(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0123589
(43) 공개일자 2024년08월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B32B 18/00 (2006.01) *B32B 7/023* (2019.01)
(52) CPC특허분류
B32B 18/00 (2021.01)
B32B 7/023 (2019.01)
(21) 출원번호 10-2023-0016120
(22) 출원일자 2023년02월07일
심사청구일자 2023년02월07일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
류한열
서울특별시 마포구 상암산로1길 92, 713동 202호(상암동, 상암월드컵파크 7단지)
이보해
인천광역시 미추홀구 경인남길 226, 202호(용현동)
(74) 대리인
양성보

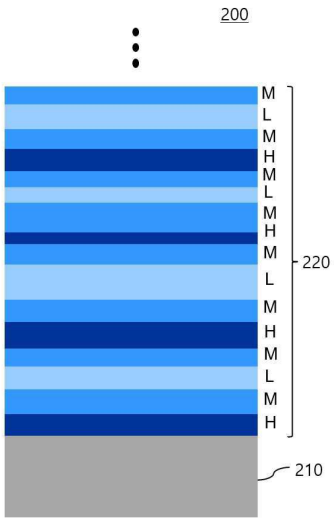
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **고반사 다층 박막 구조체 및 그의 제조 방법**

(57) 요 약

다양한 실시예들은 넓은 입사 각도와 파장 대역에 대해서 고반사율을 얻기 위한 고반사 다층 박막 구조체 및 그의 제조 방법을 제공한다. 다양한 실시예들에 따르면, 고반사 다층 박막 구조체는 상이한 굴절률들을 각각 갖는 적어도 세 개의 그룹들로 각각 구분되는 물질층들을 포함할 수 있다. 물질층들은 그룹들의 각각에 대해 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층들을 포함할 수 있다. 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층들은 고반사 다층 박막 구조체에서의 위치들에 따라 비주기적으로 변화하는 상이한 두께들을 각각 가질 수 있다.

대 표 도 - 도5



(52) CPC특허분류
B32B 2250/03 (2013.01)
B32B 2307/416 (2013.01)
B32B 2307/418 (2013.01)
B32B 2309/105 (2013.01)
B32B 2457/12 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711173195
과제번호 2022M3I8A2078705
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 원천기술개발사업
연구과제명 III-V족 화합물반도체 기반 고효율 우주용 태양전지 구조 설계 연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 한국과학기술연구원
연구기간 2022.04.20 ~ 2022.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345353993
과제번호 2022R1A6A1A03051705
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 중점연구소
연구과제명 [Ezbaro] 3D 나노융합소자 연구 센터
기 여 율 1/2
과제수행기관명 인하대학교
연구기간 2022.06.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

고반사 다층 박막 구조체에 있어서,

상이한 굴절률들을 각각 갖는 적어도 세 개의 그룹들로 각각 구분되는 물질층들을 포함하고,

상기 물질층들은,

상기 그룹들의 각각에 대해 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층들을 포함하는,

고반사 다층 박막 구조체.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 물질층들은,

비주기적으로 적층되는,

고반사 다층 박막 구조체.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 상이한 굴절률들 사이의 차이는 0.2 이상인,

고반사 다층 박막 구조체.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 동일한 굴절률을 갖는 상기 복수의 물질층들은 상기 고반사 다층 박막 구조체에서의 위치들에 따라 비주기적으로 변화하는 상이한 두께들을 각각 갖는,

고반사 다층 박막 구조체.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 상이한 두께들은 각각 5 nm 이상이고 500 nm 이하인,

고반사 다층 박막 구조체.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 물질층들의 전체 층 수는 10 개 이상인,

고반사 다층 박막 구조체.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 물질층들은,

제 1 굴절률을 갖는 복수의 제 1 물질층들;

상기 제 1 굴절률과 다른 제 2 굴절률을 갖는 복수의 제 2 물질층들; 및

상기 제 1 굴절률 및 상기 제 2 굴절률과 다른 제 3 굴절률을 갖는 복수의 제 3 물질층들

을 포함하고,

상기 제 1 물질층들, 상기 제 2 물질층들, 및 상기 제 3 물질층들은 비주기적으로 적층되는,

고반사 다층 박막 구조체.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 물질층들은,

상기 제 1 굴절률, 상기 제 2 굴절률, 및 상기 제 3 굴절률과 다른 굴절률을 갖는 적어도 하나의 그룹의 복수의 추가 물질층들

을 더 포함하고,

상기 추가 물질층들은 상기 제 1 물질층들, 상기 제 2 물질층들, 및 상기 제 3 물질층들과 함께 비주기적으로 적층되는,

고반사 다층 박막 구조체.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 고반사 다층 박막 구조체는 발광 다이오드 또는 태양전지 중 적어도 하나에 적용되는,

고반사 다층 박막 구조체.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 동일한 굴절률을 갖는 상기 복수의 물질층들은 SiO_2, Si_3N_4, AlN, Al_2O_3, TiO_2, ZrO_2, MnO, HfO_2, 또는 Ta_2O_5 중 하나로 이루어지는,

고반사 다층 박막 구조체.

청구항 11

고반사 다층 박막 구조체의 제조 방법에 있어서,

상이한 굴절률들을 각각 갖는 적어도 세 개의 그룹들로 각각 구분되는 물질층들을 적층하는 단계

를 포함하고,

상기 물질층들은,

상기 그룹들의 각각에 대해 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층들을 포함하는,

고반사 다층 박막 구조체의 제조 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 물질층들은,

비주기적으로 적층되는,

고반사 다층 박막 구조체의 제조 방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 동일한 굴절률을 갖는 상기 복수의 물질층들은 상기 고반사 다층 박막 구조체에서의 위치들에 따라 비주기적으로 변화하는 상이한 두께들을 각각 갖는,

고반사 다층 박막 구조체의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 다양한 실시예들은 고반사 다층 박막 구조체 및 그의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 고반사율을 얻기 위한 광학 다층 박막 구조로는 상이한 굴절률들을 각각 갖는 두 가지의 물질층들을 교대로 적층한 분산 브래그 반사경 (distributed bragg reflector; DBR) 구조체가 주로 이용되고 있다. 이 때, 두 가지의 물질층들은 특정 두께들로 형성되며, 동일한 굴절률의 물질층들은 동일한 두께로 형성된다. 그런데, 분산 브래그 반사경 구조체에서는, 입사 각도가 증가함에 따라, 즉, 입사각도가 수직에서 벗어남에 따라, 반사율이 감소되고, 고반사율이 유지되는 파장 대역도 감소된다. 따라서, 분산 브래그 반사경 구조체에서는, 평균적인 반사율이 충분히 높지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 다양한 실시예들은, 넓은 입사 각도와 파장 대역에 대해서 고반사율을 얻기 위한 고반사 다층 박막 구조체 및 그의 제조 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0004] 다양한 실시예들은 고반사 다층 박막 구조체는 상이한 굴절률들을 각각 갖는 적어도 세 개의 그룹들로 각각 구

분되는 물질층들을 포함하고, 상기 물질층들은 상기 그룹들의 각각에 대해 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층들을 포함할 수 있다.

[0005] 다양한 실시예들은 고반사 다층 박막 구조체의 제조 방법은 상이한 굴절률들을 각각 갖는 적어도 세 개의 그룹들로 각각 구분되는 물질층들을 적층하는 단계를 포함하고, 상기 물질층들은 상기 그룹들의 각각에 대해 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층들을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0006] 다양한 실시예들에 따르면, 다양한 실시예들에 따르면, 고반사 다층 박막 구조체는 상이한 굴절률들을 각각 갖는 적어도 세 개의 그룹들로 각각 구분되는 물질층들을 적층하여 구현됨으로써, 일반적인 분산 브래그 반사경 구조에 비해, 더 넓은 입사 각도와 파장 대역에서 높은 평균 반사율을 나타낼 수 있다. 보다 상세하게는, 고반사 다층 박막 구조체는 ±80° 이상의 범위에 해당하는 입사 각도 및 100 nm 이상의 범위에 해당하는 파장 대역에서 90 % 이상의 평균 반사율을 얻을 수 있다. 따라서, 고반사 다층 박막 구조체는 LED 또는 태양전지에 중 적어도 하나에 적용되어, 효율 향상에 기여할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1 은 일반적인 분산 브래그 반사경 구조체를 도시하는 도면이다.

도 2는 도 1의 분산 브래그 반사경 구조체의 입사 각도에 따른 반사 스펙트럼을 나타내는 도면이다.

도 3은 일반적인 백색 LED의 파장 스펙트럼에 대한 도 1의 분산 브래그 반사경 구조체에서의 평균 반사율을 나타내는 도면들이다.

도 4는 제 1 실시예에 따른 고반사 다층 박막 구조체를 도시하는 도면이다.

도 5는 제 2 실시예에 따른 고반사 다층 박막 구조체를 도시하는 도면이다.

