



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0086934
(43) 공개일자 2014년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 5/20 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0059166(분할)
(22) 출원일자 2014년05월16일
심사청구일자 2014년05월16일
(62) 원출원 특허 10-2012-0099268
원출원일자 2012년09월07일
심사청구일자 2012년09월07일

(71) 출원인

한국과학기술원

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

최경철

대전 유성구 문지로 14, 교수아파트 1동 102호 (도룡동, 과기원)

도윤선

대구 서구 문화로47길 26-19

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인충정

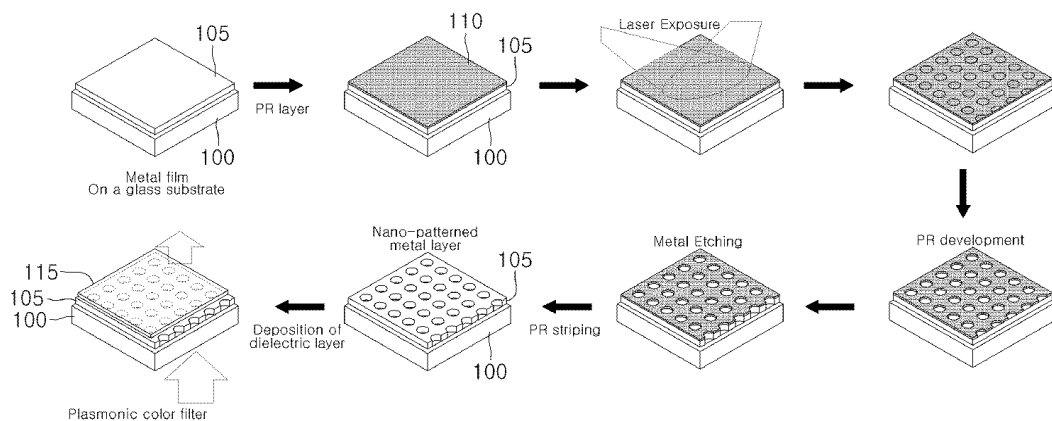
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 레이저 간섭 리소그래피를 이용한 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법

(57) 요약

표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법은, (a) 기판 위에 금속막을 형성하는 단계와, (b) 금속막 위에 감광층을 형성하는 단계와, (c) 감광층에 레이저 간섭무늬를 조사하여 감광층에 주기성을 가지는 나노 홀 어레이(nano hole array)를 형성하는 단계와, (d) 감광층의 나노 홀 어레이를 이용하여 금속막을 식각(etching)하여 금속막에 나노 홀 어레이를 형성하는 단계와, (e) 나노 홀 어레이를 가지는 감광층을 나노 홀 어레이가 형성된 금속막으로부터 제거하고 나노 홀 어레이가 형성된 금속막 위에 유전체층을 형성하는 단계를 포함한다.

대표도



(72) 발명자

주병권

서울특별시 종로구 평창동

박정호

서울 구로구 개봉로20길 6, 110동 2203호 (개봉동,
현대아파트1단지)

황보연

서울특별시 성북구 안암동5가

특허청구의 범위

청구항 1

표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법에 있어서,

- (a) 기판 위에 감광층을 형성하는 단계;
- (b) 상기 감광층에 레이저 간섭무늬를 조사하여 상기 감광층을 주기성을 가지는 나노 닷 어레이(nano dot array)로 형성하는 단계;
- (c) 상기 기판과, 상기 나노 닷 어레이의 감광층 위에 금속막을 형성하는 단계;
- (d) 상기 나노 닷 어레이의 감광층과, 상기 나노 닷 어레이의 감광층 위에 형성된 금속막을 제거하여 상기 나노 닷 어레이에 대응하는 나노 홀 어레이(nano hole array)가 형성된 금속막을 형성하는 단계; 및
- (e) 상기 나노 홀 어레이가 형성된 금속막 위에 유전체층을 형성하는 단계를 포함하는 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법.

청구항 2

표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법에 있어서,

- (a) 기판 위에 감광층을 형성하는 단계;
- (b) 상기 감광층에 마스크(mask)를 통해 상기 감광층이 형성된 기판을 회전하면서 레이저 간섭무늬를 복수번 조사하여 상기 감광층을 나노 닷들(nano dots)의 배열 방향이 서로 다르고 주기성을 가지는 단위 나노 닷 어레이(nano dot array)들로 형성하는 단계;
- (c) 상기 기판과, 상기 단위 나노 닷 어레이들의 감광층 위에 금속막을 형성하는 단계;
- (d) 상기 단위 나노 닷 어레이(nano dot array)들의 감광층과, 상기 단위 나노 닷 어레이(nano dot array)들의 감광층 위에 형성된 금속막을 제거하여 상기 단위 나노 닷 어레이들에 대응하는 단위 나노 홀 어레이(nano hole array)들이 형성된 금속막을 형성하는 단계; 및
- (e) 상기 단위 나노 홀 어레이들이 형성된 금속막 위에 유전체층을 형성하는 단계를 포함하는 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 단위 나노 홀 어레이에 포함된 나노 홀은 적어도 두 개의 방향축들에 주기적으로 배치되고 상기 방향축들 각각에 적어도 3개가 배치되는 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법.

청구항 4

표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법에 있어서,

- (a) 기판 위에 감광층을 형성하는 단계;
- (b) 상기 감광층에 적색 서브-화소(subpixel) 형성을 위한 마스크(mask), 녹색 서브-화소 형성을 위한 마스크, 및 청색 서브-화소 형성을 위한 마스크를 통해 제1 레이저 간섭무늬, 제2 레이저 간섭무늬, 및 제3 레이저 간섭무늬를 각각 조사하여 상기 감광층을 적색 서브-화소, 녹색 서브-화소, 및 청색 서브-화소에 각각 대응하는 제1 나노 닷 주기를 가지는 제1 나노 닷 어레이(nano dot array), 제2 나노 닷 주기를 가지는 제2 나노 닷 어레이, 및 제3 나노 닷 주기를 가지는 제3 나노 닷 어레이로 형성하는 단계;
- (c) 상기 기판과, 상기 제1 나노 닷 어레이 및 제2 나노 닷 어레이 및 제3 나노 닷 어레이의 감광층 위에 금속막을 형성하는 단계;
- (d) 상기 제1 나노 닷 어레이 및 제2 나노 닷 어레이 및 제3 나노 닷 어레이의 감광층과, 상기 제1 나노 닷 어

레이 및 제2 나노 닷 어레이 및 제3 나노 닷 어레이의 감광층 위에 형성된 금속막을 제거하여 상기 제1 나노 닷 어레이 및 제2 나노 닷 어레이 및 제3 나노 닷 어레이에 대응하는 제1 나노 홀 어레이(nano hole array) 및 제2 나노 홀 어레이 및 제3 나노 홀 어레이가 형성된 금속막을 형성하는 단계; 및

(e) 상기 제1 나노 홀 어레이 및 제2 나노 홀 어레이 및 제3 나노 홀 어레이가 형성된 금속막 위에 유전체층을 형성하는 단계를 포함하는 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 표면 플라즈몬을 이용하는 표면 플라즈모닉 컬러 필터에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 레이저 간섭 리소그래피를 이용한 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법(생산 방법)에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 정보 디스플레이에 관한 관심이 고조되고 휴대가 가능한 정보매체를 이용하려는 요구가 높아지면서 기존의 표시장치인 브라운관(Cathode Ray Tube; CRT)을 대체하는 경량 박막형 평판표시장치(Flat Panel Display; FPD)에 대한 연구 및 상업화가 중점적으로 이루어지고 있다. 특히, 이러한 평판표시장치 중 액정표시장치(Liquid Crystal Display; LCD)는 액정의 광학적 이방성을 이용하여 이미지를 표현하는 장치로서, 해상도와 컬러표시 및 화질 등에서 우수하여 노트북이나 데스크탑 모니터 등에 활발하게 적용되고 있다.

[0003] 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.

[0004] 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 한가지색만 투과시킴으로써 컬러필터층에서 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.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제(목적)는, 금속막(금속층)에 나노 크기(nano size)의 주기적인 홀 어레이 패턴(hole array pattern)을 형성할 수 있는 레이저 간섭 리소그래피(laser interference lithography)를 이용한 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법은, (a) 기판 위에 금속막을 형성하는 단계; (b) 상기 금속막 위에 감광층을 형성하는 단계; (c) 상기 감광층에 레이저 간섭무늬를 조사하여 상기 감광층에 주기성을 가지는 나노 홀 어레이(nano hole array)를 형성하는 단계; (d) 상기 감광층의 나노 홀 어레이를 이용하여 상기 금속막을 식각(etching)하여 상기 금속막에 나노 홀 어레이를 형성하는 단계; 및 (e) 상기 나노 홀 어레이를 가지는 감광층을 상기 나노 홀 어레이가 형성된 금속막으로부터 제거하고 상기 나노 홀 어레이가 형성된 금속막 위에 유전체층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0007] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법은, (a) 기판 위에 감광층을 형성하는 단계; (b) 상기 감광층에 레이저 간섭무늬를 조사하여 상기 감광층에 주기성을 가지는 나노 닷 어레이(nano dot array)로 형성하는 단계; (c) 상기 기판과, 상기 나노 닷 어레이의 감광층 위에 금속막을 형성하는 단계; (d) 상기 나노 닷 어레이의 감광층과, 상기 나노 닷 어레이의 감광층 위에 형성된 금속막을 제거하여 상기 나노 닷 어레이에 대응하는 나노 홀 어레이(nano hole array)가 형성된 금속막을 형성하는 단계; 및 (e) 상기 나노 홀 어레이가 형성된 금속막 위에 유전체층을 형성하는 단계를 포함할 수

있다.

