(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0091505
(43) 공개일자 2017년08월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 5/20 (2006.01) *G01N 21/25* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 5/20 (2013.01)
G01N 21/25 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0167032(분할)
(22) 출원일자 2016년12월08일
심사청구일자 없음
(62) 원출원 특허 10-2016-0012177
원출원일자 2016년02월01일
심사청구일자 2016년02월01일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이헌
서울특별시 서초구 동광로22길 23, 302호
최학종
서울특별시 성북구 안암로9나길 14, 나동 287호
허주혁
서울특별시 서초구 효령로68길 13, 21동 408호
(74) 대리인
특허법인 누리

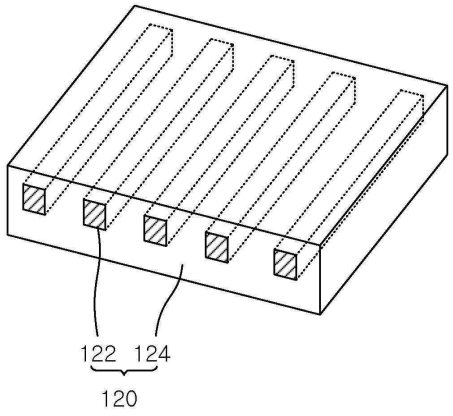
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **가변 칼라 필터 필름 및 변형률 측정 장치**

(57) 요 약

본 발명의 가변 칼라 필터 및 변형률 측정 장치를 제공한다. 이 가변 칼라 필터는 광에 대하여 투과성을 가지고 제1 굴절률을 가지고 신축성을 가지는 투명 신축 필름; 및 외부로 돌출되지 않도록 상기 투명 신축 필름 내부에 완전히 매몰되고 비신축성을 가지고 상기 제1 굴절률보다 높은 제2 굴절률을 가지는 주기 패턴을 포함한다.

대 표 도 - 도2



명 세 서

청구범위

청구항 1

광에 대하여 투과성을 가지고 제1 굴절률을 가지고 신축성을 가지는 투명 신축 필름; 및

외부로 돌출되지 않도록 상기 투명 신축 필름 내부에 완전히 매몰되고 비신축성을 가지고 상기 제1 굴절률보다 높은 제2 굴절률을 가지는 주기 패턴을 포함하고,

상기 투명 신축 필름은 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), PFPE(perfluoropolyether), 에폭시(epoxy) 수지, 라텍스(latex) 고무 중에서 적어도 하나를 포함하고,

상기 주기 패턴은 타이타늄산화물(TiO_2), 지르코늄산화물(ZrO2), 아연산화물(ZnO), 실리콘(Si), 그리고 제마늄(Ge) 중에서 하나를 포함하고,

1110nm 내지 1600nm 범위에서 단일 피크의 반사율 특성을 가지는 것을 특징으로 하는 가변 칼라 필터.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 주기 패턴은 나란히 연장되는 직선이고, 상기 주기 패턴의 주기는 입사하는 파장보다 작고,

상기 주기 패턴의 두께는 반파장 내지 파장의 정수배의 범위인 것을 특징으로 하는 가변 칼라 필터.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 주기 패턴은 제1 방향의 제1 주기를 가지고 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 제1 주기와 다른 제2 주기를 가지고 배치되고,

상기 제1 주기 및 상기 제2 주기는 입사하는 파장보다 작고,

상기 주기 패턴의 두께는 반파장 내지 파장의 정수배의 범위인 것을 특징으로 하는 가변 칼라 필터.

청구항 4

외력에 의하여 변형되고 측정 대상에 부착된 가변 칼라 필터;

상기 가변 칼라 필터에 광대역의 입사광을 조사하는 광대역 광원;

상기 가변 칼라 필터에서 반사된 반사광 또는 상기 가변 칼라 필터을 투과한 광을 제공받아 파장에 따라 스펙트럼을 측정하는 분광기; 및

상기 분광기에 측정된 반사 스펙트럼의 최대 세기의 파장 또는 투과 스펙트럼의 최소 세기의 파장으로부터 상기 가변 칼라 필터의 변형률을 산출하는 처리부를 포함하고,

상기 가변 칼라 필터는:

광에 대하여 투과성을 가지고 제1 굴절률 가지고 신축성을 가지는 투명 신축 필름; 및

외부로 돌출되지 않도록 상기 투명 신축 필름 내부에 완전히 매몰되고 상기 제1 굴절률보다 높은 제2 굴절률을 가지는 주기 패턴을 포함하고,

상기 가변 칼라 필터는 1110nm 내지 1600nm 범위에서 단일 피크의 반사율 특성을 가지는 것을 특징으로 하는 변형률 측정 장치.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 가변 칼라 필터는 상기 투명 신축 필름의 일면에 배치된 접착층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 변형률 측정 장치.

청구항 6

제4 항에 있어서,

상기 투명 신축 필름은 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), PFPE(perfluoropolyether), 에폭시(epoxy) 수지, 라텍스(latex) 고무 중에서 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 변형률 측정 장치.

청구항 7

제4 항에 있어서,

상기 주기 패턴은 타이타늄산화물(TiO_2), 지르코늄산화물(ZrO2), 아연산화물(ZnO), 실리콘(Si), 그리고 제마늄(Ge) 중에서 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 변형률 측정 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 가이드 모드 공명(Guided-mode resonance)을 이용한 칼라 필터 필름에 관한 것으로, 더 구체적으로 신축성 소재를 이용한 가변 칼라 필터에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 산업에 사용되는 컬러필터는 화학적 안료나 염색 시약을 사용한다. 하지만 디스플레이 산업이 발달하고 광학소자가 점점 집적화, 공정 간소화가 요구됨에 따라 새로운 대안 기술들이 개발되었다.

[0003] 자연에서 발견되는 공작새 깃털의 화려한 색이나 나비 날개의 영롱한 색은 염료나 염색과 같은 화학적인 요인으로 인한 색이 아니라 표면 구조가 나노 크기로 되어 있어서 빛을 산란시킴으로 인해 발현되는 색이다. 이를 구조 색 (Structural color)이라고 하며 이에 관한 많은 연구가 진행되고 있다.

[0004] 나노 크기의 격자는 격자 사이의 거리, 격자 하나의 직경 및 높이 또는 깊이 등 구조적 크기에 따라 발현되는 광 특성이 다양하게 달라진다. 또한 나노 크기로 패터닝할 때 사용하는 물질을 금속과 유전체의 복합적인 구조를 통해 플라즈모닉 현상을 발생시켜 효율을 향상시키는 연구들도 진행되고 있다.

