



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년09월07일

(11) 등록번호 10-2299519

(24) 등록일자 2021년09월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 27/146 (2006.01) G02B 5/28 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H01L 27/14621 (2013.01)
G02B 5/285 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0057691

(22) 출원일자 2018년05월21일

심사청구일자 2020년12월01일

(65) 공개번호 10-2018-0127931

(43) 공개일자 2018년11월30일

(30) 우선권주장
15/601,753 2017년05월22일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020100059907 A*

KR1020170020886 A*

W02000063728 A1*

JP2004133471 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

비아비 솔루션즈 아이엔씨.

미국 캘리포니아주 95002 새너제이 6층 6001 아메리카 센터 드라이브

(72) 발명자

오큰푸스 조지 제이.

미국 캘리포니아주 95404 산타 로사 세인트 헬레나 애비뉴 917

(74) 대리인

특허법인아주김장리

전체 청구항 수 : 총 20 항

심사관 : 심병로

(54) 발명의 명칭 다중스펙트럼 필터

(57) 요약

광학 필터는 기관을 포함할 수 있다. 광학 필터는 제1 미러 및 제2 미러를 포함할 수 있다. 제1 미러 및 제2 미러 각각은 복수의 1/4 파장 스택을 포함할 수 있다. 복수의 1/4 파장 스택은 제1 재료, 제2 재료, 및 제3 재료를 포함하는 복수의 층을 포함할 수 있다. 광학 필터는 제1 미러와 제2 미러 사이에 배치된 스페이서를 포함할 수 있다.

(52) CPC특허분류

H01L 27/14629 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

광학 필터로서,

제1 미러 및 제2 미러; 및

상기 제1 미러와 상기 제2 미러 사이에 배치된 스페이서를 포함하되,

상기 제1 미러 및 상기 제2 미러는 각각 제1의 하나 이상의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(quarterwave stack)을 포함하고,

상기 제1의 하나 이상의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택이 제1 재료 및 제2 재료의 교호 층(alternating layers) 세트를 포함하며,

상기 제1 재료가 상기 제2 재료보다 높은 굴절률과 연관되며,

상기 제1 미러 및 상기 제2 미러 각각이 제2의 하나 이상의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택을 포함하고,

상기 제2의 하나 이상의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택이 제3 재료 및 제4 재료의 하나 이상의 교호 층을 포함하며,

상기 제3 재료가 상기 제4 재료보다 높은 굴절률과 연관되고,

상기 제1 재료, 상기 제2 재료, 상기 제3 재료, 및 상기 제4 재료가 3종 이상의 상이한 재료를 포함하는, 광학 필터.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 3종 이상의 상이한 재료 중 적어도 하나는 산화물 재료이되,

상기 산화물 재료는,

니오븀 티타늄 산화물(NbTiO_x),

이산화실리콘(SiO_2),

산화알루미늄(Al_2O_3),

이산화티타늄(TiO_2),

오산화니오븀(Nb_2O_5),

오산화탄탈륨(Ta_2O_5),

산화지르코늄(ZrO_2),

산화이트륨(Y_2O_3),

이산화haf늄(HfO_2), 또는

이들의 조합물 중 적어도 1종을 포함하는, 광학 필터.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 3종 이상의 상이한 재료 중 적어도 하나는,

질화물 재료,

불화물 재료,
황화물 재료,
셀렌화물 재료, 또는
이들의 조합물 중 적어도 1종을 포함하는, 광학 필터.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제1 미러 또는 상기 제2 미러 중 적어도 하나는 수소화된 실리콘(hydrogenated silicon)(Si:H) 재료를 포함하는, 광학 필터.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 스페이서는 수소화된 실리콘(Si:H) 스페이서인, 광학 필터.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 3종 이상의 상이한 재료 중 적어도 하나는 800nm 내지 1100nm의 스펙트럼 범위에서 2.0보다 큰 굴절률과 연관되는, 광학 필터.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 3종 이상의 상이한 재료 중 적어도 하나는 800nm 내지 1100nm의 스펙트럼 범위에서 3.0보다 작은 굴절률과 연관되는, 광학 필터.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 광학 필터는 932nm의 중심 파장에서 0.9nm 내지 5.3nm의 50% 상대 대역폭과 연관되는, 광학 필터.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 광학 필터는 800nm의 중심 파장에서 3.75nm 내지 5.75nm의 50% 상대 대역폭과 연관되는, 광학 필터.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 광학 필터는 1100nm의 중심 파장에서 4nm 내지 8nm의 50% 상대 대역폭과 연관되는, 광학 필터.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 광학 필터는 센서 요소 어레이의 센서 요소 세트와 연관된 기관 상에 피착되고,
상기 광학 필터의 상기 스페이서는 상기 센서 요소 어레이의 상기 센서 요소 세트에 대응하는 복수의 채널을 형성하는 복수의 층을 포함하는, 광학 필터.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 광학 필터는 센서 요소 어레이의 센서 요소 세트에 대응하는 광학 필터 어레이 내에 있는, 광학 필터.

청구항 13

다중스펙트럼 필터(multispectral filter)로서,

제1 유전체 층 세트를 향하여 유도되는 광의 일부를 반사시키기 위한 상기 제1 유전체 층 세트로서,

상기 제1 유전체 층 세트는 제1의 하나 이상의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택을 포함하며,

상기 제1 유전체 층 세트는 제1의 3종 이상의 상이한 재료 세트를 포함하는, 상기 제1 유전체 층 세트;

스페이스 층 세트로서,

상기 스페이스 층 세트의 층이 상기 스페이스 층의 굴절률에 기초하여, 그리고 상기 스페이스 층 세트에 의해 형성된 채널 세트의 채널에 대응하는, 센서 요소 세트의 센서 요소를 향하여 유도될 광의 파장에 대응하여 선택되는, 상기 스페이스 층 세트; 및

제2 유전체 층 세트로서, 상기 제2 유전체 층 세트는 상기 제2 유전체 층 세트를 향하여 유도되는 광의 일부를 반사시키기 위한 것이고,

상기 제2 유전체 층 세트는 제2의 하나 이상의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택을 포함하며,

상기 제2 유전체 층 세트는 제2의 3종 이상의 상이한 재료 세트를 포함하는, 상기 제2 유전체 층 세트를 포함하는, 다중스펙트럼 필터.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 제1의 3종 이상의 상이한 재료 세트 및 상기 제2의 3종 이상의 상이한 재료 세트는 공통의 3종 이상의 상이한 재료 세트인, 다중스펙트럼 필터.

청구항 15

제13항에 있어서, 상기 제1의 하나 이상의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택은,

제1 $\frac{1}{4}$ 파장 스택으로서,

상기 제1의 3종 이상의 상이한 재료 세트의 제1 재료, 및 상기 제1의 3종 이상의 상이한 재료 세트의 제2 재료를 포함하는, 상기 제1 $\frac{1}{4}$ 파장 스택; 및

제2 $\frac{1}{4}$ 파장 스택으로서,

상기 제1 재료 및 상기 제2의 3종 이상의 상이한 재료 세트의 제3 재료를 포함하는, 상기 제2 $\frac{1}{4}$ 파장 스택을 포함하는, 다중스펙트럼 필터.

청구항 16

제13항에 있어서, 상기 채널 세트의 채널의 수량은 채널 수량 임계값 이상이고,

상기 채널 수량 임계값은,

8 채널,

16 채널,

32 채널,

64 채널, 또는

128 채널 중 하나인, 다중스펙트럼 필터.

청구항 17

제13항에 있어서, 상기 제1 유전체 층 세트 및 상기 제2 유전체 층 세트의 적어도 하나의 층의 두께는 $\frac{1}{4}$ 파장 두께로부터 디튜닝되는(detuned), 다중스펙트럼 필터.

청구항 18

제17 항에 있어서, 상기 두께는 임계값 퍼센티지(threshold percentage)에 의해 디튜닝되고,

상기 임계값 퍼센티지는,

10% 감소,

20% 감소,

30% 감소,

40% 감소,
50% 감소,
10% 증가,
20% 증가,
30% 증가,
40% 증가, 또는
50% 증가 중 하나를 포함하는, 다중스펙트럼 필터.

청구항 19

제17항에 있어서, 상기 $\frac{1}{4}$ 파장 두께는 상기 제1의 하나 이상의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 또는 상기 제2의 하나 이상의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 중 적어도 하나에 입사될 광의 중심 파장과 연관된 두께인, 다중스펙트럼 필터.

청구항 20

제17 항에 있어서, 상기 두께는 10% 내지 50%의 증가에 의해 디튜닝되는, 다중스펙트럼 필터.

발명의 설명

기술 분야

배경 기술

[0001]

다중스펙트럼 센서 디바이스는 정보를 캡처하는 데 이용될 수 있다. 예를 들어, 다중스펙트럼 센서 디바이스는 전자기 주파수 세트에 관한 정보를 캡처할 수 있다. 다중스펙트럼 센서 디바이스는 정보를 캡처하는 센서 요소 (예를 들어, 광 센서, 스펙트럼 센서, 및/또는 이미지 센서) 세트를 포함할 수 있다. 예를 들어, 센서 요소 어레이는 다수의 주파수에 관한 정보를 캡처하는 데 이용될 수 있다. 센서 요소 어레이의 특정 센서 요소는 특정 센서 요소를 향하여 유도되는 주파수의 범위를 제한하는 필터와 연관될 수 있다. 필터는, 필터가 특정 센서 요소를 향하여 통과하는 스펙트럼 범위의 폭에 대응하는 특정 대역폭과 연관될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

발명의 효과

[0002]

일부 가능한 구현예에 따르면, 광학 필터는 제1 미러 및 제2 미러를 포함할 수 있다. 제1 미러 및 제2 미러 각각은 제1의 하나 이상의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(quarterwave stack)을 포함할 수 있다. 제1의 하나 이상의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 $\frac{1}{4}$ 스택은 제1 재료 및 제2 재료의 교호 층(alternating layers) 세트를 포함할 수 있다. 제1 재료는 제2 재료보다 높은 굴절률과 연관될 수 있다. 제1 미러 및 제2 미러 각각은 제2의 하나 이상의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택을 포함할 수 있다. 제2의 하나 이상의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택은 제3 재료 및 제4 재료의 하나 이상의 교호 층을 포함할 수 있다. 제3 재료는 제4 재료보다 높은 굴절률과 연관될 수 있다. 제1 재료, 제2 재료, 제3 재료, 및 제4 재료는 3종 이상의 상이한 재료를 포함할 수 있다. 광학 필터는 제1 미러와 제2 미러 사이에 배치된 스페이서를 포함할 수 있다.