- [0008] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법은, (a) 기판 위에 금속막을 형성하는 단계; (b) 상기 금속막 위에 감광층을 형성하는 단계; (c) 상기 감광층에 마스크(mask)를 통해 상기 감광층 및 금속막이 형성된 기판을 회전하면서 레이저 간섭무늬를 복수번 조사하여 상기 감광층에 나노 홀들(nano holes)의 배열 방향이 서로 다르고 주기성을 가지는 단위 나노 홀 어레이(nano hole array)들을 형성하는 단계; (d) 상기 감광층의 단위 나노 홀 어레이들을 이용하여 상기 금속막을 식각(etching)하여 상기 금속막에 단위 나노 홀 어레이들을 형성하는 단계; 및 (e) 상기 단위 나노 홀 어레이들을 가지는 감광층을 상기 단위 나노 홀 어레이들이 형성된 금속막으로부터 제거하고 상기 단위 나노 홀 어레이들이 형성된 금속막 위에 유전체층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0009] 상기 단위 나노 홀 어레이에 포함된 나노 홀은 적어도 두 개의 방향축들에 주기적으로 배치되고 상기 방향축들 각각에 적어도 3개가 배치될 수 있다.
- [0010] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법은, (a) 기판 위에 감광층을 형성하는 단계; (b) 상기 감광층에 마스크(mask)를 통해 상기 감광층이 형성된 기판을 회전하면서 레이저 간섭무늬를 복수번 조사하여 상기 감광층을, 나노 닷들(nano dots)의 배열 방향이 서로 다르고 주기성을 가지는 단위 나노 닷 어레이(nano dot array)들로 형성하는 단계; (c) 상기 기판과, 상기 단위 나노 닷 어레이들의 감광층 위에 금속막을 형성하는 단계; (d) 상기 단위 나노 닷 어레이(nano dot array)들의 감광층과, 상기 단위 나노 닷 어레이(nano dot array)들의 감광층 위에 형성된 금속막을 제거하여 상기 단위 나노 닷 어레이들에 대응하는 단위 나노 홀 어레이(nano hole array)들이 형성된 금속막을 형성하는 단계; 및 (e) 상기 단위 나노 홀 어레이들이 형성된 금속막 위에 유전체층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 단위 나노 홀 어레이에 포함된 나노 홀은 적어도 두 개의 방향축들에 주기적으로 배치되고 상기 방향축들 각각에 적어도 3개가 배치될 수 있다.
- [0012] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법은, (a) 기판 위에 금속막을 형성하는 단계; (b) 상기 금속막 위에 감광층을 형성하는 단계; (c) 상기 감광층에 적색 서브-화소(subpixel) 형성을 위한 마스크(mask), 녹색 서브-화소 형성을 위한 마스크, 및 청색 서브-화소 형성을 위한 마스크를 통해 제1 레이저 간섭무늬, 제2 레이저 간섭무늬, 및 제3 레이저 간섭무늬를 각각 조사하여 상기 감광층에 적색 서브-화소, 녹색 서브-화소, 및 청색 서브-화소에 각각 대응하는 제1 나노 홀 주기를 가지는 제1 나노 홀 어레이(nano hole array), 제2 나노 홀 주기를 가지는 제2 나노 홀 어레이, 및 제3 나노 홀 주기를 가지는 제3 나노 홀 어레이를 형성하는 단계; (d) 상기 감광층의 제1 나노 홀 어레이 및 제2 나노 홀 어레이 및 제3 나노 홀 어레이를 이용하여 상기 금속막을 식각(etching)하여 상기 금속막에 제1 나노 홀 어레이 및 제2 나노 홀 어레이 및 제3 나노 홀 어레이를 형성하는 단계; 및 (e) 상기 제1 나노 홀 어레이 및 제2 나노 홀 어레이 및 제3 나노 홀 어레이가 형성된 금속막으로부터 제거하고 상기 제1 나노 홀 어레이 및 제2 나노 홀 어레이 및 제3 나노 홀 어레이가 형성된 금속막 위에 유전체층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법은, (a) 기판 위에 감광층을 형성하는 단계; (b) 상기 감광층에 적색 서브-화소(subpixel) 형성을 위한 마스크(mask), 녹색 서브-화소 형성을 위한 마스크, 및 청색 서브-화소 형성을 위한 마스크를 통해 제1 레이저 간섭무늬, 제2 레이저 간섭무늬, 및 제3 레이저 간섭무늬를 각각 조사하여 상기 감광층을, 적색 서브-화소, 녹색 서브-화소, 및 청색 서브-화소에 각각 대응하는 제1 나노 닷 주기를 가지는 제1 나노 닷 어레이(nano dot array), 제2 나노 닷 주기를 가지는 제2 나노 닷 어레이, 및 제3 나노 닷 주기를 가지는 제3 나노 닷 어레이로 형성하는 단계; (c) 상기 기판과, 상기 제1 나노 닷 어레이 및 제2 나노 닷 어레이 및 제3 나노 닷 어레이의 감광층 위에 금속막을 형성하는 단계; (d) 상기 제1 나노 닷 어레이 및 제2 나노 닷 어레이 및 제3 나노 닷 어레이의 감광층과, 상기 제1 나노 닷 어레이 및 제2 나노 닷 어레이 및 제3 나노 닷 어레이의 감광층 위에 형성된 금속막을 제거하여 상기 제1 나노 닷 어레이 및 제2 나노 닷 어레이 및 제3 나노 닷 어레이에 대응하는 제1 나노 홀 어레이(nano hole array) 및 제2 나노 홀 어레이 및 제3 나노 홀 어레이가 형성된 금속막을 형성하는 단계; 및 (e) 상기 제1 나노 홀 어레이 및 제2 나노 홀 어레이 및 제3 나노 홀 어레이가 형성된 금속막 위에 유전체층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0014] 본 발명에 따른 레이저 간섭 리소그래피를 이용한 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법은, 컬러 필터를 제조할 때 안료 또는 염료의 사용을 배제하고 레이저 간섭 리소그래피를 통해 표면 플라즈몬 공명 현상을 이용하여 컬러 필터의 특성인 빛의 투과 효율을 향상시킬 수 있는 표면 플라즈모닉 컬러 필터 구조를 제조(fabrication)할 수 있다. 빛의 투과 효율을 향상시키고 백색광원의 빛을 플라즈몬 공명에 의해 필터링하는 본 발명의 컬러 필터는 백색광원(backlight)에서의 전력 소비를 감소시킬 수 있고, 평판 디스플레이인 LCD 및 OLED(organic light emitting diode display) 소자 등에 적용될 수 있다.

[0015] 본 발명은 금속막에 나노 크기의 주기적인 홀 어레이 패턴(hole array pattern)을 형성하는 기술인 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 표면 플라즈모닉 컬러 필터를 제조하는 것으로, 특히, 레이저 간섭 리소그래피를 통해 간단한 레이저 조사(laser exposure)를 통해 주기를 가지는 나노 크기의 패턴을 대면적에 형성할 수 있다. 따라서 본 발명은 컬러 필터의 제작 공정을 포함하는 공정 절차(또는 전체 공정 절차)를 간소화할 수 있고 공정비용을 절감시킬 수 있다. 그 결과, 본 발명은 저가의 공정으로 대면적화하여 상용화되는 디스플레이 소자에 적용될 수 있다.

[0016] 본 발명은 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 일정한 주기를 가지는 홀 어레이 패턴을 부분적으로 형성하는 것에 의해 시야각(viewing angle)에 따른 색상 변화 문제를 해결하여 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 특성을 개선시킬 수 있다.

[0017] 또한 본 발명은 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 적색, 녹색, 및 청색의 서브 화소(subpixel)들을 한 번에 구현하는 것에 의해 공정의 간소화 및 공정비용의 절감을 가능하게 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 본 발명의 상세한 설명에서 사용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여, 각 도면의 간단한 설명이 제공된다.

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 레이저 간섭 리소그래피를 이용한 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 레이저 간섭 리소그래피를 이용한 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 시야각에 따른 색상변화를 해결할 수 있는 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

도 4는 일정한 주기의 금속 나노 홀 어레이 패턴이 형성된 표면 플라즈모닉 컬러 필터 구조에서의 빛의 입사각에 따른 빛의 투과도(transmittance) 변화를 나타내는 그래프(graph)이다.

도 5는 도 3의 본 발명에 따른 다결정형 주기성(poly-periodic) 패턴이 형성된 금속막을 이용한 표면 플라즈모닉 컬러 필터에서의 빛의 입사각에 따른 빛의 투과도(transmittance) 변화를 나타내는 그래프(graph)이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 레이저 간섭 리소그래피를 이용한 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명, 및 본 발명의 실시예에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는, 본 발명의 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용이 참조되어야 한다.

[0020] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하는 것에 의해, 본 발명을 상세히 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 구성 요소를 나타낸다.