도 6은 도 1의 분산 브래그 반사경 구조체와 도 4의 고반사 다층 박막 구조체에서의 평균 반사율들을 나타내는 도면이다.

도 7은 도 4의 고반사 다층 박막 구조체와 도 5의 고반사 다층 박막 구조체에서의 입사 각도와 파장에 따른 반사율들을 각각 나타내는 도면이다.

도 8은 제 4의 고반사 다층 박막 구조체와 도 5의 고반사 다층 박막 구조체에서의 평균 반사율들을 나타내는 도면이다.

도 9a, 도 9b, 도 9c, 및 도 9d는 제 2 실시예에 따른 고반사 다층 박막 구조체의 변형 예들을 도시하는 도면이다.

도 10은 제 3 실시예에 따른 고반사 다층 박막 구조체를 도시하는 도면이다.

도 11은 제 4 실시예에 따른 고반사 다층 박막 구조체를 도시하는 도면이다.

도 12는 다양한 실시예들에 따른 고반사 다층 박막 구조체의 제조 방법을 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 이하, 본 문서의 다양한 실시예들이 첨부된 도면을 참조하여 설명된다.

[0010] 도 1은 일반적인 분산 브래그 반사경 구조체(DBR)(10)를 도시하는 도면이다.

[0011] 도 1을 참조하면, 분산 브래그 반사경 구조체(10)는 기판(11) 및 기판(11) 상에서 적층되는 물질층들(12)을 포함할 수 있다. 물질층들(12)은 상이한 굴절률(n_H, n_L)들을 각각 갖는 두 개의 그룹들로 각각 구분되며, 그룹들의 각각에 대해 동일한 굴절률(n_H, n_L)을 갖는 복수의 물질층(H, L)들을 포함할 수 있다. 바꿔 말하면, 물질층들(12)은 상대적으로 높은 제 1 굴절률(n_H)을 갖는 복수의 제 1 물질층(H)들과 상대적으로 낮은 제 2 굴절률(n_L)을 갖는 복수의 제 2 물질층(L)들을 포함하며, 제 1 물질층(H)들과 제 2 물질층(L)들은 교대로, 즉, 주기적으로 적층될 수 있다. 이 때, 제 1 물질층(H)들은 미리 정해진 제 1 두께를 갖고, 제 2 물질층(L)들은 미리 정해진 제

2 두께를 가질 수 있다. 이러한 분산 브래그 반사경 구조체(10)에 대해 λ_0의 파장을 갖는 빛이 수직으로 입사된다고 하면, 제 1 두께 및 제 2 두께가 각각 $\lambda_0/4n_H$ 및 $\lambda_0/4n_L$ 일 때, 매우 높은 반사율을 얻을 수 있다. 일반적으로 제 1 굴절률(n_H)과 제 2 굴절률(n_L)의 차이가 클수록, 그리고 분산 브래그 반사경 구조체(10)에서의 전체 층 수가 많을수록, 수직 방향으로 높은 반사율을 얻을 수 있다.

[0012] 이와 같이, 분산 브래그 반사경 구조체(10)는 특정 파장과 입사 각도에서 99.9% 이상의 높은 반사율을 얻을 수 있기 때문에, 레이저 공진기의 반사경으로 주로 활용되어 왔는데, 최근에는 LED와 태양전지 구조에도 활용되고 있다. LED에서는 활성층에서 방출된 빛 중에서 상부로 빠져나가지 못하고 하부로 진행하는 빛을 분산 브래그 반사경 구조체(10)를 통해 상부로 반사시킴으로써, 광 추출 효율을 향상시킬 수 있다. 한편, 태양전지에서는 내부에서 충분히 흡수되지 않고 투과되는 태양광을 분산 브래그 반사경 구조체(10)를 통해 반사시켜 재흡수가 되도록 함으로써, 효율을 향상시킬 수 있다.

[0013] 도 2는 도 1의 분산 브래그 반사경 구조체(10)의 입사 각도(Θ)에 따른 반사 스펙트럼을 나타내는 도면이다.

[0014] 도 2를 참조하면, 분산 브래그 반사경 구조체(10)의 입사 각도(Θ)에 따른 반사 스펙트럼이 측정되었다. 물질층들(12)의 전체 층 수가 10 개이고, 제 1 물질층(H)들과 제 2 물질층(L)들이 교대로 적층되었다. 여기서, 제 1 물질층(H)은 TiO_2로 이루어지고 제 1 굴절률(n_H)은 2.35이며, 제 2 물질층(L)은 SiO_2로 이루어지고 그의 굴절률(n_L)은 1.45이다. 아울러, 입사되는 빛의 파장(λ_0)은 565 nm이고, 이로써, 제 1 두께는 60.1 nm이고, 제 2 두께는 97.4 nm이다. 이러한 분산 브래그 반사경 구조체(10)에서는, 입사 각도(Θ)가 증가함에 따라, 즉, 입사 각도(Θ)가 수직에서 벗어남에 따라, 반사율이 감소하고, 고반사율이 유지되는 파장 대역도 감소되었다. 입사 각도(Θ)가 30°가 되면, 반사율이 90 % 이상인 고반사율의 파장 대역이 절반 이하로 감소되었고, 입사 각도(Θ)가 45°가 되면, 최고 반사율이 70 %이하로 감소되었다.

[0015] 따라서, LED나 태양전지에서는 분산 브래그 반사경 구조체(10)로 입사하는 파장 대역이 수백 nm 이상으로 매우 넓고 빛의 입사 각도도 다양하다. 그러나, 분산 브래그 반사경 구조체(10)를 LED나 태양전지의 반사층으로 활용할 경우에는 넓은 입사 각도와 파장 대역에 대해 높은 반사율을 얻기 힘들게 되어 평균 반사율은 충분히 높지 않을 수 있다. 입사되는 빛의 파장 스펙트럼과 입사 각도를 고려한 평균 반사율은 하기 [수학식 1]과 같이 정의될 수 있다. 여기서, S(λ)는 입사되는 빛의 스펙트럼 분포를 나타내고, R(Θ, λ)는 분산 브래그 반사경 구조체(10) 반사층에서의 입사 각도와 파장에 따른 반사율을 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0016]
$$R_{average} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2}\int_{\Omega} R(\theta,\lambda)S(\lambda)d\Omega d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2}\int_{\Omega} S(\lambda)d\Omega d\lambda} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2}\int_{\theta_1}^{\theta_2} R(\theta,\lambda)S(\lambda)d\theta d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2}\int_{\theta_1}^{\theta_2} S(\lambda)d\theta d\lambda} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2}\int_{\theta_1}^{\theta_2} R(\theta,\lambda)S(\lambda)d\theta d\lambda}{(\theta_2-\theta_1)\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S(\lambda)d\lambda}$$

[0017] 도 3은 일반적인 백색 LED의 파장 스펙트럼에 대한 도 1의 분산 브래그 반사경 구조체(10)에서의 평균 반사율을 나타내는 도면들이다. 도 3에서, (a)는 일반적인 백색 LED의 파장 스펙트럼을 나타내고, (b)는 (a)와 같은 파장 스펙트럼에 대한 분산 브래그 반사경 구조체(10)에서의 평균 반사율을 나타낸다.

[0018] 도 3을 참조하면, 도 3의 (a)에 도시된 바와 같은 일반적인 백색 LED의 파장 스펙트럼에 대해서 입사 각도가 Θ_1=0°에서 Θ_2=90°까지일 때, 분산 브래그 반사경 구조체(10)에서 제 1 물질층(H)과 제 2 물질층(L)의 페어 수에 따른 평균 반사율이 측정되었다. 여기서, 제 1 물질층(H)은 TiO_2로 이루어지고 제 1 굴절률(n_H)은 2.35이며, 제 2 물질층(L)은 SiO_2로 이루어지고 그의 굴절률(n_L)은 1.45이다. 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이, 초기에는 페어 수가 증가할수록 평균 반사율은 증가하였고, 페어 수가 6 개 이상이 되면 평균 반사율은 86 % 정도로 제한되었다. 이는 중심 파장에서 수직 입사할 때의 99.9% 이상의 반사율에 비해 크게 낮은 값이다. 따라서, LED와 같은 광소자에 분산 브래그 반사경 구조(10)를 적용하기 위해서는 입사되는 빛의 입사 각도와 파장 대역을 고려하여 평균 반사율을 향상시킬 수 있는 새로운 고반사 다층 박막 구조체가 요구된다.

[0020] 도 4는 제 1 실시예에 따른 고반사 다층 박막 구조체(100)를 도시하는 도면이다.

[0021] 도 4를 참조하면, 고반사 다층 박막 구조체(100)는 기판(110) 및 기판(110) 상에서 적층되는 물질층들(120)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 물질층들(120)의 전체 층 수는 10 개 이상일 수 있다.