[0003] 일부 가능한 구현예에 따르면, 다중스펙트럼 필터는 제1 유전체 층 세트를 포함하여, 이 제1 유전체 층 세트를 향하여 유도된 광의 일부를 반사시킬 수 있다. 제1 유전체 층 세트는 제1의 하나 이상의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택을 포함할 수 있다. 제1 유전체 층 세트는 제1의 3종 이상의 상이한 재료 세트를 포함할 수 있다. 다중스펙트럼 필터는 스페이서 층 세트를 포함할 수 있다. 스페이서 층 세트의 층은 이 층의 굴절률에 기초하여, 그리고 스페이서 층 세트에 의해 형성된 채널 세트의 채널에 대응하는, 센서 요소 세트의 센서요소를 향하여 유도된 광의 파장에 대응하여 선택될 수 있다. 다중스펙트럼 필터는 제2 유전체 층 세트를 포함하여, 이 제2 유전체 층 세트를 향하여 유도되는 광의 일부를 반사시킬 수 있다. 제2 유전체 층 세트는 제2의 하나 이상의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택을 포함할 수 있다. 제2 유전체 층 세트는 제2의 3종 이상의 상이한 재료 세트를 포함할 수 있다.

[0004] 일부 가능한 구현예에 따르면, 광학 필터는 기판을 포함할 수 있다. 광학 필터는 제1 미러 및 제2 미러를 포함할 수 있다. 제1 미러 및 제2 미러 각각은 복수의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택을 포함할 수 있다. 복수의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택은 제1 재료, 제2 재료, 및 제3 재료를 포함하는 복수의 층을 포함할 수 있다. 광학 필터는 제1 미러와 제2 미러 사이에 배치된 스페이서를 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0005] 도 1은 본 명세서에서 설명되는 예시적인 구현예의 개략도;
 도 2a 내지 도 2d는 본 명세서에서 설명되는 다중스펙트럼 필터에 관한 특성도;
 도 3a 내지 도 3d는 본 명세서에서 설명되는 다중스펙트럼 필터에 관한 특성도;
 도 4a 내지 도 4c는 본 명세서에서 설명되는 다중스펙트럼 필터에 관한 특성도;
 도 5a 내지 도 5c는 본 명세서에서 설명되는 다중스펙트럼 필터에 관한 특성도;
 도 6a 내지 도 6c는 본 명세서에서 설명되는 다중스펙트럼 필터에 관한 특성도;
 도 7a 내지 도 7d는 본 명세서에서 설명되는 다중스펙트럼 필터에 관한 특성도; 및
 도 8a 및 도 8b는 본 명세서에서 설명되는 다중스펙트럼 필터에 관한 특성도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0006] 예시적인 구현예에 대한 다음의 상세한 설명은 첨부 도면을 참조한다. 상이한 도면들에서 동일한 참조 번호는 동일하거나 유사한 요소들을 식별할 수 있다.

[0007] 센서 요소(예를 들어, 광 센서)는 전자기 주파수 세트에 관한 정보(예를 들어, 스펙트럼 데이터)를 얻기 위해 광 센서 디바이스에 통합될 수 있다. 예를 들어, 광 센서 디바이스는 광에 대한 센서 측정을 수행할 수 있는 이미지 센서, 다중스펙트럼 센서 등을 포함할 수 있다. 광 센서 디바이스는 상보형 금속 산화물 반도체(CMOS) 기술, 전하 결합 소자(CCD) 기술 등과 같은 하나 이상의 센서 기술을 이용할 수 있다. 광 센서 디바이스는 정보를 얻도록 각각 구성된 다수의 센서 요소(예를 들어, 센서 요소 어레이)를 포함할 수 있다.

[0008] 센서 요소는 광을 센서 요소로 필터링하는 필터와 연관될 수 있다. 예를 들어, 센서 요소는 선형 가변 필터(LVF), 순환 가변 필터(CVF), 패브리-페로(Fabry-Perot) 필터 등과 정렬되어, 센서 요소를 향하여 유도되는 광의 일부가 필터링될 수 있게 한다. 패브리-페로 필터와 같은 이진 필터 구조에 대해서는, 수소화된(hydrogenated) 실리콘(Si:H)이 필터의 미러 사이에 위치하는 스페이서의 층을 위해 선택될 수 있다. 미러는 금속 층(예를 들어, 은) 또는 유전체 층(예를 들어, 교호하는 고굴절률 층과 저굴절률 층(HL 쌍)의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택)으로부터 제조될 수 있다. 예를 들어, 다중스펙트럼 필터는, 교호하는 수소화된 실리콘 층과 이산화실리콘 층의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트를 포함하는 제1 미러, 및 교호하는 수소화된 실리콘 층과 이산화실리콘 층의 다른 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트를 포함하는 제2 미러를 포함할 수 있다. 다중스펙트럼 필터는 특정 필터 응답을 초래할 수 있다. 예를 들어, 다중스펙트럼 필터는 센서를 향하여 통과된 스펙트럼 범위의 특정 중심 파장, 센서 요소를 향하여 통과된 스펙트럼 범위의 특정 대역폭 등과 연관될 수 있다. 필터 응답은 스페이서의 두께를 변경함으로써 또는 스페이서가 위치하는 $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 수량을 변경함으로써 변경될 수 있다.

[0009] 그러나, 단일의 캐비티 유형의 필터를 위한 스페이서의 두께를 변경하는 것 및/또는 $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 수량을 변경하는 것은 임계값을 초과하는 필터 응답에 대한 변화를 초래할 수 있다. 예를 들어, 2개의 수소화된 실리콘 및 이산화실리콘 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트로부터 3개의 수소화된 실리콘 및 이산화실리콘 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트로의 변경은 필터의 대역폭을 제1 임계값보다 큰 제1 대역폭으로부터 제2 임계값보다 작은 제2 대역폭으로 감소시킬 수

있다. 본 명세서에서 설명되는 구현예들은 혼합된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 구성, 변경된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 층 두께 등을 이용하여 다중스펙트럼 필터 응답을 변경할 수 있게 한다. 예를 들어, 본 명세서에서 설명되는 구현예들은 다중스펙트럼 필터의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택을 위해 3개 이상의 코팅 재료를 이용할 수 있다. 이 경우, 다중스펙트럼 필터의 필터 응답은, 예를 들어, 제1 임계값보다 큰 초기 대역폭으로부터 제1 임계값과 제2 임계값 사이에 있는 목표 대역폭으로 변화될 수 있다. 이러한 방식으로, 다중스펙트럼 필터 성능의 튜닝에 있어서 더 큰 입상도(granularity)가 달성된다.

[0010] 도 1은 본 명세서에서 설명되는 예시적인 구현예(100)의 개략도이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 다중스펙트럼 필터(105)(예를 들어, 바이너리 구조의 광학 필터 어레이)는 제1 미러(110-1), 제2 미러(110-2), 및 스페이서(120)를 포함할 수 있다.

[0011] 도 1에 또한 도시된 바와 같이, 제1 미러(110-1) 및 제2 미러(110-2)는 스페이서(120)를 사이에 둘 수 있다. 즉, 스페이서(120)는 제1 미러(110-1) 및 제2 미러(110-2)를 임계 거리만큼 분리할 수 있고, 및/또는 스페이서(120)의 면은 제1 미러(110-1) 및 제2 미러(110-2)에 의해 둘러싸일 수 있다. 일부 구현예에서, 미러(110)는 특정 재료와 연관될 수 있다. 예를 들어, 미러(110)는 광원으로부터 다중스펙트럼 필터(105)와 연관된 센서 요소를 향하여 유도된 광의 일부를 반사시키기 위한 유전체 미러 층(예를 들어, 교호하는 수소화된 실리콘 층 및 이산화실리콘 층)의 세트 등을 포함할 수 있다. 미러(110)는 다중스펙트럼 필터(105)의 각 채널과 연관된 센서 요소 어레이의 각 센서 요소와 정렬될 수 있다.

[0012] 일부 구현예에서, 스페이서(120)는 하나 이상의 스페이서 층(130)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 스페이서(120)는 스페이서 층(130-1 내지 130-5)(예를 들어, 수소화된 실리콘 층과 같은 유전체 층) 세트를 포함할 수 있다. 일부 구현예에서, 하나 이상의 스페이서 층(130)의 두께는 특정 파장에 대해 최소 스페이서 두께를 보장하는 것과 연관될 수 있다. 일부 구현예에서, 스페이서(120)는 단일의 캐비티 구성과 연관될 수 있다. 추가적으로, 또는 대안적으로, 스페이서(120)는 다중 캐비티 구성과 연관될 수 있다.

[0013] 일부 구현예에서, 하나 이상의 스페이서 층(130)의 두께는 이진 수열(binary progression)에 기초하여 관련될 수 있다. 예를 들어, 스페이서 층(130-3)은 스페이서 층(130-2)의 두께의 대략 절반의 두께와 연관될 수 있고, 스페이서 층(130-4)은 스페이서 층(130-3)의 두께의 대략 절반의 두께와 연관될 수 있으며, 스페이서 층(130-5)은 스페이서 층(130-4)의 두께의 대략 절반의 두께와 연관될 수 있다.