[0005] 변형률 센서는 일반적으로 광섬유를 사용하여 개발되고 있다. 광섬유 내부에 브래그 회절 격자(Bragg diffraction grating)를 형성한 후, 광섬유의 일단에 빛을 조사시켜 반대쪽에서 변형된 빛의 스펙트럼을 분석한다. 광섬유 변형률 센서는 광섬유에 걸린 변형률을 계산한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 고굴절률 물질의 나노 급 그레이팅 구조가 입사광에 대해 선택적으로 빛을 반사 또는 투과시켜 나타내는 컬러필터 개념을 이용한다. 신축성 필름에 매몰된 비신축성의 나노 격자구조를 형성한 후, 신축성 필름에 걸리는 변형률에 따라 필터링되는 빛의 파장이 달라짐을 이용하여 광학적 시그널을 이용한 변형률 센서가 제공된다. 또한 역으로 걸어준 변형률의 정도에 따라 필터링되는 빛의 파장을 조절할 수 있는 가변 칼라 필터가 제공된다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 가변 칼라 필터는 광에 대하여 투과성을 가지고 제1 굴절률을 가지고 신축성을 가지는 투명 신축 필름; 및 외부로 돌출되지 않도록 상기 투명 신축 필름 내부에 완전히 매몰되고 비신축성을 가

지고 상기 제1 굴절률보다 높은 제2 굴절률을 가지는 주기 패턴을 포함한다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 투명 신축 필름은 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), PFPE(perfluoropolyether), 에폭시(epoxy) 수지, 라텍스(latex) 고무 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 주기 패턴은 타이타늄산화물(TiO_2), 지르코늄산화물(ZrO2), 아연산화물(ZnO), 실리콘(Si), 그리고 제마늄(Ge) 중에서 하나를 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 주기 패턴은 나란히 연장되는 직선이고, 상기 주기 패턴의 주기는 입사하는 파장보다 작고, 상기 주기 패턴의 두께는 반파장 내지 파장의 정수배의 범위일 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 주기 패턴은 제1 방향의 제1 주기를 가지고 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 제1 주기와 다른 제2 주기를 가지고 배치되고, 상기 제1 주기 및 상기 제2 주기는 입사하는 파장보다 작고, 상기 주기 패턴의 두께는 반파장 내지 파장의 정수배의 범위일 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 변형률 측정 장치는 온도 또는 외력에 의하여 변형되고 측정 대상에 부착된 가변 칼라 필터; 상기 가변 칼라 필터에 광대역의 입사광을 조사하는 광대역 광원; 상기 가변 칼라 필터에서 반사된 반사광 또는 상기 가변 칼라 필터을 투과한 광을 제공받아 파장에 따라 스펙트럼을 측정하는 분광기; 및 상기 분광기에 측정된 반사 스펙트럼의 최대 세기의 파장 또는 투과 스펙트럼의 최소 세기의 파장으로부터 상기 가변 칼라 필터의 변형률을 산출하는 처리부를 포함한다. 상기 가변 칼라 필터는 광에 대하여 투과성을 가지고 제1 굴절률 가지고 신축성을 가지는 투명 신축 필름; 및 외부로 돌출되지 않도록 상기 투명 신축 필름 내부에 완전히 매몰되고 상기 제1 굴절률보다 높은 제2 굴절률을 가지는 주기 패턴을 포함한다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 가변 칼라 필터는 상기 투명 신축 필름의 일면에 배치된 접착층을 더 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 투명 신축 필름은 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), PFPE(perfluoropolyether), 에폭시(epoxy) 수지, 라텍스(latex) 고무 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 주기 패턴은 타이타늄산화물(TiO_2), 지르코늄산화물(ZrO2), 아연산화물(ZnO), 실리콘(Si), 그리고 제마늄(Ge) 중에서 하나를 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 가변 칼라 필터의 제조 방법은 희생 기판에 비신축성 및 고굴절률을 가지는 제1 유전체층을 증착하는 단계; 상기 제1 유전체층을 패터닝하여 상기 희생 기판 상에 주기 패턴을 형성하는 단계; 상기 주기 패턴 상에 신축성 및 저굴절률을 가지는 제2 유전체층을 형성하는 단계; 상기 희생 기판을 제거하여 상기 주기 패턴을 노출시키는 단계; 및 상기 노출된 주기 패턴 상에 신축성 및 저굴절률을 가지는 제3 유전체층을 형성하는 단계를 포함한다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 희생 기판은 실리콘 기판, 상기 실리콘 기판 상에 적층된 실리콘산화막, 및 상기 실리콘 산화막 상에 적층된 니켈층을 포함할 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 유전체층을 패터닝하여 상기 희생 기판 상에 주기 패턴을 형성하는 단계는 상기 제1 유전체층 상에 희생 폴리머 마스크층과 실리콘 함유 레지스트층를 차례로 코팅하고 임프린팅 기법을 이용하여 상기 실리콘 함유 레지스트층에 역 패턴(line inverse pattern)을 형성하는 단계; 상기 역 패턴이 형성된 실리콘 함유 레지스트를 마스크로 상기 희생 폴리머 마스크층을 식각하여 상기 제1 유전체층의 상부면을 노출시키는 단계; 상기 노출된 제1 유전체층 상에 금속 마스크층을 증착하는 단계; 상기 희생 폴리머 마스크층을 리프트-오프 기법을 사용하여 제거하고 금속 마스크 패턴을 형성하는 단계; 상기 금속 마스크 패턴을 마스크로 하여 상기 제1 유전체층을 식각하여 주기 패턴을 형성하는 단계; 및 상기 금속 마스크 패턴을 제거하여 상기 주기 패턴을 노출하는 단계;을 포함할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 유전체층 및 제3 유전체층은 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), PFPE(perfluoropolyether), 에폭시(epoxy) 수지, 라텍스(latex) 고무 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 유전체층은 타이타늄산화물(TiO_2), 지르코늄산화물(ZrO2), 아연산화물(ZnO), 실리콘(Si), 그리고 제마늄(Ge) 중에서 하나를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 유연/신축성 필름에 나노 격자형 컬러필터가 구현될 수 있다. 상기 컬러 필터는 변형률에 따라 필터링되는 대역이 변경되어, 가변 칼라 필러 및 변형률 센서로 동작한다. 이에 따라, 상기 가변 칼라 필러는 기존의 복잡한 변형률 센서 및 그 시스템을 대체하는 간단한 소자로서 활용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 반사식 변형률 측정 장치를 설명하는 개념도이다.

도 2는 도 1의 가변 칼라 필터를 설명하는 사시도이다.

도 3은 2의 가변 칼라 필터를 설명하는 단면도이다.

도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 가변 칼라 필터의 변형률을 나타내는 도면이다.

도 4b는 도 4a에서 변형률에 따른 반사 스펙트럼을 나타내는 시뮬레이션 결과를 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 가변 칼라 필터의 변형률에 따른 반사 스펙트럼을 나타내는 실험 결과이다.

도 6a는 본 발명의 다른 실시예에 따른 가변 칼라 필터를 나타내는 사시도이다.

도 6b는 도 6a의 가변 칼라 필터를 나타내는 평면도이다.

도 7 및 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 가변 칼라 필터의 제조 방법을 나타내는 단면도들이다.

도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 투과식 변형률 측정 장치를 설명하는 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 가이드 모드 공명(Guided-mode resonance)은 광 도파관의 가이드 모드가 위상-매칭 소자에 의하여 여기될 수 있는 현상이다. 유리 기판 표면에 형성된 실리콘 재질의 직선 그레이팅 패턴(linear grating pattern)은 칼라 필터로 동작할 수 있다. 단순히 고 굴절률을 가지는 유전체 물질만 사용해서 나노 격자(nano grating) 구조를 만들어도 컬러필터가 구현 될 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 고굴절률을 가진 직선형 그레이팅 패턴은 저굴절률의 신축성 투명 재질 필름 내부에 매몰된다. 이러한 구조의 필름은 외력에 의하여 수축/인장될 수 있다. 이러한 신축성은 그레이팅 패턴의 굴절률 및 격자 주기를 변경하여, 반사되는 파장 대역을 가변할 수 있는 가변 칼라 필터를 제공할 수 있다. 상기 가변 칼라 필터로 사용하기 위하여, 외부로부터 상기 가변 칼라 필터에 인장력이 가해질 수 있다.