[0022] 물질층들(120)은 상이한 굴절률들을 각각 갖는 두 개의 그룹들로 각각 구분되며, 그룹들의 각각에 대해 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층(H, L)들을 포함할 수 있다. 여기서, 상이한 굴절률들 사이의 차이는 0.2 이상일 수 있다. 구체적으로, 물질층들(120)은 상대적으로 가장 높은 제 1 굴절률을 갖는 복수의 제 1 물질층(H)들 및 상대적으로 가장 낮은 제 2 굴절률을 갖는 복수의 제 2 물질층(L)들을 포함하며, 제 1 물질층(H)들 및 제 2 물질층(L)들은 교대로, 즉, 주기적으로 적층될 수 있다. 예를 들어, 제 1 물질층(H)은 TiO_2로 이루어지고 제 1 굴절률(n_H)은 2.35이며, 제 2 물질층(L)은 SiO_2로 이루어지고 그의 굴절률(n_L)은 1.45일 수 있다.

[0023] 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층(H, L)은 고반사 다층 박막 구조체(100)에서의 위치들에 따라 비주기적으로 변화하는 상이한 두께들을 가질 수 있다. 즉, 제 1 물질층(H)들 중 적어도 두 개의 두께들이 서로 다를 수 있으며, 제 2 물질층(L)들도 마찬가지일 수 있다. 이 때, 물질층들(120)의 두께들은 고반사 다층 박막 구조체(100)에서의 평균 반사율이 최대가 되도록 하는 최적화 알고리즘, 예컨대, PSO(particle swarm optimization) 알고리즘을 적용하여 결정될 수 있다.

[0024] 도 5는 제 2 실시예에 따른 고반사 다층 박막 구조체(200)를 도시하는 도면이다.

[0025] 도 5를 참조하면, 고반사 다층 박막 구조체(200)는 기판(210) 및 기판(210) 상에서 적층되는 물질층들(220)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 물질층들(220)의 전체 층 수는 10 개 이상일 수 있다.

[0026] 물질층들(220)은 상이한 굴절률들을 각각 갖는 세 개의 그룹들로 각각 구분되며, 그룹들의 각각에 대해 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층(H, M, L)들을 포함할 수 있다. 그리고, 물질층들(220)은 비주기적으로 적층될 수 있다. 여기서, 상이한 굴절률들 사이의 차이는 0.2 이상일 수 있다. 구체적으로, 물질층들(220)은 상대적으로 가장 높은 제 1 굴절률을 갖는 복수의 제 1 물질층(H)들, 상대적으로 중간의 제 2 굴절률을 갖는 복수의 제 2 물질층(M)들, 및 상대적으로 가장 낮은 제 3 굴절률을 갖는 복수의 제 3 물질층(L)들을 포함하며, 제 1 물질층(H)들, 제 2 물질층(M)들, 및 제 3 물질층(L)들은 비주기적으로 적층될 수 있다. 일 예로, 도시된 바와 같이, 제 1 물질층(H)과 제 3 물질층(L)의 사이에 제 2 물질층(M)이 배치되도록, 제 1 물질층(H), 제 2 물질층(M), 제 3 물질층(L), 및 제 2 물질층(M)의 어셈블리(HMLM)가 반복될 수 있다.

[0027] 제 1 물질층(H)들, 제 2 물질층(M)들, 및 제 3 물질층(L)들의 각각은 SiO_2, Si_3N_4, AlN, Al_2O_3, TiO_2, ZrO_2, MnO, HfO_2, 또는 Ta_2O_5 중 하나로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 제 1 물질층(H)들이 TiO_2로 이루어져 제 1 굴절률이 2.35이며, 제 3 물질층(L)들이 SiO_2로 이루어져 제 3 굴절률이 1.45인 경우, 제 2 물질층(M)들은 Al_2O_3로 이루어져 제 2 굴절률이 1.75이거나, HfO_2로 이루어져 제 2 굴절률이 1.9이거나, Si_3N_4로 이루어져 제 2 굴절률이 2.0이거나, Ta_2O_5로 이루어져 제 2 굴절률이 2.1이거나, 또는 ZrO_2로 이루어져 제 2 굴절률이 2.15일 수 있다.

[0028] 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층(H, M, L)들은 고반사 다층 박막 구조체(200)에서의 위치들에 따라 비주기적으로 변화하는 상이한 두께들을 가질 수 있다. 여기서, 상이한 두께들은 각각 5 nm 이상이고 50 nm 이하일 수 있다. 즉, 제 1 물질층(H)들 중 적어도 두 개의 두께들이 서로 다를 수 있으며, 제 2 물질층(M)들 및 제 3 물질층(L)들도 마찬가지일 수 있다. 이 때, 물질층들(220)의 두께들은 고반사 다층 박막 구조체(200)에서의 평균 반사율이 최대가 되도록 하는 최적화 알고리즘, 예컨대, PSO 알고리즘을 적용하여 결정될 수 있다.

[0029] 일 실시예에 따르면, 고반사 다층 박막 구조체(200)는 상이한 굴절률들을 각각 갖는 세 개의 그룹들로 각각 구분되는 물질층들(220)을 적층하여 구현됨으로써, 일반적인 분산 브래그 반사경 구조(10)에 비해, 더 넓은 입사각도와 파장 대역에서 높은 평균 반사율을 나타낼 수 있다. 따라서, 고반사 다층 박막 구조체(200)는 LED 또는 태양전지에 중 적어도 하나에 적용되어, 효율 향상에 기여할 수 있다.

[0030] 도 6은 도 1의 분산 브래그 반사경 구조체(10)와 도 4의 고반사 다층 박막 구조체(100)에서의 평균 반사율들을 나타내는 도면이다.

[0031] 도 6을 참조하면, 도 2 및 도 3에서와 동일한 조건들 하에서, 분산 브래그 반사경 구조체(10)와 고반사 다층 박막 구조체(100)에서의 제 1 물질층(H)과 제 2 물질층(L)의 페어 수에 따른 평균 반사율들이 각각 측정되었다. 분산 브래그 반사경 구조체(10)와 고반사 다층 박막 구조체(100)의 각각에서, 제 1 물질층(H)은 TiO_2로 이루어

지고 제 1 굴절률(n_H)은 2.35이며, 제 2 물질층(L)은 SiO_2로 이루어지고 그의 굴절률(n_L)은 1.45이다. 분산 브래그 반사경 구조체(10)에서의 평균 반사율은 도 3의 (b)에 도시된 바와 동일하였다. 고반사 다층 박막 구조체(100)의 물질층들(120)의 두께들을 최적화하기 위해 PSO 알고리즘이 적용되었다. 결과적으로, 분산 브래그 반사경 구조체(10)에서는 페어 수가 10 개까지 증가됨에 따라, 86 %의 평균 반사율을 얻을 수 있었으나, 고반사 다층 박막 구조체(100)에서는 페어 수가 10 개까지 증가됨에 따라, 92 %의 평균 반사율을 얻을 수 있었다. 그런데, 92 %의 평균 반사율은 여전히 8 %의 무시할 수 없는 광손실이 발생한다는 것을 의미한다.

[0032] 도 7은 도 4의 고반사 다층 박막 구조체(100)와 도 5의 고반사 다층 박막 구조체(200)에서의 입사 각도와 파장에 따른 반사율들을 각각 나타내는 도면이다. 도 7에서, (a)는 고반사 다층 박막 구조체(100)에서의 반사율을 나타내고, (b)는 고반사 다층 박막 구조체(200)에서의 반사율을 나타낸다.

[0033] 도 7을 참조하면, 고반사 다층 박막 구조체(100)와 고반사 다층 박막 구조체(100)의 입사 각도와 파장에 따른 반사율들이 각각 측정되었다. 고반사 다층 박막 구조체(100)에서는 제 1 굴절률이 2.35이고, 제 2 굴절률이 1.45인 한편, 고반사 다층 박막 구조체(100)에서는 제 1 굴절률이 2.35이고, 제 2 굴절률이 1.9이며, 제 3 굴절률이 1.45이다. 두 경우들 모두에서 페어 수는 10 개이다. 입사되는 빛의 파장 스펙트럼으로서 도 3의 (a)에 도시된 바와 같은 일반적인 백색 LED의 파장 스펙트럼이 사용되었고, 입사 각도의 범위는 0° 내지 90°였다. 또한, 두 경우 모두에서 물질층들(120, 220)의 두께들을 최적화하기 위해 PSO 알고리즘이 적용되었다. 고반사 다층 박막 구조체(100)와 고반사 다층 박막 구조체(200)은 모두 전반적으로 넓은 파장 대역과 입사 각도의 영역에서 높은 반사율을 나타낸다. 그런데, 고반사 다층 박막 구조체(100)의 경우, 40° 내지 60°의 영역에서 반사율이 다소 감소되었다. 이에 반해, 고반사 다층 박막 구조체(200)의 경우, 40° 내지 60°의 영역에서도 높은 반사율을 나타낸다. 이는 고반사 다층 박막 구조체(200)가 보다 많은 그룹들의 물질층들(220)을 포함함에 따라, 고반사 특성이 보다 개선되었음을 의미한다.

