후술할 SAM(Self Assembled Monolayer) 코팅을 통한 이형용 막 형성을 원활하게 하기 위하여, 상기의 핫 엠보싱 단계(S220)를 통하여 나노패턴이 형성된 고분자 시트 표면에 SiO_2(30)를 얇은 두께로 먼저 증착한다. 증착되는 SiO_2(30)의 두께는 5~30nm 정도의 두께가 될 수 있다.

[0037] 이형용 막 형성 단계(S240)에서는 액상 또는 기상 SAM(Self Assembled Monolayer) 코팅을 통하여, SiO_2(30) 표면에 소수성 자기조립단분자막으로서 이형용 막(40)을 형성한다. 이형용 막(40)은 후술할 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 과정 등과 같이 고분자 스탬프를 이용하여 임프린 공정이 이루어질 경우, 고분자 스탬프와 기판이나 레진 등이 접착되는 것을 방지하기 위하여 필요하다.

[0038] 이때, 이형용 막(40)의 형성을 위하여 SiO_2 상에 SAM 코팅되는 물질은 (heptadecafluoro-1,1,2,2-tetra-hydrodecyl)trichlorosilane이나 $Cl_3Si(C_2H_4)C_8F_{17}$ 와 같이 표면 에너지가 낮은 실란 계열의 물질이 될 수 있다. 실란 계열의 물질 간에는 반데르발스 힘과 정전기력(electrostatic force)만이 작용하여, 상기의 실란 계열의 물질을 SiO_2층 위에 SAM 코팅하면, 코팅으로 인한 표면 에너지 변화가 크고, 다양한 기능성을 가질 수 있어서 원활한 이형이 가능하다.

[0039] 상기 제조된 고분자 스탬프는 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 등에 임프린트용 스탬프로 이용될 수 있다.

[0040] **발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법**

[0041] 도 4는 본 발명에 따른 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법의 일실시예를 개략적으로 도시한 순서도이다.

[0042] 도 4를 참조하면, 본 발명에 따른 발광다이오드의 광결정 패턴(photonic crystal pattern) 형성 방법은 고분자 스탬프 배치 단계(S410), 나노패턴 전사단계(S420) 및 고분자 스탬프 분리 단계(S430)를 포함하여 이루어진다. 이를 위하여, 도 5에 도시된 바와 같은 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 장치가 이용될 수 있는 바, 이를 참조키로 한다.

[0043] 고분자 스탬프 배치 단계(S410)에서는 자외선 투과용 쿼츠 윈도우(Quartz Window, 50) 상에, 표면에 나노패턴이 형성된 고분자 스탬프(60) 및 발광다이오드 기판(70)을 순차적으로 배치한다. 이때, 고분자 스탬프(60) 표면에 형성된 나노패턴과 발광다이오드 기판(70)에서 광결정 패턴을 형성하고자 하는 부분이 서로 마주보도록 고분자 스탬프(60) 및 발광다이오드 기판(70)을 배치한다. 이때, 고분자 스탬프(60)는 PVC 재질로 이루어질 수 있다.

[0044] 나노패턴 전사단계(S420)에서는 쿼츠 윈도우(50)의 배면에 자외선(UV)을 조사하는 상태에서, 압력을 가하여 고분자 스탬프(60) 표면에 형성된 나노패턴을 발광다이오드 기판(70) 표면에 전사하여, 발광다이오드 기판(70) 표면에 광결정 패턴이 형성되도록 한다. 본 단계(S420)를 UV 임프린팅 공정으로 진행하는 이유는 열에 의한 고분자 스탬프(60)의 손상을 방지하기 위함이고, 고분자 스탬프(60)는 투명한 재질로써 UV 임프린팅 공정에 적합하다.

