(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0025061
(43) 공개일자 2016년03월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 6/13 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0110714
(22) 출원일자 2014년08월25일
심사청구일자 2014년08월25일

(71) 출원인
엘지이노텍 주식회사
서울특별시 중구 한강대로 416 (남대문로5가, 서울스퀘어)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이헌
서울 서초구 동광로22길 23, 그랑시엘방배 302호 (방배동)
김양두
서울특별시 성북구 인촌로22길 6-3 고려대학교 자연계캠퍼스 공학별관 302
조중연
서울 성북구 정릉로 402-16, 102동 1606호 (돈암동, 범양아파트)
(74) 대리인
김기문

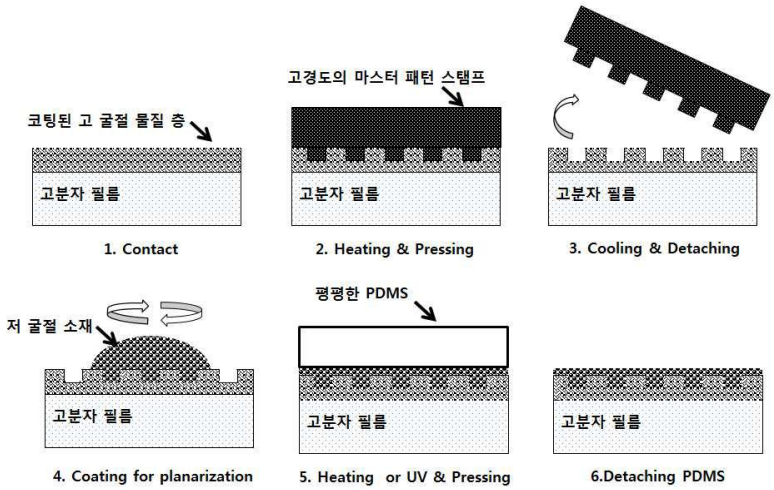
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법**

(57) 요 약

광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법에 따르면, 기판 상에 제1 굴절율을 갖는 제1 물질로 이루어지며 그 상부에 요철을 갖는 광 기능성 패턴을 형성하고, 상기 광 기능성 패턴 상에, 상기 제1 굴절율과 다른 제2 굴절율을 갖는 제2 물질로 이루어지고 평탄화된 상부면을 갖는 평탄화층을 형성한다.

대 표 도 - 도1



명 세 서

청구범위

청구항 1

기판 상에 제1 굴절율을 갖는 제1 물질로 이루어지며 그 상부에 요철을 갖는 광 기능성 패턴을 형성하는 단계; 및

상기 광 기능성 패턴 상에, 상기 제1 굴절율과 다른 제2 굴절율을 갖는 제2 물질로 이루어지고 평탄화된 상부면을 갖는 평탄화층을 형성하는 단계를 포함하는 광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 굴절율 및 상기 제2 굴절율의 차이는 0.2 이상인 것을 특징으로 하는 특징으로 하는 광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 광 기능성 패턴 및 상기 평탄화층 중 어느 하나는 SOG 물질을 포함하고, 나머지 하나는 나노 파티클이 분산된 고분자 유기 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 나노 파티클은 티타늄 산화물 또는 지르코늄 산화물을 포함하는 것을 특징으로 하는 광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 나노 파티클이 분산된 고분자 유기 물질을 포함하는 상기 나머지 하나에 대하여 어닐링 공정을 수행하여 상기 나머지 하나의 경도를 증가시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 광 기능성 패턴을 형성하는 단계는 상기 제1 물질로 이루어지고 액상을 갖는 물질에 대하여 상기 요철에 대응되는 형상을 갖는 스탬프를 이용하는 핫 엠보싱 공정으로 이루어진 것을 특징으로 하는 광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 광 기능성 패턴을 형성하는 단계는 상기 제1 물질로 이루어지고 액상을 갖는 물질에 대하여 상기 요철에 대응되는 형상을 갖는 몰드를 이용하는 임프린트 공정 및 전사 공정으로 이루어진 것을 특징으로 하는 광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 요철 형상을 갖는 광 기능성 패턴 구조물을 제조하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 태양 전지 및 발광 다이오드는 광을 흡수하거나 광을 발생하는 광전자 소자에 해당한다. 상기 태양 전지는 빛을 흡수하여 전기를 발생하는 한편, 상기 발광 다이오드는 여기 상태의 전자가 안정 상태로 이동하면서 광을 발생시킨다.

