(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0106759
(43) 공개일자 2017년09월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 5/28 (2006.01) *G02B 5/02* (2006.01)
G02B 5/23 (2006.01) *G02F 1/1335* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 5/284 (2013.01)
G02B 5/0215 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0030250
(22) 출원일자 2016년03월14일
심사청구일자 2016년03월14일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
주병권
서울특별시 종로구 평창10길 7-2
이선욱
경기도 성남시 분당구 정자일로 239, 104동 2501호
(74) 대리인
특허법인 누리

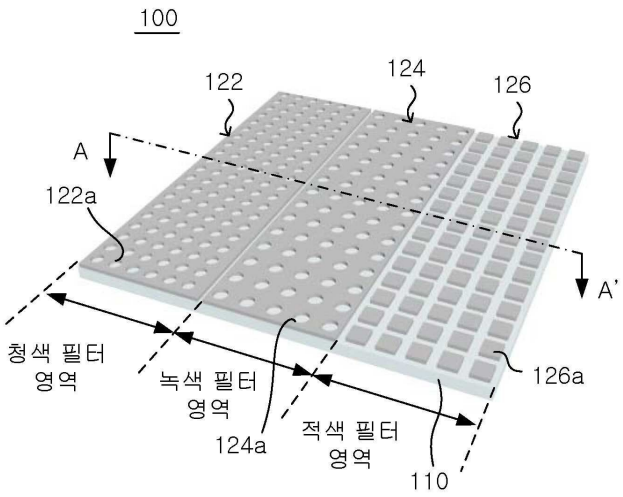
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **높은 색재현성 플라즈모닉 컬러 필터**

(57) 요 약

본 발명은 플라즈모닉 칼라 필터를 제공한다. 이 플라즈모닉 칼라 필터는 도전체로 형성되고 적색을 투과시키고 섬들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 적색 필터; 도전체로 형성되고 녹색을 투과시키고 상기 적색 필터에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 녹색 필터; 도전체로 형성되고 청색을 투과시키고 상기 적색 필터 또는 상기 녹색 필터에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 청색 필터를 포함한다.

대 표 도 - 도1a



(52) CPC특허분류
G02B 5/23 (2013.01)
G02F 1/133533 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

도전체로 형성되고 적색을 투과시키고 섬들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 적색 필터;

도전체로 형성되고 녹색을 투과시키고 상기 적색 필터에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 녹색 필터;

도전체로 형성되고 청색을 투과시키고 상기 적색 필터 또는 상기 녹색 필터에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 청색 필터를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈모닉 칼라 필터.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 적색 필터의 섬들의 주기는 270 nm 내지 370 nm 인 것을 특징으로 하는 플라즈모닉 칼라 필터.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 적색 필터의 전체 면적에 대한 섬들이 점유하는 면적의 비인 필 펙터(fill factor)는 0.5 내지 0.8 인 것을 특징으로 하는 플라즈모닉 칼라 필터.

청구항 4

투명 기판; 및

상기 투명 기판 상에 동일 평면에 배치된 표면 플라즈몬 공명 칼라 필터층을 포함하고,

상기 플라즈모닉 칼라 필터층은:

도전체로 형성되고 적색을 투과시키고 섬들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 적색 필터 영역;

상기 도전체로 형성되고 녹색을 투과시키고 상기 적색 필터에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 녹색 필터 영역;

상기 도전체로 형성되고 청색을 투과시키고 상기 적색 필터 영역 또는 상기 녹색 필터 영역에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 청색 필터 영역을 포함하는 것을 특징으로 하는 칼라 필터.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 적색 필터 영역의 섬들의 주기는 270 nm 내지 370 nm 인 것을 특징으로 하는 칼라 필터.

청구항 6

제4 항에 있어서,

상기 적색 필터 영역의 전체 면적에 대한 섬들이 점유하는 면적의 비인 필 펙터(fill factor)는 0.5 내지 0.8 인 것을 특징으로 하는 칼라 필터.

청구항 7

제4 항에 있어서,

상기 플라즈모닉 칼라 필터층의 섬들 사이의 공간 및 홀들을 채우고 상기 플라즈모닉 칼라 필터층 상에 적층된 투명한 보호층;을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 칼라 필터.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 플라즈모닉 칼라 필터층과 상기 투명 기판 사이에 배치된 굴절률 정합층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 칼라 필터.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 투명 기판은 유리 기판이고,

상기 보호층은 가시영역에서 평균 투과율이 90 퍼센트 이상인 유전체 재료인 것을 특징으로 하는 칼라 필터.

청구항 10

제8 항에 있어서,

상기 투명 기판은 유리 기판이고,

상기 플라즈모닉 칼라 필터은 알루미늄 재질이고, 그 두께는 100 nm 내지 200 nm 이고,

상기 굴절률 정합층의 두께는 40 nm 내지 200 nm이고,

상기 보호층의 두께는 100 nm 내지 200 nm이고,

상기 굴절률 정합층 및 상기 보호층은 LiF인 것을 특징으로 하는 칼라 필터.

청구항 11

제4 항에 있어서,

상기 적색 필터 영역에서, 상기 섬들의 단위 격자는 사각 격자 또는 삼각 격자이고,

상기 청색 필터 영역 및 상기 녹색 필터 영역에서, 상기 홀들의 단위 격자는 사각 격자 또는 삼각 격자인 것을 특징으로 하는 칼라 필터.

청구항 12

박막 트렌지스터층을 구비한 제1 유리 기판, 칼라 필터층을 구비한 제2 유리 기판, 및 상기 박막 트렌지스터층과 상기 칼라 필터층 사이에 배치된 액정을 포함하는 액정 표시 장치에 있어서,

상기 칼라 필터층은:

도전체로 형성되고 적색을 투과시키고 섬들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 적색 필터 영역;

상기 도전체로 형성되고 녹색을 투과시키고 상기 적색 필터에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 녹색 필터 영역;

상기 도전체로 형성되고 청색을 투과시키고 상기 적색 필터 영역 또는 상기 녹색 필터 영역에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 청색 필터 영역을 포함하는 것을 특징으로 하는 액정 표시 장치.

청구항 13

기판 상에 차례로 적층된 하부 전극층, 유기층, 상부 전극층, 보호층, 플라즈모닉 칼라 필터층을 포함하는 유기 발광 다이오드 표시 장치에 있어서,

상기 플라즈모닉 칼라 필터층은:

도전체로 형성되고 적색을 투과시키고 섬들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 적색 필터 영역;

상기 도전체로 형성되고 녹색을 투과시키고 상기 적색 필터에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 녹색 필터 영역;

상기 도전체로 형성되고 청색을 투과시키고 상기 적색 필터 영역 또는 상기 녹색 필터 영역에 인접하여 배치되

고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 청색 필터 영역을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광 다이오드 표시 장치.

청구항 14

도전체로 형성되고 제1 파장 대역을 투과시키고 섬들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 제1 플라즈모닉 칼라 필터; 및

상기 도전체로 형성되고 제1 파장 대역과 다른 제2 파장 대역을 투과시키고 상기 제1 플라즈모닉 칼라 필터에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 제2 플라즈모닉 칼라 필터를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈모닉 칼라 필터.

청구항 15

제14 항에 있어서,

상기 제1 플라즈모닉 칼라 필터의 섬들의 주기는 270 nm 내지 370 nm 인 것을 특징으로 하는 플라즈모닉 칼라 필터.

청구항 16

제14 항에 있어서,

상기 제1 플라즈모닉 칼라 필터의 전체 면적에 대한 섬들이 점유하는 면적의 비인 필 펙터(fill factor)는 0.5 내지 0.8 인 것을 특징으로 하는 플라즈모닉 칼라 필터.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 디스플레이 또는 센서 등에 장착하여 색을 구현하는 컬러 필터에 관한 것으로, 더 구체적으로, 주기적인 홀들을 포함한 홀 패턴 칼라 필터 및 주기적인 섬들을 포함한 섬 패턴 칼라 필터를 포함한 플라즈모닉 컬러 필터에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 액정표시장치는 컬러필터(color filter) 기판, 어레이(array) 기판(TFT(thin film transistor) 어레이 기판), 및 컬러필터 기판과 어레이 기판 사이에 형성된 액정층(liquid crystal layer)으로 구성될 수 있다. 액정표시장치의 제조공정은 기본적으로 다수의 마스크공정 즉, 포토리소그래피(photolithography) 공정을 필요로 하므로 생산성 면에서 마스크 수를 줄이는 방법이 요구되고 있다.

[0003] 상기 액정표시장치에 사용되는 컬러필터는 염료 또는 안료를 이용하여 불필요한 색의 광은 흡수하여 소멸시키고 구현하고자 하는 색의 광만 투과시켜 컬러를 구현함에 따라 하나의 서브-화소를 기준으로 입사된 백색광에서 RGB 삼원색 중 한 가지 색만 투과시킴으로써 컬러 필터층에서 투과율이 30(%)이상 되기 어려울 수 있다. 이러한 이유로 패널(LCD 패널)의 투과효율이 매우 낮아 백라이트(backlight)에 의한 전력 소비가 증가할 수 있다. 또한, 상기 컬러필터는 각 원색별로 컬러 레지스트(resist) 도포, 노광, 현상 및 경화공정을 반복하여 진행하기 때문에 공정이 복잡할 수 있다.

[0004] 컬러필터로서 주기적인 패턴을 갖고 있는 나노구조체에서 발생하는 빛의 산란 현상을 이용하여 파장을 선택적으로 추출하는 플라즈모닉 칼라 필터 (Plasmonic color filter; PCF) 기술이 주목받고 있다. 그러나, 기존의 홀 패턴 플라즈모닉 컬러 필터 중에서 적색 필터는 심각한 색 간섭을 유발한다. 따라서, 새로운 구조의 높은 색 재현성을 가진 컬러 필터가 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 색간섭을 제거하고 휘도를 증가시키며 높은 투과도를 제공하는 플라즈모닉 칼라 필터를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈모닉 칼라 필터는 도전체로 형성되고 적색을 투과시키고 섬들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 적색 필터; 도전체로 형성되고 녹색을 투과시키고 상기 적색 필터에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 녹색 필터; 도전체로 형성되고 청색을 투과시키고 상기 적색 필터 또는 상기 녹색 필터에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 청색 필터를 포함한다.

[0007] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 적색 필터의 섬들의 주기는 270 nm 내지 370 nm 일 수 있다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 적색 필터의 전체 면적에 대한 섬들이 점유하는 면적의 비인 필 펙터(fill factor)는 0.5 내지 0.8 일 수 있다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 칼라 필터는 투명 기판; 및 상기 투명 기판 상에 동일 평면에 배치된 표면 플라즈몬 공명 칼라 필터층을 포함한다. 상기 플라즈모닉 칼라 필터층은 도전체로 형성되고 적색을 투과시키고 섬들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 적색 필터 영역; 상기 도전체로 형성되고 녹색을 투과시키고 상기 적색 필터에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 녹색 필터 영역; 상기 도전체로 형성되고 청색을 투과시키고 상기 적색 필터 영역 또는 상기 녹색 필터 영역에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 청색 필터 영역을 포함한다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 적색 필터 영역의 섬들의 주기는 270 nm 내지 370 nm 일 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 적색 필터 영역의 전체 면적에 대한 섬들이 점유하는 면적의 비인 필 펙터(fill factor)는 0.5 내지 0.8 일 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 플라즈모닉 칼라 필터층의 섬들 사이의 공간 및 홀들을 채우고 상기 플라즈모닉 칼라 필터층 상에 적층된 투명한 보호층을 더 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 플라즈모닉 칼라 필터층과 상기 투명 기판 사이에 배치된 굴절률 정합층을 더 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 투명 기판은 유리 기판이고, 상기 보호층은 상기 보호층은 가시영역에서 평균 투과율이 90 퍼센트 이상인 유전체 재료일 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 투명 기판은 유리 기판이고, 상기 플라즈모닉 칼라 필터은 알루미늄 재질이고, 그 두께는 100 nm 내지 200 nm 이고, 상기 굴절률 정합층의 두께는 40 nm 내지 200 nm이고, 상기 보호층의 두께는 100 nm 내지 200 nm이고, 상기 굴절률 정합층 및 상기 보호층은 LiF일 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 적색 필터 영역에서, 상기 섬들의 단위 격자는 사각 격자 또는 삼각 격자이고, 상기 청색 필터 영역 및 상기 녹색 필터 영역에서, 상기 홀들의 단위 격자는 사각 격자 또는 삼각 격자일 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 액정 표시 장치는 박막 트렌지스터층을 구비한 제1 유리 기판, 칼라 필터층을 구비한 제2 유리 기판, 및 상기 박막 트렌지스터층과 상기 칼라 필터층 사이에 배치된 액정을 포함한다. 상기 칼라 필터층은 도전체로 형성되고 적색을 투과시키고 섬들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 적색 필터 영역; 상기 도전체로 형성되고 녹색을 투과시키고 상기 적색 필터에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 녹색 필터 영역; 상기 도전체로 형성되고 청색을 투과시키고 상기 적색 필터 영역 또는 상기 녹색 필터 영역에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 청색 필터 영역을 포함한다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 다이오드 표시 장치는 기판 상에 차례로 적층된 하부 전극층, 유기층, 상부 전극층, 보호층, 플라즈모닉 칼라 필터층을 포함한다. 상기 플라즈모닉 칼라 필터층은 도전체로 형성되고 적색을 투과시키고 섬들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 적색 필터 영역; 상기 도전체로 형성되고 녹색을 투과시키고 상기 적색 필터에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 녹색 필터 영역; 상기 도전체로 형성되고 청색을 투과시키고 상기 적색 필터 영역 또는 상기 녹색 필터 영역에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 청색 필터 영역을 포함한다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈모닉 칼라 필터는 도전체로 형성되고 제1 파장 대역을 투과시키고 섬들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 제1 플라즈모닉 칼라 필터; 및 상기 도전체로 형성되고 제1 파장 대역과 다른 제2 파장 대역을 투과시키고 상기 제1 플라즈모닉 칼라 필터에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로

배열된 제2 플라즈모닉 칼라 필터를 포함한다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 플라즈모닉 칼라 필터의 섬들의 주기는 270 nm 내지 370 nm 일 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 플라즈모닉 칼라 필터의 전체 면적에 대한 섬들이 점유하는 면적의 비인 필 펙터(fill factor)는 0.5 내지 0.8 일 수 있다.