[0021] 컬러 필터는, 평판 디스플레이(flat panel display)에서 색상의 구현을 위해 디스플레이 소자를 구성하고 구동하는 주요 부품중의 하나이다. 컬러 필터는 백색 광원으로부터 적색, 녹색, 또는 청색의 빛을 선택적으로 투과시켜 색상을 구현하는 원리를 가지는데, 상용화된 평판 디스플레이에 적용되는 컬러 필터 기술은 안료 또는 염료의 재료적인 특성을 이용하여, 불필요한 색의 빛을 흡수하고 목표로 하는 색의 빛만을 투과시키기 때문에 투과율이 30(%)이상 되기 어렵고, 높은 휘도를 발생시키기 위해 백라이트(backlight)에 의한 전력소모가 커지는 단점이 있을 수 있다. 또한 상기 컬러 필터의 제작과정에 포토리소그래피(photolithography) 공정이 요구되고 이를 위해 다수의 마스크 공정들이 필요하여 공정비용이 커지는 문제점이 있을 수 있다.

- [0022] 한편, 금속 박막층에 주기성을 가지는 나노 크기의 다수개의 홀(hole)들로 이루어진 홀 어레이 패턴(hole array pattern)을 형성하여 이 구조(홀 어레이 패턴)에서 발생하는 플라즈몬 효과(표면 플라즈몬 공명 현상)를 이용하여 컬러 필터로 응용한 연구가 발표되고 있다. 표면 플라즈몬 공명 현상은 나노 크기의 홀을 뚫고 지나가는 빛의 투과도(투과효율)를 증가시키는 현상일 수 있다.
- [0023] 상기 일정한 주기를 가지는 나노 크기(nano size)의 홀 어레이 패턴을 구현하기 위해서, e-beam lithography(전자빔 리소그래피), 또는 ion milling(이온 에칭) 등의 방법을 이용한 연구가 발표되고 있으나 이와 같은 공정 방법은 고가이며 많은 시간을 요구하기 때문에, 상용화를 위해 대면적화와 공정 가격을 낮추기에 방해가 되는 요소로 작용할 수밖에 없다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 레이저 간섭 리소그래피를 이용한 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법을 설명하는 도면이다.
- [0025] 도 1을 참조하면, 유리 기판(100) 위에 금속막(105)이 형성된다. 그 후, 금속막(105) 위에 포토레지스트 층(감광물질로 구성되는 감광층, photo resist layer, PR layer)(110)이 형성(도포(application))된다. 감광층(110)은 파지티브(positive) 감광층(110) 또는 네거티브(negative) 감광층(110)일 수 있다. 본 발명의 다른 실시예에 있어서, 투명한 유리 기판(100) 대신 플라스틱(plastic) 기판이 사용될 수도 있다. 플라스틱 기판은, PET(polyethylene terephthalate, 폴리에스터), PEN(Polyethylene naphthalate, 폴리에틸렌 나프탈레이트), 또는 ITO(Indium Tin Oxide)를 포함하는 투명 플렉시블(flexible) 기판일 수 있다. 금속막(105)은, 예를 들어, 알루미늄(Al), 금(Au), 은(Ag), 또는 구리(Cu)를 포함할 수 있다. 금속막(105)은 예를 들어 10(nm)이상 400(nm)이하의 두께를 가질 수 있다.
- [0026] 다음, 감광층(110)에 나노 크기의 주기적인 홀 어레이 패턴(hole array pattern)(나노 홀 어레이 패턴(nano hole array pattern))을 형성하기 위하여, 감광층(110)에 레이저 간섭 리소그래피에 사용되는 레이저들의 간섭 무늬를 감광층(110) 위에 노광(exposure)(조사)한다. 상기 레이저 간섭 리소그래피는 두 개의 빛(레이저)을 이용할 경우 1차원의 line array 패턴의 간섭무늬가 형성되며, 2차원 홀 어레이를 형성하기 위해 제1 방향 및 제2 방향(예를 들어, 제1 방향으로부터 90도(degree) 회전한 방향)으로 2번 노광을 함으로써 빛이 감광된 정도의 차이(또는 감광층의 두께에 따른 감광층이 겪는 에너지의 정도 차이)와 감광층의 종류, 즉 네거티브 감광층이나 파지티브 감광층이나에 따라 패턴의 모양을 현상을 통해 홀(hole) 혹은 닷(dot)의 형태로 만들 수 있다. 예를 들어, 파지티브 감광층을 이용할 경우, 제1 및 제2 방향으로 노광한 후 감광물질 현상액(developing solution)(PR development)을 이용하여 현상 시, 빛에 2번 노출(노광)된 부분이 제거가 되어 hole 패턴(나노 홀 어레이 패턴)을 형성할 수 있다. 혹은 빛에 1회 이상 노출된 부분이 제거가 될 수 있도록 노광 에너지를 조절하면, 현상 후 dot 패턴(나노 닷(dot) 어레이 패턴)이 형성될 수 있다. 네거티브 감광층의 경우도 제1 및 제2 방향으로 노광 후, 노광되지 않은 부분이 현상 시 제거되어 hole 패턴이 형성될 수 있다. 즉, 감광층(110)에 레이저 간섭무늬를 조사하여 감광층(110)에 나노 크기의 주기적인 홀 어레이(주기성을 가지는 나노 홀 어레이)를 형성할 수 있다.
- [0027] 레이저 간섭 리소그래피는 빛의 간섭패턴을 이용해 무늬(pattern)를 새기는 기술로서 두 개 이상의 서로 결맞음(coherence, 간섭현상)이 있는 빛이 일정한 주기성을 가지는 간섭 패턴을 만들고 기판 위에 코팅된 감광제에 노광된 후 현상 공정을 통해 나노 패턴을 형성하는 방법으로 주기적인 나노 구조체를 제작하는데 있어 매우 효과적일 수 있다. 상기 레이저 간섭 리소그래피는 대면적 공정에 용이하게 사용될 수 있어 대면적 패턴을 구현할 수 있고 특별히 마스크(masking)이 필요 없으므로 공정을 간소화시킬 수 있고 공정비용을 감소시킬 수 있다. 따라서 본 발명은 레이저 간섭 리소그래피를 응용하여 공정 절차를 간소화하고 공정비용을 절감하면서도 기존 컬러 필터 대비 투과효율 특성이 향상된 표면 플라즈모닉 컬러 필터를 제조할 수 있다.
- [0028] 다음, 감광층(110)의 나노 홀 어레이를 이용하여(감광층(110)의 나노 홀 어레이를 통해 식각액을 주입하여) 금속막(105)이 식각(etching)될 때 금속막(105)에 나노 홀 어레이(nano-patterned metal layer)가 형성된다. 금속막(105)의 식각 방법으로는 건식(Dry etching) 방법 또는 습식(Wet etching)방법 모두 가능하다. 그 후, 나노 홀 어레이를 가지는 감광층(110)이 나노 홀 어레이가 형성된 금속막(105)로부터, 산소 플라즈마를 이용하여 플라즈마 식각을 수행하거나, 또는 스트리퍼 용액(stripping solvent)을 사용하는 PR 스트리핑 공정(photoresist stripping process)에 의해 박리(stripping)되어 제거될 수 있다. 상기 나노 홀 어레이는 나노 크기(예를 들어 입사광(예를 들어 적색의 빛)의 파장이하(sub-wavelength)의 크기)를 각각 가지는 구멍(hole 또는 nano hole)들이 2차원 평면상에 제1 방향(예를 들어, 가로 방향) 및 제2 방향(예를 들어, 세로 방향)으로 주기적으로 배열(배치)되는 구조를 의미할 수 있다. 파장이하의 작은 홀(hole)이 금속막(105)에 주기적으로 배열되면 표면 플라

즈몬의 여기로 광의 투과도가 크게 증폭될 수 있다. 상기 구멍들 각각의 형태는 예를 들어 백색광인 입사광의 파장이하(sub-wavelength)의 직경 크기를 가지는 원형, 타원형, 사각형, 또는 삼각형일 수 있다. 예를 들어, 상기 구멍(hole)들 각각은 50(nm)이상이고 1(μm)이하의 크기(직경)를 가지며, 상기 구멍(hole)들 사이의 간격(패턴 주기, 또는 피치(pitch))은 50(nm)이상이고 1(μm)이하일 수 있다.

[0029] 다음, 나노 홀 어레이가 형성된 금속막(105) 위에 유전체층(115)이 형성(또는 증착)(deposition)되면, 도 1의 좌측 하단에 도시된 바와 같이 금속막(105)의 나노 홀 어레이에 의해 특정 파장대역(표면 플라즈몬 공명 파장대역)의 빛을 선택적으로 투과할 수 있는 본 발명의 표면 플라즈몬 공명현상을 이용하는 표면 플라즈몬 컬러 필터가 제조(형성)될 수 있다. 유전체층(115)의 유전물질이 금속 박막(105)의 홀(hole)들의 내부를 채울 수 있다. 본 발명의 표면 플라즈몬 컬러 필터는 유전체층(115) 위에 배치될 수 있는 배면광원(back light)에서 나오는 백색광에서 화소 단위로 빨강, 초록, 또는 파랑 3가지 색을 추출하여 액정 디스플레이(LCD)에서 컬러를 구현할 수 있도록 하는 박막 필름 형태의 광학부품일 수 있다. 유전체층(115)의 두께는 예를 들어 10(nm)이상이고 1000(nm)이하일 수 있다. 유전체층(115)은 예를 들어 LiF 또는 SiO₂와 같은 일반 유전체(유전물질)를 포함하거나, 또는 Al₂O₃, MgO, ZnO, ZnS, 또는 ITO(Indium Tin Oxide)와 같은 전도성 산화물(투명 전도성 산화물)인 유전체를 포함할 수 있다.