[0014] 일부 구현예에서, 다중스펙트럼 필터(105)는 광 센서 디바이스와 연관된 기관 상에 피착될 수 있다. 예를 들어, 미러(110-1)는 정보(예를 들어, 스펙트럼 데이터)를 캡처하기 위한 센서 요소 어레이를 포함하는 기관 상에(예를 들어, 피착 프로세스 및/또는 포토리소그래피 리프트-오프 프로세스를 통해) 피착될 수 있다. 일부 구현예에서, 스페이서(120)는 다수의 파장에 관한 정보의 캡처를 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 제1 센서 요소(예를 들어, 센서 요소 어레이의 배면 조명형 광 센서 또는 전면 조명형 광 센서)와 정렬된 스페이서(120)의 제1 부분은 제1 두께와 연관될 수 있고, 제2 센서 요소와 정렬된 스페이서(120)의 제2 부분은 제2 두께와 연관될 수 있다. 이 경우, 제1 부분에 대응하는 제1 채널을 통해 제1 센서 요소를 향하여 유도되고 제2 부분에 대응하는 제2 채널을 통해 제2 센서 요소를 향하여 유도되는 광은, 제1 두께에 기초한 제1 센서 요소에서의 제1 파장 및 제2 두께에 기초한 제2 센서 요소에서의 제2 파장에 대응할 수 있다. 이러한 방식으로, 다중스펙트럼 필터(105)는, 광 센서 디바이스의 다수의 센서 요소에 정렬된, 다수의 두께와 연관되는 다수의 부분과 연관된 스페이서(예를 들어, 스페이서(120))를 사용하여 광 센서 디바이스에 의한 다중스펙트럼 센싱을 가능하게 한다.

[0015] 상기한 바와 같이, 도 1은 단지 예로서 제공된다. 다른 예들이 가능하며, 도 1과 관련하여 설명된 것과 다를 수 있다.

[0016] 도 2a 내지 도 2d는 다중스펙트럼 필터에 관한 특성도이다. 도 2a 내지 도 2d는 스페이서를 사이에 두고 제1의 2개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트와 제2의 2개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트를 갖는 다중스펙트럼 필터의 예를 도시한다.

[0017] 도 2a에서 차트(200)로 도시된 바와 같이, 필터(210)는 기관, 제1의 2개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트, 스페이서, 및 제2의 2개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트를 포함할 수 있다. 제1 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트는 교호하는 수소화된 실리콘("Si₃H") 또는 때때로 Si:H로 나타냄) 층 및 이산화실리콘("SiO₂"로 나타냄) 층의 층(1~4)을 포함한다. 스페이서는 수소화된 실리콘 스페이서의 층(5)을 포함할 수 있다. 제2의 2개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트는 교호하는 수소화된 실리콘 층 및 이산화실리콘 층의 층(6~9)을 포함한다.

[0018] 제1 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 및 제2 $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 수소화된 실리콘 층은 각각 대략 932nm의 스펙트럼 범위에서 약 3.7226의 굴절률, 대략 62.6nm의 물리적 두께, 및 대략 932nm의 $\frac{1}{4}$ 파장 광학 두께("Q.W.O.T."로 나타냄)와 연

관될 수 있다. 층의 $\frac{1}{4}$ 파장 광학 두께는 층의 물리적 두께 및 굴절률에 대응한다. 일부 구현예에서, $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 고굴절률 층(예를 들어, $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 저굴절률 층 - 이산화실리콘층 -보다 높은 굴절률과 연관되는 수소화된 실리콘 층)은 임계값보다 큰 굴절률과 연관될 수 있다. 예를 들어, 고굴절률 층은 대략 2.0, 대략 2.5, 대략 3.0, 대략 3.5, 대략 3.6, 대략 3.7 등보다 큰 대략 800nm 내지 대략 1100nm의 스펙트럼 범위에서의 굴절률과 연관될 수 있다. 일부 구현예에서, 고굴절률 재료 층의 굴절률과 저굴절률 재료 층의 굴절률 간의 차이는 대략 1.0 초과, 대략 1.5 초과, 대략 2.0 초과 등과 같은, 임계값보다 클 수 있다.

[0019] 제1의 2개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트 및 제2의 2개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트의 이산화실리콘 층은 각각 대략 932nm의 스펙트럼 범위에서 대략 1.4664의 굴절률, 대략 158.9nm의 물리적 두께, 및 약 932nm의 $\frac{1}{4}$ 파장 광학 두께와 연관될 수 있다. 일부 구현예에서, $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 저굴절률 층(예를 들어, 이산화실리콘 층)은, 고굴절률 층의 굴절률 미만, 대략 3.0 미만, 대략 2.5 미만, 대략 2.0 미만, 대략 1.75 미만, 대략 1.5 미만 등의 굴절률과 같은, 대략 800nm 내지 약 1100nm의 스펙트럼 범위에서의 임계값보다 작은 굴절률과 연관될 수 있다.

[0020] 수소화된 실리콘 스페이서 층은 대략 3.7226의 굴절률, 대략 125.2nm의 물리적 두께, 및 대략 1864nm의 $\frac{1}{4}$ 파장 광학 두께와 연관된다. 본 명세서에서는 수소화된 실리콘 스페이서 층으로서 설명되어 있지만, 수소화된 실리콘 스페이서 층은 다수의 채널을 형성하기 위해 선택된 다수의 두께의 수소화된 실리콘의 다수의 스페이서 층을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 경우에, 수소화된 실리콘 스페이서 층은 다수의 층을 사용하여 형성되어 64개의 채널을 형성할 수 있다. 마찬가지로, 제2 경우에, 수소화된 실리콘 스페이서 층은 다수의 층을 사용하여 형성되어 128개의 채널을 형성할 수 있다. 추가적으로, 또는 대안적으로, 스페이서 층은 8개의 채널, 16개의 채널, 32개의 채널, 256개의 채널 등과 같은 다른 임계 수량의 채널을 형성하는 데 이용될 수 있다. 일부 구현예에서, 스페이서 층은 대략 2.0, 대략 2.5, 대략 3.0, 대략 3.5, 또는 대략 3.6, 대략 3.7 등보다 큰 굴절률과 같은, 대략 800nm 내지 대략 1100nm의 스펙트럼 범위에서의 임계값보다 큰 굴절률과 연관될 수 있다.

[0021] 도 2b에 도시된 바와 같이, 차트(250)는 필터(210)의 굴절률 프로파일을 나타낸다. 도시된 바와 같이, 필터(210)는 기관, 기관 상에 피착된 제1 미러(252-1), 제2 미러(252-2), 및 제1 미러(252-1)와 제2 미러(252-2) 사이에 배치된 수소화된 실리콘 스페이서(254)를 포함한다. 제1 미러(252-1)는 제1 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(256-1) 및 제2 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(256-2)을 포함한다. 마찬가지로, 제2 미러(252-2)는 제3 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(256-3) 및 제4 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(256-4)을 포함한다. 각 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(256-1 내지 256-4)은 고굴절률 층/저굴절률 층(HL) 쌍을 형성하는 수소화된 실리콘 층 및 이산화실리콘 층을 포함한다.

[0022] 도 2c에서 차트(270)로 도시되고; 도 2d에서 차트(280)로 도시된 바와 같이, 필터(210)에 대한 필터 응답이 제공된다. 예를 들어, 필터(210)는 대략 932nm의 파장(" λ [nm]"로 나타냄)에서 대략 90% 초과 투과율("T[%]"로 나타냄)과 연관된다. 도 2d에서 참조번호 282로 도시된 바와 같이, 필터(210)는 대략 929.35nm로부터 대략 934.65nm까지의 스펙트럼 범위에서 대략 5.3nm의 상대 50% 대역폭(예를 들어, 피크 투과율을 나타내는 중심 파장을 둘러싸는 50%보다 큰 투과율에 대한 대역폭)과 연관된다.

[0023] 상기한 바와 같이, 도 2a 내지 도 2d는 단지 예로서 제공된다. 다른 예들이 가능하며, 도 2a 내지 도 2d와 관련하여 설명된 것과 다를 수 있다.

[0024] 도 3a 내지 도 3d는 다중스펙트럼 필터에 관한 특성도이다. 도 3a 내지 도 3d는 스페이서를 사이에 두고 제1의 3개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트와 제2의 3개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트를 갖는 다중스펙트럼 필터의 예를 도시한다.

[0025] 도 3a에 도시된 바와 같이, 차트(350)는 필터(310)의 굴절률 프로파일을 나타낸다. 도시된 바와 같이, 필터(310)는 기관, 기관 상에 피착된 제1 미러(352-1), 제2 미러(352-2), 및 제1 미러(352-1)와 제2 미러(352-2) 사이에 배치된 수소화된 실리콘 스페이서(354)를 포함한다. 제1 미러(352-1)는 3개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(356-1 내지 356-3) 세트를 포함한다. 제2 미러(352-1)는 3개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(356-4 내지 356-6) 세트를 포함한다. 각 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(356)은 HL 쌍을 형성하는 수소화된 실리콘 층 및 이산화실리콘 층을 포함한다.

[0026] 도 3b에서 차트(370)로 도시되고; 도 3c에서 차트(380)로 도시되며; 도 3d에서 차트(390)로 도시된 바와 같이, 필터(210)에 대한 필터 응답 및 필터(310)에 대한 필터 응답이 제공된다. 예를 들어, 도 3c에서 참조번호 392 및 392'으로 도시된 바와 같이, 필터(210)에 비해 필터(310)의 각 미러마다 추가의 수소화된 실리콘 및 이산화실리콘 $\frac{1}{4}$ 파장 스택을 포함하는 필터(310)에 기초하여, 필터(310)는 감소된 피크 투과율 및 감소된 상대 50% 대역폭과 연관된다. 이 경우, 도 3c에서 참조번호 392로 도시된 바와 같이, 필터(210)는 대략 932nm에서 대략 92%의 투과율 및 5.3nm의 50% 상대 대역폭과 연관된다. 대조적으로, 도 3c에서 참조번호 392'으로 도시된 바와 같이, 필터(310)는 대략 932nm에서 대략 76%의 피크 투과율과 연관되며, 대략 0.9nm의 50% 상대 대역폭과 연관

된다. 도 3d에서 참조번호 396 및 396'으로 도시된 바와 같이, 필터(310)는 필터(210)에 비해 감소된 대역외 전송(out of band transmission)과 연관되고, 최소 투과율은 필터(210)에 비해 필터(310)에 대해 대략 0.1%로부터 대략 0.005%까지 감소된다. 일부 구현예에서, 필터(310)에 대한 투과율은 필터(310)의 구성을 기관 및 다른 매체(예를 들어, 공기)에 매칭시킴으로써 더욱 개선될 수 있다.