[0025] 이하 본 발명에 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예와 결과 등에 대해 설명하고자 한다. 이하의 실시 예와 결과는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 또한 설명의 편의를 위하여 도면에서는 구성 요소들이 그 크기가 과장 또는 축소될 수 있다.

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 반사식 변형률 측정 장치를 설명하는 개념도이다.

[0027] 도 2는 도 1의 가변 칼라 필터를 설명하는 사시도이다.

[0028] 도 3은 2의 가변 칼라 필터를 설명하는 단면도이다.

[0029] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 변형률 측정 장치(100)는 가변 칼라 필터(120), 광대역 광원(110), 분광기(116), 및 처리부(118)를 포함한다. 상기 가변 칼라 필터(120)는 온도 또는 외력에 의하여 변형되고 측정 대상(10)에 부착된다.

[0030] 상기 광대역 광원(110)은 상기 가변 칼라 필터(120)에 광대역의 입사광을 조사한다. 상기 분광기(116)는 상기 가변 칼라 필터(120)에서 반사된 반사광 또는 상기 가변 칼라 필터(120)을 투과한 투과광을 제공받아 파장에 따라 스펙트럼을 측정한다. 상기 처리부(118)는 상기 분광기(116)에 측정된 반사 스펙트럼의 최대 세기의 파장 또는 투과 스펙트럼의 최소 세기의 파장으로부터 상기 가변 칼라 필터(120)의 변형률을 산출한다. 상기 가변 칼라 필터(120)은 광에 대하여 투과성을 가지고 제1 굴절률 가지고 신축성을 가지는 투명 신축 필름(124); 및 외부로 돌출되지 않도록 상기 투명 신축 필름 내부에 완전히 매몰되고 상기 제1 굴절률보다 높은 제2 굴절률을 가지는

주기 패턴(122)을 포함한다.

[0031] 상기 변형률 측정 장치(100)는 가해지는 힘에 따라 반사 스펙트럼이 변하는 센서이다. 상기 변형률 측정 장치(100)는 전기적 특성을 이용하지 않아 외부 전자기파에 방해받지 않으며, 외부 광원이 없는 경우, 태양광을 외부 광원으로 하여 사용 가능하다.

[0032] 측정대상(10)은 온도 또는 외력에 의하여 변형되는 장치일 수 있다. 측정 대상(110)은 상기 가변 칼라 필터(120)에 의하여 변형율을 측정하고자 하는 대상이다. 상기 측정 대상이 변형됨에 따라, 상기 가변 칼라 필터(120)가 동시에 동일하게 변형된다.

[0033] 상기 광대역 광원(110)은 상기 가변 칼라 필터의 반사 특성에 따라 선택되며, 상기 광대역 광원의 대역폭은 100 nm 이상 일 수 있다. 상기 광대역 광원(110)은 일정한 세기의 연속 스펙스럼을 제공하기 위하여 복수의 광원을 조합하여 사용할 수 있다. 상기 광대역 광원은 텅스턴 램프일 수 있다. 상기 광대역 광원(110)은 적외선 영역 또는 가시 광선 영역일 수 있다. 상기 광대역 광원의 파장 대역에 따라 상기 주기 패턴의 주기가 선택될 수 있다.

[0034] 상기 광대역 광원의 출력광은 선택적으로 편광판(112)을 투과하여 빔 분할기(114)에 제공될 수 있다. 상기 가변 칼라 필터(120)는 편광판으로 기능할 수 있으므로, 상기 입사광에 일정한 편광을 제공할 수 있다. 상기 편광판이 배치된 경우, 상기 반사광의 안정성이 향상될 수 있다.

[0035] 빔 분할기(114)는 상기 광대역 광원의 출력광을 상기 가변 칼라 필터(120)에 제공하고, 반사되는 반사광을 반사시키어 빔 경로를 변경할 수 있다.

[0036] 분광기(116)는 상기 빔 분할기(114)를 통하여 제공된 반사광을 제공받아 스펙트럼을 분석할 수 있다. 상기 분광기(116)는 프리즘이나 회절 격자를 포함하고, 공간적으로 분리된 스펙트럼을 측정하여 전기 신호로 변경할 수 있다. 상기 분광기(116)는 일차원 광센서 어레이, 2차원 광센서 어레이, 또는 최대/최소 광 세기의 위치를 측정하는 위치 감지 소자(Position Sensitive Detector)를 포함할 수 있다.

[0037] 처리부(118)는 상기 분광기의 반사 스펙트럼의 최대 세기의 위치(파장)로부터 상기 측정 대상의 변형률을 산출할 수 있다. 상기 처리부(118)는 반사 스펙트럼의 최대 세기의 위치 차이는 변형이 없는 경우와 변형이 있는 경우의 최대 위치의 파장 차이이다. 상기 파장 차이는 변형률이 20 퍼센트 이하인 경우에는 변형률에 선형 비례하고, 변형률이 20 퍼센트 초과인 경우 변형률에 선형 비례하지 않을 수 있다. 상기 파장 차이와 상기 변형률의 관계는 테이블화되어 사용될 수 있다.

[0038] 상기 가변 칼라 필터(120)는 광에 대하여 투과성을 가지고 제1 굴절률 가지고 신축성을 가지는 투명 신축 필름(124) 및 외부로 돌출되지 않도록 상기 투명 신축 필름 내부에 완전히 매몰되고 상기 제1 굴절률보다 높은 제2 굴절률을 가지는 주기 패턴(122)을 포함한다. 입사광은 상기 가변 칼라 필터에 수직으로 입사할 수 있다. 상기 가변 칼라 필터(120)는 변형률에 따라 반사 스펙트럼의 최대 위치(파장)을 변경할 수 있다. 또한, 상기 가변 칼라 필터(120)는 편광판으로도 기능할 수 있다. 상기 가변 칼라 필름(120)의 인장 방향은 직선 주기 패턴(122)의 연장 방향에 수직한 방향일 수 있다.

[0039] 상기 투명 신축 필름(124)은 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), PFPE(perfluoropolyether), 에폭시(epoxy) 수지, 라텍스(latex) 고무 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 투명 신축 필름(124)은 입사광에 대하여 투명하고 비전도성이고 신축성 또는 탄성을 가진 폴리머일 수 있다.

[0040] 상기 주기 패턴(122)은 타이타늄산화물(TiO_2), 지르코늄산화물(ZrO2), 아연산화물(ZnO), 실리콘(Si), 그리고 제마늄(Ge) 중에서 하나를 포함할 수 있다. 상기 주기 패턴은 비전도성이고, 입사광에 투명하고, 비신축성을 가진 금속산화물일 수 있다.

[0041] 상기 주기 패턴(122)은 나란히 연장되는 직선이고, 상기 주기 패턴의 반복 주기는 입사하는 파장보다 작을 수 있다.