[0003] 상기 태양 전지에는 태양열에 의해 발생한 증기를 이용하여 터빈을 회전시켜 전기를 발생하는 태양열 전지와, 반도체의 성질을 이용하여 태양빛(photons)을 전기에너지로 변환시키는 태양광 전지로 구분될 수 있다.

[0004] 상기 태양광 전지의 일종으로 현재까지 가격대 발전량이 우수한 실리콘 기반 태양전지가 시장 및 연구 발전에 우위를 차지하고 있다. 하지만, 상기 실리콘 기반 태양전지는 그 제작 공정이 복잡하며 공정 비용이 비싸 원가 절감에 한계가 있으며 또한 사용 가능한 기판이 한정적이다. 이에 대한 대안으로서 개발된 박막형 태양전지는 유리, 금속, 고분자 등 다양한 기판에 제작이 가능하기에 다양한 분야에 적용이 가능하다. 또한, 제조 공정이 간단하여 제작 공정비용을 절감할 수 있는 장점을 지니고 있다. 하지만 상기 박막형 태양전지는 광흡수층을 매우 얇게 제작하기에 충분한 광흡수를 하지 못하며 이에 따라 효율이 낮다는 단점을 지니고 있다.

[0005] 이러한 단점을 해결하고자 소재 연구, 제작 공정 최적화, 광 기능성 패턴 등 많은 연구가 진행되었다. 그중 광 기능성 패턴은 태양전지의 light management 가 얼마나 중요한지 보여주는 큰 연구분야로서 태양전지의 발전 효율에 큰 도움을 주었다. 하지만 광 기능성 패턴을 광전자 소자 내부에 적용하였을 경우, 상기 광 기능성 패턴에 의한 표면 거칠기 때문에 소자 특성 저하를 쉽게 유발시킨다. 따라서 박막형 태양전지의 효율을 향상시키기 위하여 낮은 거칠기를 갖으며 광학적 기능을 갖는 패턴층을 구현하는 것은 필수적이다.

[0006] 한편, 최근에 유연 소자에 대한 관심과 수요의 증가로 인하여 유연 기판을 포함하는 광전자 소자 제작에 대한 연구가 진행되고 있으며 상기 유연 기판에 적합한 유기 소자의 연구 또한 급증하고 있다.

[0007] 상기 유기 소자는 그 제작이 용이하며 대면적화가 가능하며 유연 기판 상부에 제작이 가능하여 다양한 분야에 적용이 가능하다는 장점을 지니고 있다. 하지만 이러한 여러 장점을 가진 유기소자 발광 효율이 낮다는 단점을 지니고 있다.

[0008] 특히, 발광다이오드의 성능은 크게 내부양자효율과 외부양자효율로 나뉘는데 내부양자효율은 주입된 전자에 따라 발생하는 광자의 양을 말하며 외부양자 효율은 생성된 광자가 소자의 외부로 추출되는 정도를 말한다. 상기 외부양자 효율은 광추출효율에 따라 결정된다.

[0009] 최근 유기 발광 소자는 많은 재료 연구 및 발전으로 인하여 내부양자효율이 크게 향상 되어 거의 100%의 효율을 보이고 있으나, 유기 발광 소자의 발광효율을 결정짓는 주요 변수중의 하나인 광추출효율은 아직까지도 매우 낮아 유기 발광 소자의 최종발광효율을 떨어뜨리는 주요 원인이 되고 있다. 이를 위한 해결책으로 광 기능성 패턴을 들 수 있다. 상기 광 기능성 패턴은 광 투과도, 광 산란도의 파장 영역이나 세기 정도에 따라 수백 나노에서 수마이크로 크기의 구조물로 다양하게 형성될 수 있다.