[0030] 상기 표면 플라즈몬 컬러 필터에서 플라즈몬 공명은 금속(금속막(105))과 유전체(유전체층(115) 또는 기판(100)) 사이의 경계면에서 발생할 수 있다. 본 발명의 다른 실시예에 있어서, 금속 양 경계면(기판(100)과 금속막(105) 사이의 경계면 및 유전체층(115)과 금속막(105) 사이의 경계면)에서의 플라즈몬 공명 모드(mode)를 일치시켜 투과향상 효과를 높이기 위해, 기판(100) 및 유전체층(115) 각각은 굴절률이 같은 유전물질을 포함할 수 있다. 최상층에 형성된 유전체층(115)은 금속막(105)의 부식 및 산화를 방지하는 역할을 할 수 있다.

[0031] 표면 플라즈몬 공명(surface plasmon resonance) 현상은 나노 크기의 금속 구조체로 빛이 입사할 경우 특정 파장의 빛과 금속박막 표면의 자유전자(표면 플라즈몬)가 공명을 일으켜 금속과 유전체의 경계면을 따라 특정 파장의 빛이 전파되는 현상을 말하며, 주기적인 패턴이 형성된 금속 박막 구조에서는 패턴의 주기를 변경하고 금속 및 유전물질의 유전상수를 적절히 조합함으로써 공명 파장대역을 설정할 수 있다. 상기 홀(패턴)을 구비한 플라즈몬 구조에서는, 입사된 빛에 의해 표면 플라즈몬을 형성할 수 있는 특정 파장의 빛만이 구조물(구조체)을 투과할 수 있으며 나머지 빛은 모두 금속막(금속박막) 표면에 의해 반사 또는 흡수가 이루어진다.

[0032] 표면 플라즈몬 공명이 일어나는 파장 대역에서 입사광의 전기장과 플라즈몬이 커플링(coupling)되면서 홀(hole)(나노 홀)을 투과하는 빛의 양이 극대화되며 그 양은 홀(hole)의 개구율(aperture ratio)을 넘어서게 되어 투과도를 증대시킨다.

[0033] 진술한 바와 같이, 본 발명은, 두 개 이상의 빛들의 간섭무늬를 이용하여 일정한 주기를 가지는 패턴을 형성할 수 있는 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여, 나노 크기의 홀 어레이(hole array)가 형성된 금속막(105)을 포함하는 표면 플라즈몬 컬러 필터를 제조(형성)하는 방법을 제공한다.

[0034] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 레이저 간섭 리소그래피를 이용한 표면 플라즈몬 컬러 필터의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

[0035] 도 2를 참조하면, 유리 기판(200) 위에 감광층(감광막, PR layer)(205)이 형성(도포)된다. 감광층(205)은 네거티브(negative) 감광층(205) 또는 포지티브(positive) 감광층(205)일 수 있다. 본 발명의 다른 실시예에 있어서, 유리 기판(200) 대신 플라스틱 기판이 사용될 수도 있다. 플라스틱 기판은, PET, ITO, 또는 PEN을 포함하는 투명 플렉시블 기판일 수 있다.

[0036] 다음, 감광층(205)에 나노 크기의 주기적인 닷 어레이 패턴(dot array pattern)(나노 닷 어레이 패턴(nano dot array pattern))을 형성하기 위하여, 감광층(205)에 레이저 간섭 리소그래피에 사용되는 레이저들의 간섭무늬를 감광층(205) 위에 노광(exposure)한다. 상기 레이저 간섭 리소그래피는 적어도 두 개의 빛(레이저)들의 간섭무늬를 이용하여 일정한 주기를 가지는 패턴을 감광층(205)에 형성할 수 있고, 도 1에 대한 설명에서 언급된 레이저 간섭 리소그래피의 방법이 적용될 수 있다. 그 후, 감광물질 현상액(PR development)을 이용하여 레이저 간섭무늬에 노출된 부분의 매질변경 되는 정도에 따라 현상 시 나노 닷 어레이를 가지는 감광층(205)이 형성될 수 있다. 즉, 감광층(205)에 레이저 간섭무늬를 조사하여 감광층(205)을 나노 크기의 주기적인 닷 어레이(주기성을 가지는 나노 닷 어레이)로 형성할 수 있다. 상기 나노 닷 어레이를 이용할 경우 금속 식각 공정이 본 발명의 제조 방법에서 생략되어 도 1의 제조방법과 비교할 때 공정이 더 간소화되며 공정비용을 더 감소시킬 수 있다. 상기 나노 닷 어레이는 나노 크기(예를 들어 입사광(예를 들어 적색의 빛)의 파장이하(sub-wavelength)의 크기)를

각각 가지는 예를 들어 원통들이 2차원 평면인 기판(200) 상에 제1 방향(예를 들어, 가로 방향) 및 제2 방향(예를 들어, 세로 방향)으로 주기적으로 배열되는 구조를 의미할 수 있다. 본 발명은 전술한 레이저 간섭 리소그래피를 응용하여 공정 절차를 간소화하고 공정비용을 절감하면서도 기존 컬러 필터 대비 투과효율 특성이 향상된 표면 플라즈모닉 컬러 필터를 제조할 수 있다.

[0037] 다음, 기판(200)(또는 기판(200) 위)과, 나노 닷 어레이의 감광층(205) 위에 금속막(210)이 형성(또는 증착)(deposition)된다.

[0038] 다음, 나노 닷 어레이의 감광층(205)과, 나노 닷 어레이의 감광층(205) 위에 형성된 금속막(210)을 리프트-오프(lift-off) 방식(포토리지스트(PR)를 녹이는 용제(solvent)를 사용하는 PR-lift off 공정)으로 제거하여 나노 닷 어레이에 대응하는 나노 홀 어레이가 형성된 금속막(nano-patterned metal layer)(210)이 형성된다. 금속막(210)은, 예를 들어, 알루미늄(Al), 금(Au), 은(Ag), 또는 구리(Cu)를 포함할 수 있다. 금속막(210)은 예를 들어 10(nm)이상 400(nm)이하의 두께를 가질 수 있다. 상기 나노 홀 어레이에 포함되는 구멍들 각각의 형태는 예를 들어 백색광인 입사광의 파장이하(sub-wavelength)의 직경 크기를 가지는 원형, 타원형, 사각형, 또는 삼각형일 수 있다. 파장이하의 작은 홀(hole)이 금속막(210)에 주기적으로 배열되면 표면 플라즈몬의 여기로 광의 투과도가 크게 증폭될 수 있다. 예를 들어, 상기 구멍(hole)들 각각은 50(nm)이상이고 1(μ m)이하의 크기(직경)를 가지며, 상기 구멍(hole)들 사이의 간격(주기 또는 피치(pitch))은 50(nm)이상이고 1(μ m)이하일 수 있다. PR-lift off 공정에서 나노 닷 어레이의 감광층(205)과, 나노 닷 어레이의 감광층(205) 위에 형성된 금속막(210)을 제거하기 위해 현상액(예를 들어 SU-8 포토리지스트 solvent)이 사용될 수 있다.

[0039] 다음, 상기 나노 홀 어레이가 형성된 금속막(210) 위에 유전체층(215)이 형성(deposition)되면, 도 2의 좌측 하단에 도시된 바와 같이 금속막(210)의 나노 홀 어레이에 의해 특정 파장의 빛을 선택적으로 투과할 수 있는 본 발명의 표면 플라즈몬 공명현상을 이용하는 표면 플라즈모닉 컬러 필터가 제조(형성)될 수 있다. 유전체층(215)의 유전물질이 금속 박막(210)의 홀(hole)들의 내부를 채울 수 있다. 본 발명의 표면 플라즈모닉 컬러 필터는 유전체층(215) 위에 배치될 수 있는 배면광원(back light)에서 나오는 백색광에서 화소 단위로 빨강, 초록, 또는 파랑 3가지 색을 추출하여 액정 디스플레이(LCD)에서 컬러를 구현할 수 있도록 하는 박막 필름 형태의 광학부품일 수 있다. 유전체층(215)의 두께는 예를 들어 10(nm)이상이고 1000(nm)이하일 수 있다. 유전체층(215)은 예를 들어 LiF 또는 SiO₂와 같은 일반 유전체(유전물질)를 포함하거나, 또는 Al₂O₃, MgO, ZnO, ZnS, 또는 ITO(Indium Tin Oxide)과 같은 전도성 산화물(투명 전도성 산화물)인 유전체를 포함할 수 있다.

[0040] 표면 플라즈모닉 컬러 필터에서 플라즈몬 공명은 금속(금속막(210))과 유전체(유전체층(215) 또는 기판(200)) 사이의 경계면에서 발생할 수 있다. 본 발명의 다른 실시예에 있어서, 금속 양 경계면(기판(200)과 금속막(210) 사이의 경계면 및 유전체층(215)과 금속막(210) 사이의 경계면)에서의 플라즈몬 공명 모드(mode)를 일치시켜 투과향상 효과를 높이기 위해, 기판(200) 및 유전체층(215) 각각은 굴절률이 같은 유전물질을 포함할 수 있다.