[0042] 상기 투명 신축 필름(124)은 변형이 가능한 유연 재질로 구성되며, 저굴절률 재질이고, 굴절률은 2 이하일 수 있다. 상기 투명 신축 필름(124)의 재질은 PDMS, 에폭시, 라텍스 등 신축성이 좋은 유무기 고분자를 이용하여 제작이 가능하다. 상기 투명 신축 필름은 상기 주기 패턴을 완전히 감싸도록 배치되어, 복수의 인장 사이클에 대하여도 파손되지 않을 수 있다. 상기 투명 신축 필름의 두께는 수 마이크로비터 내지 수백 마이크로미터일 수 있다.

[0043] 상기 주기 패턴(122)은 고 굴절률 재질의 나노 격자 구조이다. 상기 주기 패턴(122)의 굴절률은 2 이상일 수 있다. 상기 주기 패턴의 재질은 투명한 유연 재질로 고굴절률 특성을 가지며 외부 인장력에 대한 변형이 일어날 수 있는 재질일 수 있다. 상기 주기 패턴과 상기 투명 신축 필름(124) 사이의 굴절률 차이는 0.5 이상일 수 있다.

[0044] 상기 주기 패턴(122)의 주기는 입사 파장보다 작으며, 가시 광선 영역의 반사스펙트럼에 최대 세기를 가지는 파장을 가지는 경우, 300 nm 내지 600 nm 일 수 있다. 상기 주기 패턴(122)의 두께는 입사광의 반파장 내지 파장의 정수배 수준일 수 있다. 상기 주기 패턴(122)의 폭은 상기 주기 패턴의 주기의 1/2 내지 1/3 수준일 수 있다. 외력에 의하여 변형된 경우, 상기 주기 패턴의 두께 및 높이는 변하지 않고, 상기 주기 패턴(122)의 주기는 인장력에 따라 변한다.

[0045] 상기 가변 칼라 필터(122)는 상기 투명 신축 필름의 일면에 배치된 접착층(126)을 포함할 수 있다. 상기 접착층(126)은 측정 대상과 상기 가변 칼라 필터를 떨어지지 않게 한다. 상기 접착층(122)은 에폭시 수지 또는 상기 투명 신축 필름과 통일한 재질을 포함하는 열경화성 수지 또는 자외선 경화성 수지일 수 있다.

[0046] 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 가변 칼라 필터는 언급된 물질 만으로 한정되지 않고 고굴절률 물질과 저 굴절률 물질이 교차적으로 나노 크기의 격자 구조를 이루는 것을 포함한다.

[0047] 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 신축성 나노 격자구조의 동작 파장은 가시광선 영역, 적외선 영역 등 다양한 파장에서 적용 가능하다. 신축성 나노 격자구조는 직선형, 매트릭스 형태로 배출된 디스크 형 등으로 다양하게 변형될 수 있다.

[0048] 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 가변 칼라 필터의 변형률을 나타내는 도면이다.

[0049] 도 4b는 도 4a에서 변형률에 따른 반사 스펙트럼을 나타내는 시뮬레이션 결과를 나타내는 도면이다.

[0050] 도 4a 및 도 4b를 참조하면, FDTD simulation (Lumerical™)을 이용하여 시뮬레이션을 진행한 결과이다. 신축 정도에 따라 가변 칼라 필터의 필터링 되는 광특성이 변형될 수 있다. 상기 가변 칼라 필터는 광에 대하여 투과성을 가지고 제1 굴절률 가지고 신축성을 가지는 투명 신축 필름 및 외부로 돌출되지 않도록 상기 투명 신축 필름 내부에 완전히 매몰되고 상기 제1 굴절률보다 높은 제2 굴절률을 가지는 직선 주기 패턴을 포함한다.

[0051] 상기 직선 주기 패턴(122)의 재질은 타이타늄 산화물이고, 굴절률은 청색 영역에서 2.4 수준이며, 선폭은 400 nm이고, 주기는 800 nm이며, 두께는 350nm이다. 상기 투명 신축 필름(124)의 재질은 PDMS이고, 굴절율은 1.4 수준이다.

[0052] 변형률이 증가함에 따라, 반사 스펙트럼의 최대 세기의 파장은 장파장 방향으로 이동한다. 변형률의 측정은 30 퍼센트 미만에서 사용되는 것이 바람직할 수 있다.

[0053] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 가변 칼라 필터의 변형률에 따른 반사 스펙트럼을 나타내는 실험 결과이다.

[0054] 도 5를 참조하면, 실험 결과는 시뮬레이션 결과와 유사한 효과를 나타낸다. 그러나, 실험 결과와 시뮬레이션 결과는 중심파장과 반사 스펙트럼의 선폭에서 차이를 보였다. 상기 직선 주기 패턴(122)의 재질은 타이타늄 산화물이고, 굴절률은 청색 영역에서 2.4 수준이며, 선폭은 400 nm이고, 주기는 800 nm이며, 두께는 350nm이다. 상기 투명 신축 필름(124)의 재질은 PDMS이고, 굴절율은 1.4 수준이다.

[0055] 변형률이 영(zero) 퍼센트인 경우, 중심 파장은 1324 nm이다. 변형률이 10퍼센트인 경우, 중심 파장은 1355nm이다. 변형률이 20퍼센트인 경우, 중심 파장은 1385 nm이다. 변형률이 30 퍼센트인 경우, 중심 파장은 1445 nm이다. 변형률에 따른 중심 파장은 테이블화되거나, 곡선으로 피팅되어 사용될 수 있다.

[0056] 도 6a는 본 발명의 다른 실시예에 따른 가변 칼라 필터를 나타내는 사시도이다.

[0057] 도 6b는 도 6a의 가변 칼라 필터를 나타내는 평면도이다.

[0058] 도 6a 및 도 6b를 참조하면, 가변 칼라 필터(320)는 광에 대하여 투과성을 가지고 제1 굴절률을 가지고 신축성을 가지는 투명 신축 필름(324); 및 외부로 돌출되지 않도록 상기 투명 신축 필름 내부에 완전히 매몰되고 비신축성을 가지고 상기 제1 굴절률보다 높은 제2 굴절률을 가지는 주기 패턴(322)을 포함한다.

[0059] 상기 주기 패턴(322)은 제1 방향의 제1 주기(P1)를 가지고 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 제1 주기와 다른 제2 주기(P2)를 가지고 배치된다. 상기 제1 주기 및 상기 제2 주기는 입사하는 파장보다 작고, 상기 주기 패턴의 두께는 반파장 내지 파장의 정수배의 범위일 수 있다. 제1 방향의 변형률에 기한 중심 파장과 상기 제2

방향의 변형률에 기한 중심 파장이 서로 중첩되지 않도록, 제1 주기(P1)과 제2 주기(P2)는 서로 다를 수 있다.

[0060] 도 7 및 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 가변 칼라 필터의 제조 방법을 나타내는 단면도들이다.