[0027] 이들 경우, (예를 들어, 각 미러 내의 2개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택으로부터 각 미러 내의 3개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택으로) 다중스펙트럼 필터의 미러 내의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 수량을 변경하는 것은 다중스펙트럼 필터의 광학 특성에 대한 변화를 초래해서, 특정 스펙트럼 범위, 특정 투과율 등을 위해 다중스펙트럼 필터를 튜닝할 수 있게 한다. 그러나, 광학 특성의 변화는 임계값 변화보다 클 수 있다. 예를 들어, 대략 0.9nm 내지 대략 5.3nm의 50% 상대 대역폭과 연관되는 다중스펙트럼 필터가 바람직할 수 있다.

[0028] 상기한 바와 같이, 도 3a 내지 도 3d는 단지 예로서 제공된다. 다른 예들이 가능하며, 도 3a 내지 도 3d와 관련하여 설명된 것과 다를 수 있다.

[0029] 도 4a 내지 도 4c는 다중스펙트럼 필터에 관한 특성도이다. 도 4a 내지 도 4c는 제1의 3개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트 및 제2의 3개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트 각각에 인접하게 배치된 추가 저굴절률 층(예를 들어, 이산화실리콘 층), 및 제1의 3개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트와, 제2의 3개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트와, 추가 저굴절률 층 사이에 배치된 스페이서를 갖는 다중스펙트럼 필터의 예를 도시한다.

[0030] 도 4a에 도시된 바와 같이, 차트(450)는 필터(410)의 굴절률 프로파일을 나타낸다. 도시된 바와 같이, 필터(410)는 기관, 기관 상에 피착된 제1 미러(452-1), 제2 미러(452-2), 및 제1 미러(452-1)와 제2 미러(452-2) 사이에 배치된 스페이서(454)를 포함한다. 제1 미러(452-1)는 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(456-1 내지 456-3) 세트 및 비쌍형(unpaired) 이산화실리콘 층(458-1)(예를 들어, 고굴절률 수소화된 실리콘 층 또는 다른 고굴절률 층과 쌍을 이루지 않는 저굴절률 이산화실리콘 층)을 포함한다. 마찬가지로, 제2 미러(452-2)는 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(456-4 내지 456-6) 세트 및 비쌍형 이산화실리콘 층(458-2)을 포함한다. 각 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(456)은 비쌍형 이산화실리콘 층들(458-1 및 458-2) 사이에 배치되고, HL 쌍을 형성하는 수소화된 실리콘 층 및 이산화실리콘 층을 포함한다. 이산화실리콘 층(458)이 대응하는 고굴절률 층(예를 들어, 수소화된 실리콘 층)과 쌍을 이루지 않지만, 각 이산화실리콘 층(458)은 각각의 미러(452)에 대한 $\frac{1}{4}$ 파장 스택이라 지칭될 수 있다. 일부 구현예에서, 필터(410)는 센서 요소 어레이의 센서 요소 세트에 정렬된 광학 필터 어레이일 수 있다.

[0031] 도 4b에서 차트(470)로 도시되고; 도 4c에서 차트(480)로 도시된 바와 같이, 필터(210), 필터(310), 및 필터(410)에 대한 필터 응답 세트가 제공된다. 예를 들어, 도 4b에서 참조번호 492, 492', 및 492"으로 도시된 바와 같이, 필터(410)의 각 미러에 대한 비쌍형 이산화실리콘 층 세트를 포함하는 필터(410)에 기초하여, 필터(410)는 필터(210)와 필터(310) 사이에 있는 대략 932nm에서의 피크 투과율, 및 필터(210)와 필터(310)의 대역포 사이에 있는 50% 상대 대역폭과 연관된다. 이 경우, 도 4b에서 참조번호 492으로 도시된 바와 같이, 필터(210)는 대략 932nm에서 대략 90% 초과 피크 투과율과 연관되며, 대략 5.3nm의 50% 상대 대역폭과 연관된다. 도 4b에서 참조번호 492'으로 도시된 바와 같이, 필터(310)는 대략 932nm에서 대략 75%의 피크 투과율 및 대략 0.9nm의 50% 상대 대역폭과 연관된다. 대조적으로, 도 4b에서 참조번호 492"으로 도시된 바와 같이, 필터(410)는 대략 932nm에서 대략 80%의 피크 투과율 및 대략 1.4nm의 50% 상대 대역폭과 연관된다.

[0032] 이 경우, 비쌍형 이산화실리콘 층 세트를 추가하는 것은 다중스펙트럼 필터의 광학 특성에 대한 변화를 초래하여, $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 수량을 변경하는 것보다 큰 입상도로 특정 스펙트럼 범위, 특정 투과율, 특정 대역폭 등을 위해 다중스펙트럼 필터를 튜닝할 수 있게 한다.

[0033] 상기한 바와 같이, 도 4a 내지 도 4c는 단지 예로서 제공된다. 다른 예들이 가능하며, 도 4a 내지 도 4c와 관련하여 설명된 것과 다를 수 있다.

[0034] 도 5a 내지 도 5c는 다중스펙트럼 필터에 관한 특성도이다. 도 5a 내지 도 5c는 혼합된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트, 및 혼합된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트 사이에 배치된 스페이서를 갖는 다중스펙트럼 필터의 예를 도시한다.

[0035] 도 5a에 도시된 바와 같이, 차트(550)는 필터(510)의 굴절률 프로파일을 나타낸다. 도시된 바와 같이, 필터(510)는 기관, 기관 상에 피착된 제1 미러(552-1), 제2 미러(552-2), 및 제1 미러(552-1)와 제2 미러(552-2) 사이에 배치된 스페이서(554)를 포함한다. 제1 미러(552-1)는 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(556-1 및 556-2) 세트, $\frac{1}{4}$ 파장 스택(558-1), 및 비쌍형 이산화실리콘 층(560-1)을 포함한다. 마찬가지로, 제2 미러(552-2)는 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(556-3 및 556-4) 세트, $\frac{1}{4}$ 파장 스택(558-2), 및 비쌍형 이산화실리콘 층(560-2)을 포함한다. 각 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(556)은 HL 쌍을 형성하는 수소화된 실리콘층 및 이산화실리콘층을 포함한다. 각 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(558)은 HL 쌍을 형성하는

니오븀 티타늄 산화물(NbTiO_x)을 포함한다. 이 경우, 필터(510)는 각 미러(552)가 상이한 유형의 HL 쌍을 포함하는 혼합된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트를 이용한다. 혼합된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트의 이용은, $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 수량 증가 또는 감소를 이용하여 특성을 제어하는 다른 기술보다 큰 입상도로 필터(510)의 특성이 제어될 수 있게 한다. 본 명세서에서 필터(510)의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택에 대해 니오븀 티타늄 산화물, 이산화실리콘, 및 수소화된 실리콘의 용어로 설명되어 있지만, 예를 들어, 이산화실리콘(SiO_2), 오산화니오븀(Nb_2O_5), 오산화탄탈륨(Ta_2O_5), 이산화티타늄(TiO_2), 산화알루미늄(Al_2O_3), 산화지르코늄(ZrO_2), 산화이트륨(Y_2O_3), 이산화하프늄(HfO_2) 등과 같은 산화물 재료; 질화 실리콘(Si_3N_4)과 같은 질화물 재료; 불화 마그네슘(MgF)과 같은 불화물 재료; 황화 아연(ZnS)과 같은 황화물 재료; 셀렌화 아연(ZnSe)과 같은 셀렌화물 재료; 이들의 조합 등으로서 이용하는, 3개 이상의 재료의 다른 그룹이 혼합된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트를 위해 사용될 수 있다.

[0036] 도 5b에서 차트(570)로 도시되고; 도 5c에서 차트(580)로 도시된 바와 같이, 필터(210)에 대한 필터 응답, 필터(310)에 대한 필터 응답, 및 필터(510)에 대한 필터 응답이 제공된다. 예를 들어, 도 5b에서 참조번호 592, 592', 및 592"으로 도시된 바와 같이, 비쌍형 이산화실리콘 층(560) 세트를 포함하고 혼합된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트를 이용하는 필터(510)에 기초하여, 필터(510)는 대략 932nm에서의 피크 투과율 및 필터(210)와 필터(310)의 대역폭 사이에 있는 50% 상대 대역폭과 연관된다. 이 경우, 도 5b에서 참조번호 592로 도시된 바와 같이, 필터(210)는 대략 932nm에서 90% 초과와 피크 투과율 및 대략 5.3nm의 50% 상대 대역폭과 연관되고, 도 5b에서 참조번호 592'으로 도시된 바와 같이, 필터(310)는 대략 932nm에서 대략 75%의 피크 투과율 및 대략 0.9nm의 50% 상대 대역폭과 연관된다. 대조적으로, 도 5b에서 참조번호 592"으로 도시된 바와 같이, 필터(510)는 대략 932nm에서 대략 90%의 피크 투과율 및 대략 3.1nm의 50% 상대 대역폭과 연관된다.

[0037] 이 경우, 혼합된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트를 이용하는 것은 다중스펙트럼 필터의 광학 특성에 대한 변화를 초래하여, $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 수량을 변경하는 것보다 큰 입상도로 특정 스펙트럼 범위, 특정 투과율 등을 위해 다중스펙트럼 필터를 튜닝할 수 있게 한다.

[0038] 상기한 바와 같이, 도 5a 내지 도 5c는 단지 예로서 제공된다. 다른 예들이 가능하며, 도 5a 내지 도 5c와 관련하여 설명된 것과 다를 수 있다.

[0039] 도 6a 내지 도 6c는 다중스펙트럼 필터에 관한 특성도이다. 도 6a 내지 도 6c는 디튜닝된(detuned) $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트, 및 디튜닝된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트 사이에 배치된 스페이서를 갖는 다중스펙트럼 필터의 예를 도시한다.

[0040] 도 6a에 도시된 바와 같이, 차트(650)는 필터(410)의 굴절률 프로파일과 필터(610)의 굴절률 프로파일의 비교를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 필터(610)는 기관, 기관 상에 피착된 제1 미러(652-1), 제2 미러(652-2), 및 제1 미러(652-1)와 제2 미러(652-2) 사이에 배치된 수소화된 실리콘 스페이서(654)를 포함한다. 제1 미러(652-2)는 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(656-1 내지 656-3) 세트 및 비쌍형 이산화실리콘 층(658-1)을 포함한다. 마찬가지로, 제2 미러(652-2)는 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(656-4 내지 656-6) 세트 및 비쌍형 이산화실리콘 층(658-2)을 포함한다. 각 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(656)은 HL 쌍을 형성하는 수소화된 실리콘 층 및 이산화실리콘 층을 포함한다. 일부 구현예에서는, 다른 재료 세트가 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(656)을 위해 사용될 수 있다. 일부 구현예에서, $\frac{1}{4}$ 파장 스택(656)은 3개 이상의 재료를 사용하는 혼합된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트일 수 있다.