[0041] 전술한 바와 같이, 본 발명은, 두 개 이상의 빛들의 간섭무늬를 이용하여 일정한 주기를 가지는 패턴을 형성할 수 있는 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여, 나노 크기의 홀 어레이(hole array)가 형성된 금속막(210)을 포함하는 표면 플라즈모닉 컬러 필터를 제조하는 방법을 제공한다.

[0042] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 시야각에 따른 색상변화를 해결할 수 있는 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

[0043] 도 3을 참조하면, 마스크(mask)(도 3에서 검은색으로 표시된 부분(영역))를 통해 레이저 간섭무늬(레이저)를 감광층(도 1의 110 또는 도 2의 205)에 복수 번(적어도 2번) 조사를 하고, 레이저를 조사할 때마다 기판(도 1의 금속막(105) 및 감광층(110)이 형성된 기판(100) 또는 도 2의 감광층(205)이 형성된 기판(200))을 회전시켜, 부분적으로 주기적인 단위 셀(unit cell)(도 3에서 화살표로 표시된 부분)인 단위 나노 홀 어레이 패턴 또는 단위 나노 닷 어레이 패턴이 흡사 다결정 구조(polycrystal)(다결정 형태)와 같이 분포된 패턴을 감광층(도 1의 110 또는 도 2의 205)에 전체적으로 만들 수 있다. 즉, 도 3을 참조하여 설명된 실시예는, 레이저 조사 조건(레이저 조사 환경)을 일정하게 유지시키고, 마스크 공정과 기판의 회전을 이용하여 주기(구멍(hole)들의 주기)가 같은 단위 패턴(단위 셀)이 무작위로 산포(분산)된 형태의 패턴을 포함할 수 있다.

[0044] 컬러 필터로 활용하기 위해서는 주기적 패턴(주기적 홀 패턴)을 이용하여 특정 파장 대역에서의 플라즈몬 공명을 통해 선택적 투과도를 이끌어 내야하는데, 주기 패턴을 이용하여 플라즈몬 공명을 위한 매칭(matching) 조건을 만들어 내기 위해서 홀 패턴은 제1 및 제2 주기방향들로 최소한 3개 이상의 복수개가 필요할 수 있으며(즉, 2개의 주기방향을 가지는 2차원 어레이 패턴의 경우 표면 플라즈몬 공명을 통해 특정 파장대역의 빛을 투과시키

기 위해, 홀은 적어도 9개가 필요할 수 있으며), 반복되는 방향성이 균일한 영역이 넓을수록 그 효과는 더 커진다. 따라서 마스크를 통하여 구분되는 단위 셀은 패턴이 3개 이상 반복될 수 있는 면적을 확보해야 한다. 플라스모닉 컬러 필터에 포함된 금속과 유전물질의 굴절률에 따라 차이가 있지만, 상기 확보되어야 하는 단위 셀의 면적은 대략 수 μm 정도 수준이기 때문에, 상기 단위 셀을 포함하는 본 발명은 고해상도 디스플레이 구현을 위해서도 충분히 적용될 수 있다.

[0045] 부연하여 설명하면, 상기 단위 나노 홀 어레이 패턴(단위 나노 홀 어레이)에 포함된 구멍들(나노 홀들)은 직교 방향 또는 육방정계 방향(서로 120도(degree)의 각도를 이루는 제1 방향, 제2 방향, 및 제3 방향)으로 반복되는 방식과 같은 다양한 배열 방식을 통해 2차원적으로 배열될 수 있다.

[0046] 상기 구멍은 일정한 주기를 가지고 반복되는 방향을 따라 최소 3회 이상 복수 번 반복될 수 있다. 보다 구체적으로 설명하면, 금속막(도 1의 105 또는 도 2의 210)에 포함되는 구멍은 적어도 두 개의 방향축들에 주기적으로 배치되고 상기 방향축들 각각에 적어도 3개가 배치될 수 있다. 예를 들어, 방향축들이 3개인 경우, 표면 플라스몬 공명을 통해 특정 파장대역의 빛을 투과시키기 위해, 서로 120도(degree)의 각도를 이루는 제1 방향축, 제2 방향축, 및 제3 방향축 각각에 적어도 3개의 구멍들이 금속막(105 또는 210)의 평면에 배치될 수 있다. 방향축들이 4개 이상인 경우 전술한 방향축들이 3개인 경우와 유사하게 서로 동일한 각도를 이루는 방향축들 각각에 구멍들이 배치될 수 있다.

[0047] 한편, 서로 직교하는 제1 방향 및 제2 방향으로 반복되는 배열을 형성할 경우, 상기 제1 방향 및 상기 제2 방향으로 배치되는 구멍들의 개수는, 표면 플라스몬 공명을 통해 특정 파장대역의 빛을 투과시키기 위해, 예를 들어 적어도 9개일 수 있다.

[0048] 도 3에 도시된 표면 플라스모닉 컬러 필터의 제조 방법의 실시예는 다음과 같이 설명될 수 있다.

[0049] 먼저, 도 3의 실시예는 도 1의 실시예와 결합될 수 있다. 즉, 도 3의 제조 방법의 실시예는, 기판(도 1의 100) 위에 금속막(105)을 형성하는 단계와, 금속막(105) 위에 감광층(110)을 형성하는 단계와, 감광층(110)에 마스크(도 3에서 검은색으로 표시된 부분)를 통해 감광층(110) 및 금속막(105)이 형성된 기판(100)을 회전하면서 레이저 간섭무늬를 복수번(적어도 2번) 조사하고 상기 조사에 의해 감광층(110)에 생성된 단위 나노 홀 어레이 패턴들을 현상공정을 통해 현상(development)하여 감광층(110)에 나노 홀들(nano holes)의 배열 방향이 서로 다르고 주기성을 가지는 단위 나노 홀 어레이(unit nano hole array)들을 형성하는 단계와, 감광층(110)의 단위 나노 홀 어레이들을 이용하여 금속막(105)을 식각(etching)하여 금속막(105)에 단위 나노 홀 어레이들을 형성하는 단계와, 단위 나노 홀 어레이들을 가지는 감광층(110)을 단위 나노 홀 어레이들이 형성된 금속막(105)으로부터 제거하고 단위 나노 홀 어레이들이 형성된 금속막(105) 위에 유전체층(115)을 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 단위 나노 홀 어레이에 포함된 나노 홀은 적어도 두 개의 방향축들에 주기적으로 배치되고 상기 방향축들 각각에 적어도 3개가 배치될 수 있다.

[0050] 다음으로, 도 3의 실시예는 도 2의 실시예와 결합될 수 있다. 즉, 도 3의 제조 방법의 실시예는, 기판(도 2의 200) 위에 감광층(205)을 형성하는 단계와, 감광층(205)에 마스크(도 3에서 검은색으로 표시된 부분)를 통해 감광층(205)이 형성된 기판(200)을 회전하면서 레이저 간섭무늬를 복수번(적어도 2번) 조사하고 상기 조사에 의해 감광층(205)에 생성된 단위 나노 홀 어레이 패턴들을 현상공정을 통해 현상(development)하여 감광층(205)에 나노 홀들(nano dots)의 배열 방향이 서로 다르고 주기성을 가지는 단위 나노 홀 어레이(nano dot array)들로 형성하는 단계와, 기판(200)(기판(200) 위)과, 단위 나노 홀 어레이들의 감광층(205) 위에 금속막(210)을 형성하는 단계와, 단위 나노 홀 어레이들의 감광층(205)과, 단위 나노 홀 어레이들의 감광층(205) 위에 형성된 금속막(210)을 제거하여 단위 나노 홀 어레이들에 대응하는 단위 나노 홀 어레이(nano hole array)들이 형성된 금속막(210)을 형성하는 단계와, 단위 나노 홀 어레이들이 형성된 금속막(210) 위에 유전체층(215)을 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 단위 나노 홀 어레이에 포함된 나노 홀은 적어도 두 개의 방향축들에 주기적으로 배치되고 상기 방향축들 각각에 적어도 3개가 배치될 수 있다.

[0051] 전술한 바와 같이, 도 3을 참조하여 설명된 본 발명의 실시예는 마스크(mask) 공정을 결합한 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 감광층에 다결정형 주기성(poly-periodic) 패턴을 형성하는 방법을 제공한다. 즉, 본 발명은 레이저 간섭 리소그래피에서 빛의 조사 과정에 마스크(masking) 공정을 추가하여 부분적으로 주기 패턴을 형성하는 공정 방법일 수 있다.

[0052] 일정한 주기적인 패턴을 가지는 구조 내에서의 표면 플라스몬 공명 현상은, 공명이 일어나는 파장대역을 결정짓는데 있어 플라스몬 여기를 위해 입사되는 빛의 방향성에 영향을 받으며, 이런 현상은 시야각에 따라 투과되는

빛의 파장 대역이 변해 색상이 변하는 특성을 가진다. 금속 박막(금속막)의 평면방향(in-plane)을 따른 빛의 모멘텀(momentum, 운동량) 변화에 따라 공명조건이 변하게 되고, 투과 피크값(peak)의 위치가 이동하게 된다. 수직으로 입사하는 빛의 입사각을 변화시키면, 빛의 평면방향(in-plane) 성분이 변하기 때문에 공명 조건이 바뀌고, 투과 색상이 변화하는 결과를 가져온다. 빛의 모멘텀 변화는 평면방향(in-plane) 성분이 주기 패턴의 방향성과 일치하는 정도와도 상관관계가 있다.