[0034] 도 8은 제 4의 고반사 다층 박막 구조체(100)와 도 5의 고반사 다층 박막 구조체(200)에서의 평균 반사율들을 나타내는 도면이다.

[0035] 도 8을 참조하면, 도 2 및 도 3에서와 동일한 조건들 하에서, 고반사 다층 박막 구조체(100)에서의 물질층들(120)의 페어 수에 따른 평균 반사율과 고반사 다층 박막 구조체(200)에서의 물질층들(120)의 페어 수에 따른 평균 반사율이 측정되었다. 고반사 다층 박막 구조체(100)에서는 제 1 굴절률이 2.35이고, 제 2 굴절률이 1.45인 한편, 고반사 다층 박막 구조체(100)에서는 제 1 굴절률이 2.35이고, 제 2 굴절률이 1.9이며, 제 3 굴절률이 1.45이다. 두 경우들 모두에서 페어 수는 10 개이다. 입사되는 빛의 파장 스펙트럼으로서 도 3의 (a)에 도시된 바와 같은 일반적인 백색 LED의 파장 스펙트럼이 사용되었고, 입사 각도의 범위는 0° 내지 90°였다. 또한, 두 경우 모두에서 물질층들(120, 220)의 두께들을 최적화하기 위해 PSO 알고리즘이 적용되었다. 결과적으로, 고반사 다층 박막 구조체(100)에서는 페어 수가 10 개까지 증가됨에 따라, 92 %의 평균 반사율을 얻을 수 있었으나, 고반사 다층 박막 구조체(200)에서는 페어 수가 10 개까지 증가됨에 따라, 95 %이상의 평균 반사율을 얻을 수 있었다. 이는, 고반사 다층 박막 구조체(200)에서는 광손실이 5 % 이하로 감소된다는 것을 의미한다. 따라서, 상대적인 광손실의 감소율이 40 % 정도로 상당히 증가되어, LED의 전반적인 효율 향상에 크기 기여할 수 있다.

[0036] 도 9a, 도 9b, 도 9c, 및 도 9d는 제 2 실시예에 따른 고반사 다층 박막 구조체(200)의 변형 예들을 도시하는 도면이다.

[0037] 도 9a, 도 9b, 도 9c, 및 도 9d를 참조하면, 고반사 다층 박막 구조체(200)는 도 5에 도시된 바와 같이 제 1 물질층(H), 제 2 물질층(M), 제 3 물질층(L), 및 제 2 물질층(M)의 어셈블리(HMLM)가 반복되는 형태 이외의 다양한 형태들로 구현될 수 있다. 일 예로 도 9a에 도시된 바와 같이 제 1 물질층(H)과 제 2 물질층(M)의 사이에 제 3 물질층(L)이 배치되도록, 제 1 물질층(H), 제 3 물질층(L), 제 2 물질층(M), 및 제 3 물질층(L)의 어셈블리(HLML)가 반복될 수 있다. 다른 예로, 도 9b에 도시된 바와 같이 제 1 물질층(H), 제 2 물질층(M), 및 제 3 물질층(L)의 어셈블리(HML)가 반복될 수 있다. 또 다른 예로, 도 9c에 도시된 바와 같이 제 1 물질층(H), 제 3 물질층(L), 및 제 2 물질층(M)의 어셈블리(HLM)가 반복될 수 있다. 또 다른 예로, 도 9d에 도시된 바와 같이 제 1 물질층(H)들, 제 2 물질층(M)들, 및 제 3 물질층(L)들이 어떠한 규칙성도 없이 무작위적으로 적층될 수 있다. 이러한 고반사 다층 박막 구조체(200)에서도, 물질층들(220)의 두께들이 최적화 알고리즘에 의해 결정됨에 따라, 높은 평균 반사율을 얻을 수 있다.

[0038] 도 10은 제 3 실시예에 따른 고반사 다층 박막 구조체(300)를 도시하는 도면이다. 도 11은 제 4 실시예에 따른 고반사 다층 박막 구조체(400)를 도시하는 도면이다.

[0039] 도 10 및 도 11을 참조하면, 고반사 다층 박막 구조체(300, 400)는 기판(310, 410) 및 기판(310, 410) 상에서 적층되는 물질층들(320, 420)을 포함할 수 있다. 전술된 실시예의 고반사 다층 박막 구조체(200)의 물질층들(220)은 상이한 굴절률들을 각각 갖는 세 개의 그룹들로 각각 구분되었으나, 물질층들(320, 420)은 상이한 굴절률들을 각각 갖는 세 개를 초과하는, 예컨대, 네 개 또는 다섯 개의 그룹들로 각각 구분될 수 있다.

[0040] 제 3 실시예의 고반사 다층 박막 구조체(300)의 물질층들(320)은 네 개의 그룹들로 각각 구분되며, 그룹들의 각각에 대해 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층(M1, M2, M3, M4)들을 포함할 수 있다. 구체적으로, 물질층들(320)은 제 1 물질층(M1)들, 제 2 물질층(M2)들, 및 제 3 물질층(M3)들과 함께, 하나의 그룹의 복수의 추가 물질층들, 즉, 제 4 물질층(M4)들을 포함할 수 있다. 제 4 실시예의 고반사 다층 박막 구조체(400)의 물질층들(420)을 다섯 개의 그룹들로 각각 구분되며, 그룹들의 각각에 대해 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층(M1, M2, M3, M4, M5)들을 포함할 수 있다. 구체적으로, 물질층들(420)은 제 1 물질층(M1)들, 제 2 물질층(M2)들, 및 제 3 물질층(M3)들과 함께, 두 개의 구룹들의 복수의 추가 물질층들, 즉, 제 4 물질층(M4)들 및 제 5 물질층(M5)들을 포함할 수 있다.

[0041] 이 때, 물질층들(320, 420)은 비주기적으로 적층될 수 있다. 그리고, 물질층들(320, 420)의 두께들이 최적화 알고리즘에 의해 결정됨에 따라, 높은 평균 반사율을 얻을 수 있다. 아울러, 고반사 다층 박막 구조체(300, 400)는 다양한 형태들로 물질층들(320, 420)이 적층되어 구현될 수 있다.

[0042] 도 12는 다양한 실시예들에 따른 고반사 다층 박막 구조체(200, 300, 400)의 제조 방법을 도시하는 도면이다.

[0043] 도 12를 참조하면, 510 단계에서, 상이한 굴절률들을 갖는 적어도 세 개의 물질들이 준비될 수 있다. 다음으로, 520 단계에서, 적어도 세 개의 물질들을 이용하여, 기판(210, 310, 410) 상에서 다수의 물질층들(220, 320, 420)들을 비주기적으로 적층할 수 있다. 여기서, 상이한 굴절률들 사이의 차이는 0.2 이상일 수 있다. 물질층들(220, 320, 420)들은 상이한 굴절률들을 각각 갖는 적어도 세 개의 그룹들로 각각 구분되며, 그룹들의 각각에 대해 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층들(220, 320, 420)을 포함할 수 있다. 일 예로, 적어도 세 개의 물질들을 각각 이용하여, 물질층들(220, 320, 420)들의 각각이 별도로 준비된 다음, 기판(210, 310, 410) 상에서 물질층들(220, 320, 420)들이 순차적으로 부착됨으로써, 물질층들(220, 320, 420)이 적층될 수 있다. 다른 예로, 기판(210, 310, 410) 상에서 적어도 세 개의 물질들의 각각이 순차적으로 도포됨으로써, 물질층들(220, 320, 420)이 적층될 수 있다. 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층들(220, 320, 420)은 고반사 다층 박막 구조체(200, 300, 400)에서의 위치들에 따라 비주기적으로 변화하는 상이한 두께들을 가질 수 있다. 여기서, 상이한 두께들은 각각 5 nm 이상이고 50 nm 이하일 수 있다. 이 때, 물질층들(220, 320, 420)의 두께들은 고반사 다층 박막 구조체(200)에서의 평균 반사율이 최대가 되도록 하는 최적화 알고리즘, 예컨대, PSO 알고리즘을 적용하여 결정될 수 있다.

[0044] 다양한 실시예들에 따르면, 고반사 다층 박막 구조체(200, 300, 400)는 상이한 굴절률들을 각각 갖는 적어도 세 개의 그룹들로 각각 구분되는 물질층들(220, 320, 420)을 적층하여 구현됨으로써, 일반적인 분산 브래그 반사경 구조(10)에 비해, 더 넓은 입사 각도와 파장 대역에서 높은 평균 반사율을 나타낼 수 있다. 보다 상세하게는, 고반사 다층 박막 구조체(200, 300, 400)는 ±80° 이상의 범위에 해당하는 입사 각도 및 100 nm 이상의 범위에 해당하는 파장 대역에서 90 % 이상의 평균 반사율을 얻을 수 있다. 따라서, 고반사 다층 박막 구조체(200, 300, 400)는 LED 또는 태양전지에 중 적어도 하나에 적용되어, 효율 향상에 기여할 수 있다.