[0010] 하지만 상기 광 기능성 패턴을 소자 내부 삽입할 시, 소자의 내부에 구조적인 영향을 주며 누설 전류(leakage current)를 유발하여 소자 특성을 저하시키기는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 이와 같은 문제점을 감안한 것으로써, 본 발명의 일 목적은 개선된 표면 거칠기를 갖는 광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 목적을 달성하기 위한 광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법에 따르면, 기판 상에 제1 굴절율을 갖는 제1 물질로 이루어지며 그 상부에 요철을 갖는 광 기능성 패턴을 형성하고, 상기 광 기능성 패턴 상에, 상기 제1 굴절율과 다른 제2 굴절율을 갖는 제2 물질로 이루어지고 평탄화된 상부면을 갖는 평탄화층을 형성한다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 굴절율 및 상기 제2 굴절율의 차이는 0.2 이상일 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 광 기능성 패턴 및 상기 평탄화층 중 어느 하나는 SOG 물질을 포함하고, 나머지 하나는 나노 파티클이 분산된 고분자 유기 물질을 포함할 수 있다. 여기서, 상기 나노 파티클은 티타늄 산화물 또는 지르코늄 산화물을 포함할 수 있다. 또한, 상기 나노 파티클이 분산된 고분자 유기 물질을 포함하는 상기 나머지 하나에 대하여 어닐링 공정을 수행하여 상기 나머지 하나의 경도를 증가시킬 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 광 기능성 패턴은 상기 제1 물질로 이루어지고 액상을 갖는 물질에 대하여 상기 요철에 대응되는 형상을 갖는 스탬프를 이용하는 핫 엠보싱 공정으로 이루어질 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 광 기능성 패턴은 상기 제1 물질로 이루어지고 액상을 갖는 물질에 대하여 상기 요철에 대응되는 형상을 갖는 몰드를 이용하는 임프린트 공정 및 전사 공정으로 이루어질 수 있다.

발명의 효과

[0017] 상술한 경우 평탄화층과 광 기능성 패턴을 형성함으로써 상기 평탄화층 및 상기 광 기능성 패턴의 굴절률 차이로 인하여 광학적 기능은 유지하면서 개선된 거칠기가 구현될 수 있다. 따라서, 감소된 거칠기를 갖는 광 기능성 패턴 구조물이 소자에 적용될 경우, 상기 태양 전지 또는 유기 발광 소자와 같은 광전자 소자의 특성 저하 없이 내부에 적용할 수 있다. 나아가, 상기 광 기능성 패턴의 광학적 기능에 의해 광전자 소자의 효율을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도들이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도들이다.

도 3은 티타늄 산화물의 분산량에 따른 SOG 물질의 굴절율의 변화를 설명하기 위한 그래프이다.

도 4는 티타늄 산화물의 분산량에 따른 SOG 물질에 대한 어닐링 공정 전 후에 대한 경도를 설명하기 위한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 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 포함되는 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.

[0020] 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.

[0021] 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.

[0022] 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.

[0023] **광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법**

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도들이다.

[0025] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법에 있어서, 필름 상에 고굴절 물질층을 형성한다. 상기 고굴절 물질층은 고굴절 물질로 이루어 질 수 있다. 예를 들면, 상기 고굴절 물질층은 나노 파티클이 분산된 고분자 유기 물질로 이루어질 수 있다. 상기 나노 파티클은 티타늄 산화물, 구리 산화물, 주석 산화물, 실리콘 산화물 또는 지르코늄 산화물을 포함할 수 있다. 이때, 상기 고굴절 물질층은 일정 이상의 점도를 유지할 수 있다. 상기 나노 파티클의 분산량에 따라 상기 고굴절 물질층의 굴절율이 제어될 수 있다. 예를 들면, 상기 나노 파타클의 분산량이 증가할수록 상기 고굴절 물질층은 증가된 굴절율을 가질 수 있

다.

[0026] 이후, 상기 고굴절 물질층에 대하여 요철 형상을 갖는 스탬프로 가압하여 상기 요철 형상에 의하여 그 상부에 요철을 갖는 광 기능성 패턴이 형성된다. 이때 상기 고굴절 물질층을 가열하여 상기 고굴절 물질층이 경화된다. 따라서, 상기 필름 상에 그 상부에 요철을 갖는 상기 광 기능성 패턴이 형성될 수 있다.

[0027] 상기 요철은 원형 기둥 형상, 다각형 기둥 형상, 스트라이프 형상 등과 같은 다양한 형상을 가질 수 있다.