발명의 효과

[0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈모닉 칼라 필터는 홀 어레이 구조의 청색 또는 녹색 칼라 필터와 닷 어레이 구조의 적색 필터를 채용한 칼라 필터를 제공한다. 이에 따라, 삼원색 플라즈모닉 칼라 필터는 고색재현성 컬러 필터를 제공하며, 휘도를 상승시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1a은 본 발명의 일 실시예에 따른 칼라 필터를 나타내는 도면이다.

도 1b는 도 1a의 A-A' 선을 따라 자른 단면도이다.

도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터를 나타내는 사시도이다.

도 2b는 도 2a의 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터의 파장에 따른 투과도를 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터를 나타내는 사시도이다.

도 3b는 도 3a의 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터의 파장에 따른 투과도를 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(D-PCF) 및 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(H-PCF)의 격자 주기(P)에 따른 색좌표를 나타낸다.

도 4b는 $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터 및 $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 색영역을 나타낸다.

도 4c는 홀 어레이 구조의 청색 플라즈모닉 칼라 필터의 파장에 따른 투과도 특성을 나타낸다.

도 4d는 홀 어레이 구조의 녹색 플라즈모닉 칼라 필터의 파장에 따른 투과도 특성을 나타낸다.

도 4e는 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_D) 및 홀 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_H)의 파장에 따른 투과도 특성을 나타낸다.

도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(D-PCF) 및 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(H-PCF)의 전자 현미경 사진들이다.

도 5b는 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(D-PCF) 및 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(H-PCF)의 주기에 따른 색좌표 및 $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터 및 $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 색영역에 관한 실험 결과를 나타낸다.

도 5c는 홀 어레이 구조의 청색 플라즈모닉 칼라 필터(B_H), 홀 어레이 구조의 녹색 플라즈모닉 칼라 필터(G_H), 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_D)의 파장에 따른 투과도에 관한 실험 결과를 나타낸다.

도 6a는 본 발명의 일 실시예에 따른 $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 구조를 설명하는 도면이다.

도 6b는 $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터와 $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 색좌표를 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

도 6c는 홀 어레이 구조의 청색 플라즈모닉 칼라 필터(B_H), 홀 어레이 구조의 녹색 플라즈모닉 칼라 필터(G_H), 홀 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_H), 및 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_D)의 파장에 따른 투과도 특성을 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

도 7a는 본 발명의 일 실시예에 따른 $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 구조를 설명하는 도면이다.

도 7b는 $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터와 $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 색좌표를 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

도 7c는 홀 어레이 구조의 청색 플라즈모닉 칼라 필터(B_H), 홀 어레이 구조의 녹색 플라즈모닉 칼라 필터(G_H), 홀 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_H), 및 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_D)의 파장에 따른 투과도 특성을 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

도 8a는 본 발명의 일 실시예에 따른 $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 구조를 설명하는 도면이다.

도 8b는 $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터와 $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 색좌표를 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

도 8c는 홀 어레이 구조의 청색 플라즈모닉 칼라 필터(B_H), 홀 어레이 구조의 녹색 플라즈모닉 칼라 필터(G_H), 홀 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_H), 및 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_D)의 파장에 따른 투과도 특성을 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 액정 표시 장치를 설명하는 개념도이다.

도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 유기 발광 다이오드 표시 장치를 설명하는 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 서브-파장(Sub-wavelength) 홀들이 2차원적으로 배열된 플라즈모닉(plasmonic) 나노구조체는 비편광된 입사광들로부터 균일한 광 응답을 얻을 수 있다. 그러나 2차원 홀 어레이에서, 그것의 기하학적 형태로 인해, 고차 모드(higher order modes)의 표면 플라즈마 공명(surface plasmon resonance;SPR)가 형성되고, 이로부터 파생된 이차 피크들(secondary peak)은 주 피크(primary peak)와 색간섭(color cross-talk)을 일으킨다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 우리는, 금속 홀 어레이와 금속 섬 어레이(또는 금속 닷 어레이)의 조합으로 순수한 적-녹-청(red-green-blue; RGB)를 구현하는 상호보완적인 칼라 필터를 제안한다. 피크 브로드닝(Peak-broadening)이 유도된 금속 섬 어레이 필터는, 575nm 이하의 파장을 효과적으로 차단하여 순수한 적색을 추출하는 광학 필터(filter)로서 동작한다. 따라서, 상기 금속 섬 어레이 필터는 휘도나 색 가변성(color tunability)의 손실 없이 색 재현성을 넓힐 수 있다. 상기 금속 홀 어레이와 금속 섬 어레이의 조합은, 색 재현의 본질적 한계를 뛰어 넘어, 차세대 컬러 필터로써 경쟁력을 갖추게 될 것으로 기대한다.

[0026] 주기적인 서브-파장(subwavelength) 홀 어레이는 가시광 필터링 효과와 입사광과 플라즈몬(plasmon)의 커플링(coupling)에 의한 이상 광학 투과(extraordinary optical transmission; EOT)를 제공할 수 있다. 상기 이상 광학 투과는 플라즈모닉 칼라 필터가 하나의 중요한 구조색 장치로 자리 매김하는 기반이 되었다.

[0027] 통상적인 안료 기반형 컬러필터에서, 하나의 칼라 레지스트(color resist)가 단지 하나의 색을 표현한다. 한편, 플라즈모닉 칼라 필터의 삼원색은 어레이의 주기를 조절하여 동일한 재료로 동시에 제작될 수 있다. 이에 따라, 뛰어난 색 가변성(color tunability)를 가진다. 그럼에도 불구하고, 플라즈모닉 칼라 필터의 광효율은 아직 안료 기반형 컬러필터를 대체하기에 불충분하다.

[0028] 우리는 색 재현성을 강화시킬 수 있는 홀 구조와 섬 구조를 조합한 구조의 플라즈모닉 칼라 필터를 제안한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈모닉 칼라 필터는 플라즈모닉 칼라 필터의 색도 저하 방식을 이해하는 것에서부터 시작되었다.

[0029] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면들과 함께 상세하게 후술 되어 있는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0030] 명세서 전문에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다. 따라서, 동일한 참조 부호 또는 유사한 참조

부호들은 해당 도면에서 언급 또는 설명되지 않았더라도, 다른 도면을 참조하여 설명될 수 있다. 또한, 참조 부호가 표시되지 않았더라도, 다른 도면들을 참조하여 설명될 수 있다.

[0031] 도 1a은 본 발명의 일 실시예에 따른 칼라 필터를 나타내는 도면이다.

[0032] 도 1b는 도 1a의 A-A' 선을 따라 자른 단면도이다.

[0033] 도 1a 및 도 1b를 참조하면, 플라즈모닉 칼라 필터(100)는 도전체로 형성되고 제1 파장 대역을 투과시키고 섬들(islands, 126a)이 2차원적으로 주기적으로 배열된 제1 칼라 필터(126); 및 상기 도전체로 형성되고 제1 파장 대역과 다른 제2 파장 대역을 투과시키고 상기 제1 칼라 필터(126)에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 제2 칼라 필터(124)를 포함한다.

[0034] 상기 제1 칼라 필터(126)는 도전체로 형성되고 기판(110) 상에 섬들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 섬 패턴층 및 상기 섬 패턴층 상에 배치된 유전체층을 포함할 수 있다. 상기 제1 칼라 필터(126)는 적색 칼라 필터일 수 있다.

[0035] 상기 제2 칼라 필터(124)는 도전체로 형성되고 기판(110) 상에 홀들(124a)이 2차원적으로 주기적으로 배열된 홀 패턴층 및 상기 홀 패턴층 상에 배치된 유전체층을 포함한다. 상기 제2 칼라 필터(124)는 녹색 칼라 필터일 수 있다.

[0036] 제3 칼라 필터(122는 도전체로 형성되고 기판(110) 상에 홀들(122a)이 2차원적으로 주기적으로 배열된 홀 패턴층 및 상기 홀 패턴층 상에 배치된 유전체층을 포함한다. 상기 제3 칼라 필터(122)는 청색 칼라 필터일 수 있다.

[0037] 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터를 나타내는 사시도이다.

[0038] 도 2b는 도 2a의 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터의 파장에 따른 투과도를 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

[0039] 도 2a 및 도 2b를 참조하면, 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(202)는 기판 상에 적층된 홀 어레이를 구비하고 금속으로 형성된 금속층(222)과 상기 금속층을 덮고 있는 유전체 재질의 보호층(232)을 포함할 수 있다. 상기 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터는 청색 필터 또는 녹색 필터로 사용될 수 있다.

[0040] 플라즈모닉 칼라 필터의 색도를 저하시키는 2가지 종류의 스펙트럼 변형이 있다. 하나는 다중 투과 피크(multiple transmission peak)에 의한 색 간섭(color cross-talk)이다. 가시광 영역에서 하나의 투과 피크는 하나의 색으로 나타난다. 2개 이상의 피크가 존재하게 되면, 가법혼색에 의한 또 다른 하나의 색이 만들어진다. 다중 투과 피크는 표면 플라즈마 공명(SPR)의 다중 모드(multi-mode)에 의해 나타나고, 이러한 다중 모드는 어레이의 기하학적 형상에 의해 결정되는 것으로 알려져 있다. 사각 배열(Square array)에서 기하학적 인자와 중심파장의 관계는 다음 식으로 표현된다.

수학식 1

[0041]
$$\lambda_{max(i,j)} = \frac{P}{\sqrt{i^2+j^2}}\sqrt{\frac{\varepsilon_m \varepsilon_d}{\varepsilon_m + \varepsilon_d}}$$

[0042] P는 배열의 주기이고, ε_m과 ε_d는 각각 금속층과 유전체층의 유전율이다. i와 j는 2차원 어레이의 산란 차수(scattering order) 이다. ($^{\pm}1$,0) 공명 모드(resonance mode)에 의해 결정되는 1차 피크(1^{st} order peak)의 중심파장을 λ_1, ($^{\pm}1$.$^{\pm}1$) 공명 모드에 의해 결정되는 2차 피크(2^{nd} order peak)의 중심파장을 λ_2 라고 하면, $\lambda_1 = \sqrt{2}\,\lambda_2$ 의 관계가 성립된다. 따라서, λ_1이 각각 620nm, 530nm, 450nm인 적색, 녹색, 청색 필터의 λ_2는 440nm, 385nm, 321nm가 된다. 상대적으로 파장이 짧은 녹색, 청색과 달리, 1차 피크가 장파장에 위치한 적색 필터는 2차 피크가 청색 가시영역에서 완전한 피크 형태를 갖추게 된다.

[0043] 도 2b를 참조하면, 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(H-PCF)의 개구율(홀의 면적/격자 단위 면적, Aperture Ratio; AR)이 0.1에서 0.5로 증가함에 따라 투과도가 증가한다. 홀 어레이의 주기는 360 nm이다. 우

리는 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터가 적색 필터로 동작할 수 있는지 조사하였다.

[0044] 이 적색 필터의 청색 빛 누설(440nm 근처의 2차 피크)은 색좌표를 적색(red)에서 자홍색(magenta) 영역으로 이동 시키고, 결과적으로 RGB 필터의 색재현 영역을 축소시킨다. 같은 이유로, 육각 어레이(Hexagonal array) 배열에서도 적색 필터에서 색 간섭(color cross-talk)가 발생하는 것으로 알려졌다. 그 동안 다른 연구자들은 색 간섭(color cross-talk)를 감소시키기 위한 연구들을 수행하여, 이차 피크의 강도를 낮추거나, 1차 피크(1^{st} order peak)와 2차 피크(2^{nd} order peak)의 거리를 증가시키는 성과들을 거둘 수 있었다. 하지만, 아직까지 이 2차 피크(2^{nd} order peak)가 완전히 제거되지는 못 하였다.