[0045] 요컨대, 다양한 실시예들은, 넓은 입사 각도와 파장 대역에 대해서 고반사율을 얻기 위한 고반사 다층 박막 구조체(200, 300, 400) 및 그의 제조 방법을 제공한다.

[0046] 다양한 실시예들의 고반사 다층 박막 구조체(200, 300, 400)는 상이한 굴절률들을 각각 갖는 적어도 세 개의 그룹들로 각각 구분되는 물질층들(220, 320, 420)을 포함할 수 있다.

[0047] 다양한 실시예들에 따르면, 물질층들(220, 320, 420)은 그룹들의 각각에 대해 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층들(220, 320, 420)을 포함할 수 있다.

[0048] 다양한 실시예들에 따르면, 물질층들(220, 320, 420)은 비주기적으로 적층될 수 있다.

[0049] 다양한 실시예들에 따르면, 상이한 굴절률들 사이의 차이는 0.2 이상일 수 있다.

[0050] 다양한 실시예들에 따르면, 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층들(220, 320, 420)은 고반사 다층 박막 구조체(200, 300, 400)에서의 위치들에 따라 비주기적으로 변화하는 상이한 두께들을 각각 가질 수 있다.

[0051] 다양한 실시예들에 따르면, 상이한 두께들은 각각 5 nm 이상이고 500 nm 이하일 수 있다.

[0052] 다양한 실시예들에 따르면, 물질층들(220, 320, 420)의 전체 층 수는 10 개 이상일 수 있다.

[0053] 다양한 실시예들에 따르면, 물질층들(220, 320, 420)은, 제 1 굴절률을 갖는 복수의 제 1 물질층들, 제 1 굴절률과 다른 제 2 굴절률을 갖는 복수의 제 2 물질층들, 및 제 1 굴절률 및 제 2 굴절률과 다른 제 3 굴절률을 갖는 복수의 제 3 물질층들을 포함하고, 제 1 물질층들, 제 2 물질층들, 및 제 3 물질층들은 비주기적으로 적층될 수 있다.

[0054] 다양한 실시예들에 따르면, 물질층들(220, 320, 420)은, 제 1 굴절률, 제 2 굴절률, 및 제 3 굴절률과 다른 굴절률을 갖는 적어도 하나의 그룹의 복수의 추가 물질층들을 더 포함하고, 추가 물질층들은 제 1 물질층들, 제 2 물질층들, 및 제 3 물질층들과 함께 비주기적으로 적층될 수 있다.

[0055] 다양한 실시예들에 따르면, 고반사 다층 박막 구조체(200, 300, 400)는 발광 다이오드 또는 태양전지 중 적어도 하나에 적용될 수 있다.

[0056] 다양한 실시예들에 따르면, 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층들(220, 320, 420)은 SiO_2, Si_3N_4, AlN, Al_2O_3, TiO_2, ZrO_2, MnO, HfO_2, 또는 Ta_2O_5 중 하나로 이루어질 수 있다.

[0057] 다양한 실시예들의 고반사 다층 박막 구조체(200, 300, 400)의 제조 방법은, 상이한 굴절률들을 각각 갖는 적어도 세 개의 그룹들로 각각 구분되는 물질층들(220, 320, 420)을 적층하는 단계를 포함할 수 있다.

[0058] 다양한 실시예들에 따르면, 물질층들(220, 320, 420)은 그룹들의 각각에 대해 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층들(220, 320, 420)을 포함할 수 있다.

[0059] 다양한 실시예들에 따르면, 물질층들(220, 320, 420)은 비주기적으로 적층될 수 있다.

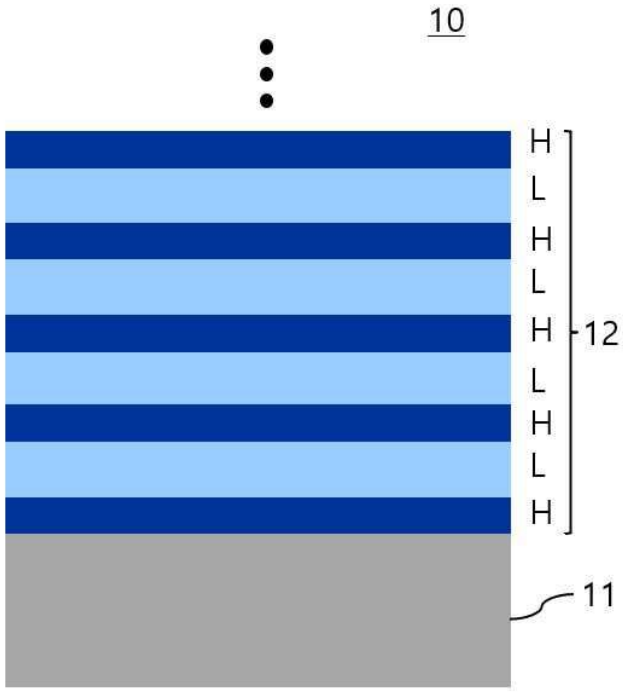
[0060] 다양한 실시예들에 따르면, 동일한 굴절률을 갖는 복수의 물질층들(220, 320, 420)은 고반사 다층 박막 구조체(200, 300, 400)에서의 위치들에 따라 비주기적으로 변화하는 상이한 두께들을 각각 가질 수 있다.

[0062] 본 문서의 다양한 실시예들 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시 예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성 요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 본 문서에서, "A 또는 B", "A 및/또는 B 중 적어도 하나", "A, B 또는 C" 또는 "A, B 및/또는 C 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. "제 1", "제 2", "첫째" 또는 "둘째" 등의 표현들은 해당 구성 요소들을, 순서 또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성 요소를 다른 구성 요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성 요소들을 한정하지 않는다. 어떤(예: 제 1) 구성 요소가 다른(예: 제 2) 구성 요소에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성 요소가 상기 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성 요소(예: 제 3 구성 요소)를 통하여 연결될 수 있다.

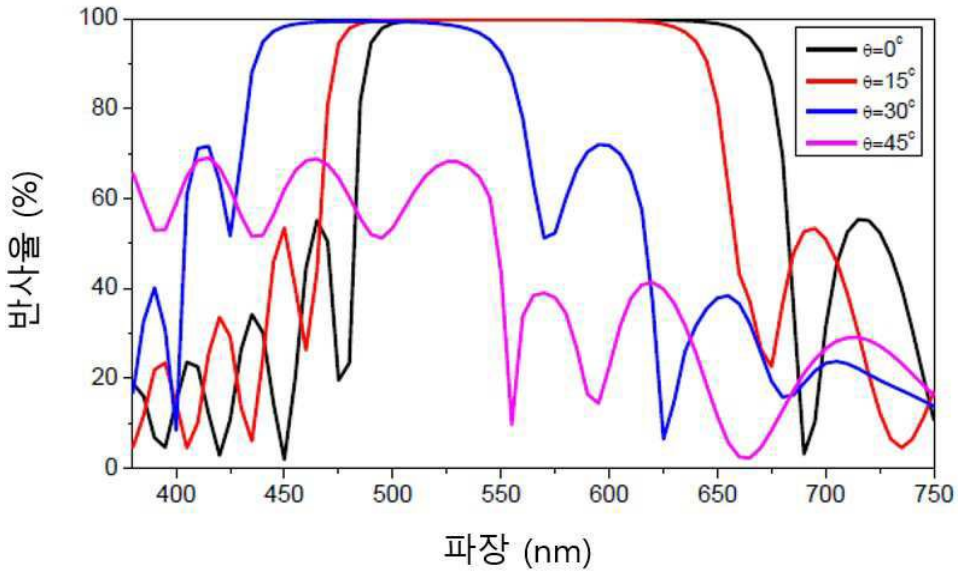
[0063] 다양한 실시예들에 따르면, 기술한 구성 요소들의 각각의 구성 요소는 단수 또는 복수의 개체를 포함할 수 있다. 다양한 실시예들에 따르면, 전술한 해당 구성 요소들 중 하나 이상의 구성 요소들 또는 단계들이 생략되거나, 또는 하나 이상의 다른 구성 요소들 또는 단계들이 추가될 수 있다. 대체적으로 또는 추가적으로, 복수의 구성 요소들은 하나의 구성 요소로 통합될 수 있다. 이런 경우, 통합된 구성 요소는 복수의 구성 요소들 각각의 구성 요소의 하나 이상의 기능들을 통합 이전에 복수의 구성 요소들 중 해당 구성 요소에 의해 수행되는 것과 동일 또는 유사하게 수행할 수 있다.