[0061] 도 7 및 도 8을 참조하면, 가변 칼라 필터의 제조 방법은 희생 기판(210)에 비신축성 및 고굴절률을 가지는 제1 유전체층(222)을 증착하는 단계(S10); 상기 제1 유전체층(222)을 패터닝하여 상기 희생 기판 상에 주기 패턴(222a)을 형성하는 단계(S20); 상기 주기 패턴(222a) 상에 신축성 및 저굴절률을 가지는 제2 유전체층(230)을 형성하는 단계(S30); 상기 희생 기판(210)을 제거하여 상기 주기 패턴(222a)을 노출시키는 단계(S40); 및 상기 노출된 주기 패턴 상에 신축성 및 저굴절률을 가지는 제3 유전체층(240)을 형성하는 단계(S50)를 포함한다.

[0062] 제1 유전체층(222)을 증착하는 단계(S10)는 실리콘 기판(211) 상에 실리콘 산화막 및 니켈막을 차례로 증착한다(S11). 상기 니켈층 상에 상기 제1 유전체층(222)을 증착한다. 상기 제1 유전체층(222)은 타이타늄산화물(TiO_2), 지르코늄산화물(ZrO2), 아연산화물(ZnO), 실리콘(Si), 그리고 제마늄(Ge) 중에서 하나를 포함할 수 있다. 바람직하게는 상기 제1 유전체층(222)은 타이타늄산화물(TiO_2)일 수 있다. 상기 희생 기판은 유리기판(또는 쿼츠 기판) 및 상기 유리 기판에 적층된 니켈층으로 변형될 수 있다.

[0063] 이어서, 상기 제1 유전체층(222)을 패터닝하여 상기 희생 기판(210) 상에 주기 패턴을 형성된다. 나노임프린트 리소그래피(Nanoimprint lithography) 기술이 사용된 경우가 설명된다. 상기 제1 유전체층(222)을 패터닝하여 상기 희생 기판 상에 주기 패턴을 형성하는 단계(S20)는 다음과 같이 수행될 수 있다. 상기 제1 유전체층(222) 상에 희생 폴리머 마스크층(224)과 실리콘 함유 레지스트층를 차례로 코팅하고 나노임프린팅 기법을 이용하여 상기 실리콘 함유 레지스트층에 역 패턴(line inverse pattern,225)을 형성한다(S21). 이어서, 상기 역 패턴(225)이 형성된 실리콘 함유 레지스트를 마스크로 상기 희생 폴리머 마스크층(224)을 식각하여 상기 제1 유전체층(222)의 상부면을 노출시킨다(S22). 이어서, 상기 노출된 제1 유전체층(222) 상에 금속 마스크층(226)을 증착한다(S23). 이어서, 상기 희생 폴리머 마스크층(224)을 리프트-오프(lift-off)기법을 사용하여 제거하고 금속 마스크 패턴(226a)을 형성한다(S24). 이어서, 상기 금속 마스크 패턴(226a)을 마스크로 하여 상기 제1 유전체층(222)을 식각하여 주기 패턴(222a)을 형성한다(S25). 이어서, 상기 금속 마스크 패턴(226a)을 제거하여 상기 주기 패턴(222a)을 노출한다(S26). 상기 희생 폴리머 마스크층은 폴리메틸 메타크릴레이트(Polymethyl methacrylate; PMMA)일 수 있다. 상기 금속 마스크층은 크롬(Cr)일 수 있다.

[0064] 이어서, 상기 주기 패턴(222a) 상에 신축성 및 저굴절률을 가지는 제2 유전체층(230)이 형성된다(S30). 상기 제2 유전체층(230)은 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), PFPE(perfluoropolyether), 에폭시(epoxy) 수지, 라텍스(latex) 고무 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 바람직하게는 상기 제2 유전체층은 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS)일 수 있다. 폴리디메틸실록산은 코팅된 후, 열경화될 수 있다.

[0065] 이어서, 상기 희생 기판(210)은 제거되고 상기 주기 패턴(222a)이 노출될 수 있다(S40). 상기 희생 기판 중에서 실리콘 기판(211)과 상기 실리콘 산화막(212)은 외력에 의하여 분리될 수 있다(S41). 노출된 니켈층은 식각되어 제거되고 상기 주기 패턴이 노출될 수 있다(S42).

[0066] 이어서, 노출된 주기 패턴 상에 신축성 및 저굴절률을 가지는 제3 유전체층(240)이 형성될 수 있다(S50). 상기 제3 유전체층(240)은 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS), PFPE(perfluoropolyether), 에폭시(epoxy) 수지, 라텍스(latex) 고무 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 바람직하게는 상기 제2 유전체층은 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS)일 수 있다. 폴리디메틸실록산은 코팅된(S51) 후, 열경화될 수 있다(S52). 이에 따라, 상기 제2 유전체층(230)과 상기 제3 유전체층(240)은 일체화될 수 있다.

[0067] 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 나노 주기 패턴 형성공정은 포토리소그래피(Photo- lithography), 레이저 간섭 리소그래피(Laser interference lithography), 또는 전자빔 리소그래피(e-beam lithography) 등의 광학기반의 리소그래피와 나노임프린트 리소그래피(Nanoimprint lithography), 나노트랜스퍼 프린팅(Nanotransfer printing), 롤임프린트 리소그래피 (Roll imprint lithography), 직접 패터닝(Direct patterning), 또는 블록 공중합체 자기조립공정 (BCP-DSA) 등의 비광학 기반의 리소그래피 공정을 이용하여 제작이 가능하다.

[0068] 도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 투과식 변형률 측정 장치를 설명하는 개념도이다. 도 1 에서 설명한 것과 중복되는 설명은 생략한다.

[0069] 도 9를 참조하면, 변형률 측정 장치(100a)는 가변 칼라 필터(120), 광대역 광원(110), 분광기(116), 및 처리부(118)를 포함한다. 상기 가변 칼라 필터는 온도 또는 외력에 의하여 변형되고 측정 대상에 부착된다.

[0070] 가변 칼라 필터(120)는 광대역 광원 온도 또는 외력에 의하여 변형되고 측정 대상에 부착된다. 상기 광대역 광

원(110)은 상기 가변 칼라 필터에 광대역의 입사광을 조사한다. 상기 분광기(116)는 상기 가변 칼라 필터(120)를 투과한 광을 제공받아 파장에 따라 스펙트럼을 측정한다. 상기 처리부(118)는 상기 분광기에 측정된 투과 스펙트럼의 최소 세기의 파장으로부터 상기 가변 칼라 필터의 변형률을 산출한다. 상기 가변 칼라 필터(120)는 광에 대하여 투과성을 가지고 제1 굴절률 가지고 신축성을 가지는 투명 신축 필름(124); 및 외부로 돌출되지 않도록 상기 투명 신축 필름 내부에 완전히 매몰되고 상기 제1 굴절률보다 높은 제2 굴절률을 가지는 주기 패턴(122)을 포함한다. 접착층(126)은 상기 가변 칼라 필터(120)와 측정 대상(10)을 서로 부착한다.

[0071] 상기 변형률 측정 장치는 가해지는 힘에 따라 투과 스펙트럼이 변하는 센서이다. 상기 변형률 측정 장치는 전기적 특성을 이용하지 않아 외부 전자기파에 방해받지 않으며, 외부 광원이 없는 경우, 태양광을 외부 광원으로 하여 사용 가능하다.

[0072] 투과 스펙트럼은 반사 스펙트럼의 반대로 주어진다. 상기 측정 대상(10)은 입사광에 대하여 투명한 재질일 수 있다.