[0045] 또 다른 형태의 스펙트럼 변형은 색 저하(color degradation)을 일으키는 피크 브로드닝(peak-broadening)이다. 2개의 서로 다른 색이 섞이는 색 간섭(color cross-talk)와 달리, 색 저하(color degradation)은 원래의 색상이 옅어지는 것을 의미한다.

[0046] 비록 이상 광학 투과(EOT)가 광량 향상에 기여하였지만, 비투과성의 금속막에서 공간적으로 분할된 작은 개구부를 갖고 있는 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(H-PCF)는 본질적으로 낮은 투과율을 가질 수 밖에 없다. 밝기를 보상하기 위하여 홀의 면적을 증가시키면, 파장을 선택적으로 투과시키는 기능이 약화되어 색도는 감소한다. 이것은 투과 피크의 높이와 넓이가 함께 증가하는 피크 브로드닝(peak-broadening)의 형태로 관찰된다.

[0047] 이 피크 브로드닝(peak-broadening)은 앞서 언급되었던 색간섭(color cross-talk) 문제의 해결책이 되었다. 즉, 색간섭 문제는 홀 패턴의 반대 형태인 섬(island) 패턴(또는 닷(dot) 패턴)을 도입함으로써 해결될 수 있다. 금속 닷(Metallic dot)은 빛을 반사시키는 역할을 하기 때문에, 반사 스펙트럼이 피크(peak) 형태로 나타나고, 투과 스펙트럼은 역피크(inverse-peak)의 형상으로 나타난다. 이러한 넓은 범위의 파장을 투과시키는 스펙트럼은, 투과형 컬러필터에 부적합하다. 그러나, 닷의 크기를 증가시켜 역피크(inverse-peak)의 브로드닝(broadening)을 유도하면, 결과적으로 불필요한 빛들을 차단할 수 있다.

[0048] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 우리는 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터를 적색 필터로 사용될 수 있다는 것을 제안한다.

[0049] 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터를 나타내는 사시도이다.

[0050] 도 3b는 도 3a의 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터의 파장에 따른 투과도를 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

[0051] 도 3b를 참조하면, 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(206)는 기판(110) 상에 적층된 닷 어레이(226a)를 구비하고 금속으로 형성된 금속층(226)과 상기 금속층을 덮고 있는 유전체 재질의 보호층(232)을 포함할 수 있다. 상기 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(206)는 적색 필터로 사용될 수 있다.

[0052] 330nm의 주기(P)를 가진 사각 어레이에서 닷(dot)의 필 펙터(fill factor ; FF)는 닷 영역(dot area)/ 격자 단위 영역(lattice unit area)으로 정의된다. 상기 필 펙터(FF)가 작을 때는 특정 파장의 빛이 부분적으로 차단되는 형태로 역피크(inverse peak)가 나타난다. 그리고 필 펙터(FF)가 0.5 이상으로 증가하면, 440~505nm 파장의 빛이 완전히 차단되었고, 380nm~575nm 대역의 평균 투과율은 5% 미만으로 감소하였다. 이러한 결과는 단파장을 차단함으로써 순수한 적색을 추출하는 광학 필터가 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(D-PCF)를 통해 설계될 수 있음을 의미한다. 결론적으로, 심한 색 간섭(color cross-talk)가 일어나는 홀 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터는 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터로 변경된다. 이에 따라, 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터가 홀 어레이 구조의 청색(B_H) 및 녹색(G_H) 플라즈모닉 칼라 필터와 조합되면, 고색도의 RGB 플라즈모닉 칼라 필터가 제공될 수 있다. 상기 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터의 주기는 적색 필터로 동작하기 위하여 270 nm 내지 370 nm이고, 필 펙터는 0.5 내지 0.8 일 수 있다.

[0053] 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(D-PCF) 및 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(H-PCF)의 격자 주기(P)에 따른 색좌표를 나타낸다.

[0054] 도 4b는 $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터 및 $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 색영역을 나타낸다.

[0055] 도 4c는 홀 어레이 구조의 청색 플라즈모닉 칼라 필터의 파장에 따른 투과도 특성을 나타낸다.

[0056] 도 4d는 홀 어레이 구조의 녹색 플라즈모닉 칼라 필터의 파장에 따른 투과도 특성을 나타낸다.

[0057] 도 4e는 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_D) 및 홀 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_H)의 파장에 따른 투과도 특성을 나타낸다.

[0058] 도 4a를 참조하면, 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(H-PCF, 사각형)에서, 주기가 200nm에서 400nm까지 10nm 간격으로 증가함에 따라, 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(H-PCF)는 청색, 녹색, 적색의 순서로 색좌표가 이동한다.

[0059] 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(H-PCF)의 개구율(홀의 면적/격자 단위 면적)은 0.3이다. 기판은 유리 기판이다. 또한, 금속 홀 패턴 및 금속 닷 패턴의 재질은 130 nm 두께의 알루미늄이다. 또한, 금속 홀 패턴 및 금속 닷 패턴 상에 110 nm 두께의 LiF 층이 배치된다. 상기 금속 홀 패턴은 원형이고, 상기 금속 닷 패턴의 형상은 사각형이다.

[0060] 한편, 주기가 200nm에서 400nm까지 10nm 간격으로 증가함에 따라, 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(D-PCF, 원형)는 노랑색, 적색, 자홍색(magenta) 순서로 색좌표가 이동한다. 또한, 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터의 필 펙터(닷 영역/격자 단위 면적)은 0.5이다. 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터가 표현할 수 있는 색상의 범위는 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터에 비하여 제한적이다. 그러나, 적색 표현에 있어서는, 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(D-PCF)가 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(H-PCF) 보다 높은 채도의 적색을 재현한다.

[0061] 도 4b를 참조하면, B_H 필터(홀 어레이 구조의 청색 플라즈모닉 칼라 필터)의 주기는 220nm이고, G_H 필터(홀 어레이 구조의 녹색 플라즈모닉 칼라 필터)의 주기는 300 nm이고, R_H 필터(홀 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터)의 주기는 360 nm이고, R_D 필터(닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터)의 주기는 320 nm이다. R은 적색 필터이고, G는 녹색 필터이고, B는 청색 필터이고, 첨자의 H는 홀 구조를 의미하고, 첨자의 D는 닷 구조를 의미한다.

[0062] xy 색좌표 평면에서, $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 색재현 영역이 표시된다. 또한, $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 색재현 영역이 표시된다.

[0063] $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 최대 색재현 영역은 삼각형의 면적으로 계산하였을 때 NTSC 영역 대비 35%이다. $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 최대 색재현 영역은 삼각형의 면적으로 계산하였을 때 NTSC 영역 대비 46% 이다. RGB 휘도의 평균값은 동일하게 19% 이었다. 즉, $R_DG_HB_H$ 조합은 휘도 저하 없이 색재현성을 31% 증가시킬 수 있다.

[0064] 도 4c를 참조하면, B_H 필터(홀 어레이 구조의 청색 플라즈모닉 칼라 필터)는 220nm의 주기를 가지고 430 nm 주위에서 최대의 투과도를 보인다.

[0065] 도 4d를 참조하면, G_H 필터(홀 어레이 구조의 녹색 플라즈모닉 칼라 필터)는 300nm의 주기를 가지고 550 nm 주위에서 최대의 투과도를 보인다.

[0066] 도 4e를 참조하면, 홀 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_H)의 2차 피크(secondary peak)는 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_D)에서 관찰되지 않았다. 575nm~780nm 파장의 평균 투과율은 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_D)에서 48%, 홀 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_H)에서 30%이다. 또한, 380nm~575nm 파장의 평균 투과율은 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_D)에서 5.9%, 홀 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_H)에서 9.4%이다. 각각의 색좌표 (x,y)는 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_D)에서 (0.582, 0.395)이고, 홀 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_H)에서 (0.483, 0.330) 이다. 이에 따라, 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_D)가 홀 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_H)보다 통과대역에서는 더 높은 투과율을 제공하고, 차단 대역에서는 더 낮은 투과율을 제공하고, 그리고 더 높은 색도를 제공할 수 있다.

[0067] 투과 스펙트럼 시뮬레이션을 위하여, 루메리컬솔루션社의 FDTD (finite-difference time-domain) 솔루션을 사용하였다. H-PCF와 D-PCF 모두, 유리 기판 위에 130nm의 Al 금속막과 110nm의 LiF 유전막을 적층하는 것으로 모델링되었다. H-PCF의 Al 금속막은 원형 홀로, D-PCF는 사각형 닷으로 설계 되었다. 시뮬레이션 모델의 mesh 크기

의 5nm이고 스테어케이스(staircase) 방식이 적용되었다. 광원으로는 평면광을 사용하였다.

[0068] 우리는 육각(hexagonal) 배열이나, 다른 재료가 적용된 플라즈모닉 칼라 필터들에 대해서도 시뮬레이션을 진행하였다. 모든 경우에서, $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터가 색표현 측면에서 $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터 보다 높은 성능을 보여주었다.

[0069] 도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(D-PCF) 및 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(H-PCF)의 전자 현미경 사진들이다.

[0070] 도 5b는 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(D-PCF) 및 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(H-PCF)의 주기에 따른 색좌표 및 $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터 및 $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 색영역에 관한 실험 결과를 나타낸다.

[0071] 도 5c는 홀 어레이 구조의 청색 플라즈모닉 칼라 필터(B_H), 홀 어레이 구조의 녹색 플라즈모닉 칼라 필터(G_H), 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_D)의 파장에 따른 투과도에 관한 실험 결과를 나타낸다.

[0072] 도 5a를 참조하면, 우리는 동일한 재료와 공정으로 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(D-PCF) 및 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(H-PCF)를 동일한 기판에 동시에 제작하였다.

[0073] 기판으로는 코닝(Corning)의 0.5㎜ 유리 기판(Eagle XG glass)를 사용하였다. 금속 홀 패턴 및 금속 닷 패턴을 위하여, 금속층으로 알루미늄층이 상기 기판 상에 열 증발 증착법(thermal evaporation deposition)으로 증착되었다. 상기 금속층의 두께는 130nm이다. 다음으로 상기 금속층 상에 스핀 코팅(spin coating) 방법을 사용하여 전자 빔(Electron-beam)용 레지스트(resist) (제품명: zep-520a, Zeon Chemicals)가 코팅되었다.

[0074] 그리고 전자 빔 리소그라피(E-beam lithography)를 이용하여 홀 어레이와 닷 어레이를 동시에 패턴닝하였다. 상기 금속층의 식각은 염소 (Cl_2) 기반의 플라즈마 식각 장비를 이용하였다. 상기 금속층의 패터닝 후 잔류 레지스트는 전용 스트리퍼를 이용하여 제거하였다. 최종적으로 패턴된 금속층 상에 110 nm 두께의 LiF 가 열 증발 증착법으로 증착되었다.

[0075] 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(H-PCF)는 10nm 간격으로 220nm~380nm의 주기로, 17개 영역을 설계하였다. 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(D-PCF)는 10nm 간격으로 300nm~400nm의 주기로, 11개 영역을 설계하였다. 총 28개 영역이 전자 빔 리소그래피 공정으로 동시에 패턴닝되었다. 영역 하나의 크기는 40um x 40um 이다. 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(H-PCF)와 마찬가지로 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(D-PCF) 역시 비편광된 입사광으로부터 명확한 색상을 표시하였다.

[0076] 도 5a를 참조하면, R_H 플라즈모닉 칼라 필터는 자홍색으로 나타나고, R_D 플라즈모닉 칼라 필터는 높은 색도의 적색을 구현하였다.

[0077] 도 5b를 참조하면, 제작된 플라즈모닉 칼라 필터의 색은 시뮬레이션 결과 보다 색 영역이 축소되었다. 하지만, $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터는 $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터보다 넓은 색영역을 제공하고 높은 색도를 제공할 수 있다.

[0078] 도 5b를 참조하면, $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터는 NTSC 영역 대비 불과 10%의 색재현성을 보인다. 한편, $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터는 17%의 색재현성을 보여주었다.

[0079] 도 5c를 참조하면, R_D, G_H, B_H의 최대 투과율은 29~40% 정도로 나타났고, 평균 휘도는 16% 이다.

[0080] 홀 어레이 또는 닷 어레이를 적용한 나노 구조체에 대하여 수많은 연구가 진행되었다. 하지만, $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터는 다른 구조의 조합에 의하여 종래에 구현하기 어려운 RGB 색영역을 제공할 수 있다. 즉, 홀 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(H-PCF)는 넓은 범위의 색상을 표현하였지만, 색 간섭(color cross-talk) 때문에 적색 표현에 있어서 약점을 갖고 있었다.