도면

도면1

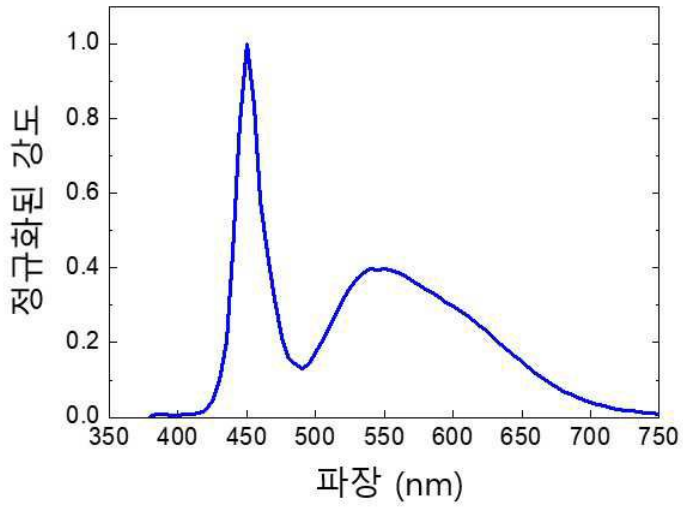

10
H
L
H
L
H
L
H
L
H
12
11

도면2

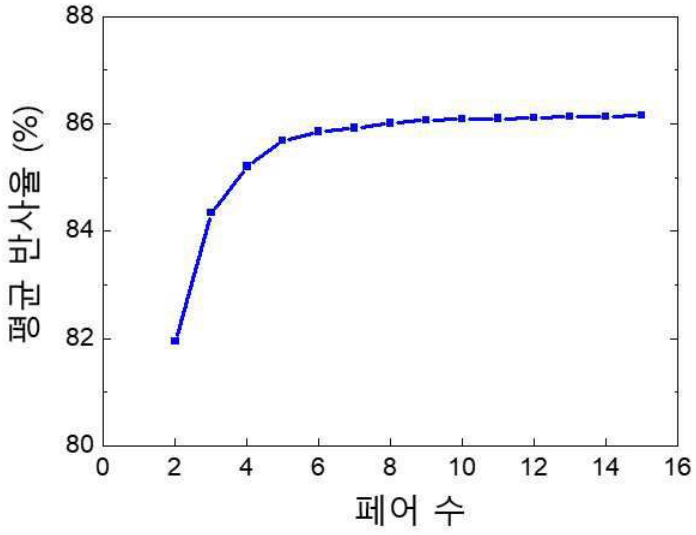

100
80
60
40
20
0
반사율 (%)
400
450
500
550
600
650
700
750
파장 (nm)
θ=0°
θ=15°
θ=30°
θ=45°

도면3

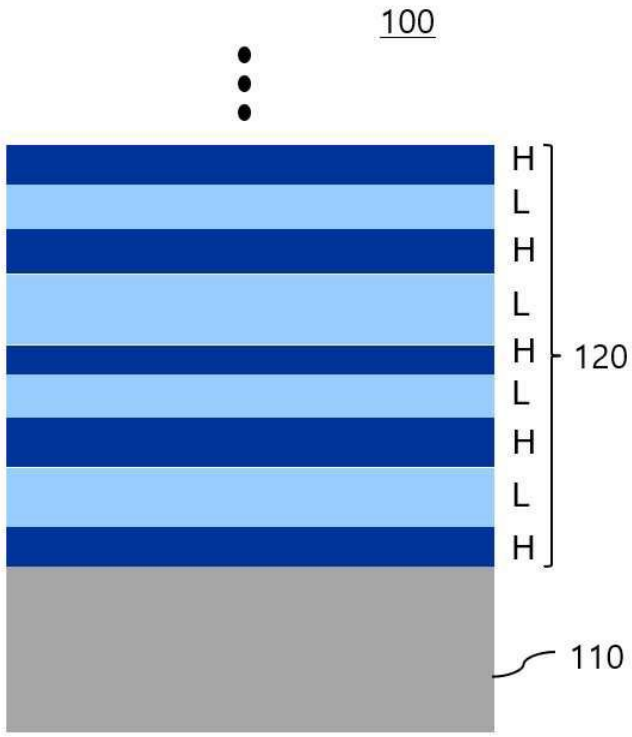
(a)


정규화된 강도
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
350
400
450
500
550
600
650
700
750
파장 (nm)

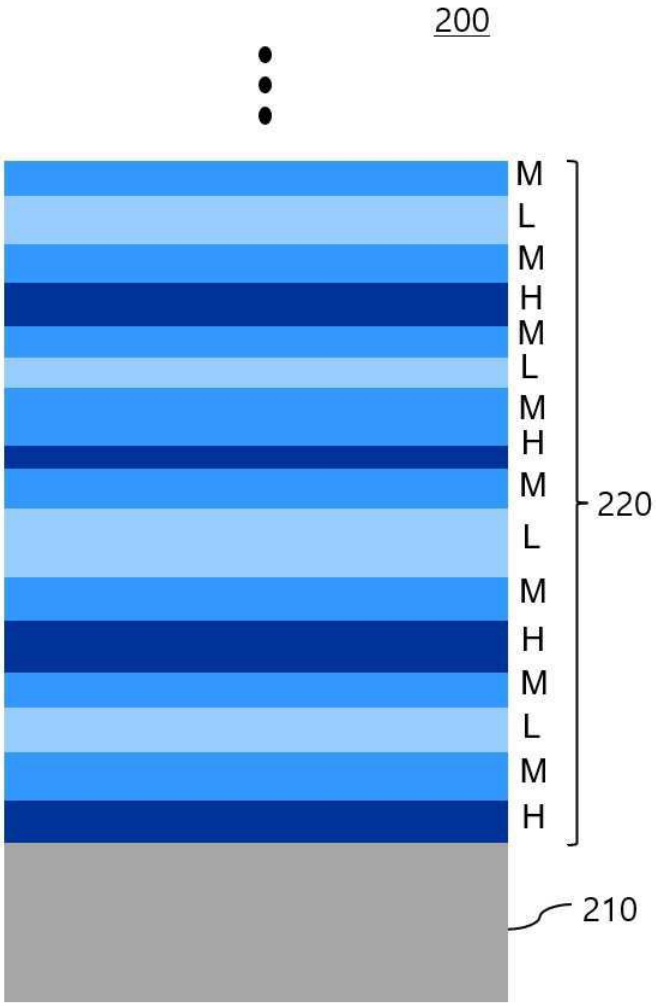
(b)