[0045] 고분자 스탬프 분리 단계(S430)에서는 자외선 조사를 중단하고, 발광다이오드 기판(70)과 고분자 스탬프(60)를 분리한다. 도 4에 도시된 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법에 이용되는 고분자 스탬프(60)의 경우에도 발광다이오드 기판(70)과의 원활한 이형처리를 위하여, 고분자 스탬프(60) 표면에 5~30nm 두께의 SiO_2(도 3의 30) 및 상술한 SAM(Self Assembled Monolayer) 코팅을 위한 물질이 코팅되어 이형용 막(도 3의 40)이 형성되어 있는 것이 바람직하다.

[0046] 상기의 경우는 자외선 투과용 쿼츠 윈도우(50) 상에 고분자 스탬프(60) 및 발광다이오드 기판(70)을 배치한 상태에서 발광다이오드의 광결정 패턴을 형성하는 과정을 설명한 것이다. 나아가서, 도 5에 도시된 바와 같이, 자외선 투과용 쿼츠 윈도우(50) 상에 상기 고분자 스탬프(60)를 배치하기 전에, 먼저 자외선 투과용 쿼츠 윈도우(50) 상에 투명 러버 지지대(Transparent Rubber Supporter, 80)를 배치할 수 있다.

[0047] 이 경우, 고분자 스탬프(60) 및 발광다이오드 기판(70)은 투명 러버 지지대(80) 상에 순차적으로 배치된다. 자외선 투과용 쿼츠 윈도우(50)와 고분자 스탬프(60) 사이에 삽입되는 투명 러버 지지대(80)는 투명하여 자외선 조사에 영향을 미치지 아니하고, 소프트한 재질로서 발광다이오드 기판(70)의 전면적에 균일한 가압이 이루어지는데 기여할 수 있다. 따라서, 투명 러버 지지대(80)를 이용할 경우, 보다 더 균일한 발광다이오드의 광결정 패턴을 형성할 수 있다.

[0048] 도 6은 본 발명에 따른 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법의 다른 일실시예를 개략적으로 도시한 순서도이다.

[0049] 도 6에 도시된 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법은 레진 드롭 단계(S610), 고분자 스탬프 준비 단계(S620), 고분자 스탬프 압착 단계(S630), 레진 경화 단계(S640) 및 고분자 스탬프 분리 단계(S650)를 포함하여 이루어진다. 이를 위하여, 도 7에 도시된 바와 같은 고분자 스탬프 압착 장치가 이용될 수 있는 바, 이를 참조키로 한다.

[0050] 레진 드롭 단계(S610)에서는 발광다이오드 기판(70) 상에 용융상태의 레진(75)을 드롭(Drop)한다. 이때, 레진(75)은 후술할 레진 경화 단계(S640)에서 열에 의한 고분자 스탬프(60)의 손상 등을 방지하기 위하여, UV 경화형 레진인 것이 바람직하다.

[0051] 고분자 스탬프 준비 단계(S620)에서는 표면에 나노패턴이 형성된 고분자 스탬프(60)를 발광다이오드 기판(70) 상부에 위치시킨다. 고분자 스탬프(60)는 PVC 재질로 이루어질 수 있다.

[0052] 고분자 스탬프 압착 단계(S630)에서는 수평으로 진행하는 롤러(90)를 이용하여 고분자 스탬프(60)를 발광다이오드 기판(70)에 압착시켜, 고분자 스탬프(60) 표면에 형성된 나노패턴 내부에 레진(75)이 균일하게 충진되도록

한다.

[0053] 본 실시예에서, 대면적 임프린팅시 중요시 되는 변수는 고분자 스탬프(60)와 발광다이오드 기판(70) 사이의 균일한 레진(75)의 도포이다. 고분자 스탬프(60)와 발광다이오드 기판(70) 사이에 에어 버블(air bubble)이 발생할 경우, 임프린팅 후에 에어 버블로 인한 결함이 그대로 발생한다. 이를 방지하기 위하여 본 발명에서는 도 7에 도시된 바와 같이, 수평방향으로 진행하는 롤러(90)를 이용하여 고분자 스탬프(60)와 발광다이오드 기판(70)의 압착을 통해서 레진(75)이 균일하게 퍼지게 하며, 에어 버블의 발생을 방지한다.