[0041] 도 6a에서 참조번호 660으로 더 도시된 바와 같이, (예를 들어, 미러(652)의) 필터(610)는 (예를 들어, 미러(452)의) 필터(410)의 이산화실리콘 층에 대한 두께의 임계값 감소와 연관되는 이산화실리콘 층을 포함한다. 참조번호 662로 도시된 바와 같이, 필터(610)는 필터(410)의 수소화된 실리콘 층에 대한 두께의 임계값 증가와 연관된 수소화된 실리콘 층을 포함한다. 일부 구현예에서, 임계값 증가 또는 감소는 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 두께(예를 들어, $\frac{1}{4}$ 파장 스택에 입사될 광의 중심 파장과 연관된 두께)로부터 $\frac{1}{4}$ 파장 스택을 디튜닝하도록 선택될 수 있고, 이에 따라, 예를 들어 대략 30% 두께 증가 또는 대략 30% 두께 감소를 이용함으로써, 필터(610)를 피크 투과율에 대한 선택된 중심 파장에 중심을 두게 하고 및/또는 필터(610)에 대한 50% 상대 대역폭을 변경할 수 있다. 추가적으로, 또는 대안적으로, 대략 25%와 30% 사이, 대략 20%와 40% 사이, 대략 10%와 50% 사이 등의 두께 증가 또는 감소가 필터(610)에 대해 선택될 수 있다.

[0042] 도 6b에서 차트(670)로 도시되고; 도 6c에서 차트(680)로 도시된 바와 같이, 필터(210), 필터(310), 및 필터(610)에 대한 필터 응답 세트가 제공된다. 예를 들어, 도 6b에서 참조번호 692, 692', 및 692"으로 도시된 바와 같이, 디튜닝된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(예를 들어, 변경된 층 두께를 사용하는 $\frac{1}{4}$ 파장 스택) 세트를 포함하는 필터(610)에 기초하여, 필터(610)는 대략 932nm에서의 최대 투과율 및 필터(210)와 필터(310)의 대역폭 사이에 있는 50% 상대 대역폭과 연관된다. 이 경우, 도 6b에서 참조번호 692로 도시된 바와 같이, 필터(210)는 대략 932nm에

서 90% 초과와 피크 투과율 및 대략 5.3nm의 50% 상대 대역폭과 연관되고, 도 6b에서 참조번호 692'으로 도시된 바와 같이, 필터(310)는 대략 932nm에서 대략 75%의 피크 투과율 및 대략 0.9nm의 50% 상대 대역폭과 연관된다. 대조적으로, 도 6b에서 참조번호 692"으로 도시된 바와 같이, 필터(610)는 대략 932nm에서 대략 87%의 피크 투과율 및 대략 2.0nm의 50% 상대 대역폭과 연관된다.

[0043] 이 경우, 디튜닝된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트를 이용하는 것은 다중스펙트럼 필터의 광학 특성에 대한 변화를 초래하여, $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 수량을 변경하는 것보다 큰 입상도로 특정 스펙트럼 범위, 특정 투과율 등을 위해 다중스펙트럼 필터를 튜닝할 수 있게 한다. 예를 들어, $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 두께를 디튜닝하는 것은, $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 상이한 수량과 연관된 대역폭들 사이의 대역폭, $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 상이한 수량과 연관된 대역폭들과 중첩하는 대역폭 등과 같은 선택된 대역폭을 갖는 광학 필터의 구성을 가능하게 한다.

[0044] 상기한 바와 같이, 도 6a 내지 도 6c는 단지 예로서 제공된다. 다른 예들이 가능하며, 도 6a 내지 도 6c와 관련하여 설명된 것과 다를 수 있다.

[0045] 도 7a 내지 도 7d는 다중스펙트럼 필터에 관한 특성도이다. 도 7a 내지 도 7d는 혼합된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트를 갖는 다중스펙트럼 필터의 예를 도시한다.

[0046] 도 7a에 도시된 바와 같이, 차트(705)는 필터(710)의 굴절률 프로파일을 나타낸다. 도시된 바와 같이, 필터(710)는 기판, 기판 상에 피착된 제1 미러(712-1), 제2 미러(712-2), 및 제1 미러(712-1)와 제2 미러(712-2) 사이에 배치된 수소화된 실리콘 스페이서(714)를 포함한다. 제1 미러(712-1)는 HL 쌍으로서의 수소화된 실리콘 및 이산화실리콘의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(716-1 및 716-2) 세트 및 HL 쌍으로서의 니오븀 티타늄 산화물 및 이산화실리콘의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(718-1)을 포함한다. 제2 미러(712-2)는 HL 쌍으로서의 수소화된 실리콘 및 이산화실리콘의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(716-3 및 716-4) 세트 및 HL 쌍으로서의 니오븀 티타늄 산화물 및 이산화실리콘의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(718-2)을 포함한다. 이 경우, $\frac{1}{4}$ 파장 스택(718-1)은 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(716-2)과 수소화된 실리콘 스페이서(714) 사이에 배치되고, $\frac{1}{4}$ 파장 스택(718-2)은 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(716-3)과 수소화된 실리콘 스페이서(714) 사이에 배치된다.

[0047] 도 7b에 도시된 바와 같이, 차트(735)는 필터(740)의 굴절률 프로파일을 나타낸다. 도시된 바와 같이, 필터(740)는 기판, 기판 상에 피착된 제1 미러(742-1), 제2 미러(742-2), 및 제1 미러(742-1)와 제2 미러(742-2) 사이에 배치된 수소화된 실리콘 스페이서(744)를 포함한다. 제1 미러(742-1)는 HL 쌍으로서의 수소화된 실리콘 및 이산화실리콘의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(746-1 및 746-2) 세트, HL 쌍으로서의 니오븀 티타늄 산화물 및 이산화실리콘의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(748-1), 및 비쌍형 이산화실리콘 층(750-1)을 포함한다. 마찬가지로, 제2 미러(742-2)는 HL 쌍으로서의 수소화된 실리콘 및 이산화실리콘의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(746-3 및 746-4) 세트, HL 쌍으로서의 니오븀 티타늄 산화물 및 이산화실리콘의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(748-2), 및 비쌍형 이산화실리콘 층(750-2)을 포함한다. 이 경우, $\frac{1}{4}$ 파장 스택(748-1)은 $\frac{1}{4}$ 파장 스택들(746-1 및 746-2) 사이에 배치되고, $\frac{1}{4}$ 파장 스택(748-2)은 $\frac{1}{4}$ 파장 스택들(746-3 및 746-4) 사이에 배치된다.

[0048] 도 7c에 도시된 바와 같이, 차트(755)는 필터(760)의 굴절률 프로파일을 나타낸다. 도시된 바와 같이, 필터(760)는 기판, 기판 상에 피착된 제1 미러(762-1), 제2 미러(762-2), 및 제1 미러(762-1)와 제2 미러(762-2) 사이에 배치된 수소화된 실리콘 스페이서(764)를 포함한다. 제1 미러(762-1)는 HL 쌍으로서의 수소화된 실리콘 및 오산화탄탈륨(Ta_2O_5)의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(766-1), HL 쌍으로서의 수소화된 실리콘 및 이산화실리콘의 2개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(768-1 및 768-2) 세트, 및 비쌍형 오산화탄탈륨 층(770-1)을 포함한다. 마찬가지로, 제2 미러(762-2)는 HL 쌍으로서의 수소화된 실리콘 및 오산화탄탈륨의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(766-2), HL 쌍으로서의 수소화된 실리콘 및 이산화실리콘의 2개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(768-3 및 768-4) 세트, 및 비쌍형 오산화탄탈륨 층(770-2)을 포함한다. 이 경우, $\frac{1}{4}$ 파장 스택(768-1 및 768-2)은 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(766-1)과 수소화된 실리콘 스페이서(764) 사이에 배치되고, $\frac{1}{4}$ 파장 스택(768-3 및 768-4)은 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(766-2)과 수소화된 실리콘 스페이서(764) 사이에 배치된다.

[0049] 도 7d에 도시된 바와 같이, 차트(755)는 필터(780)의 굴절률 프로파일을 나타낸다. 도시된 바와 같이, 필터(780)는 기판, 기판 상에 피착된 제1 미러(782-1), 제2 미러(782-2), 및 제1 미러(782-1)와 제2 미러(782-2) 사이에 배치된 수소화된 실리콘 스페이서(784)를 포함한다. 제1 미러(782-1)는 HL 쌍으로서의 수소화된 실리콘 및 니오븀 티타늄 산화물의 2개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(786-1 및 786-2) 세트, HL 쌍으로서의 수소화된 실리콘 및 이산화실리콘의 2개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(788-1 및 788-2) 세트, 및 비쌍형 니오븀 티타늄 산화물 층(790-1)을 포함한다. 마찬가지로, 제2 미러(782-2)는 HL 쌍으로서의 수소화된 실리콘 및 니오븀 티타늄 산화물의 2개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(786-3 및 786-4) 세트, HL 쌍으로서의 수소화된 실리콘 및 이산화실리콘의 2개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(788-3 및 788-

4) 세트, 및 비쌍형 니오븀 티타늄 산화물 층(790-2)을 포함한다. 이 경우, $\frac{1}{4}$ 파장 스택(788-1 및 788-2)은 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(786-2)과 수소화된 실리콘 스페이서(784) 사이에 배치되고, $\frac{1}{4}$ 파장 스택(788-3 및 788-4)은 $\frac{1}{4}$ 파장 스택(786-3)과 수소화된 실리콘 스페이서(784) 사이에 배치된다.

[0050] 상기한 바와 같이, 도 7a 내지 도 7d는 단지 예로서 제공된다. 다른 예들이 가능하며, 도 7a 내지 도 7d와 관련하여 설명된 것과 다를 수 있다.

[0051] 도 8a 및 도 8b는 다중스펙트럼 필터에 관한 특성도이다. 도 8a 및 8b는 본 명세서에서 설명되는 필터에 대한 50% 상대 대역폭의 예를 도시한다.