평균 반사율 (%)
88
86
84
82
80
0
2
4
6
8
10
12
14
16
페어 수

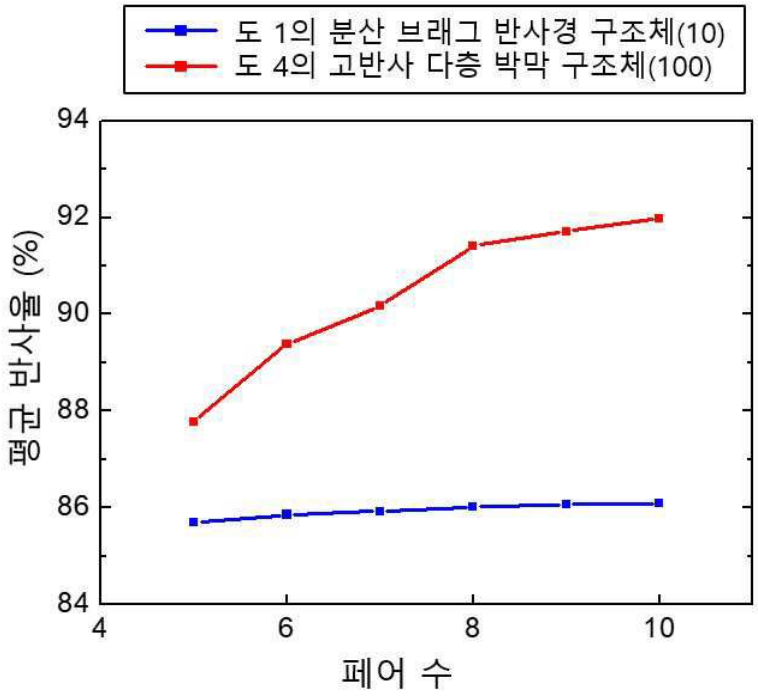
도면4



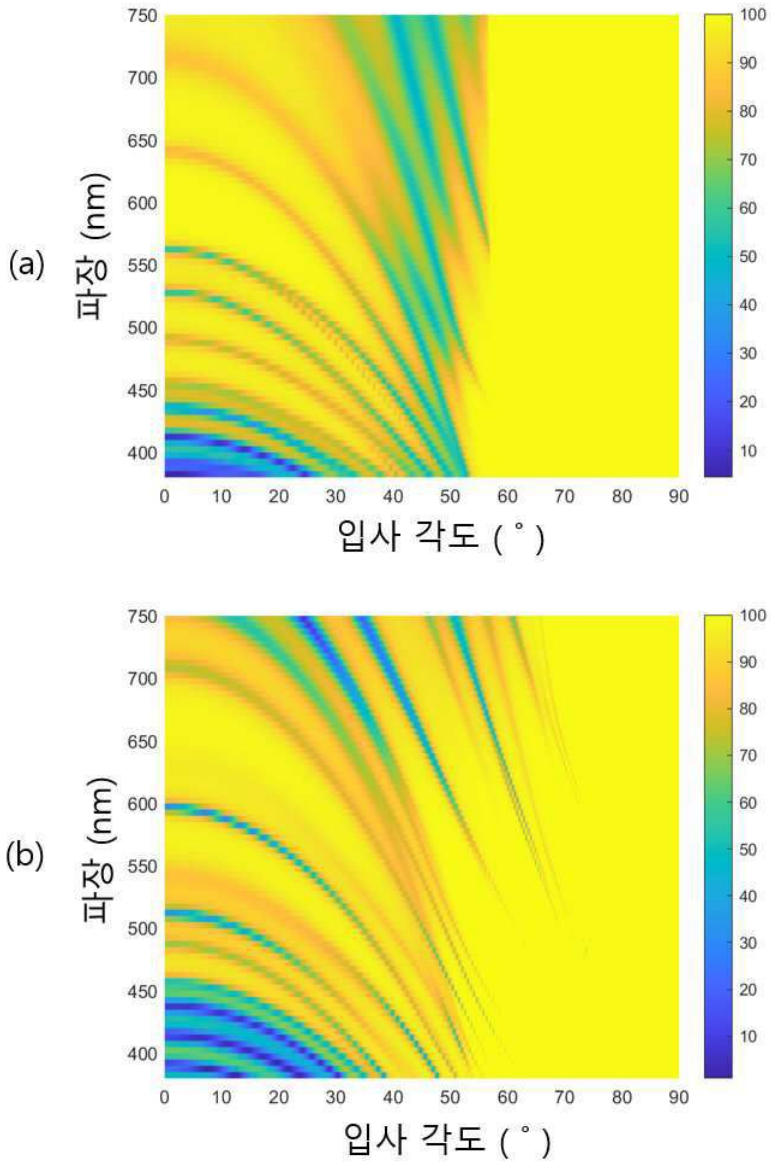
도면5



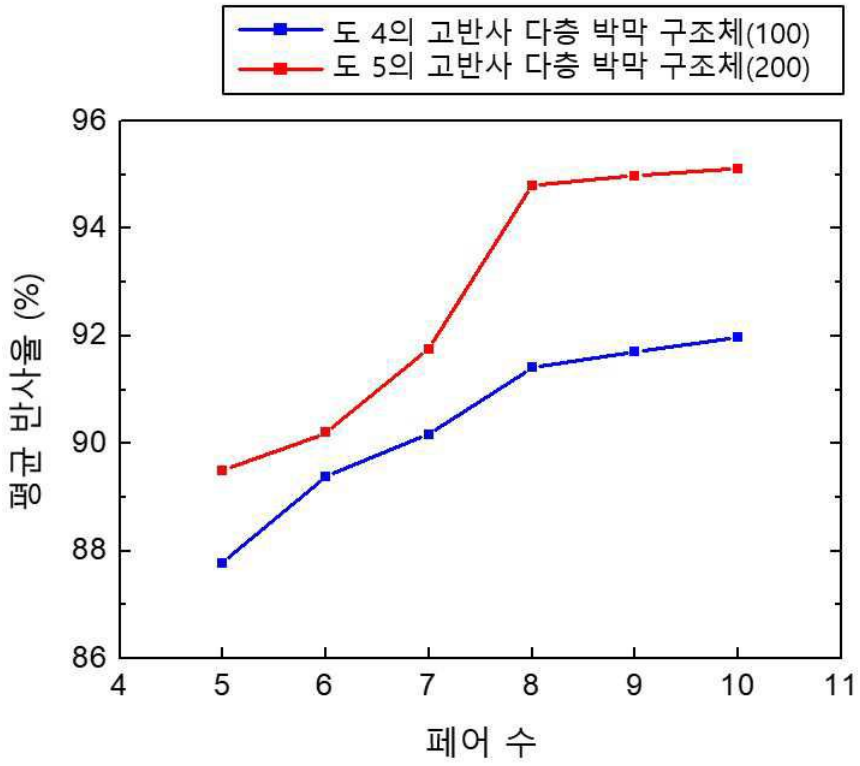
도면6


도 1의 분산 브래그 반사경 구조체(10)
도 4의 고반사 다층 박막 구조체(100)
평균 반사율 (%)
94
92
90
88
86
84
4
6
8
10
페어 수

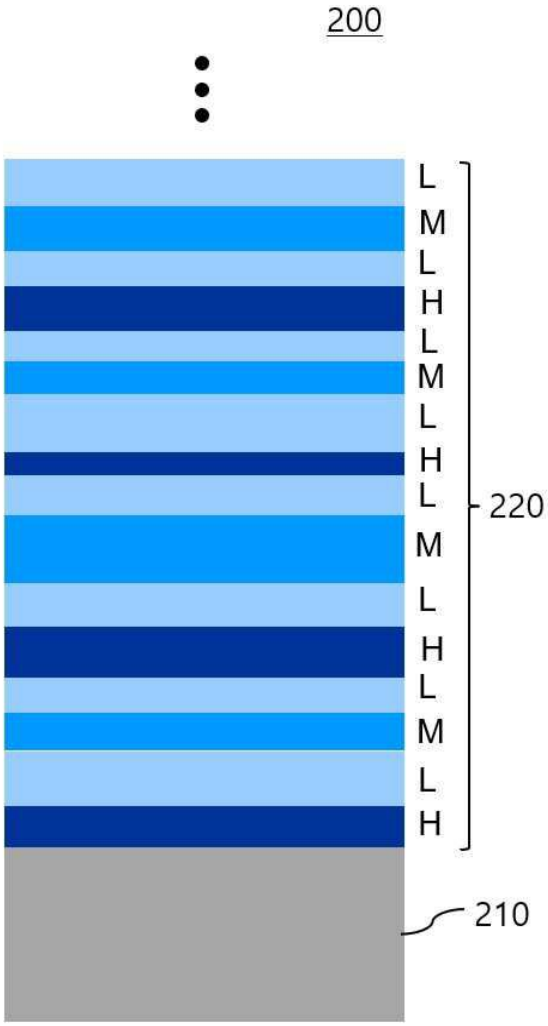
도면7


(a)
파장 (nm)
750
700
650
600
550
500
450
400
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90
입사 각도 (°)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
(b)
파장 (nm)
750
700
650
600
550
500
450
400
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90
입사 각도 (°)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10

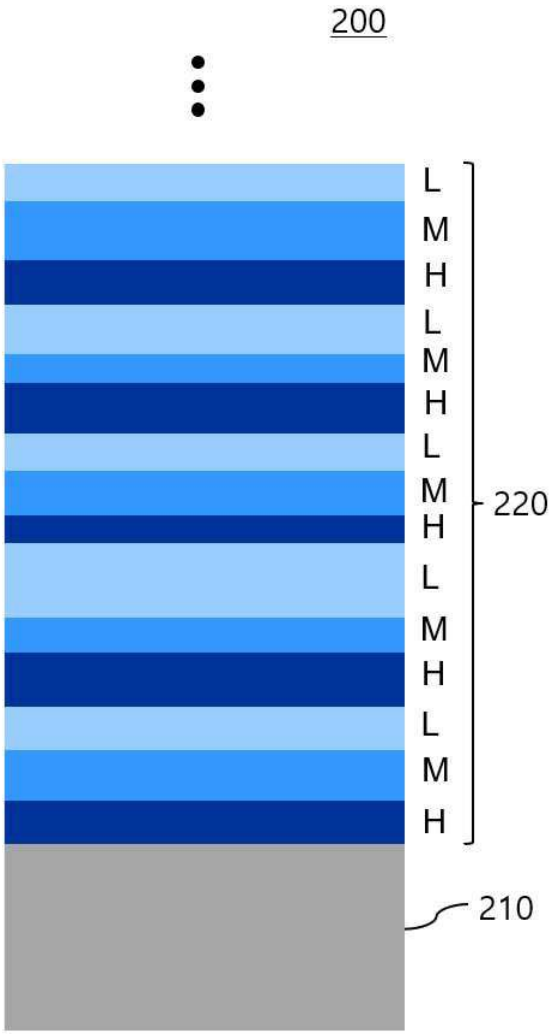
도면8


도 4의 고반사 다층 박막 구조체(100)
도 5의 고반사 다층 박막 구조체(200)
평균 반사율 (%)
96
94
92
90
88
86
4
5
6
7
8
9
10
11
페어 수