[0081] 한편, 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(D-PCF)는 모든 삼원색을 재현할 수는 없었다. 하지만, 닷 어레이 구조의 플라즈모닉 칼라 필터(D-PCF)는 고채도의 적색을 표시할 수 있다. 두 가지의 다른 구조의 플라즈모닉 칼라 필터가 동일한 평면에서 구현되었기 때문에, $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터는 색 가변성(color

tunability)라는 기존의 장점을 그대로 유지할 수 있다.

[0082] 도 6a는 본 발명의 일 실시예에 따른 $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 구조를 설명하는 도면이다.

[0083] 도 6b는 $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터와 $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 색좌표를 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

[0084] 도 6c는 홀 어레이 구조의 청색 플라즈모닉 칼라 필터(B_H), 홀 어레이 구조의 녹색 플라즈모닉 칼라 필터(G_H), 홀 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_H), 및 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_D)의 파장에 따른 투과도 특성을 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

[0085] 도 6a를 참조하면, 칼라 필터(300)는 투명 기판(110); 및 상기 투명 기판(110) 상에 동일 평면에 배치된 표면 플라즈몬 공명 칼라 필터층(320)을 포함한다.

[0086] 상기 플라즈모닉 칼라 필터층(320)은 도전체로 형성되고 적색을 투과시키고 섬들(또는 닷들, 326a)이 2차원적으로 주기적으로 배열된 적색 필터 영역(326); 상기 도전체로 형성되고 녹색을 투과시키고 상기 적색 필터에 인접하여 배치되고 홀들(324a)이 2차원적으로 주기적으로 배열된 녹색 필터 영역(324); 상기 도전체로 형성되고 청색을 투과시키고 상기 적색 필터 영역 또는 상기 녹색 필터 영역에 인접하여 배치되고 홀들(322a)이 2차원적으로 주기적으로 배열된 청색 필터 영역(322)을 포함한다. 홀 어레이 및 닷 어레이는 매트릭스 형태의 사각형이다.

[0087] 상기 적색 필터 영역(326)의 섬들의 주기는 270 nm 내지 370 nm 일 수 있다. 상기 적색 필터 영역(326)의 전체 면적에 대한 섬들이 점유하는 면적의 비인 필 펙터(fill factor)는 0.5 내지 0.8 일 수 있다.

[0088] 투명한 보호층(332)은 상기 플라즈모닉 칼라 필터층(320)의 섬들(326a) 사이의 공간 및 홀들(322a,324a)을 채우고 상기 플라즈모닉 칼라 필터층(320) 상에 적층된다. 상기 보호층(332)은 실리콘 산화막 또는 LiF막일 수 있다. 상기 보호층은 가시영역에서 평균 투과율이 90 퍼센트 이상인 유전체 재료일 수 있다.

[0089] 굴절률 정합층(331)은 상기 플라즈모닉 칼라 필터층과 상기 투명 기판 사이에 배치될 수 있다. 상기 굴절률 정합층(331)은 상기 투명 기판의 재질과 같거나 상기 보호층의 재질과 같을 수 있다.

[0090] 상기 투명 기판은 유리 기판이고, 상기 플라즈모닉 칼라 필터은 알루미늄 재질이고, 그 두께는 100 nm 내지 200 nm 일 수 있다. 상기 굴절률 정합층의 두께는 40 nm 내지 200 nm이고, 상기 굴절률 정합층은 LiF막 일 수 있다. 상기 보호층의 두께는 100 nm 내지 200 nm이고, 상기 보호층은 LiF막일 수 있다.

[0091] 상기 적색 필터 영역에서, 상기 섬들의 단위 격자는 사각 격자 또는 삼각 격자(육각 격자 구조)일 수 있다. 상기 청색 필터 영역 및 상기 녹색 필터 영역에서, 상기 홀들의 단위 격자는 사각 격자 또는 삼각 격자일 수 있다.

[0092] 도 6b를 참조하면, $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터(원형)와 $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터(사각형)의 색좌표가 표시된다. R_H 의 홀 주기는 370 nm이고, G_H 의 홀 주기는 310 nm이고, B_H 의 홀 주기는 220 nm이고, R_D 의 닷 주기는 310 nm이다. R_H 의 홀 직경은 229 nm이고, G_H 의 홀 직경은 192 nm이고, B_H 의 홀 직경은 136 nm이고, R_D 의 닷 직경은 210 nm이다. R_H 의 색좌표는 (0.445, 0.279) 이고, G_H 의 색좌표은 (0.328, 0.567) 이고, B_H 의 색좌표은 (0.164, 0.055) 이고, R_D 의 색좌표은 (0.562, 0.378) 이다. $R_HG_HB_H$ 로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 평균 조도(mean luminance)는 17.1 이고, 색재현 영역은 NTSC 대비 33.9 %이다. $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 평균 조도(mean luminance)는 17.3 이고, 색재현 영역은 NTSC 대비 49.3 %이다.

[0093] 도 6c를 참조하면, R_D의 투과도(transmittance)는 650 nm 주위에서 최대를 가지고 0.6 이상이다.

[0094] 도 7a는 본 발명의 일 실시예에 따른 $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 구조를 설명하는 도면이다.

[0095] 도 7b는 $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터와 $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 색좌표를 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

[0096] 도 7c는 홀 어레이 구조의 청색 플라즈모닉 칼라 필터(B_H), 홀 어레이 구조의 녹색 플라즈모닉 칼라 필터(G_H), 홀 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_H), 및 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_D)의 파장에 따른 투과도 특성을 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

[0097] 도 7a를 참조하면, 칼라 필터(400)는 투명 기판(110); 및 상기 투명 기판(110) 상에 동일 평면에 배치된 표면 플라즈몬 공명 칼라 필터층(420)을 포함한다.

[0098] 상기 플라즈모닉 칼라 필터층(420)은 도전체로 형성되고 적색을 투과시키고 섬들(또는 닷들, 426a)이 2차원적으로 주기적으로 배열된 적색 필터 영역(426); 상기 도전체로 형성되고 녹색을 투과시키고 상기 적색 필터에 인접하여 배치되고 홀들(424a)이 2차원적으로 주기적으로 배열된 녹색 필터 영역(424); 상기 도전체로 형성되고 청색을 투과시키고 상기 적색 필터 영역 또는 상기 녹색 필터 영역에 인접하여 배치되고 홀들(422a)이 2차원적으로 주기적으로 배열된 청색 필터 영역(422)을 포함한다. 홀 어레이 및 닷 어레이는 매트릭스 형태의 사각형이다.

[0099] 상기 적색 필터 영역(426)의 섬들의 주기는 270 nm 내지 370 nm 일 수 있다. 상기 적색 필터 영역(426)의 전체 면적에 대한 섬들이 점유하는 면적의 비인 필 펙터(fill factor)는 0.5 내지 0.8 일 수 있다.

[0100] 투명한 보호층(432)은 상기 플라즈모닉 칼라 필터층(420)의 섬들(426a) 사이의 공간 및 홀들(422a,424a)을 채우고 상기 플라즈모닉 칼라 필터층(420) 상에 적층된다. 상기 보호층(432)은 실리콘 산화막 또는 LiF막일 수 있다. 상기 보호층은 가시영역에서 평균 투과율이 90 퍼센트 이상인 유전체 재료일 수 있다.

[0101] 상기 투명 기판은 유리 기판이고, 상기 플라즈모닉 칼라 필터은 알루미늄 재질이고, 그 두께는 100 nm 내지 200 nm 일 수 있다. 상기 보호층의 두께는 100 nm 내지 200 nm이고, 상기 보호층은 실리콘 산화막일 수 있다. 상기 보호층은 가시영역에서 평균 투과율이 90 퍼센트 이상인 유전체 재료일 수 있다.

[0102] 상기 적색 필터 영역에서, 상기 섬들의 단위 격자는 사각 격자 또는 삼각 격자(육각 격자 구조)일 수 있다. 상기 청색 필터 영역 및 상기 녹색 필터 영역에서, 상기 홀들의 단위 격자는 사각 격자 또는 삼각 격자일 수 있다.

[0103] 도 7b를 참조하면, $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터(원형)와 $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터(사각형)의 색좌표가 표시된다. R_H 의 홀 주기는 360 nm이고, G_H 의 홀 주기는 300 nm이고, B_H 의 홀 주기는 210 nm이고, R_D 의 닷 주기는 320 nm이다. R_H 의 홀 직경은 222 nm이고, G_H 의 홀 직경은 185 nm이고, B_H 의 홀 직경은 130 nm이고, R_D 의 닷 직경은 224 nm이다. R_H 의 색좌표는 (0.465, 0.297) 이고, G_H 의 색좌표은 (0.350, 0.552) 이고, B_H 의 색좌표은 (0.171, 0.083) 이고, R_D 의 색좌표은 (0.565, 0.374) 이다. $R_HG_HB_H$ 로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 평균 조도(mean luminance)는 20.0 이고, 색재현 영역은 NTSC 대비 31.5 %이다. $R_DG_HB_H$ 로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 평균 조도(mean luminance)는 20.5 이고, 색재현 영역은 NTSC 대비 41.4 %이다.

[0104] 도 7c를 참조하면, R_D 의 투과도(transmittance)는 650 nm 주위에서 최대를 가지고 0.6 이상이다.

[0105] 도 8a는 본 발명의 일 실시예에 따른 $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 구조를 설명하는 도면이다.

[0106] 도 8b는 $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터와 $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 색좌표를 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

[0107] 도 8c는 홀 어레이 구조의 청색 플라즈모닉 칼라 필터(B_H), 홀 어레이 구조의 녹색 플라즈모닉 칼라 필터(G_H), 홀 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_H), 및 닷 어레이 구조의 적색 플라즈모닉 칼라 필터(R_D)의 파장에 따른 투과도 특성을 나타내는 시뮬레이션 결과이다.

[0108] 도 8a를 참조하면, 칼라 필터(500)는 투명 기판(110); 및 상기 투명 기판(110) 상에 동일 평면에 배치된 표면 플라즈몬 공명 칼라 필터층(520)을 포함한다.

[0109] 상기 플라즈모닉 칼라 필터층(520)은 도전체로 형성되고 적색을 투과시키고 섬들(또는 닷들, 526a)이 2차원적으로 주기적으로 배열된 적색 필터 영역(526); 상기 도전체로 형성되고 녹색을 투과시키고 상기 적색 필터에 인접

하여 배치되고 홀들(524a)이 2차원적으로 주기적으로 배열된 녹색 필터 영역(524); 상기 도전체로 형성되고 청색을 투과시키고 상기 적색 필터 영역 또는 상기 녹색 필터 영역에 인접하여 배치되고 홀들(522a)이 2차원적으로 주기적으로 배열된 청색 필터 영역(522)을 포함한다. 홀 어레이 및 닷 어레이는 매트릭스 형태의 삼각형(육각형 구조)이다.

[0110] 상기 적색 필터 영역(526)의 섬들의 주기는 270 nm 내지 370 nm 일 수 있다. 상기 적색 필터 영역(526)의 전체 면적에 대한 섬들이 점유하는 면적의 비인 필 펙터(fill factor)는 0.5 내지 0.8 일 수 있다.

[0111] 투명한 보호층(532)은 상기 플라즈모닉 칼라 필터층(520)의 섬들(526a) 사이의 공간 및 홀들(522a,524a)을 채우고 상기 플라즈모닉 칼라 필터층(520) 상에 적층된다. 상기 보호층(532)은 실리콘 산화막 또는 LiF막일 수 있다.

[0112] 상기 투명 기판은 유리 기판이고, 상기 플라즈모닉 칼라 필터은 알루미늄 재질이고, 그 두께는 100 nm 내지 200 nm 일 수 있다. 상기 보호층의 두께는 100 nm 내지 200 nm이고, 상기 보호층은 실리콘 산화막일 수 있다. 상기 보호층은 가시영역에서 평균 투과율이 90 퍼센트 이상인 유전체 재료일 수 있다.

[0113] 상기 적색 필터 영역에서, 상기 섬들의 단위 격자는 삼각 격자(육각 격자 구조)일 수 있다. 상기 청색 필터 영역 및 상기 녹색 필터 영역에서, 상기 홀들의 단위 격자는 삼각 격자일 수 있다.

[0114] 도 8b를 참조하면, $R_DG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터(원형)와 $R_HG_HB_H$로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터(사각형)의 색좌표가 표시된다. R_H 의 홀 주기는 440 nm이고, G_H 의 홀 주기는 350 nm이고, B_H 의 홀 주기는 230 nm이고, R_D 의 닷 주기는 330 nm이다. R_H 의 홀 직경은 253 nm이고, G_H 의 홀 직경은 201 nm이고, B_H 의 홀 직경은 132 nm이고, R_D 의 닷 직경은 245 nm이다. R_H 의 색좌표는 (0.490, 0.283) 이고, G_H 의 색좌표은 (0.365, 0.528) 이고, B_H 의 색좌표은 (0.162, 0.050) 이고, R_D 의 색좌표은 (0.586, 0.394) 이다. $R_HG_HB_H$ 로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 평균 조도(mean luminance)는 18.9 이고, 색재현 영역은 NTSC 대비 34.6 %이다. $R_DG_HB_H$ 로 조합된 플라즈모닉 칼라 필터의 평균 조도(mean luminance)는 18.8 이고, 색재현 영역은 NTSC 대비 42.0 %이다.