- [0053] 도 3의 본 발명에 따른 제조 방법(공정 방법)을 이용해서 다결정형 주기성 (poly-periodic) 패턴을 가지는 컬러 필터를 구현할 경우, 패턴의 방향성에 따른 빛의 모멘텀의 변화를 줄여 시야각에 따른 색상변화 현상을 저하시킬 수 있다. 즉, 마스크 공정과 기판의 회전으로 다결정형 주기성(poly-periodic) 패턴을 형성하여 이를 활용한 플라스모닉 컬러 필터를 구현할 경우, 전 면적상에 주기적인 패턴을 이용한 플라스모닉 컬러 필터의 주기적인 구조에서 오는 문제점(예를 들어, 시야각에 따른 색상 변화 문제)을 완화 또는 제거할 수 있다.
- [0054] 도 4는 일정한 주기의 금속 나노 홀 어레이 패턴이 형성된 표면 플라스모닉 컬러 필터 구조에서의 빛의 입사각에 따른 빛의 투과도(transmittance) 변화를 나타내는 그래프(graph)이다.
- [0055] 도 4를 참조하면, 빛의 입사각(0도(degree), 5도, 10도, 15도, 20도, 및 25도)에 따라 빛의 투과 파장 대역이 이동함을 알 수 있다. 빛의 투과 파장 대역이 이동함에 따라 전술한 시야각에 따른 빛의 색상 변화 문제가 발생할 수 있다. 즉, 일정한 주기의 금속 나노 홀 어레이 패턴이 형성된 표면 플라스모닉 컬러 필터 구조가 장착된 디스플레이 소자를 보는 관찰자의 입장에서 볼 때, 관찰자의 위치에 따라 색상이 변하게 되는 현상이 발생한다. 상기 빛의 입사각은 유전체층(도 1의 115 또는 도 2의 215)(또는 기판(도 1의 100 또는 도 2의 200))의 윗면에 대한 수직선(법선)과 빛의 진행방향이 이루는 각을 의미한다. 도 4에서 위에서 첫 번째 선(line)은 빛의 입사각이 0도인 경우의 투과도를 지시(indication)한다.
- [0056] 도 5는 도 3의 본 발명에 따른 다결정형 주기성(poly-periodic) 패턴이 형성된 금속막을 이용한 표면 플라스모닉 컬러 필터에서의 빛의 입사각에 따른 빛의 투과도(transmittance) 변화를 나타내는 그래프(graph)이다.
- [0057] 도 5를 참조하면, 빛의 입사각(0도(degree), 5도, 10도, 15도, 20도, 및 25도)에 따라 빛의 투과 파장 대역이 이동하지 않음을 알 수 있다. 상기 빛의 입사각은 도 3을 참조하여 설명된 유전체층(도 1의 115 또는 도 2의 215)(또는 기판(도 1의 100 또는 도 2의 200))의 윗면을 기준으로 하는 수직선(법선)과 빛의 진행방향이 이루는 각을 의미한다. 도 5에서 위에서 첫 번째 선(line)은 빛의 입사각이 0도인 경우의 투과도를 지시(indication)한다. 빛의 입사각이 0도인 경우 입사광의 투과도가 최대가 되고 입사각이 증가할수록 투과도는 감소한다.
- [0058] 도 5에 도시된 바와 같이 시야각(또는 입사각)에 따라 빛의 투과량이 감소하지만, 도 4에서와 같은 빛의 투과도의 피크값(peak)이 이동하는 현상은 발생하지 않는다. 따라서 본 발명은 시야각에 따른 색상변화가 일어나지 않을 수 있다.
- [0059] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 레이저 간섭 리소그래피를 이용한 표면 플라스모닉 컬러 필터의 제조 방법을 설명하는 도면이다. 상기 표면 플라스모닉 컬러 필터의 제조 방법은, 표면 플라스모닉 컬러 필터의 서브화소를 구분하여 제조하는 방법일 수 있다.
- [0060] 도 3을 참조하여 설명된 실시예는, 레이저 조사 조건을 일정하게 유지시키고, 마스크 공정과 기판의 회전을 이용하여 주기가 같은 단위 패턴이 무작위로 산포(분산)된 형태의 패턴을 가질 수 있다.
- [0061] 도 6을 참조하면, 도 3의 실시예와 달리 마스크 공정에 레이저 조사 조건을 변경하여 주기가 서로 다른 패턴을 한 패넌(예를 들어 LCD 패넌) 내에 한 번에 구현할 수도 있다. 금속막(도 1의 105 또는 도 2의 210)의 주기적인 홀 어레이 패턴을 이용하여 컬러 필터를 구현할 경우, 빛의 투과 대역은 패턴(홀 패턴)의 주기에 직접적으로 영향을 받게 되고 패턴의 주기를 변경하여 투과하고자 하는 색상 파장 대역을 조정할 수 있으므로, 적색, 녹색, 및 청색의 서브 화소를 구분하기 위해서는 각각 화소에 서로 다른 주기를 가지는 홀 어레이 패턴이 형성되어야 한다. 도 6에서 도시된 바와 같이 마스크(masking), 및 레이저 셋팅(laser setting)(또는 레이저 빔 각도(레이저 빔의 샘플(sample)에 대한 입사각)의 설정)을 반복적으로 3회 실시하여 서로 다른 주기를 가지는 레이저 간섭무늬를 감광층(photoresist)(도 1의 110 또는 도 2의 205)에 조사를 하고 한꺼번에 현상(development)을 하면 적색(Red), 녹색(Green), 및 청색(Blue)에 해당하는 패턴이 금속막(도 1의 105 또는 도 2의 210)에 구분되어 형성될 수 있다.
- [0062] 도 6에 도시된 바와 같이, 적색 서브-화소(subpixel) 형성을 위한 제1 레이저 간섭무늬를 생성하기 위한 레이저 빔의 각도는 $\theta 1$ 이고, 녹색 서브-화소 형성을 위한 제2 레이저 간섭무늬를 생성하기 위한 레이저 빔의 각도는 $\theta 2$ 이고, 청색 서브-화소 형성을 위한 제3 레이저 간섭무늬를 생성하기 위한 레이저 빔의 각도는 $\theta 3$ 일 수

있다. $\Theta 1$ 에 의해 금속막(도 1의 105 또는 도 2의 210)에 형성되는 금속막의 나노 홀 어레이 패턴의 나노 홀 주기(pitch)는 pitch1이고, $\Theta 2$ 에 의해 금속막(도 1의 105 또는 도 2의 210)에 형성되는 금속막의 홀 어레이 패턴의 나노 홀 주기는 pitch2이고, $\Theta 3$ 에 의해 금속막(도 1의 105 또는 도 2의 210)에 형성되는 금속막의 홀 어레이 패턴의 나노 홀 주기는 pitch3일 수 있다. 주기 크기에 있어서, pitch1의 크기가 pitch2의 크기보다 크고 pitch2의 크기가 pitch3의 크기보다 클 수 있다. 즉, pitch1 > pitch2 > pitch3일 수 있다. 도 6에는 하나의 패턴에 적색, 녹색, 및 청색 표면 플라즈모닉 필터들의 구현을 위해, 예를 들어, 4개의 단위 마스크들로 구성되는 적색 서브-화소 형성을 위한 마스크, 4개의 단위 마스크들로 구성되는 녹색 서브-화소 형성을 위한 마스크, 및 4개의 단위 마스크들로 구성되는 청색 서브-화소 형성을 위한 마스크가 도시되어 있다.

[0063] 도 6에 도시된 표면 플라즈모닉 컬러 필터의 제조 방법의 실시예는 다음과 같이 설명될 수 있다.