[0054] 레진 경화 단계(S640)에서는 고분자 스탬프(60)가 압착된 상태에서 UV 경화 방식으로 레진을 경화시켜, 발광다이오드 기판(70) 표면에 광결정 패턴을 위한 나노패턴을 형성한다.

[0055] 고분자 스탬프 분리 단계(S650)에서는 고분자 스탬프(60)와 발광다이오드 기판(70)을 분리한다. 도 5에 도시된 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법에 이용되는 고분자 스탬프(60)의 경우에도 레진(75)과의 원활한 이형처리를 위하여, 고분자 스탬프(60) 표면에 5~30nm 두께의 SiO_2(도 3의 30) 및 상술한 SAM(Self Assembled Monolayer) 코팅을 위한 물질이 코팅되어 이형용 막(도 3의 40)이 형성되어 있는 것이 바람직하다.

[0056] 종래의 임프린팅 공정에 이용되는 실리콘, 퀴츠(quartz) 등의 재질로 제작된 단단한 재질의 스탬프를 이용해서는 표면 평탄도가 낮고 기판의 휨정도가 큰 발광다이오드 기판의 표면 상태를 보정할 수 없어 통상의 2인치(inch) 타입의 LED 웨이퍼의 전면적에 균일한 패턴을 전사하기 어렵고, 한정된 영역에만 패턴이 전사될 수 밖에 없다.

[0057] 따라서 본 발명에서는 유연한 나노 임프린트용 고분자 스탬프를 제작하여 임프린트를 통하여 발광다이오드 기판에 나노패턴을 전사함으로써, 표면이 평탄하지 않은 발광다이오드(LED) 기판에도 균일한 패턴 형성이 가능하여 종래의 문제점을 해결할 수 있게 된다.

[0058] 본 발명에 따른 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법은 사파이어(Sapphire) 기판 등을 성장기판으로 이용하여 제작되는 발광다이오드를 텍스처링(texturing)하기 위한 나노 임프린팅 공정에 적용되어 발광다이오드 기판에 고분자 스탬프를 이용한 임프린팅을 통해서 전면적에 걸쳐 균일한 패터닝을 가능하게 할 수 있다. 이로 인해, 발광다이오드 소자의 광방출 효율을 향상시켜 고효율 발광다이오드의 제작이 가능하며, 저가의 공정으로 인하여 전체적인 발광다이오드 제조 비용도 절감할 수 있게 된다.

[0059] 이상에서는 본 발명의 일 실시예를 중심으로 설명하였지만, 당업자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

[0060]

도면의 간단한 설명

[0061] 도 1은 단단한 재질의 스탬프를 통한 임프린팅 공정과 유연한 재질의 스탬프를 이용한 임프린팅 공정의 예를 통하여, 각각 LED 기판에 영향을 미치는 것을 도시한 개념도이다.

[0062] 도 2는 본 발명에 따른 고분자 스탬프 제조 방법을 도시한 순서도이다.

[0063] 도 3은 도 2에 도시된 각 단계들의 단면도를 도시한 것이다.

[0064] 도 4는 본 발명에 따른 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법의 일실시예를 개략적으로 도시한 순서도이다.

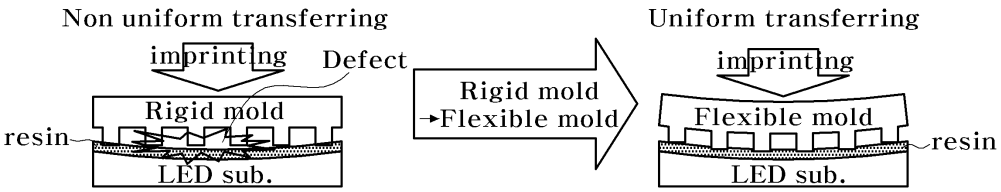
[0065] 도 5는 투명 러버 지지대를 이용하여 광결정 패턴을 형성하는 과정의 예를 도시한 것이다.