[0115] 도 8c를 참조하면, R_D 의 투과도(transmittance)는 650 nm 주위에서 최대를 가지고 0.6 이상이다.

[0116] 도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 액정 표시 장치를 설명하는 개념도이다.

[0117] 도 9를 참조하면, 액정 표시 장치(10)는 박막 트렌지스터층(13)을 구비한 제1 유리 기판(12), 칼라 필터층(16)을 구비한 제2 유리 기판(17), 및 서로 마주보는 상기 박막 트렌지스터층(13)과 상기 칼라 필터층(16) 사이에 배치된 액정(14)을 포함한다.

[0118] 상기 칼라 필터층(16)은 도전체로 형성되고 적색을 투과시키고 섬들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 적색 필터 영역(126); 상기 도전체로 형성되고 녹색을 투과시키고 상기 적색 필터에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 녹색 필터 영역(124); 상기 도전체로 형성되고 청색을 투과시키고 상기 적색 필터 영역 또는 상기 녹색 필터 영역에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 청색 필터 영역(122)을 포함한다.

[0119] 상기 박막 트렌지스터층(13)이 배치되는 상기 제1 유리 기판(12)의 반대면에는 제1 편광판(11)이 배치되고, 상기 칼라 필터층(16)가 배치되는 상기 제2 유리기판의 반대면에는 제2 편광판(18)이 배치될 수 있다.

[0120] 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 유기 발광 다이오드 표시 장치를 설명하는 개념도이다.

[0121] 도 10을 참조하면, 유기 발광 다이오드 표시 장치(20)는 기판(21) 상에 차례로 적층된 하부 전극층(22), 유기층(23), 상부 전극층(24), 보호층(25), 플라즈모닉 칼라 필터층(26)을 포함한다.

[0122] 상기 플라즈모닉 칼라 필터층(26)은 도전체로 형성되고 적색을 투과시키고 섬들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 적색 필터 영역(126); 상기 도전체로 형성되고 녹색을 투과시키고 상기 적색 필터에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 녹색 필터 영역(124); 상기 도전체로 형성되고 청색을 투과시키고 상기 적색 필터 영역 또는 상기 녹색 필터 영역에 인접하여 배치되고 홀들이 2차원적으로 주기적으로 배열된 청색 필터 영역(122)을 포함한다.

[0123] 이상, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의

지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들에는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