[0064] 먼저, 도 6의 실시예는 도 1의 실시예와 결합될 수 있다. 즉, 도 6의 제조 방법의 실시예는, 기판(도 1의 100) 위에 금속막(105)을 형성하는 단계와, 금속막(105) 위에 감광층(110)을 형성하는 단계와, 감광층(110)에 적색 서브-화소(subpixel) 형성을 위한 마스크(mask), 녹색 서브-화소 형성을 위한 마스크, 및 청색 서브-화소 형성을 위한 마스크를 통해 제1 레이저 간섭무늬, 제2 레이저 간섭무늬, 및 제3 레이저 간섭무늬를 각각 조사하고 상기 조사에 의해 감광층(110)에 생성된 제1 나노 홀 어레이 패턴 및 제2 나노 홀 어레이 패턴 및 제3 나노 홀 어레이 패턴을 현상공정을 통해 현상(development)하여 감광층(110)에 적색 서브-화소, 녹색 서브-화소, 및 청색 서브-화소에 각각 대응하는 제1 나노 홀 주기(pitch1)를 가지는 제1 나노 홀 어레이(nano hole array), 제2 나노 홀 주기(pitch2)를 가지는 제2 나노 홀 어레이, 및 제3 나노 홀 주기(pitch3)를 가지는 제3 나노 홀 어레이를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0065] 상기 도 6의 제조 방법의 실시예는, 감광층(110)의 제1 나노 홀 어레이 및 제2 나노 홀 어레이 및 제3 나노 홀 어레이를 이용하여 금속막(105)을 식각(etching)하여 금속막(105)에 제1 나노 홀 어레이 및 제2 나노 홀 어레이 및 제3 나노 홀 어레이를 형성하는 단계와, 제1 나노 홀 어레이 및 제2 나노 홀 어레이 및 제3 나노 홀 어레이를 가지는 감광층(110)을 제1 나노 홀 어레이 및 제2 나노 홀 어레이 및 제3 나노 홀 어레이가 형성된 금속막(105)으로부터 제거하고 제1 나노 홀 어레이 및 제2 나노 홀 어레이 및 제3 나노 홀 어레이가 형성된 금속막(105) 위에 유전체층(115)을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0066] 다음으로, 도 6의 실시예는 도 2의 실시예와 결합될 수 있다. 즉, 도 6의 제조 방법의 실시예는, 기판(도 2의 200) 위에 감광층(205)을 형성하는 단계와, 감광층(205)에 적색 서브-화소(subpixel) 형성을 위한 마스크(mask), 녹색 서브-화소 형성을 위한 마스크, 및 청색 서브-화소 형성을 위한 마스크를 통해 제1 레이저 간섭무늬, 제2 레이저 간섭무늬, 및 제3 레이저 간섭무늬를 각각 조사하고 상기 조사에 의해 감광층(205)에 생성된 제1 나노 닷 어레이 패턴 및 제2 나노 닷 어레이 패턴 및 제3 나노 닷 어레이 패턴을 현상공정을 통해 현상(development)하여 감광층(205)을, 적색 서브-화소, 녹색 서브-화소, 및 청색 서브-화소에 각각 대응하는 제1 나노 닷 주기(pitch1)를 가지는 제1 나노 닷 어레이(nano dot array), 제2 나노 닷 주기(pitch2)를 가지는 제2 나노 닷 어레이, 및 제3 나노 닷 주기(pitch3)를 가지는 제3 나노 닷 어레이로 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0067] 상기 도 6의 제조 방법의 실시예는, 기판(200)(기판(200) 위)과, 제1 나노 닷 어레이 및 제2 나노 닷 어레이 및 제3 나노 닷 어레이의 감광층(205) 위에 금속막(210)을 형성하는 단계와, 제1 나노 닷 어레이 및 제2 나노 닷 어레이 및 제3 나노 닷 어레이의 감광층(205)과, 제1 나노 닷 어레이 및 제2 나노 닷 어레이 및 제3 나노 닷 어레이의 감광층(205) 위에 형성된 금속막(210)을 제거하여 제1 나노 닷 어레이 및 제2 나노 닷 어레이 및 제3 나노 닷 어레이에 대응하는 제1 나노 홀 어레이 및 제2 나노 홀 어레이 및 제3 나노 홀 어레이가 형성된 금속막(210)을 형성하는 단계와, 제1 나노 홀 어레이 및 제2 나노 홀 어레이 및 제3 나노 홀 어레이가 형성된 금속막(210) 위에 유전체층(215)을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0068] 염료 또는 안료를 사용하는 컬러 필터의 경우, 적색, 녹색, 및 청색에 해당하는 컬러 레지스트(color resist 또는 color photoresist)를 제조하기 위해 각각 도포 과정 및 현상 과정을 반복해야 한다. 전술한 본 발명의 마스크킹 공정을 추가한 레이저 리소그래피 공정으로 컬러 필터를 제조할 경우 공정 과정이 간소화되고, 안료와 같은 재료의 낭비도 줄어 들 수 있으므로 비용측면에서도 유리할 수 있다.

[0069] 부연하여 설명하면, 염료 또는 안료를 기반으로 하는 기존 컬러 필터를 구현하기 위해 포토리소그래피 공정이 사용되고 있으며, 복잡한 구조를 구현하기 위해 다수의 마스크들이 필요하며 마스크 정렬(alignment)로 인한 공정상의 어려움이 있다. 도 6을 참조하여 설명된 본 발명에 따른 컬러 필터의 제조 방법은 레이저 간섭 리소그래피 과정에서 3개의 마스크들을 이용하여 적색, 녹색, 및 청색을 구분하여 서브 색상 화소를 구현하는 공정 단계

를 줄이고 공정비용 또한 크게 줄일 수 있다.

[0070] 전술한 바와 같이, 도 6을 참조하여 설명된 본 발명의 실시예는 마스크 공정을 결합한 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 적색, 녹색, 및 청색의 컬러 서브 픽셀들을 쉽게 형성하는 방법을 제공한다.

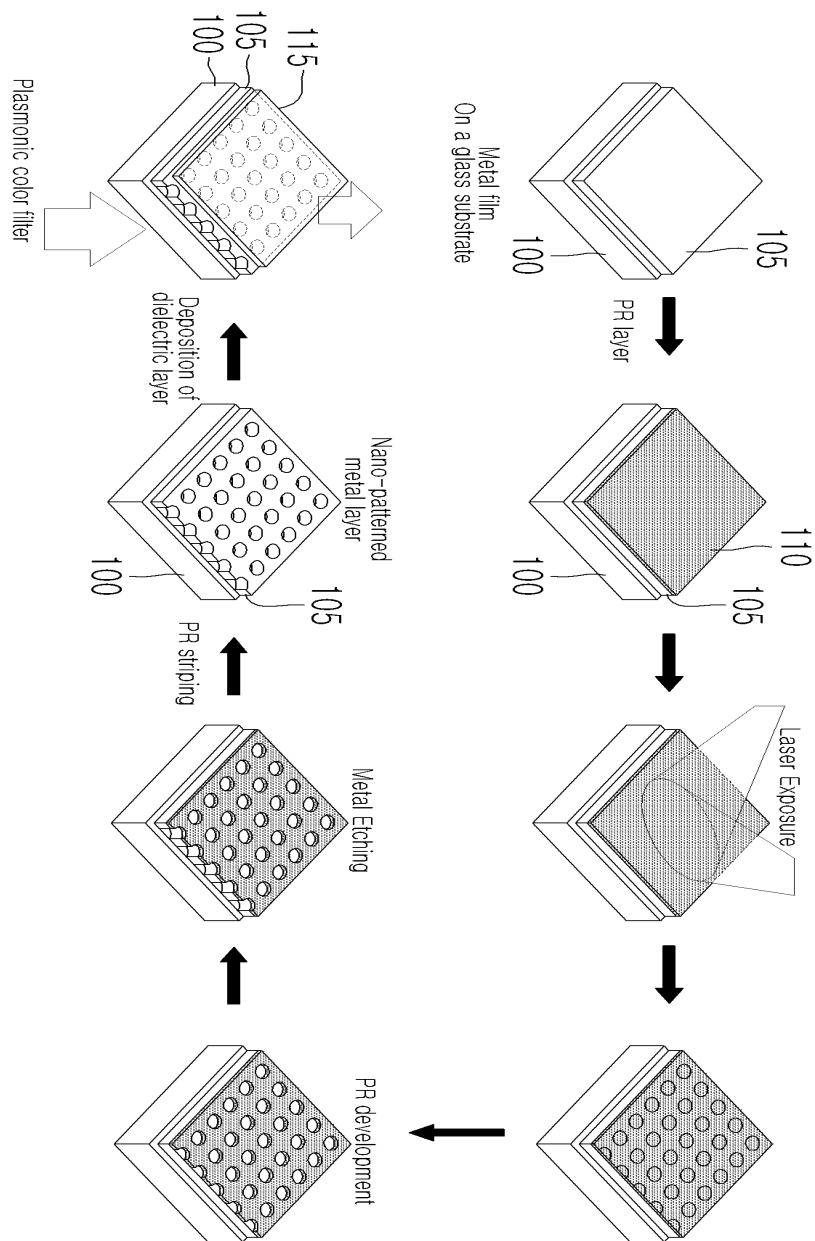
[0071] 이상에서와 같이, 도면과 명세서에서 실시예가 개시되었다. 여기서, 특정한 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이며 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 이 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명으로부터 다양한 변형 및 균등한 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 이 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