[0066] 도 6은 본 발명에 따른 발광다이오드의 광결정 패턴 형성 방법의 다른 일실시예를 개략적으로 도시한 순서도이다.

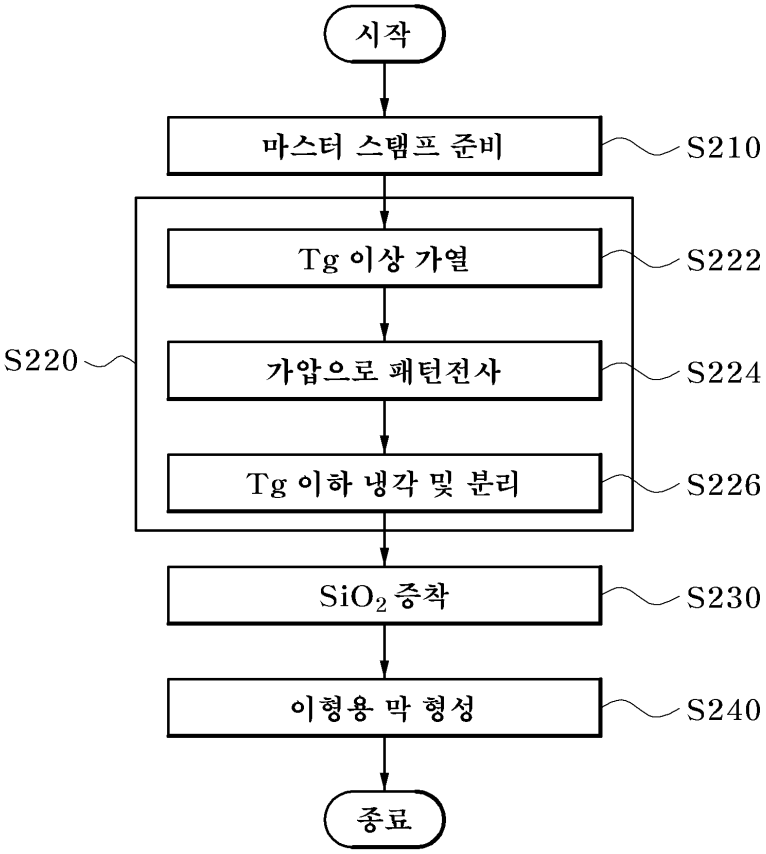
[0067] 도 7은 롤러를 이용한 레진 도포 방법의 예를 개략적으로 도시한 것이다.