[0124] 100: 플라즈모닉 칼라 필터

110: 기판

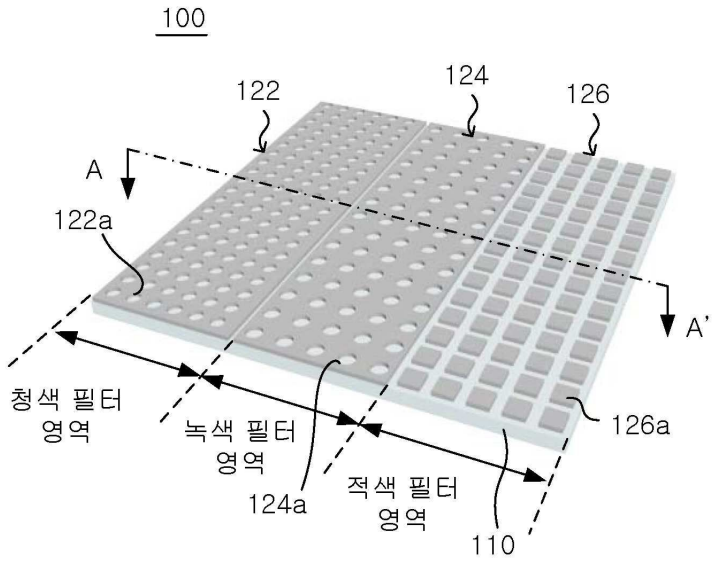
122: 청색 필터

124: 녹색 필터

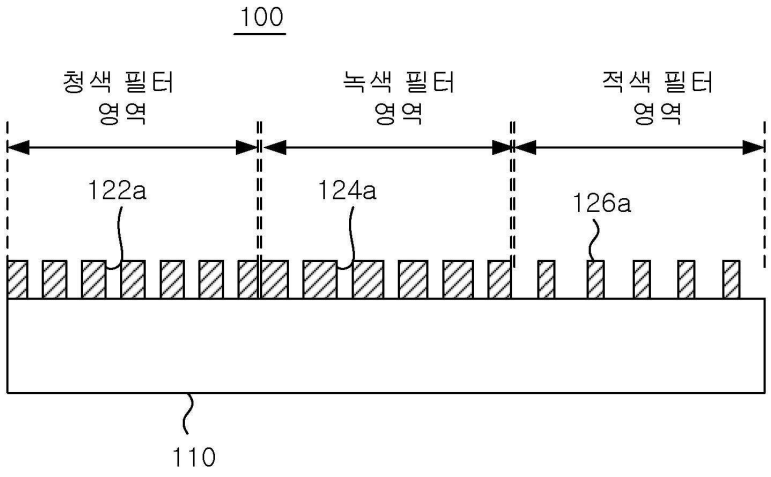
126: 적색 필터

도면

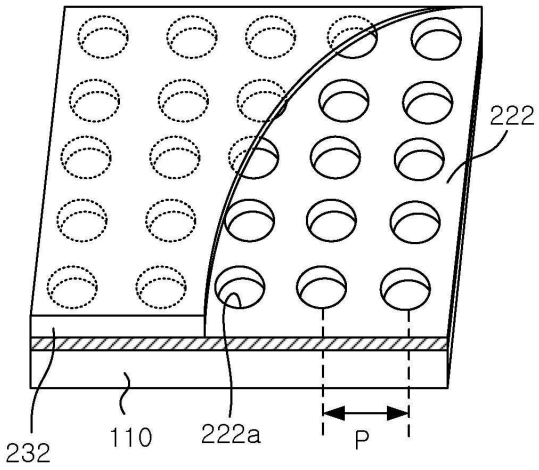
도면1a



도면1b

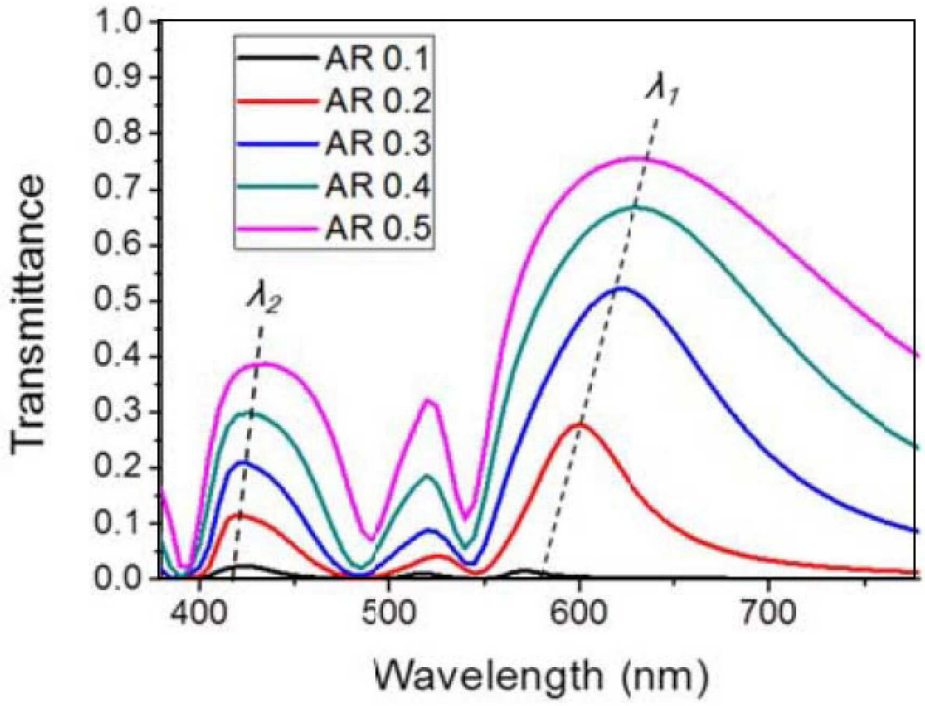


도면2a

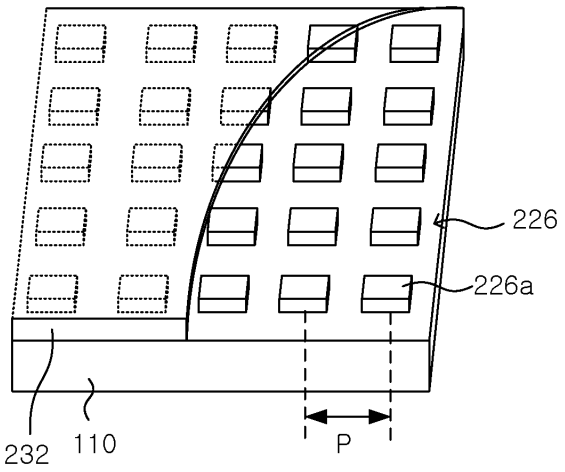


202

도면2b

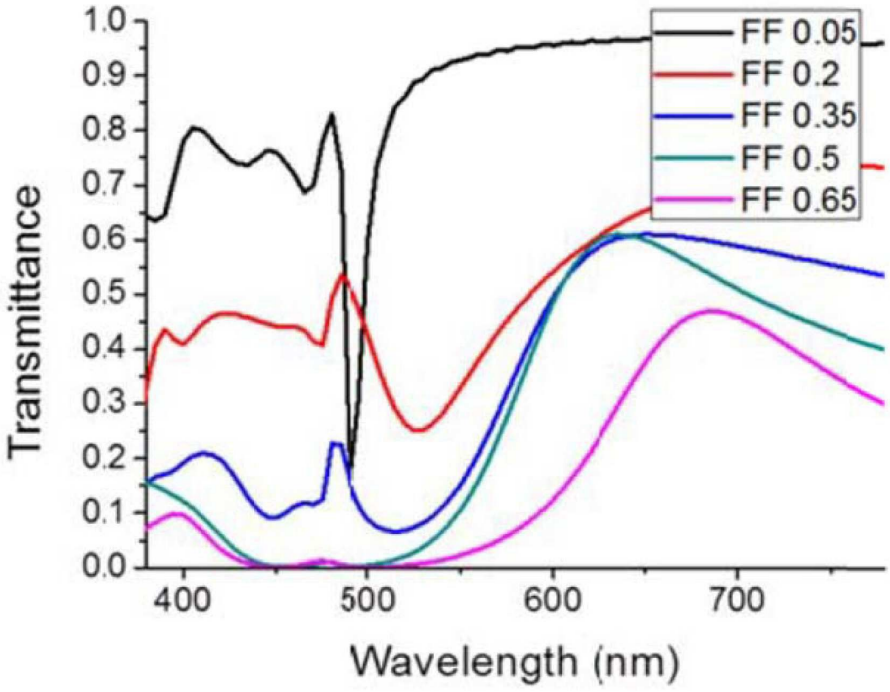


도면3a

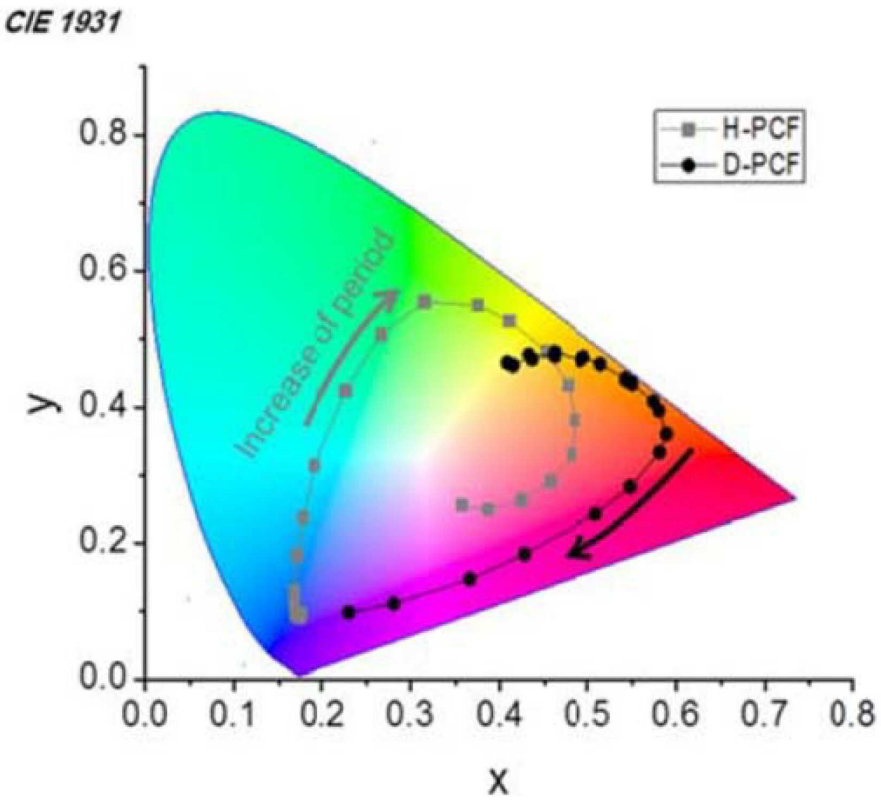


206

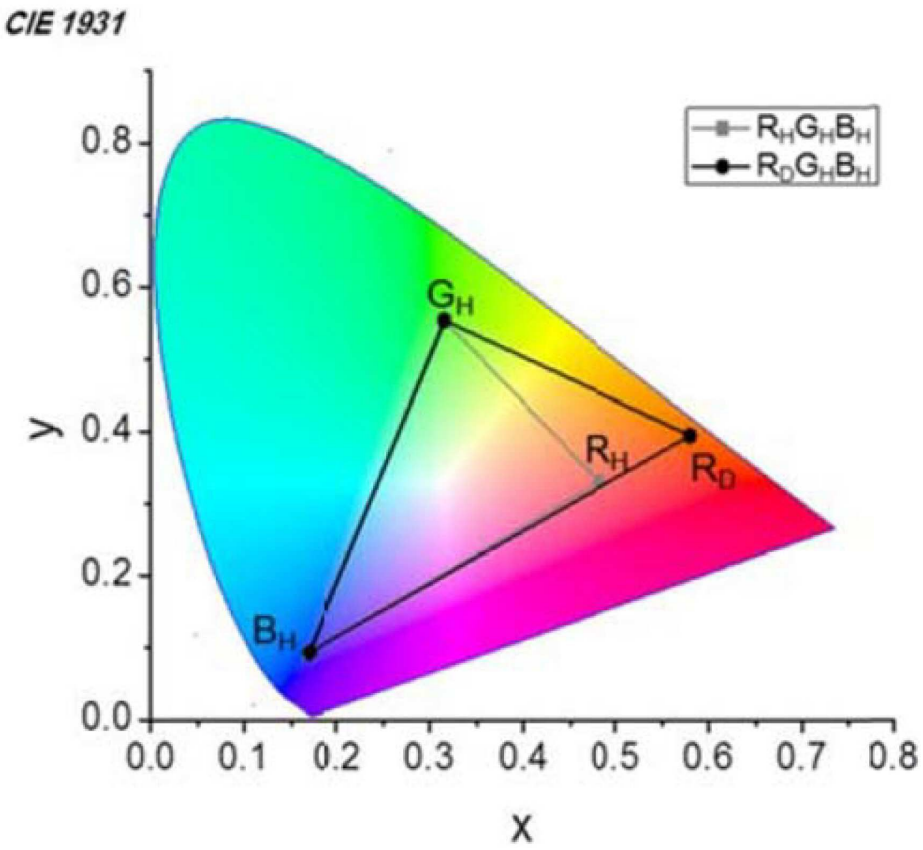
도면3b



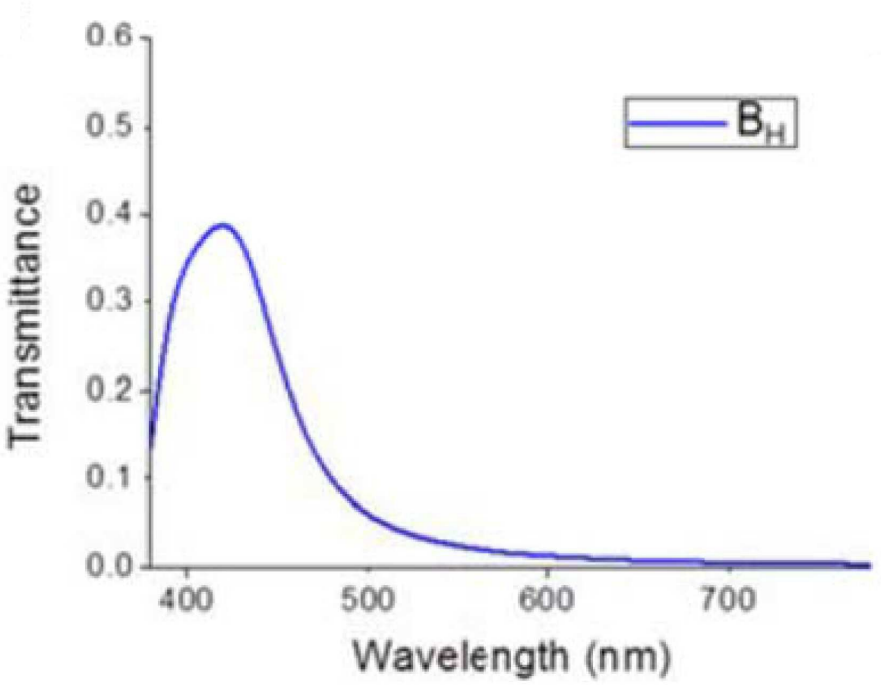
도면4a


CIE 1931
H-PCF
D-PCF
Increase of period
y
x
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
0.1
0.3
0.5
0.7

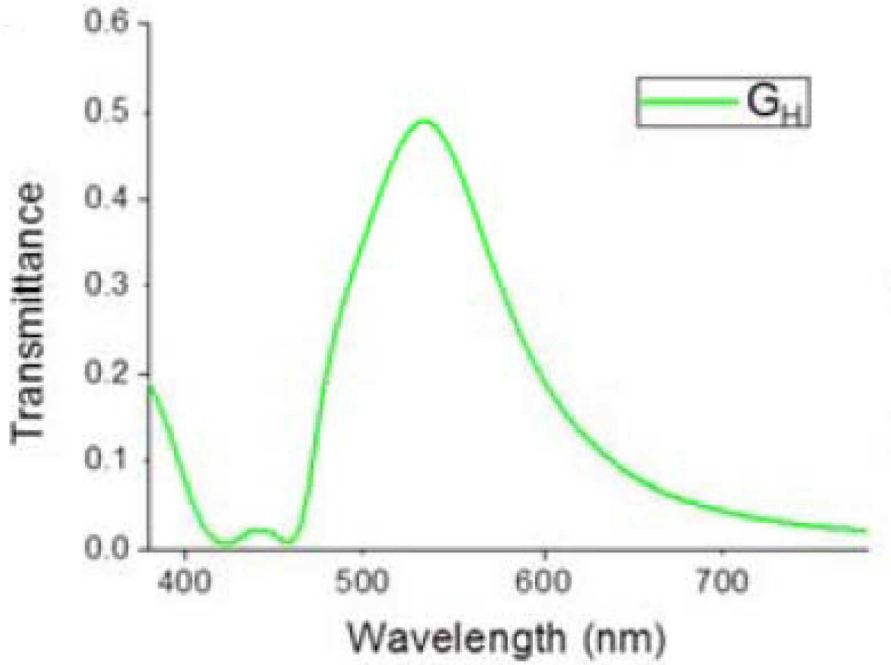
도면4b


CIE 1931
$R_HG_HB_H$
$R_DG_HB_H$
G_H
R_H
R_D
B_H
y
x
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
0.1
0.3
0.5
0.7

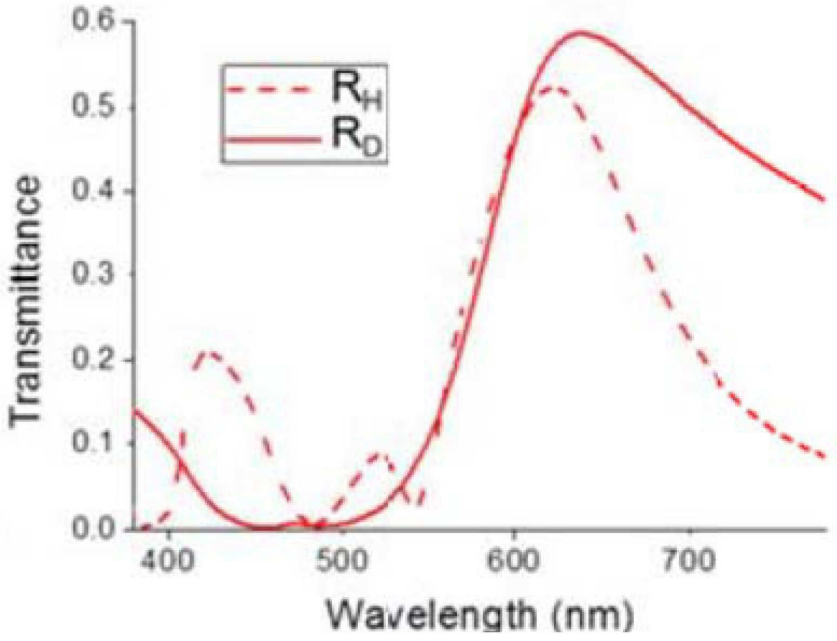
도면4c


B_H
Transmittance
Wavelength (nm)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
400
500
600
700

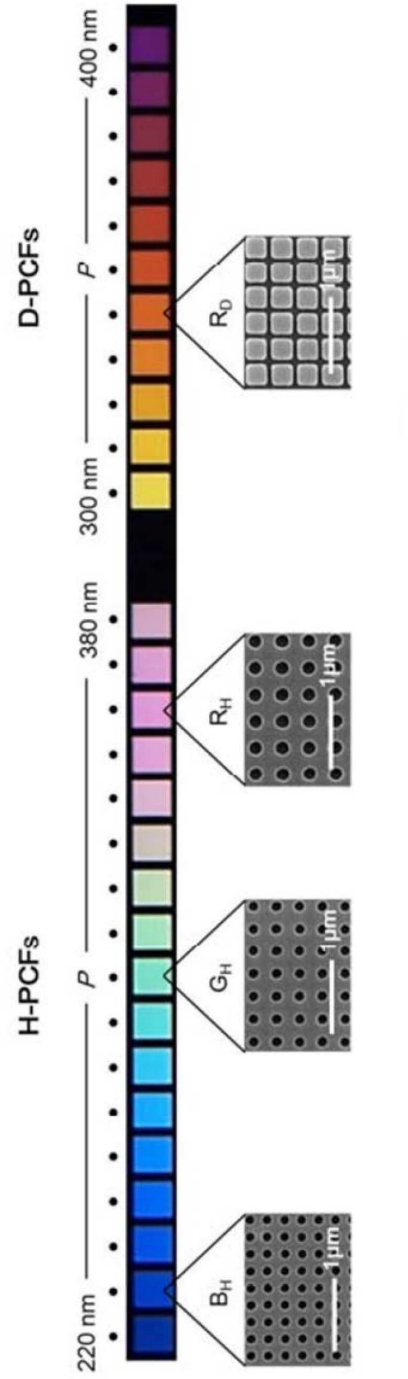
도면4d


0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
Transmittance
400
500
600
700
Wavelength (nm)
G_H

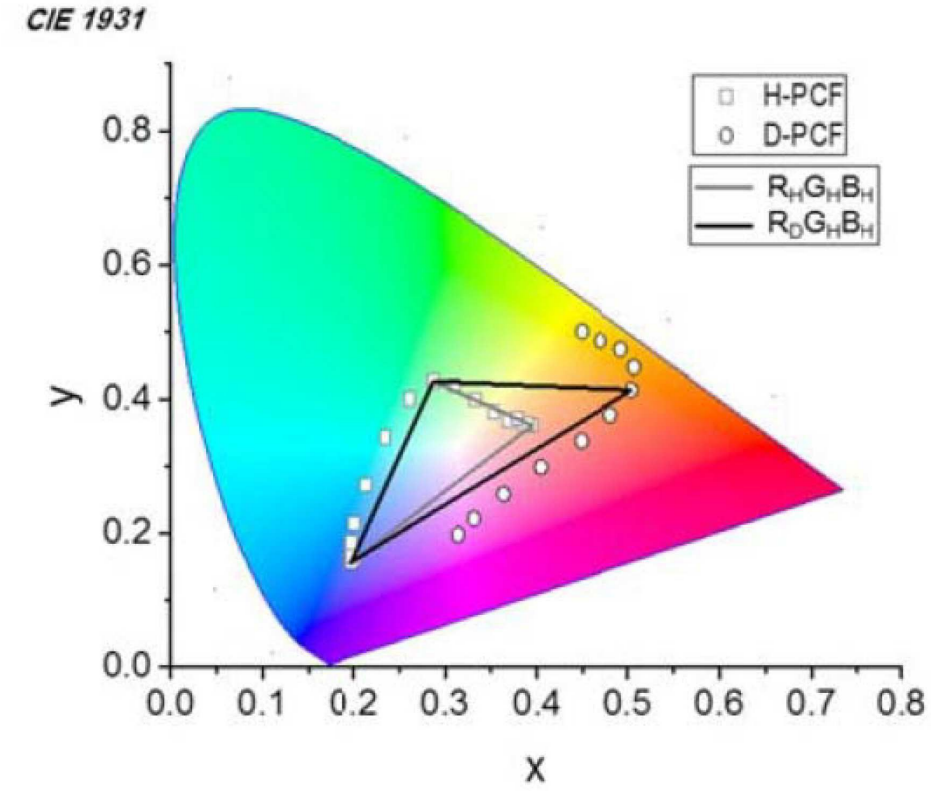
도면4e


0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
Transmittance
400
500
600
700
Wavelength (nm)
R_H
R_D