[0073] 이상에서는 본 발명을 특정 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 이러한 실시예에 한정되지 않으며, 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 실시할 수 있는 다양한 형태의 실시예들을 모두 포함한다.

부호의 설명

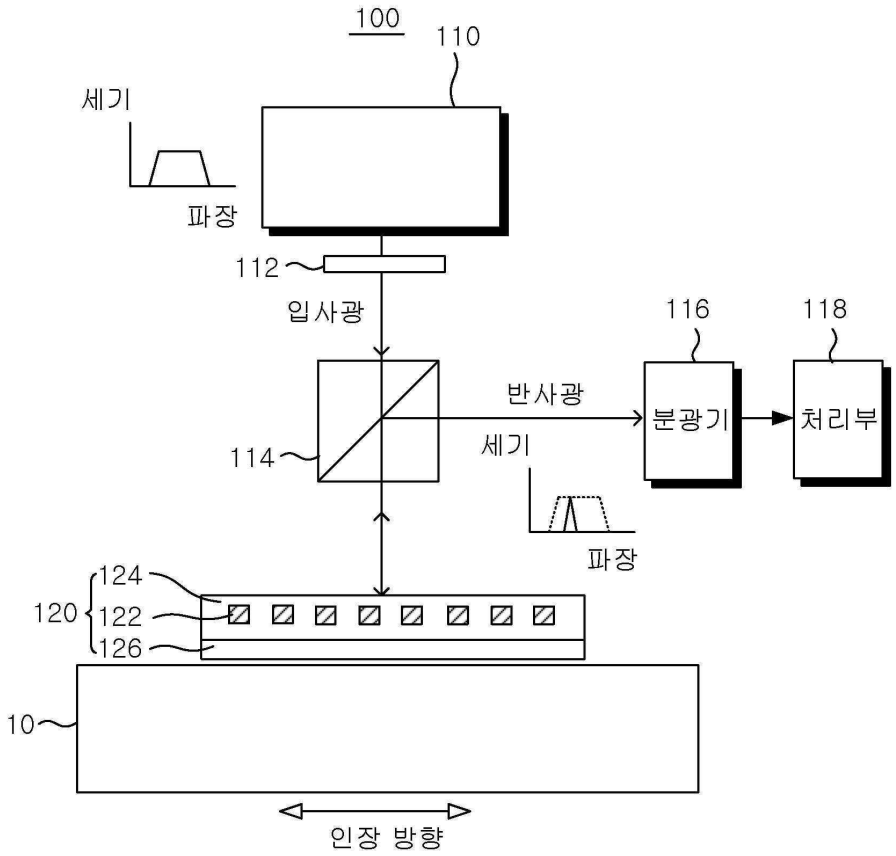
[0074] 120:가변 칼라 필터

122:투명 신축 필름

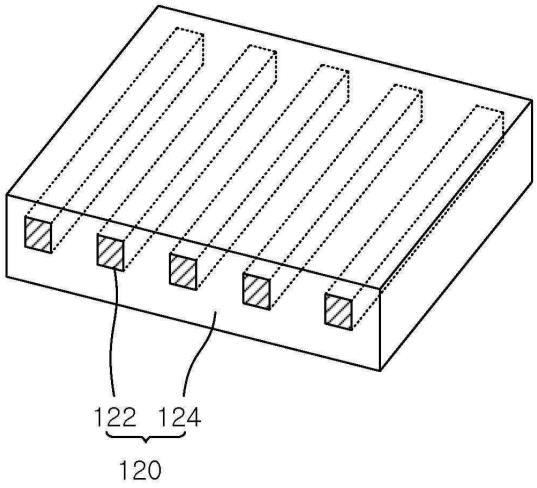
124:주기 패턴

도면

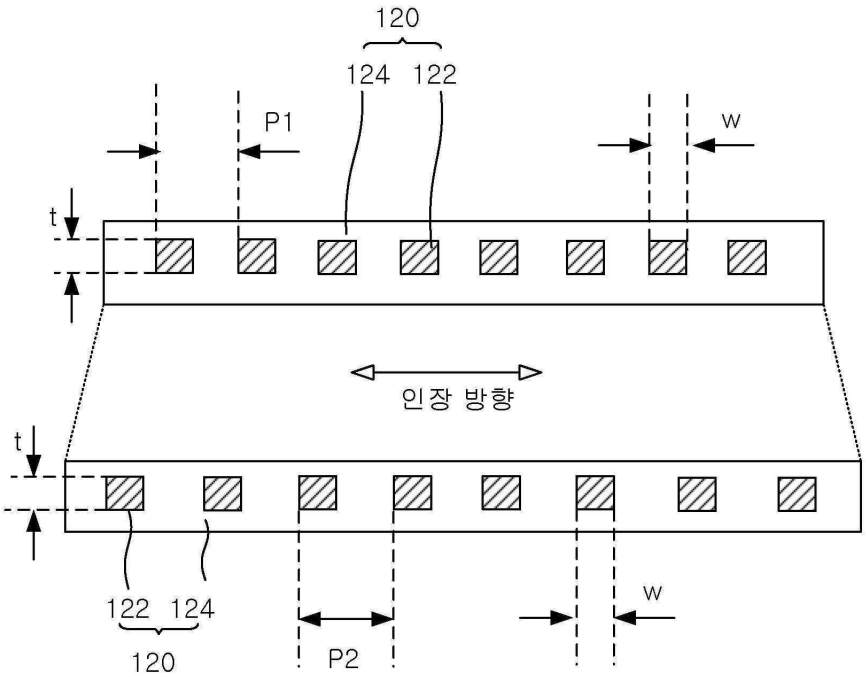
도면1



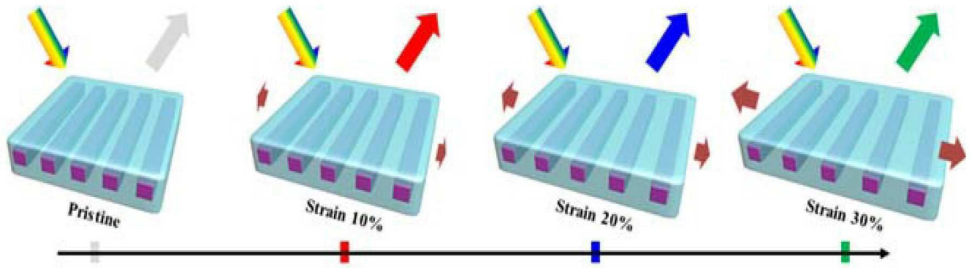
도면2



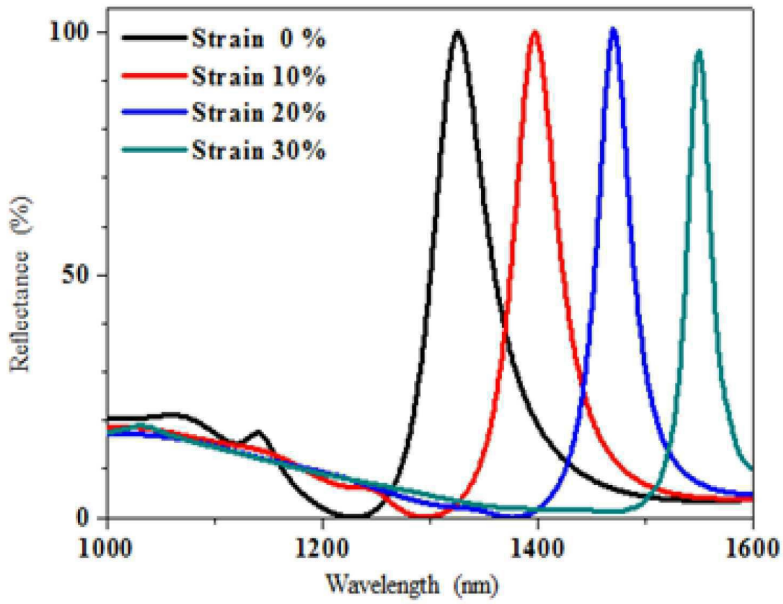
도면3