[0052] 도 8a에서 표(800)로 도시된 바와 같이, 본 명세서에서 설명되는 필터에 대한 50% 상대 대역폭 세트가 대략 932 nm의 중심 파장에 대해 제공된다. 도시된 바와 같이, 필터(210)는 대략 5.3nm의 50% 상대 대역폭과 연관된다. 필터(310)를 형성하기 위해 추가 $\frac{1}{4}$ 파장 스택을 추가하는 것은 대략 0.9nm의 50% 상대 대역폭을 초래한다. 본 명세서에서 설명되는 바와 같이, 다수의 기술이 다중스펙트럼 필터를 더 큰 입상도로 튜닝하는(예를 들어, 다중스펙트럼 필터를 대략 0.9nm 내지 대략 5.3nm의 50% 상대 대역폭 또는 다른 다중스펙트럼 필터 세트와 연관된 다른 범위의 50% 상대 대역폭으로 튜닝하는) 데 이용될 수 있다. 예를 들어, 필터(410)는 대략 1.4nm의 50% 상대 대역폭을 초래하고, 필터(510)는 대략 3.1nm의 상대 대역폭을 초래하며, 필터(610)는 2.0nm의 50% 상대 대역폭을 초래하고, 필터(710)는 대략 2.8nm의 50% 상대 대역폭을 초래하며, 필터(740)는 대략 3.1nm의 50% 상대 대역폭을 초래하고, 필터(760)는 대략 5.3nm의 50% 상대 대역폭을 초래하며, 필터(780)는 대략 3.0nm의 50% 상대 대역폭을 초래한다. 이러한 방식으로, 다중스펙트럼 필터는 특정 스펙트럼 범위, 투과율 등을 달성하기 위해 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 미러를 위한 3종 이상의 상이한 재료, 디튜닝된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 두께, 비쌍형 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 층 등을 이용할 수 있다.

[0053] 도 8b에서 차트(850)로 도시된 바와 같이, 본 명세서에서 설명되는 필터에 대한 50% 상대 대역폭 세트가 중심 파장 세트에서 제공된다. 예를 들어, 본 명세서에서 설명되는 다중스펙트럼 필터를 (예를 들어, 다중스펙트럼 필터에 대한 스페이서 두께를 변경함으로써) 특정 중심 파장으로 튜닝하는 것에 기초하여, 50% 상대 대역폭이 결정될 수 있다. 도시된 바와 같이, 대략 800nm 내지 대략 1100nm의 중심 파장의 스펙트럼 범위에 대해, 필터들(410, 510, 610, 710, 740, 760 및 780) 각각은 필터들(210 및 310)의 대역폭 사이의 50% 상대 대역폭과 연관된다. 예를 들어, 대략 800nm의 중심 파장에서, 필터들(410, 510, 610, 710, 740, 760 및 780)은 대략 3.75nm 내지 약 5.75nm의 50% 상대 대역폭과 연관된다. 마찬가지로, 대략 1100nm의 중심 파장에서, 필터들(410, 510, 610, 710, 740, 760 및 780)은 대략 4nm 내지 약 8nm의 50% 상대 대역폭과 연관된다.

[0054] 상기한 바와 같이, 도 8a 및 도 8b는 단지 예로서 제공된다. 다른 예들이 가능하며, 도 8a 및 도 8b와 관련하여 설명된 것과 다를 수 있다.

[0055] 본 명세서에서 설명된 일부 구현예가 2개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 또는 3개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택을 갖는 다른 광학 필터에 대하여 스펙트럼 범위의 튜닝의 입상도의 관점에서 설명되어 있지만, 본 명세서에서 설명되는 일부 구현예는 다른 수량의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택에 대하여 튜닝의 더 큰 입상도를 제공할 수 있다. 예를 들어, 제3 코팅 재료, 제4 코팅 재료 등을 이용하는 것 또는 $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 두께를 디튜닝하는 것은, 하나의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 추가 또는 감소, 2개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 추가 또는 감소, 3개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 추가 또는 감소, 4개의 $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 추가 또는 감소 등에 비해 특정 스펙트럼 범위, 투과율 등에 대한 광학 필터의 튜닝의 입상도 향상을 가능하게 할 수 있다.

[0056] 이러한 방식으로, 혼합된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트 또는 디튜닝된 $\frac{1}{4}$ 파장 스택 세트의 이용은 $\frac{1}{4}$ 파장 스택의 추가 수량을 이용하는 것을 포함하는 다른 기술에 비해 투과율, 대역폭 등을 제어하기 위한 더 큰 입상도를 초래한다. 다중스펙트럼 필터의 입상도 향상에 기초하여, 다중스펙트럼 필터에 부착된 센서 요소에 대한 센싱이 향상된다.

[0057] 상기한 개시는 도시 및 설명을 제공하지만, 모든 내용을 포괄하거나 또는 구현예들을 개시된 정확한 형태로 제한하려는 것은 아니다. 수정예들 및 변형예들이 상기 개시의 관점에서 가능하거나, 구현예들의 실시로부터 얻어질 수 있다.

[0058] 일부 구현예는 임계값과 관련하여 본 명세서에서 설명된다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 임계값을 만족시키는 것은, 임계값보다 큰, 임계값보다 많은, 임계값보다 높은, 임계값 이상, 임계값보다 작은, 임계값보다 적은, 임계값보다 낮은, 임계값 이하, 임계값과 같은 등을 지칭할 수 있다.

[0059] 특징들의 특정 조합들이 청구항에서 열거되고 및/또는 명세서에서 개시될지라도, 이들 조합은 가능한 구현예들

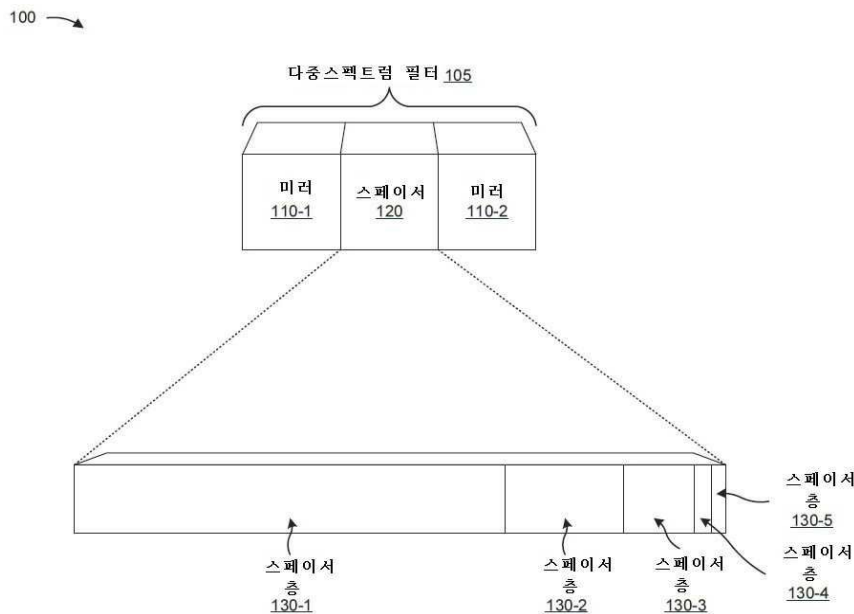
의 개시를 제한하도록 의도되지 않는다. 사실상, 이들 특징의 대부분은 구체적으로 청구항에서 열거되고 및/또는 명세서에서 개시되지 않은 방식으로 조합될 수 있다. 이하에서 나열된 각 종속 청구항은 단지 하나의 청구항에 직접 의존할 수 있지만, 가능한 구현예들의 개시는 청구항 세트에서의 모든 다른 청구항과 조합하여 각 종속 청구항을 포함한다.

[0060]

본 명세서에서 사용된 어떤 요소, 동작, 또는 지시도 이와 같이 명확하게 설명되지 않는 한 중대하거나 또는 필수적인 것으로 해석되지 않아야 한다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 단수 표현은 하나 이상의 아이템을 포함하도록 의도되며, "하나 이상"과 상호 교환 가능하게 사용될 수 있다. 더욱이, 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "세트"는 하나 이상의 아이템(예를 들어, 관련 아이템, 관련되지 않은 아이템, 관련 아이템, 및 관련되지 않은 아이템의 조합 등)을 포함하도록 의도되며, "하나 이상"과 상호 교환 가능하게 사용될 수 있다. 하나의 아이템만이 의도된 경우, 용어 "하나" 또는 유사 언어가 사용된다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "갖다(has, have)", "갖는(having)" 등은 제약을 두지 않은 용어인 것으로 의도된다. 또한, 구절 "~에 기초한"은 달리 명시적으로 제시되지 않는 한, "적어도 부분적으로 ~에 기초한"을 의미하도록 의도된다.