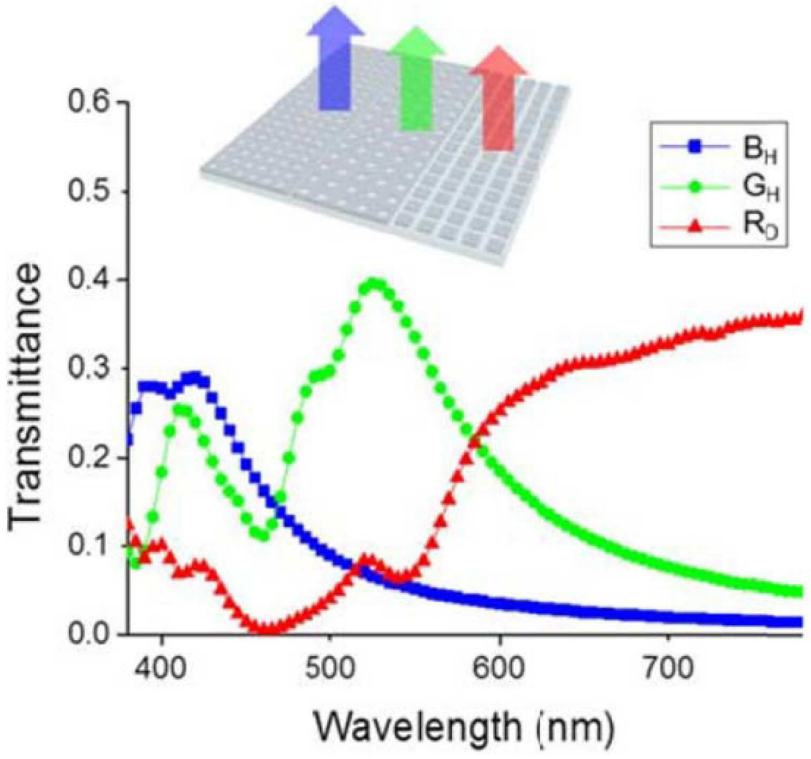
도면5a



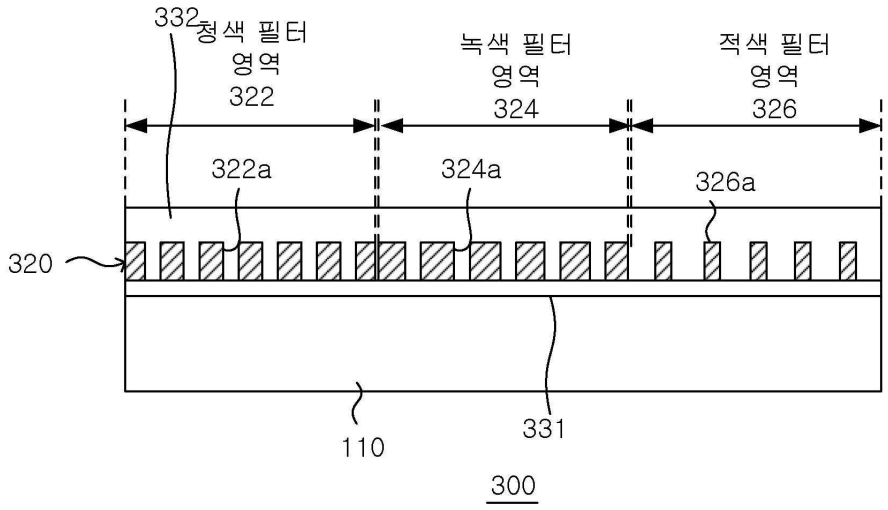
도면5b


CIE 1931
H-PCF
D-PCF
$R_HG_HB_H$
$R_DG_HB_H$
y
x
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
0.1
0.3
0.5
0.7

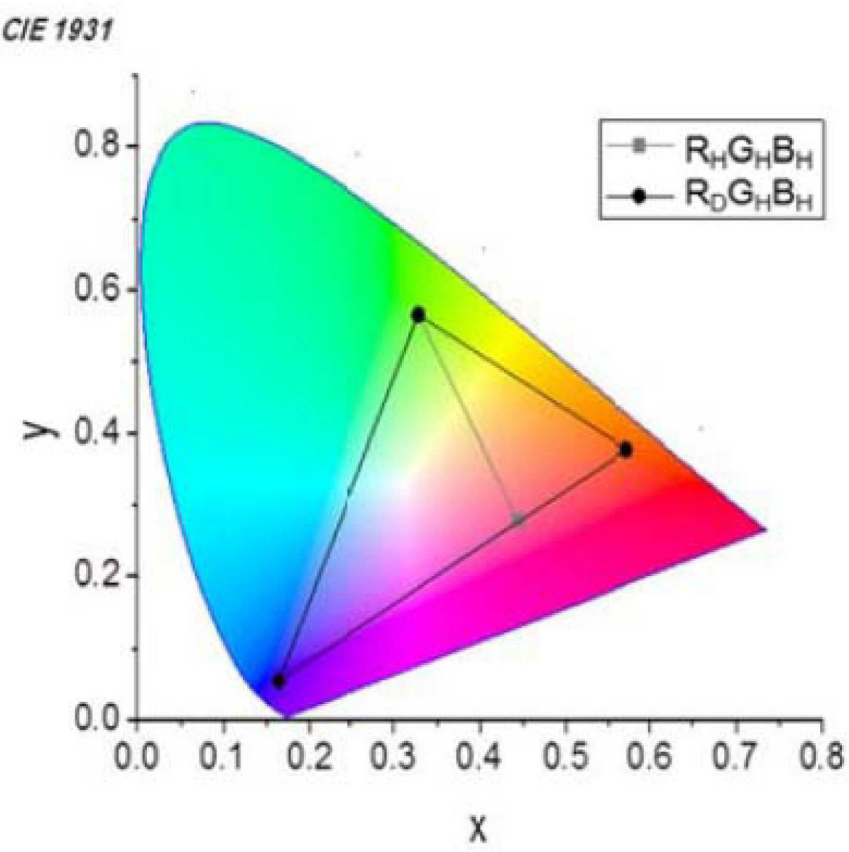
도면5c


B_H
G_H
R_D
Transmittance
Wavelength (nm)
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
400
500
600
700

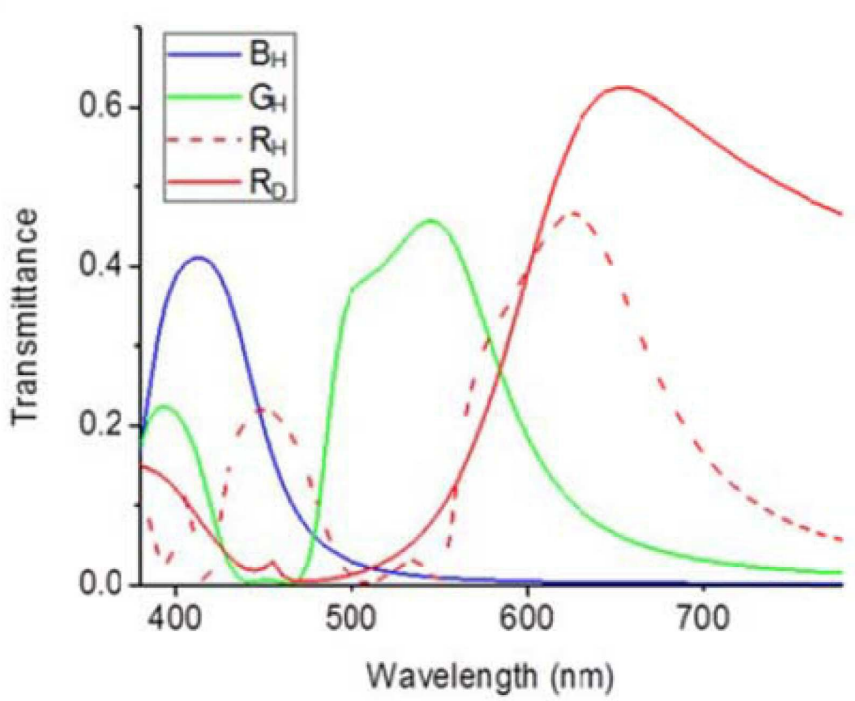
도면6a


332
청색 필터
영역
322
녹색 필터
영역
324
적색 필터
영역
326
322a
324a
326a
320
110
331
300

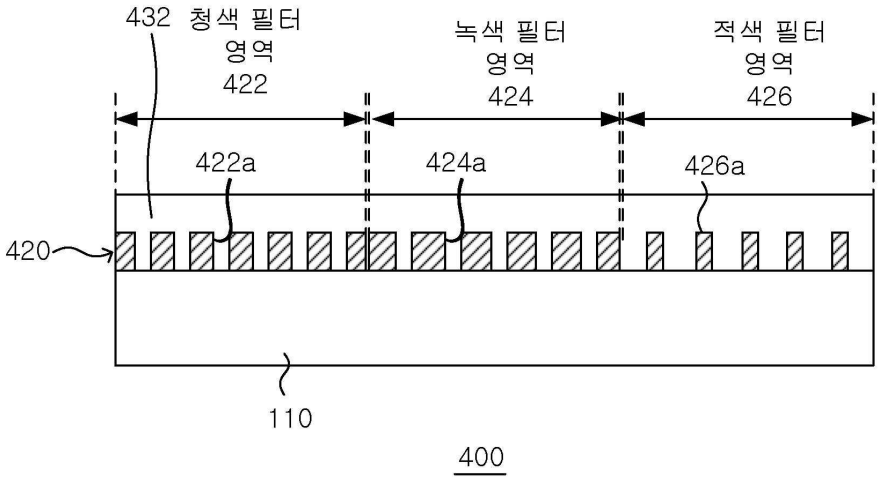
도면6b


CIE 1931
$R_HG_HB_H$
$R_DG_HB_H$
y
x
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
0.1
0.3
0.5
0.7

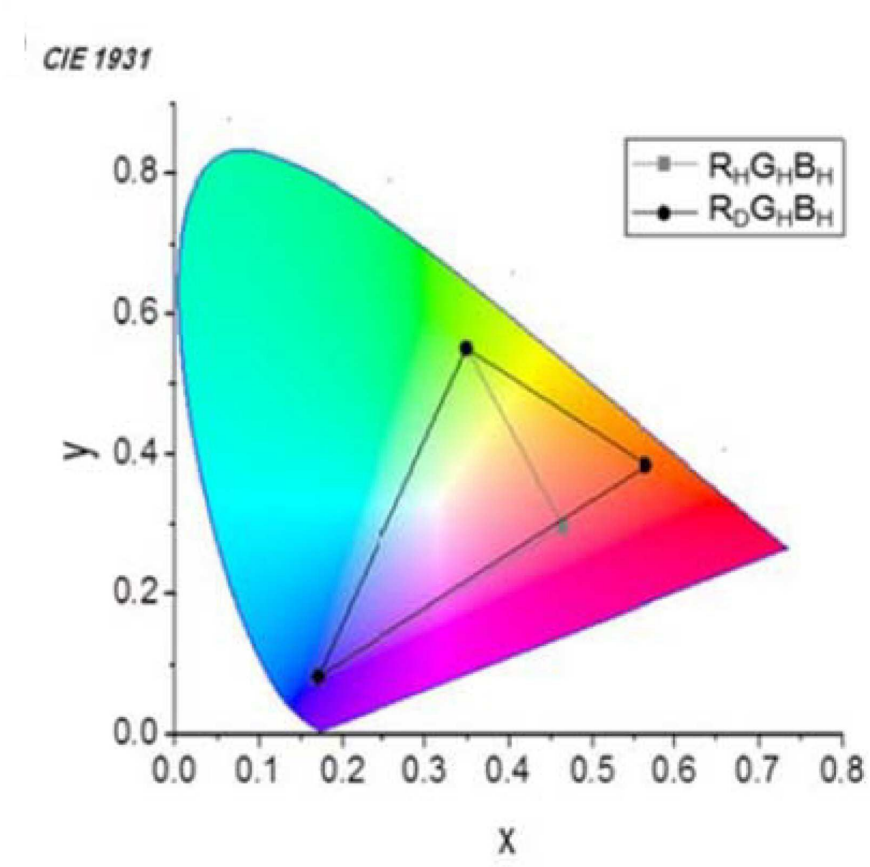
도면6c


B_H
G_H
R_H
R_D
Transmittance
0.0
0.2
0.4
0.6
400
500
600
700
Wavelength (nm)