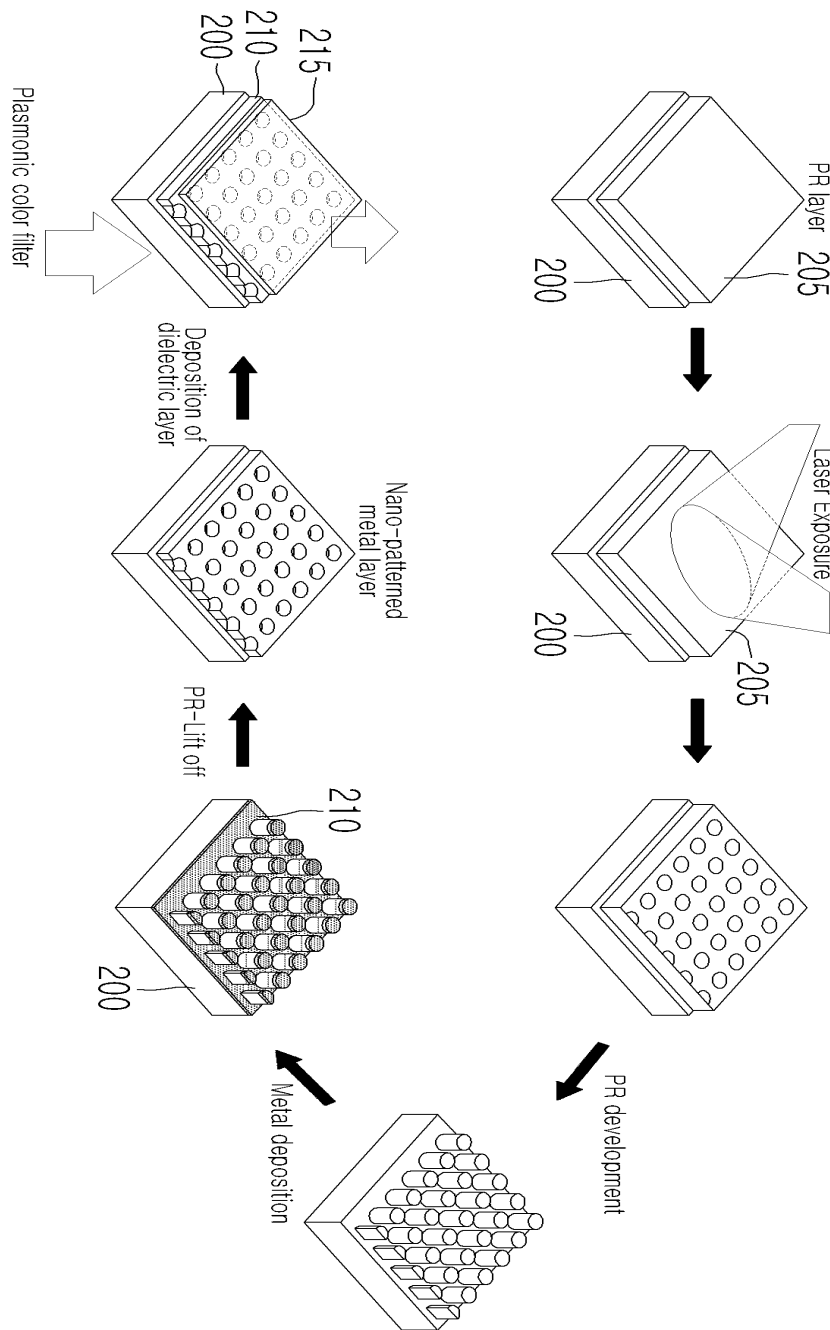
[0072] 100: 기관
105: 금속막
110: 감광층
115: 유전체층
200: 기관
205: 감광층
210: 금속막
215: 유전체층

도면

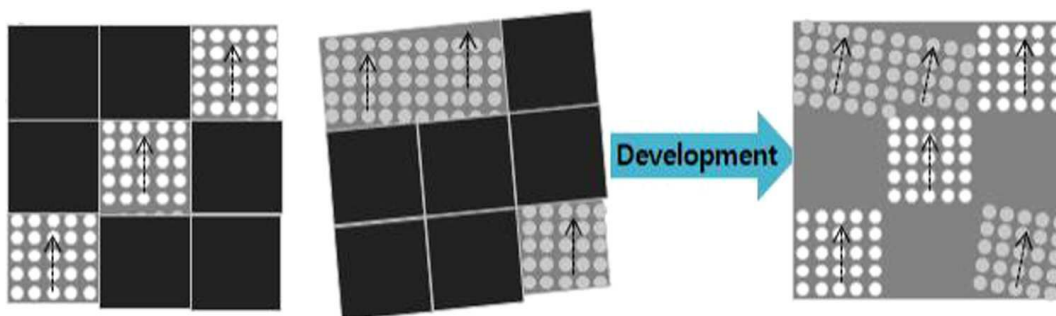
도면1



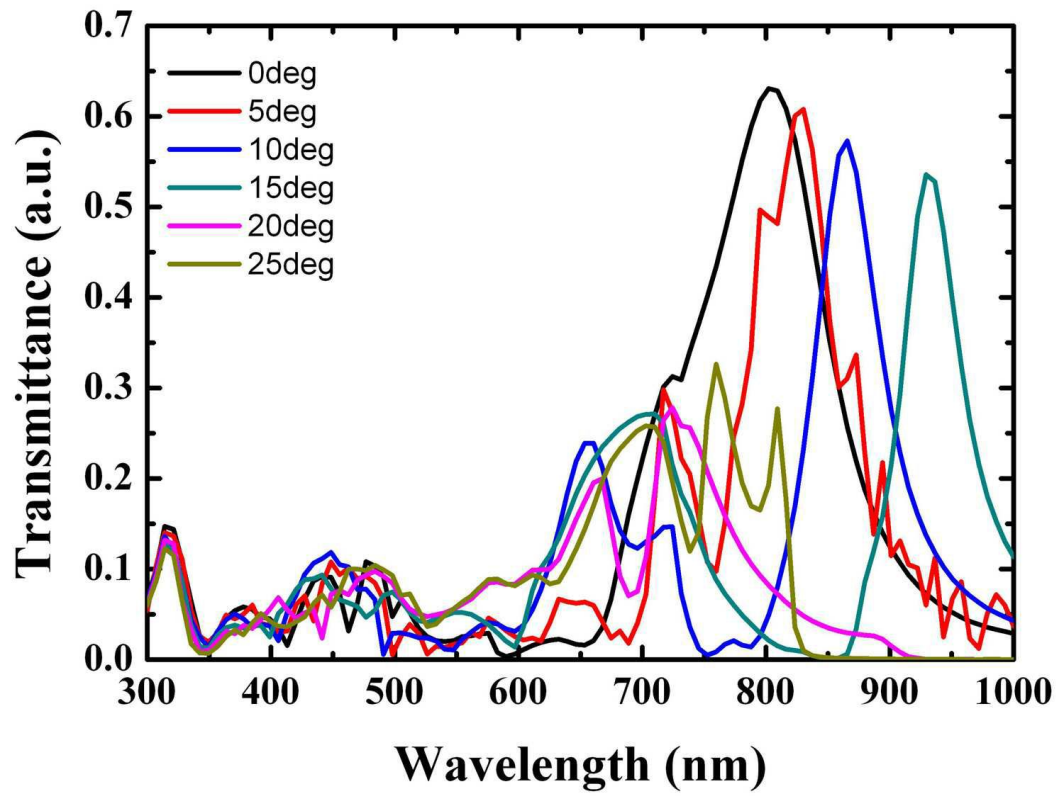
도면2



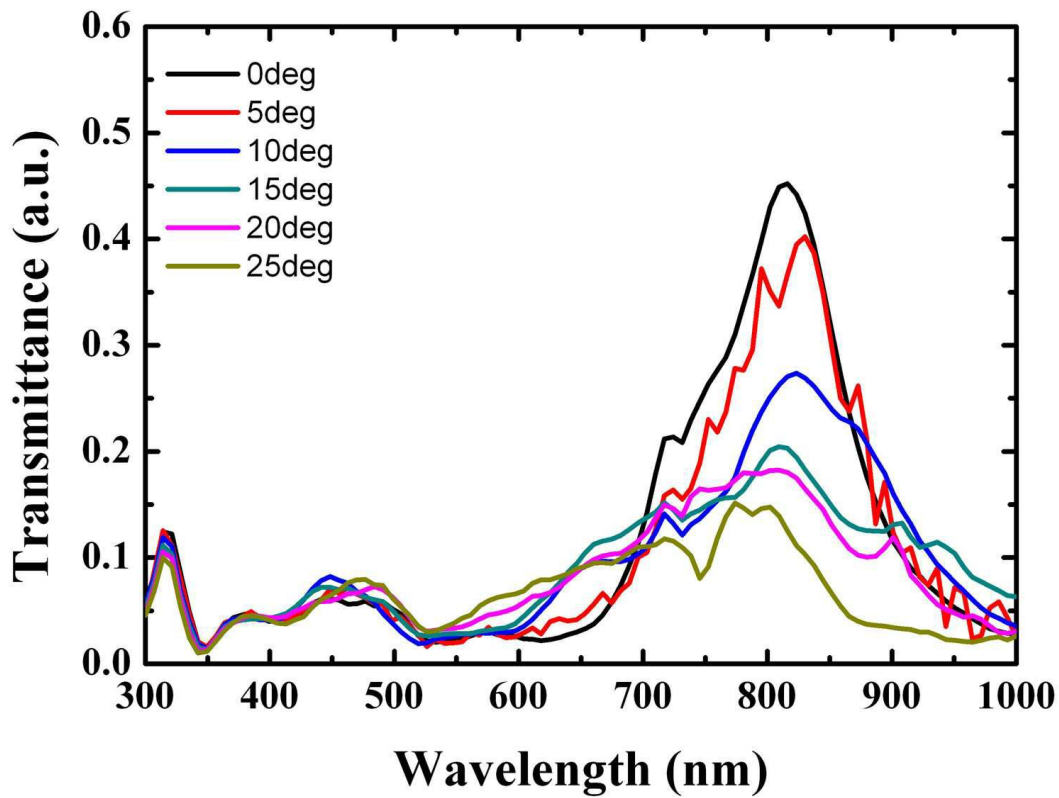
도면3



도면4



도면5



도면6