[0028] 이후, 상기 스탬프를 상기 광 기능성 패턴으로부터 제거한 후, 상기 광 기능성 패턴 상에 저굴절 소재로 이루어진 저굴절 물질층을 형성한다. 상기 저굴절 물질층은 고분자 물질로 이루어질 수 있다. 상기 저굴절 물질층은 SOG(Spin on glass) 물질로 이루어 질 수 있다.상기 SOG 물질은 예를 들면, 실리케이트(silicate), 실록산(siloxane), 메틸 실세퀴옥산 (methylsilsequioxane(MSQ)), 하이드로겐 실세퀴옥산 (hydrogen silsequioxane(HSQ)), 퍼하이드로폴리실라잔(perhydropolysilazane ((SiH2NH)n)), 폴리실라잔(polysilazane) 또는 이들의 혼합물로 이루어질 수 있다.

[0029] 상기 저굴절 물질층은 예를 들면 스핀 코팅 공정을 통하여 형성될 수 있다. 상기 스핀 코팅 공정에 따르면, 액상의 SOG 물질을 500 내지 7,000rmp의 회전 속도로 10 내지 30 초간 공정이 수행될 수 있다. 또한 상기 SOG 물질의 점도는 적절히 조절될 수 있다.

[0030] 이어서, 평탄한 하부면을 갖는 프레스로 상기 저굴절 물질층을 가압함에 따라 상기 광 기능성 패턴 상에 평탄화층이 형성된다. 이때 상기 저굴절 물질층에 대하여 열 또는 자외선을 인가함으로써 상기 저굴절 물질층을 경화시킬 수 있다.

[0031] 이로써 필름 상에 광 기능성 패턴 및 평탄화층이 순차적으로 적층된 광 기능성 패턴 구조물이 제조될 수 있다.

[0032] 한편, 상기 고굴절 물질층 및 상기 저굴절 물질층의 순서 또는 상하는 서로 역전될 수 있다.

[0033] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 나노 파티클이 분산된 고분자 유기 물질을 포함하는 광 기능성 패턴에 대하여 어닐링 공정이 추가적으로 수행될 수 있다. 상기 어닐링 공정을 통하여 상기 광 기능성 패턴의 경도가 증가할 수 있다.

[0034] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 광 기능성 패턴 구조물의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도들이다.

[0035] 도 2를 참조하면, 몰드 상에 고굴절 물질층을 형성한다. 상기 고굴절 물질층은 고굴절 물질로 이루어 질 수 있다. 예를 들면, 상기 고굴절 물질층은 나노 파티클이 분산된 고분자 유기 물질로 이루어질 수 있다. 상기 나노 파티클은 티타늄 산화물, 구리 산화물, 주석 산화물, 실리콘 산화물 또는 지르코늄 산화물을 포함할 수 있다. 이때, 상기 고굴절 물질층은 일정 이상의 점도를 유지할 수 있다. 또한 상기 몰드는 PDMS 물질로 이루어질 수 있다. 또한 상기 몰드의 상부 표면에는 요철이 형성된다. 상기 요철은 후속하여 형성되는 광 기능성 패턴의 요철에 대응되는 형상을 갖는다.

[0036] 한편, 상기 고굴절 물질층은 스핀 코팅 공정을 통하여 형성될 수 있다.

[0037] 이어서, 상기 고굴절 물질층을 기판에 전사함으로써 상기 기판 상에 광 기능성 패턴이 형성된다. 즉, 상기 고굴절 물질층과 상기 기판을 마주보도록 배치한 후, 상기 몰드를 제거함으로써 상기 기판 상에 그 상부에 요철이 형성된 광 기능성 패턴이 형성된다. 상기 기판은 유리 기판 일 수 있다.

[0038] 이후, 상기 광 기능성 패턴 상에 저굴절 물질층을 형성한다. 상기 저굴절 물질층은 스핀 코팅 공정을 통하여 형성될 수 있다. 상기 저굴절 물질층은 고분자 물질로 이루어질 수 있다. 상기 저굴절 물질층은 SOG(Spin on glass) 물질로 이루어 질 수 있다.상기 SOG 물질은 예를 들면, 실리케이트(silicate), 실록산(siloxane), 메틸 실세퀴옥산 (methylsilsequioxane(MSQ)), 하이드로겐 실세퀴옥산 (hydrogen silsequioxane(HSQ)), 퍼하이드로폴리실라잔(perhydropolysilazane ((SiH2NH)n)), 폴리실라잔(polysilazane) 또는 이들의 혼합물로 이루어질 수 있다.