도면

도면1



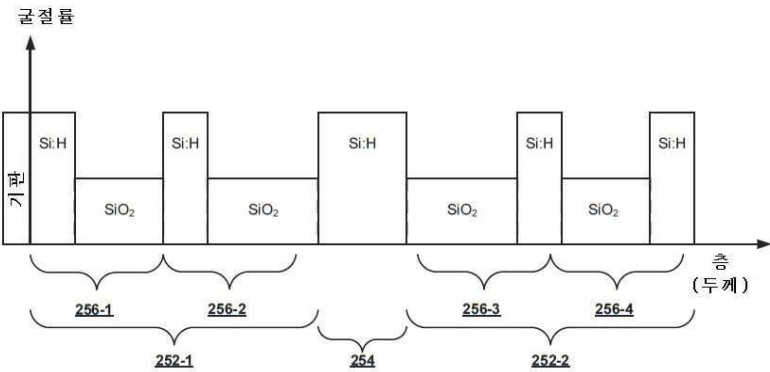
도면2a

200 →

층 #	재료 이름	n	QW의 수	폴리력 두께 (nm)	Q.W.O.T. 매칭 됨
기판					
1	Si _i H	3.7226	1	62.6	932
2	SiO ₂	1.4664	1	158.9	932
3	Si _i H	3.7226	1	62.6	932
4	SiO ₂	1.4664	1	158.9	932
5	Si _i H	3.7226	2	125.2	1864
6	SiO ₂	1.4664	1	158.9	932
7	Si _i H	3.7226	1	62.6	932
8	SiO ₂	1.4664	1	158.9	932
9	Si _i H	3.7226	1	62.6	932
공기					