도면

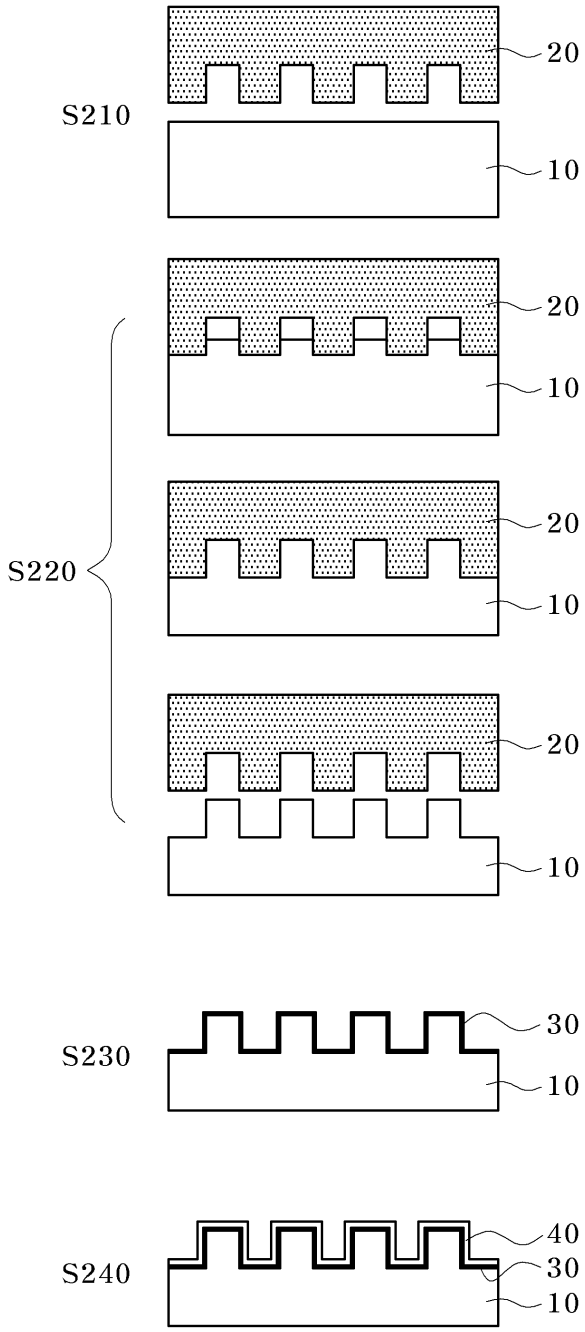
도면1


Non uniform transferring
imprinting
Defect
Rigid mold
resin
LED sub.
Rigid mold
Flexible mold
Uniform transferring
imprinting
Flexible mold
resin
LED sub.

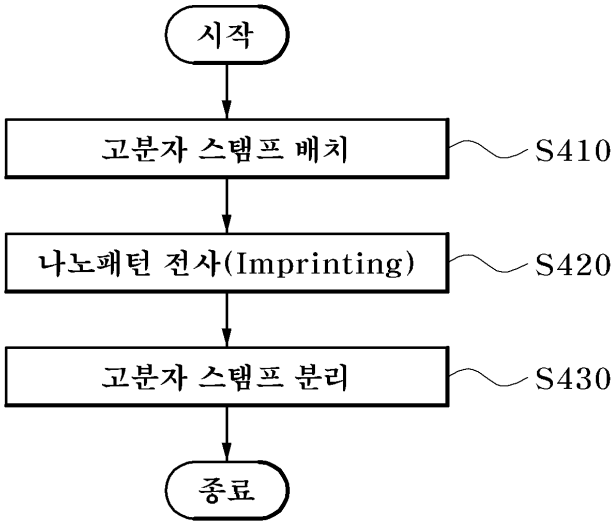
도면2


시작
마스터 스탬프 준비
S210
S220
Tg 이상 가열
S222
가압으로 패턴전사
S224
Tg 이하 냉각 및 분리
S226
SiO_2 증착
S230
이형용 막 형성
S240
종료