[0039] 이후, 상기 저굴절 물질층에 대하여 평탄화된 하면을 갖는 스탬프로 가압하여 상기 광 기능성 패턴 상에 평탄화층이 형성된다. 이때 상기 저굴절 물질층을 가열 또는 자외선을 조사하여 평탄화층이 형성될 수 있다.

[0040] 이로써 유리 기판 상에 광 기능성 패턴 및 평탄화층이 순차적으로 적층된 광 기능성 패턴 구조물이 제조될 수 있다.

[0041] 한편, 상기 고굴절 물질층 및 상기 저굴절 물질층의 순서 또는 상하는 서로 역전될 수 있다.

[0042] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 나노 파티클이 분산된 고분자 유기 물질을 포함하는 광 기능성 패턴에 대하여 어닐링 공정이 추가적으로 수행될 수 있다. 상기 어닐링 공정을 통하여 상기 광 기능성 패턴의 경도가 증가할 수 있다.

[0043] 도 3은 티타늄 산화물의 분산량에 따른 SOG 물질의 굴절율의 변화를 설명하기 위한 그래프이다.

[0044] 도 3을 참조하면, SOG 물질 내에 티타늄 옥사이드로 이루어진 나노 파티클이 분산된 고굴절율 물질의 굴절율을 측정하였다. 도시된 바와 같이 나노 파티클의 분산량이 증가할수록 고굴절율 물질의 굴절율이 증가함을 확인할 수 있다.

[0045] 도 4는 티타늄 산화물의 분산량에 따른 SOG 물질에 대한 어닐링 공정 전 후에 대한 경도를 설명하기 위한 그래프이다.

[0046] 도 4를 참조하면, SOG 물질 내에 티타늄 옥사이드로 이루어진 나노 파티클이 분산된 고굴절율 물질의 경도를 측정하였다. 도시된 바와 같이 상기 고굴절율 물질에 대한 어닐링 공정이 수행될 경우, 경도가 증가함을 확인할 수 있다.

[0047] 상기 광 기능성 구조물이 유기 발광 소자에 적용될 경우, 상기 광 기능성 패턴은 전자 수송층 또는 정공 수송층에 해당할 수 있다. 이로써 서로 다른 굴절율을 갖는 상기 광 기능성 패턴 및 평탄화층을 포함하는 광 기능성 패턴 구조물은 우수한 표면 평탄도(낮은 표면 거칠기)를 가지는 동시에 서로 다른 굴절율을 가짐에 따라 상기 유기발광 소자는 우수한 광추출 효율을 가져 소자의 광학적 특성 및 전기적 특성을 개선할 수 있다.

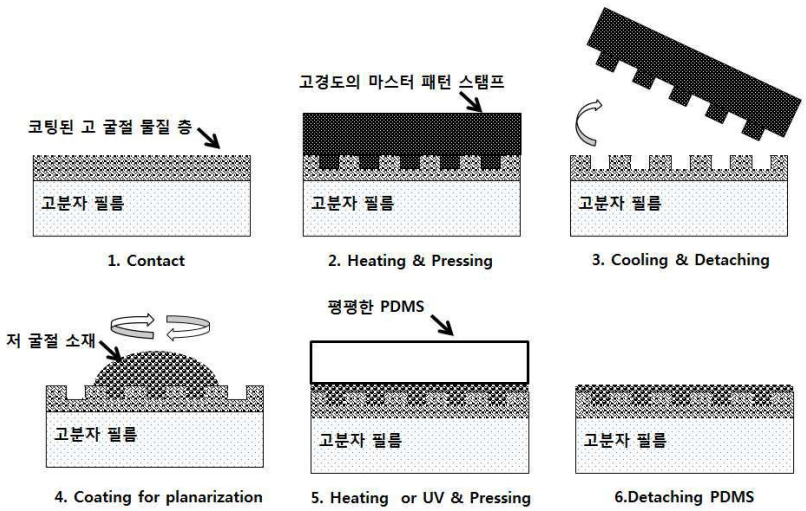
산업상 이용가능성

[0048] 본 발명의 실시예들에 따른 광 기능성 구조물의 제조 방법은 유기 발광 소자, 박막 태양 전지에 적용될 수 있다.