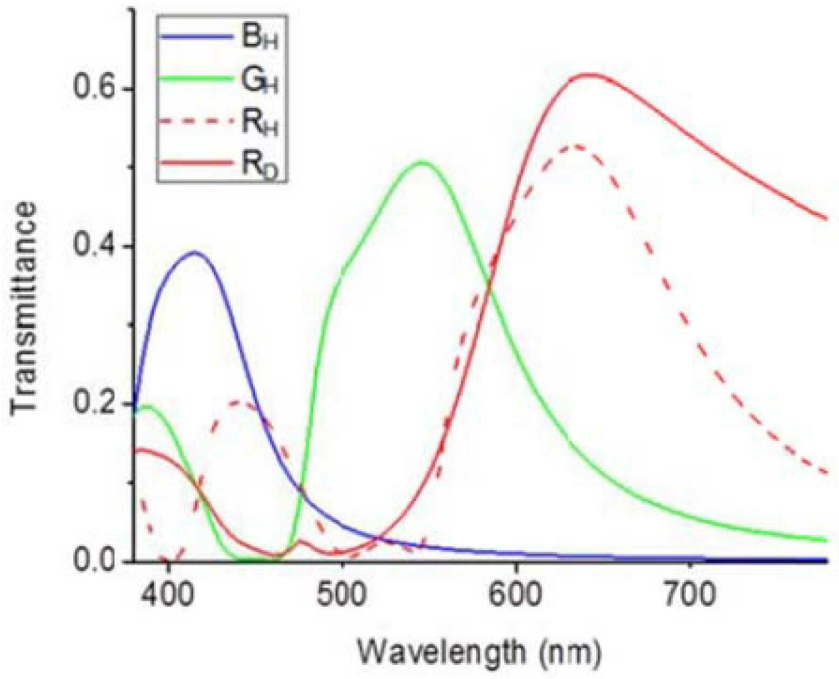
도면7a


432
청색 필터
영역
422
녹색 필터
영역
424
적색 필터
영역
426
422a
424a
426a
420
110
400

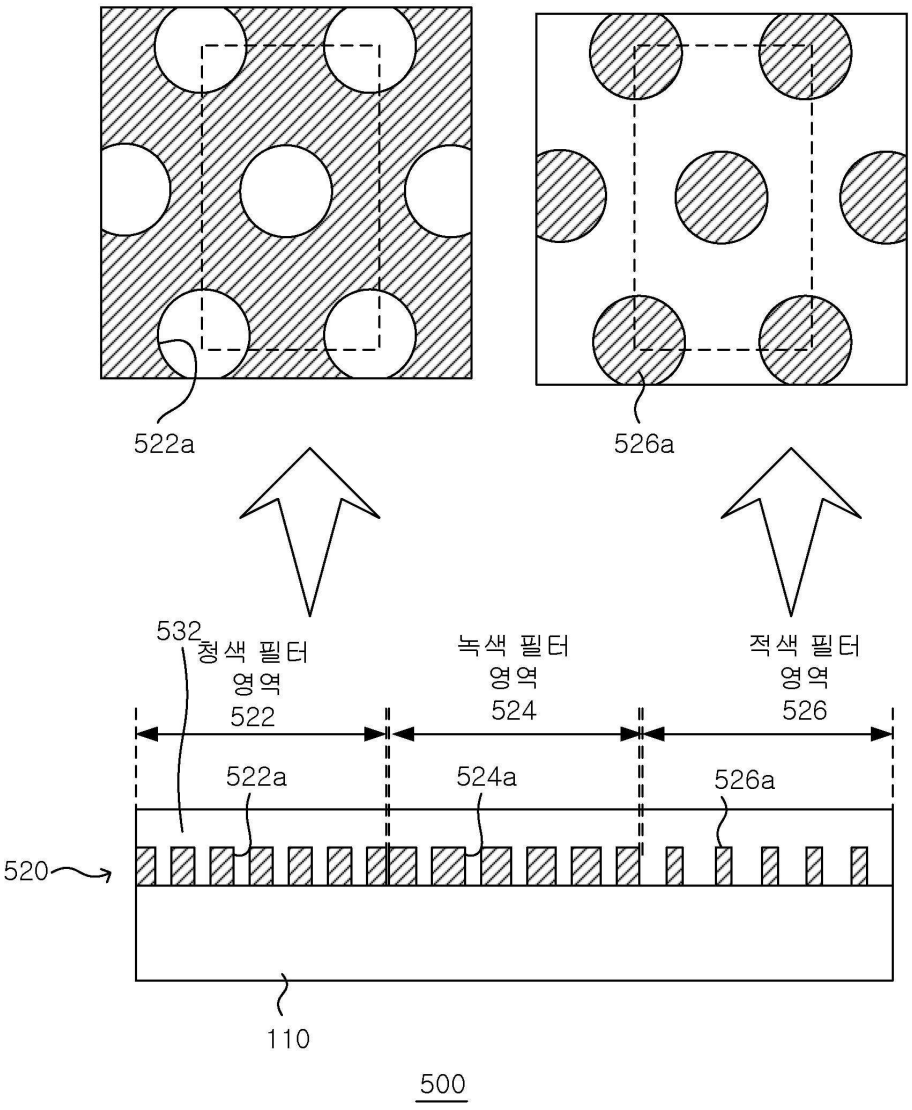
도면7b


CIE 1931
$R_HG_HB_H$
$R_DG_HB_H$
y
x
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
0.1
0.3
0.5
0.7

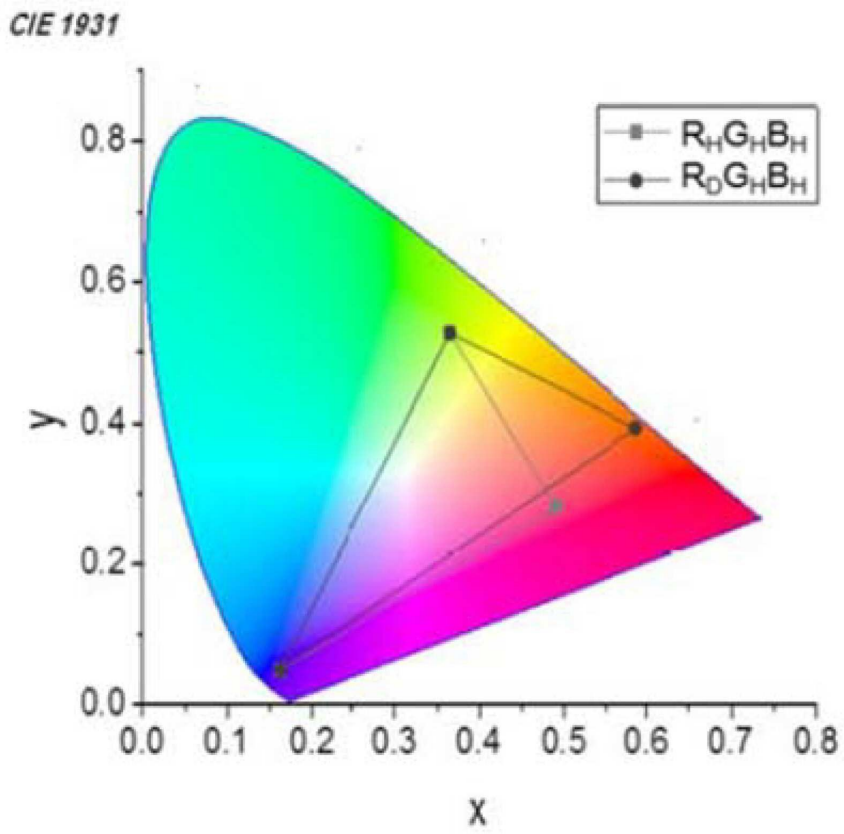
도면7c


B_H
G_H
R_H
R_D
Transmittance
Wavelength (nm)
0.0
0.2
0.4
0.6
400
500
600
700

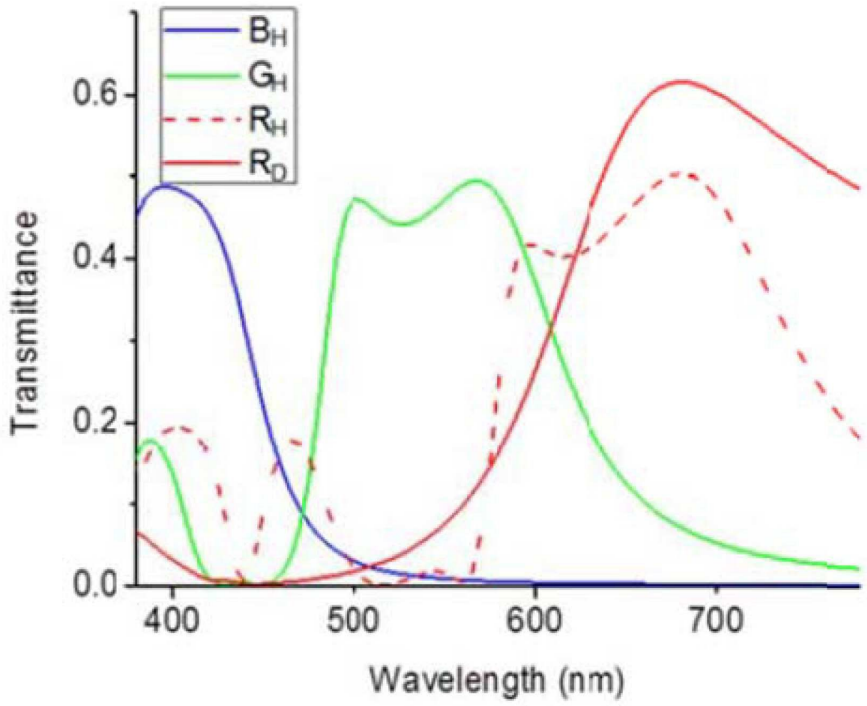
도면8a


522a
526a
532
청색 필터
영역
522
녹색 필터
영역
524
적색 필터
영역
526
522a
524a
526a
520
110
500

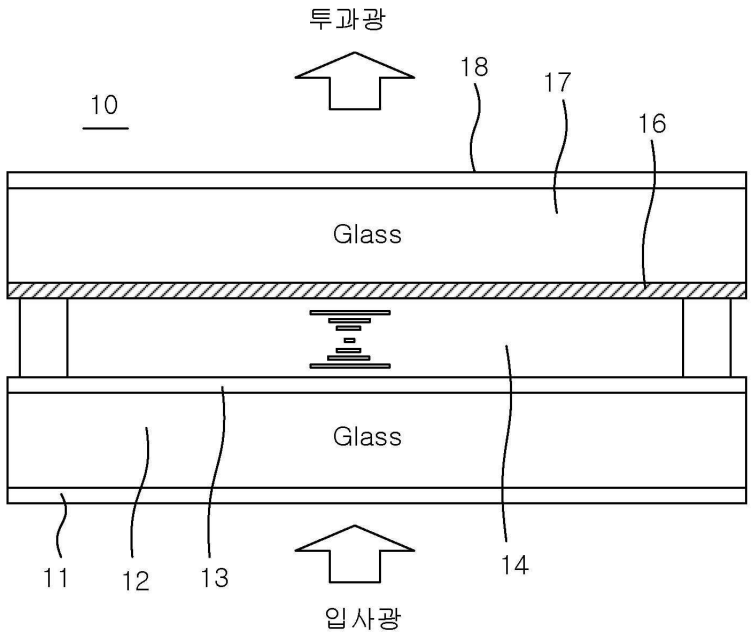
도면8b


CIE 1931
$R_HG_HB_H$
$R_DG_HB_H$
y
x
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
0.1
0.3
0.5
0.7

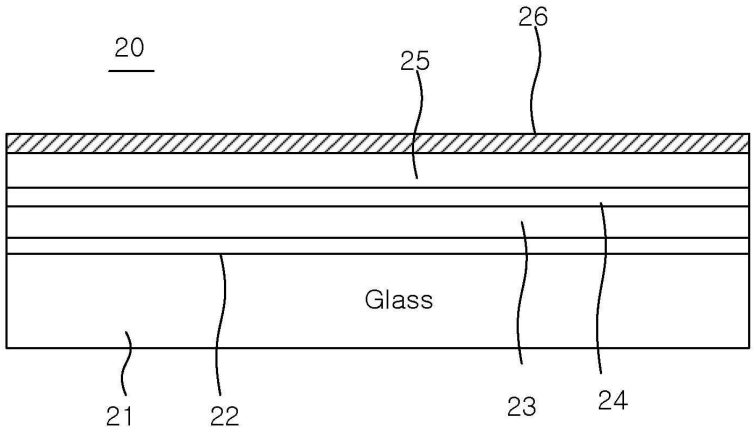
도면8c


B_H
G_H
R_H
R_D
Transmittance
Wavelength (nm)
0.0
0.2
0.4
0.6
400
500
600
700

도면9


투과광
10
18
17
16
Glass
Glass
11
12
13
14
입사광

도면10


20
26
25
Glass
21
22
23
24