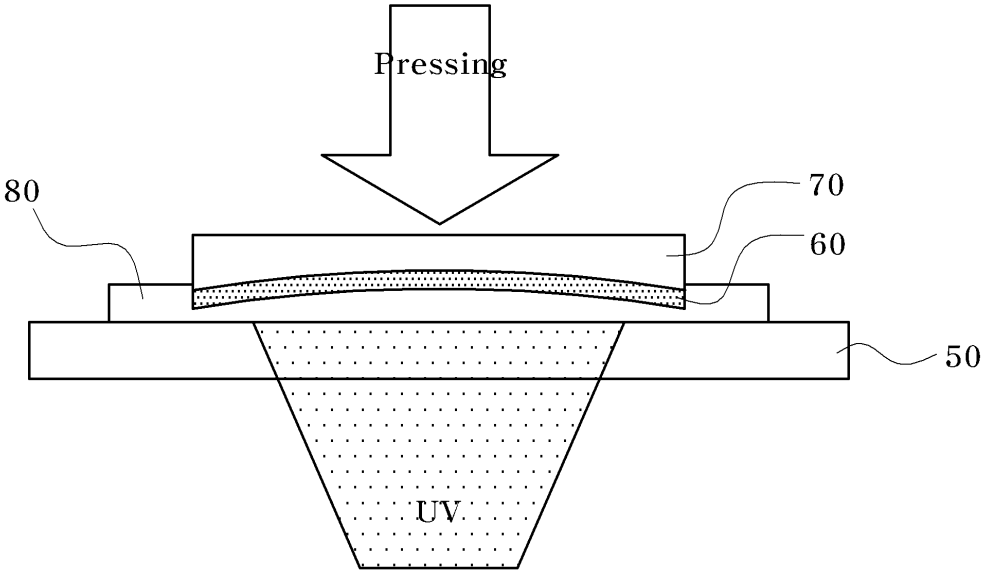
도면3



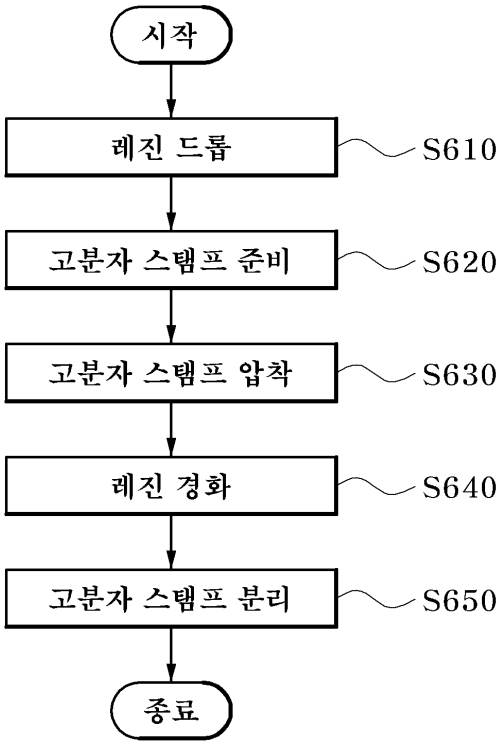
도면4


시작
고분자 스탬프 배치
S410
나노패턴 전사(Imprinting)
S420
고분자 스탬프 분리
S430
종료

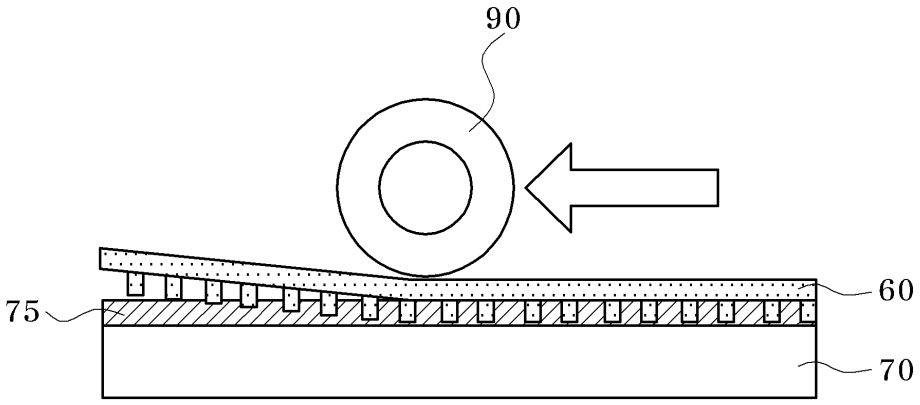
도면5


Pressing
80
70
60
50
UV

도면6


시작
레진 드롭
S610
고분자 스탬프 준비
S620
고분자 스탬프 압착
S630
레진 경화
S640
고분자 스탬프 분리
S650
종료

도면7


90
75
60
70