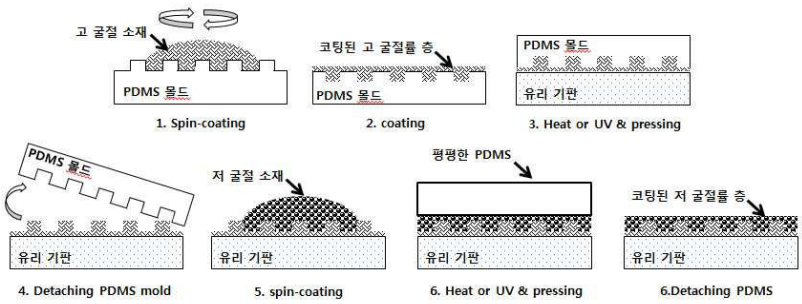
[0049] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

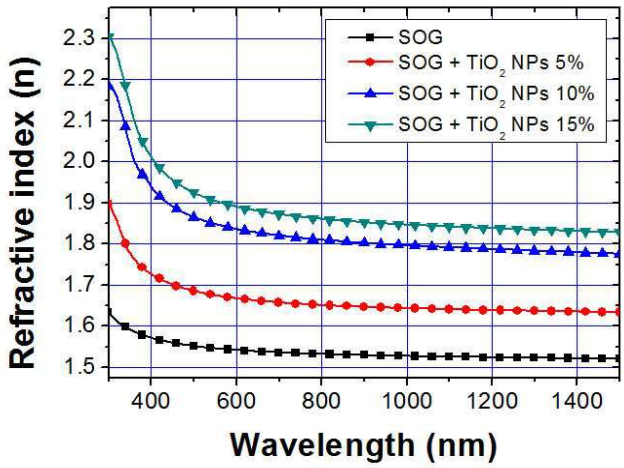
도면1



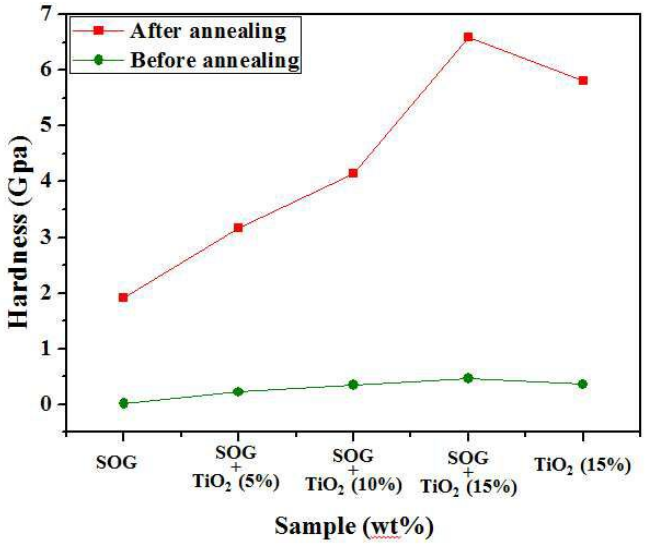
도면2


고 굴절 소재
PDMS 몰드
1. Spin-coating
코팅된 고 굴절률 층
PDMS 몰드
2. coating
PDMS 몰드
유리 기판
3. Heat or UV & pressing
PDMS 몰드
유리 기판
4. Detaching PDMS mold
저 굴절 소재
유리 기판
5. spin-coating
평평한 PDMS
유리 기판
6. Heat or UV & pressing
코팅된 저 굴절률 층
유리 기판
6.Detaching PDMS

도면3


Refractive index (n)
Wavelength (nm)
SOG
SOG + TiO2 NPs 5%
SOG + TiO2 NPs 10%
SOG + TiO2 NPs 15%
2.3
2.2
2.1
2.0
1.9
1.8
1.7
1.6
1.5
400
600
800
1000
1200
1400

도면4


Hardness (Gpa)
Sample (wt%)
After annealing
Before annealing
7
6
5
4
3
2
1
0
SOG
SOG + TiO2 (5%)
SOG + TiO2 (10%)
SOG + TiO2 (15%)
TiO2 (15%)