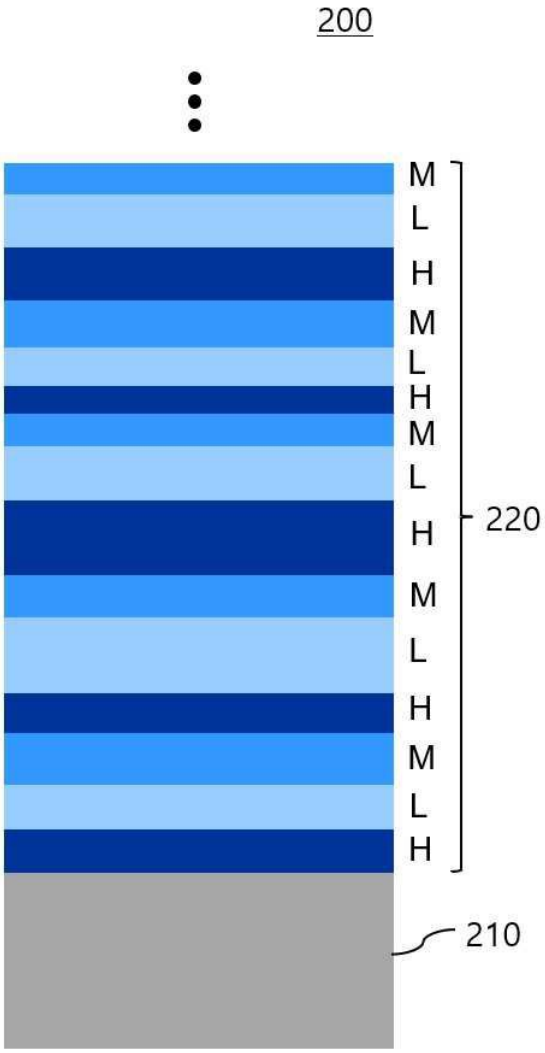
도면9a



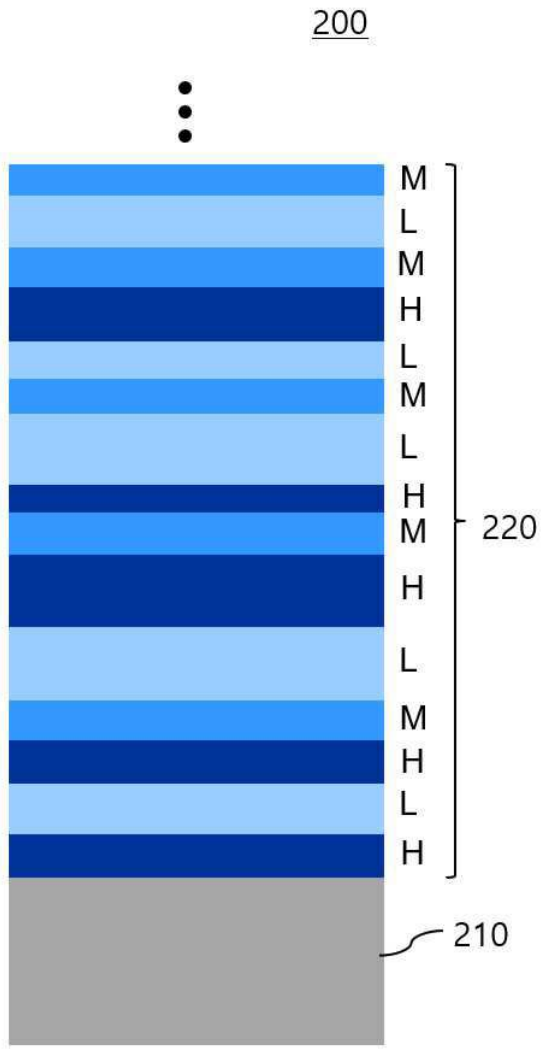
도면9b



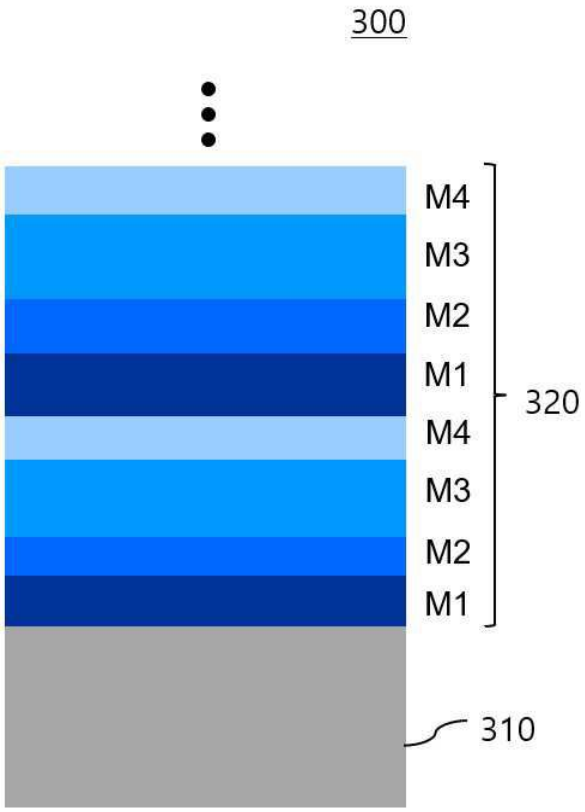
도면9c



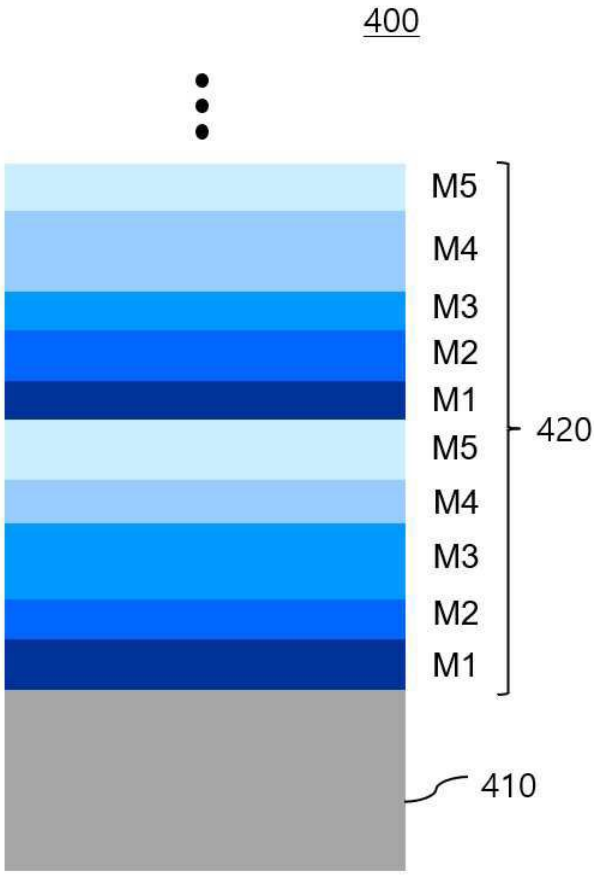
도면9d



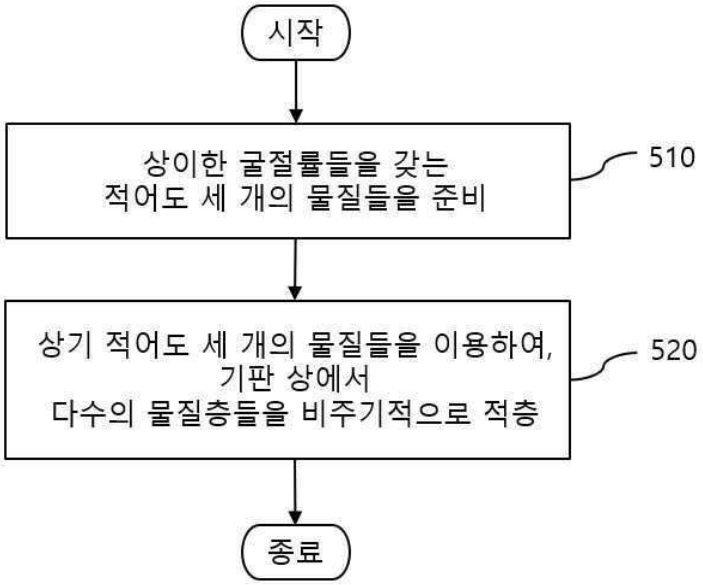
도면10


300
M4
M3
M2
M1
320
M4
M3
M2
M1
310

도면11


400
M5
M4
M3
M2
M1
420
M5
M4
M3
M2
M1
410

도면12


시작
상이한 굴절률들을 갖는
적어도 세 개의 물질들을 준비
510
상기 적어도 세 개의 물질들을 이용하여,
기판 상에서
다수의 물질층들을 비주기적으로 적층
520
종료