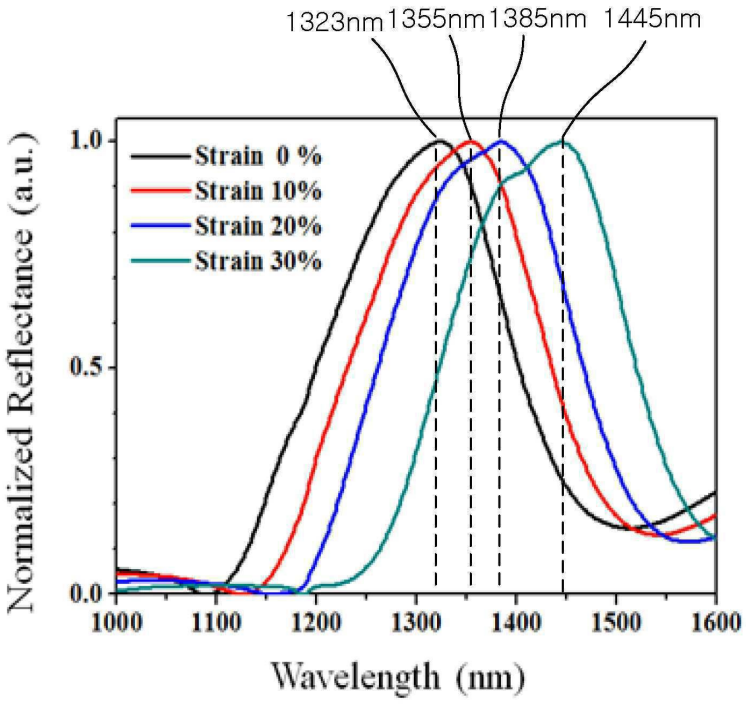
도면4a


Pristine
Strain 10%
Strain 20%
Strain 30%

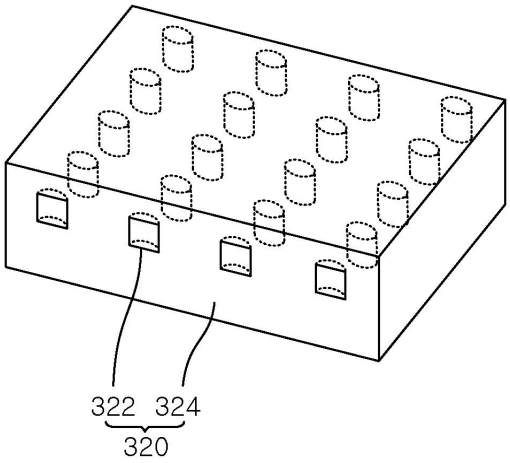
도면4b


Strain 0 %
Strain 10%
Strain 20%
Strain 30%
Reflectance (%)
100
50
0
1000
1200
1400
1600
Wavelength (nm)

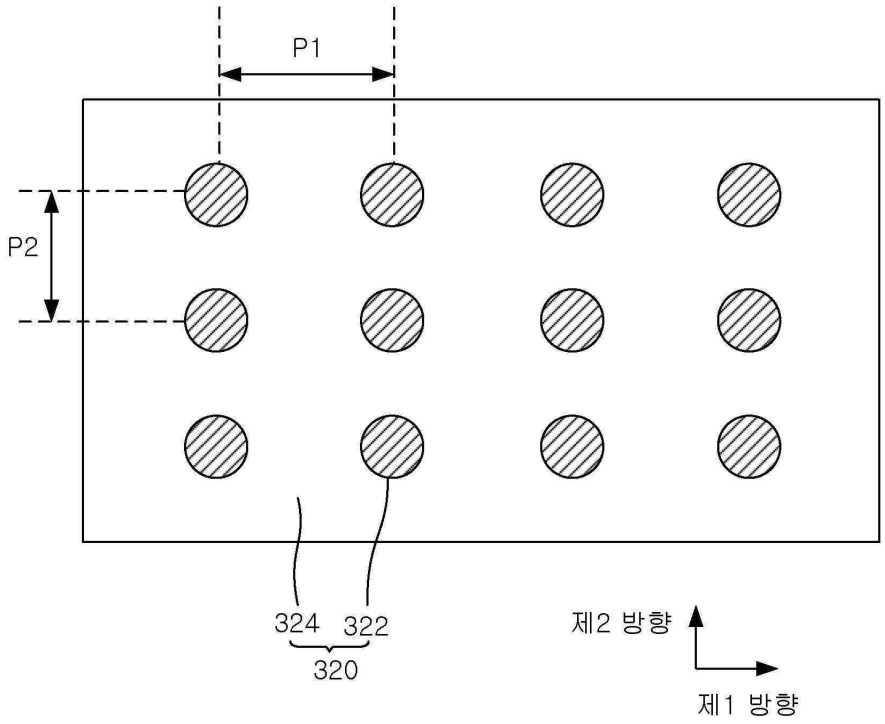
도면5


1323nm
1355nm
1385nm
1445nm
Strain 0 %
Strain 10%
Strain 20%
Strain 30%
Normalized Reflectance (a.u.)
1.0
0.5
0.0
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
Wavelength (nm)

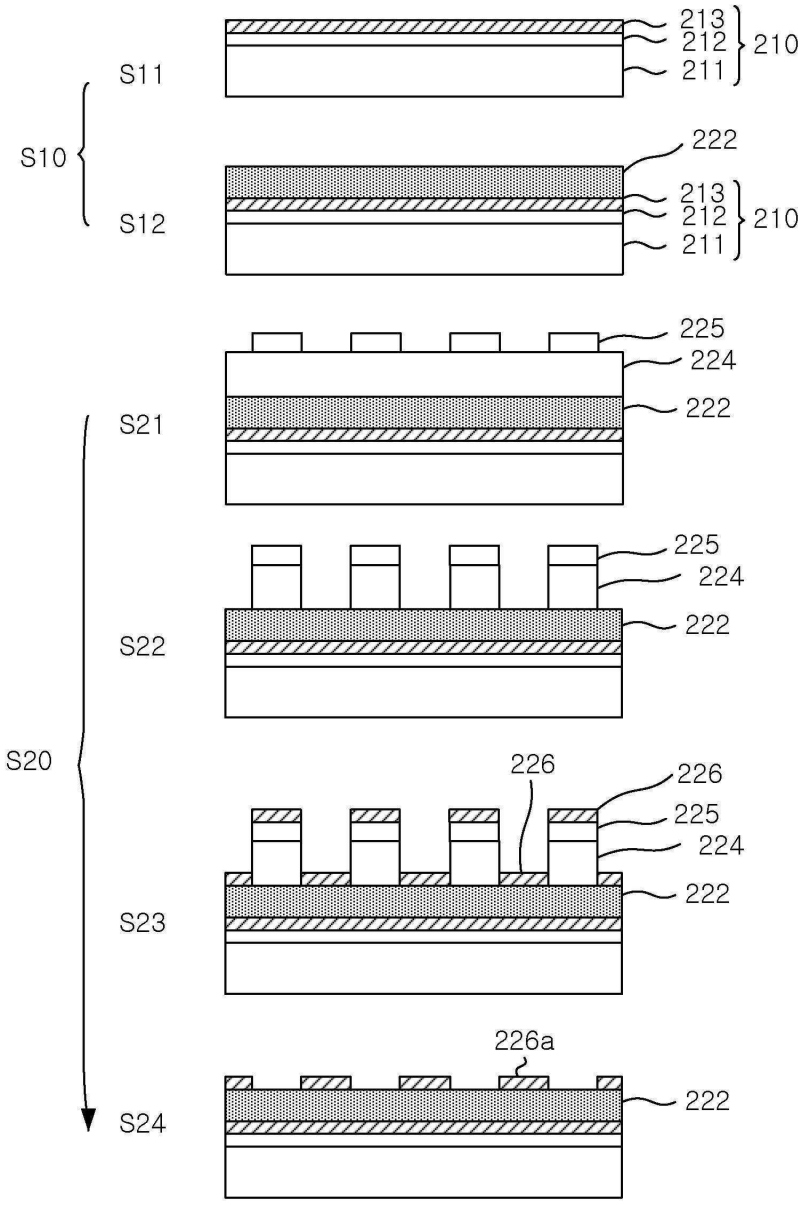
도면6a


322
324
320

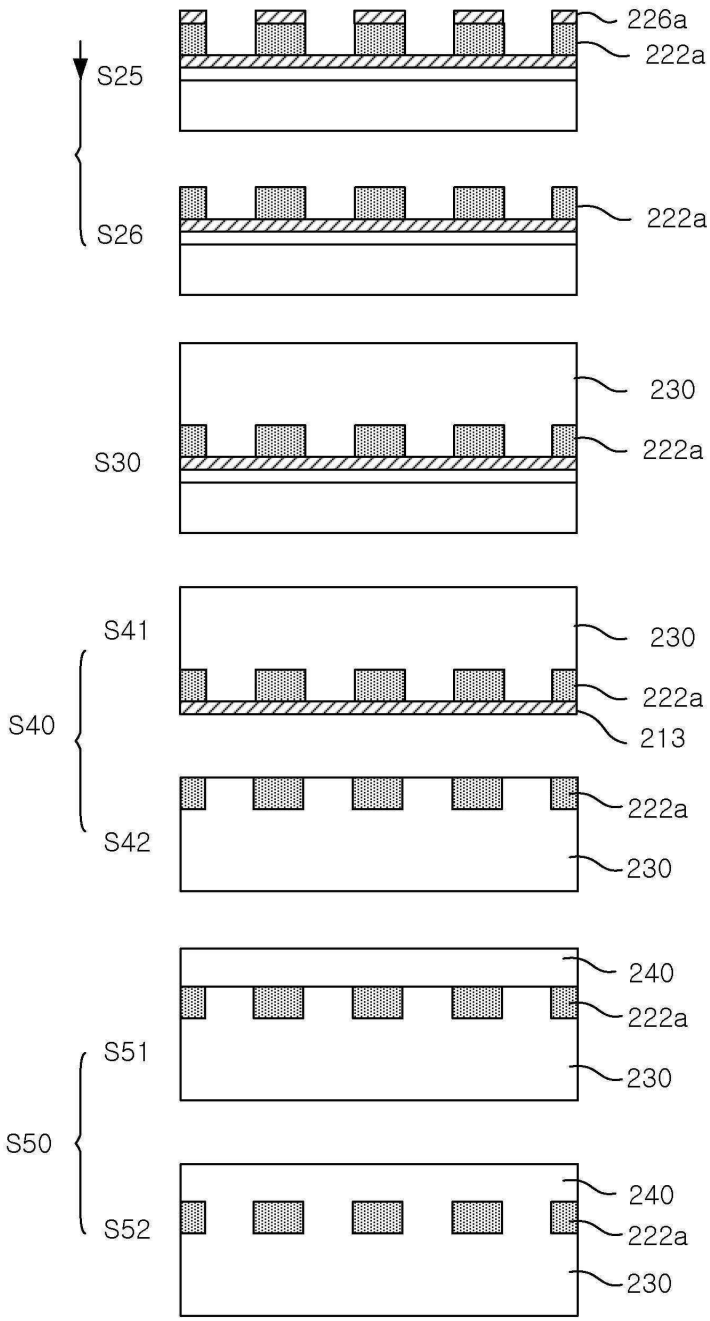
도면6b



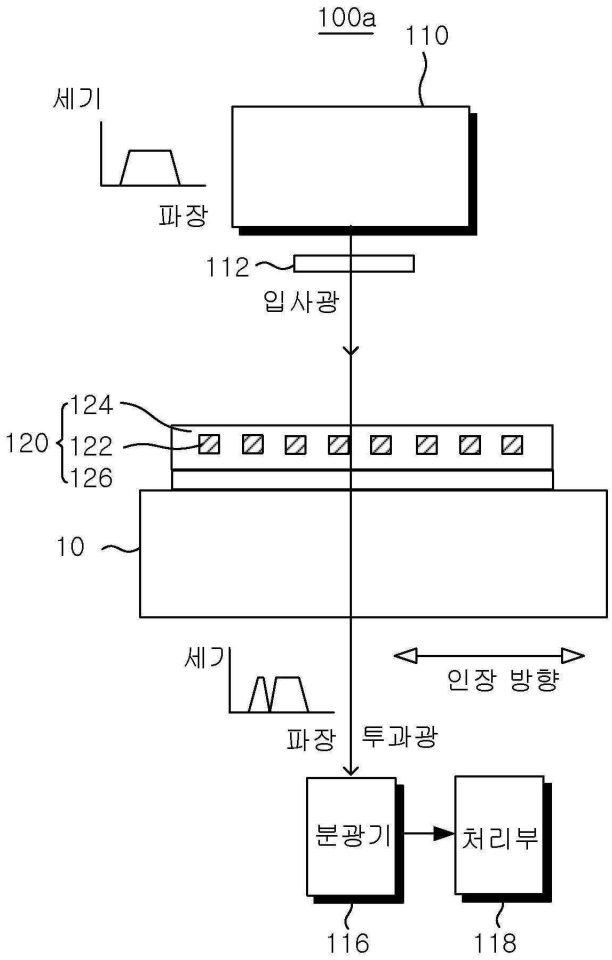
도면7


213
212
211
210
S11
S10
S12
222
213
212
211
210
225
224
222
S21
225
224
222
S22
S20
226
226
225
224
222
S23
226a
222
S24

도면8



도면9


100a
110
세기
파장
112
입사광
124
120
122
126
10
세기
파장
인장 방향
투과광
분광기
처리부
116
118