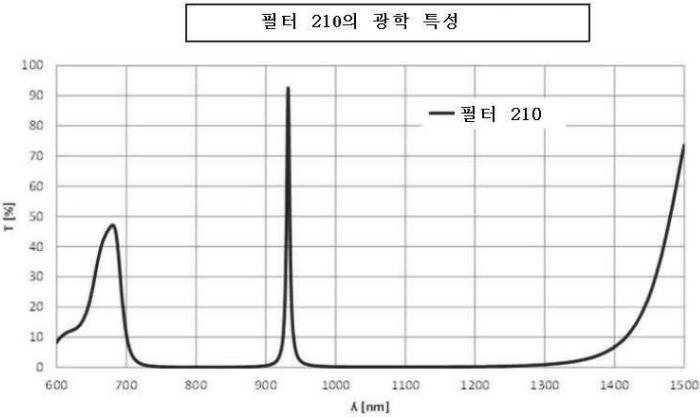
도면2b

250 →



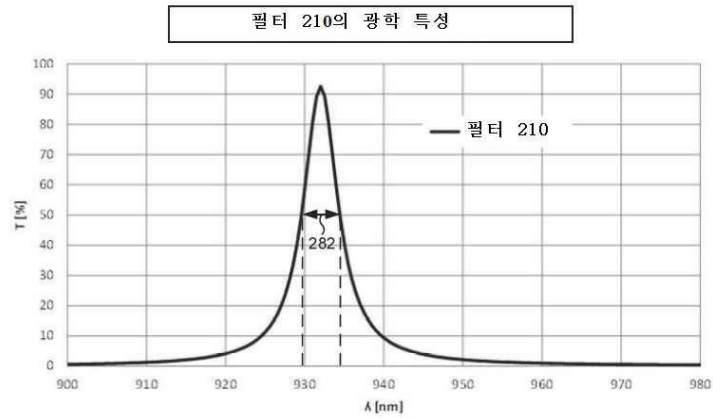
도면2c

270 →



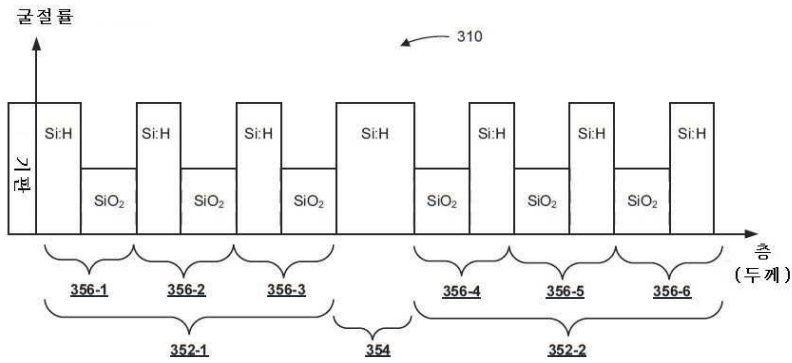
도면2d

280 →



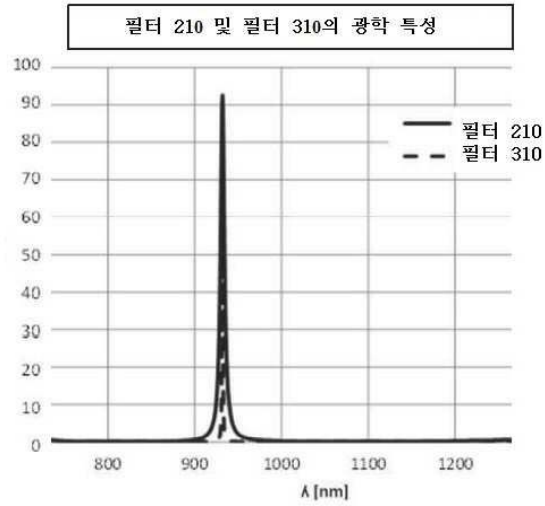
도면3a

350 →



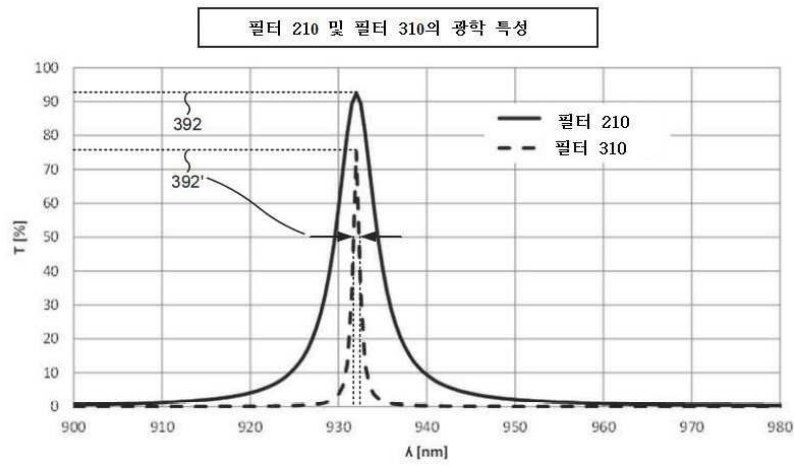
도면3b

370 →



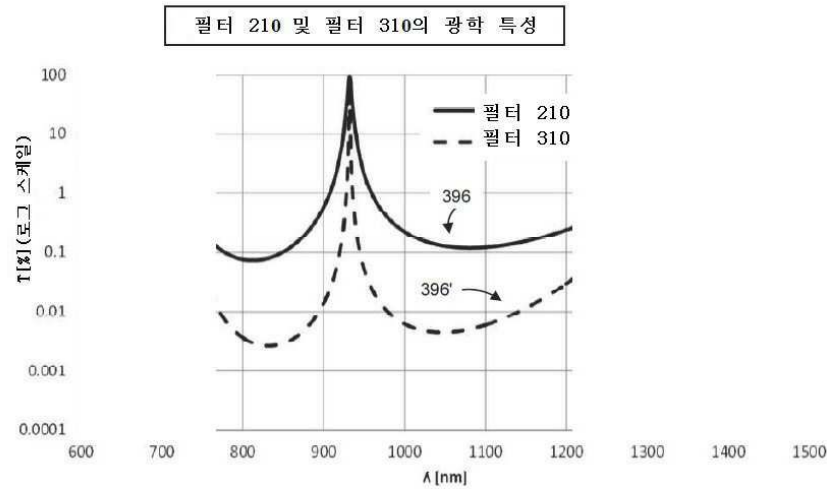
도면3c

380 →



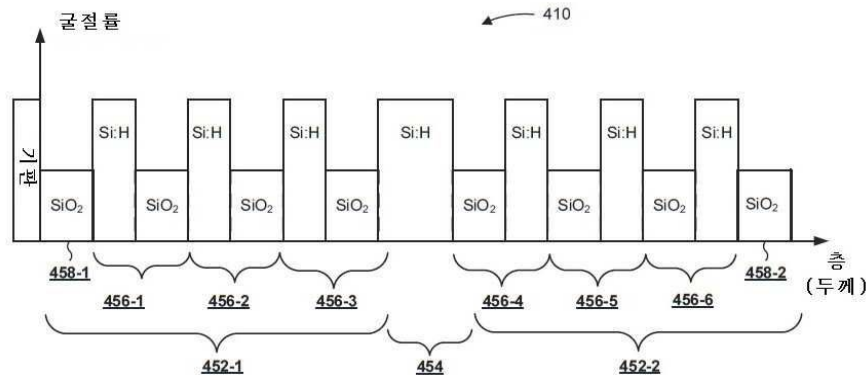
도면3d

390



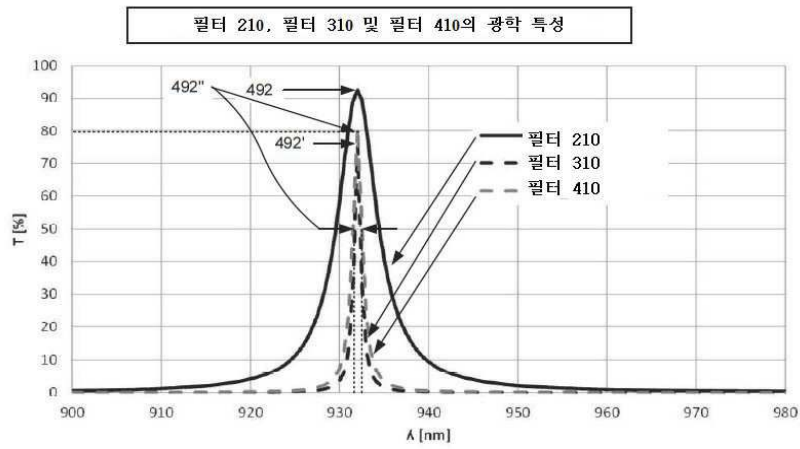
도면4a

450



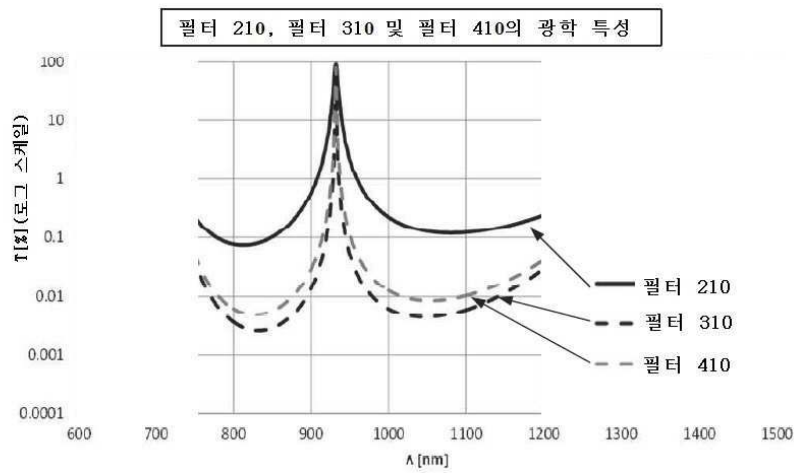
도면4b

470



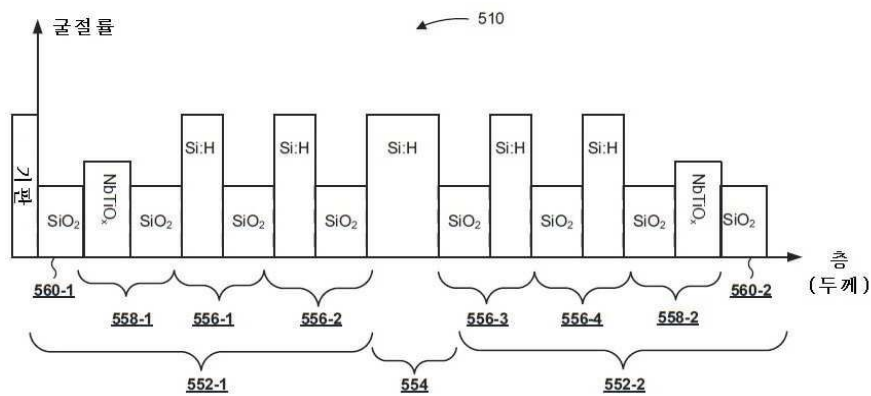
도면4c

480



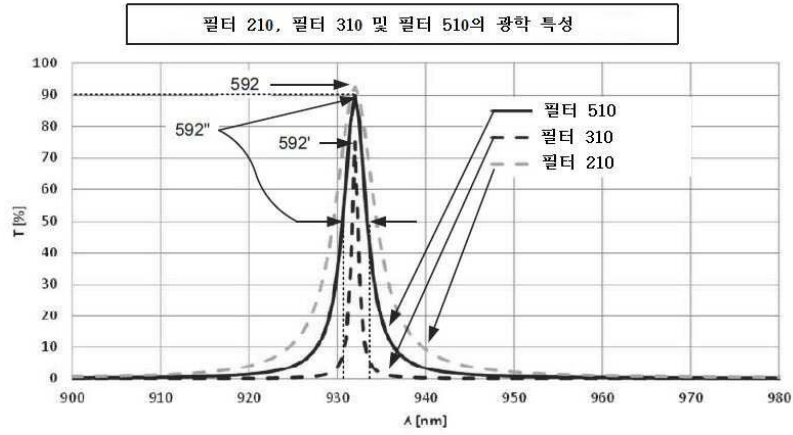
도면5a

550



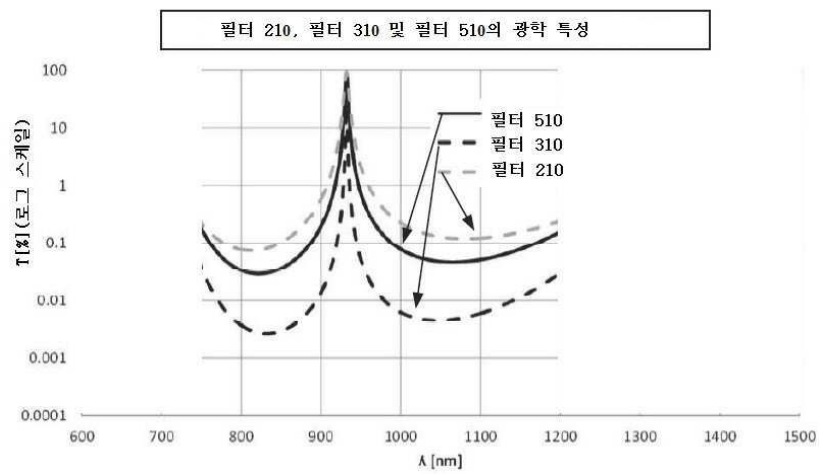
도면5b

570 →

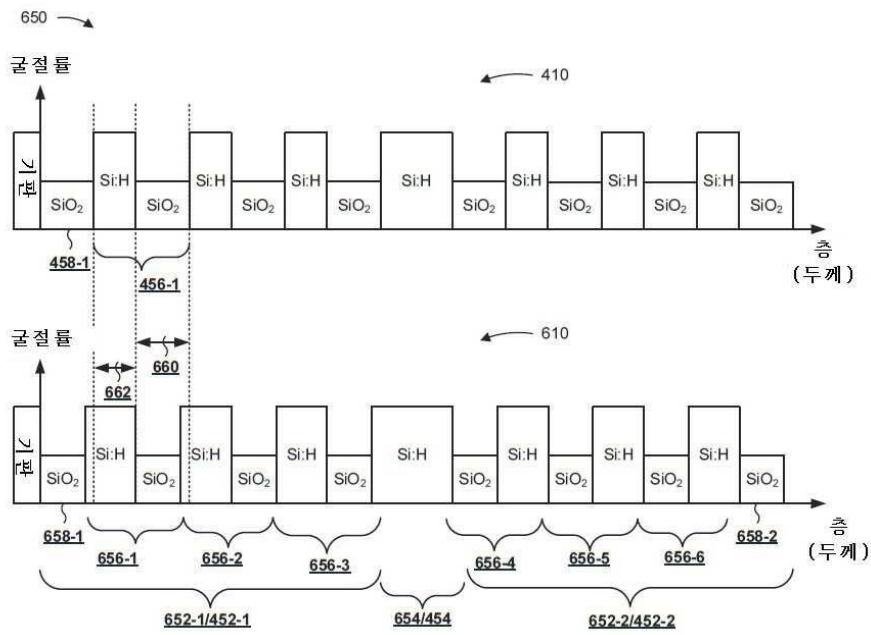


도면5c

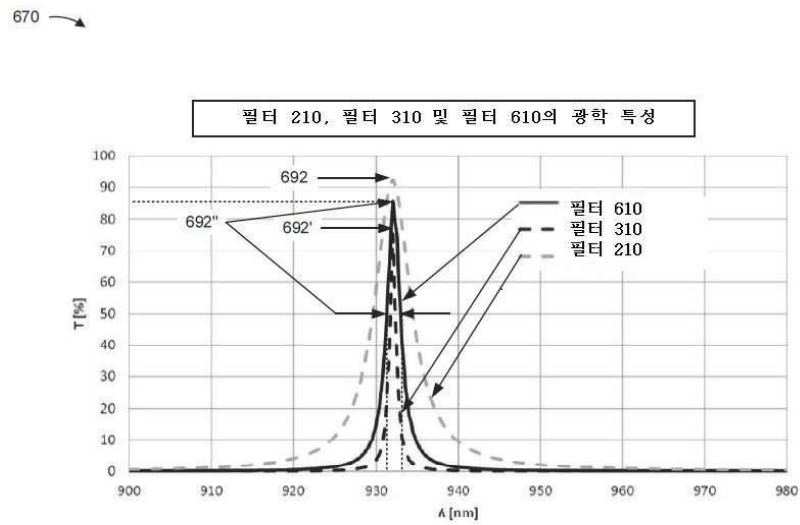
580 →



도면6a

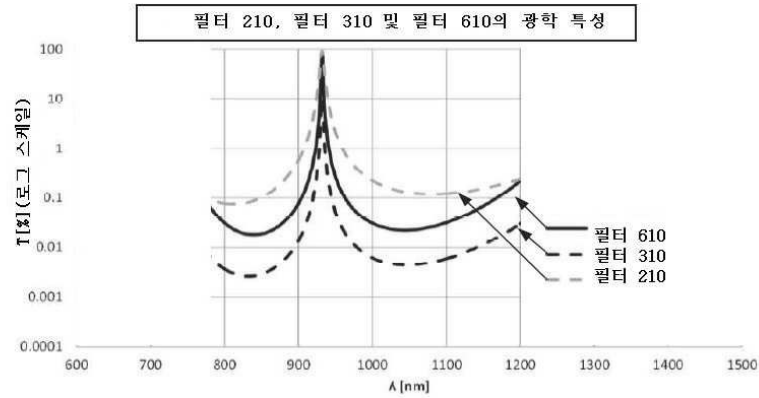


도면6b



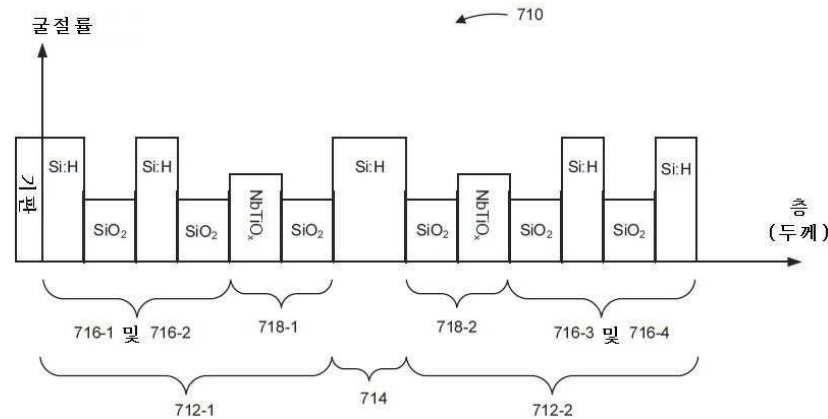
도면6c

680

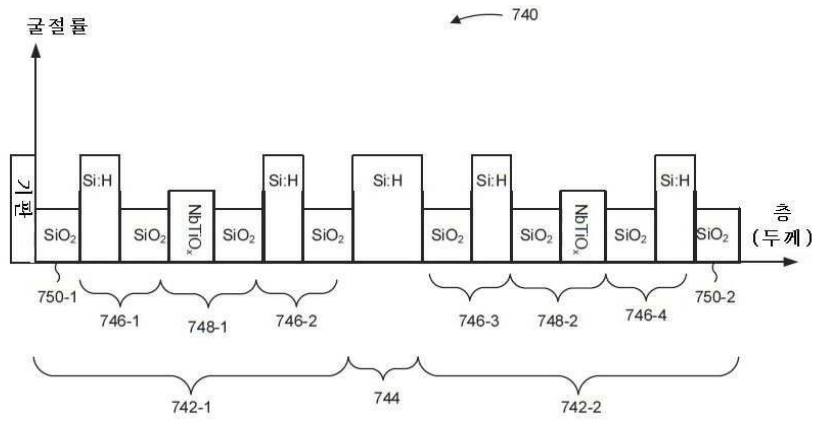


도면7a

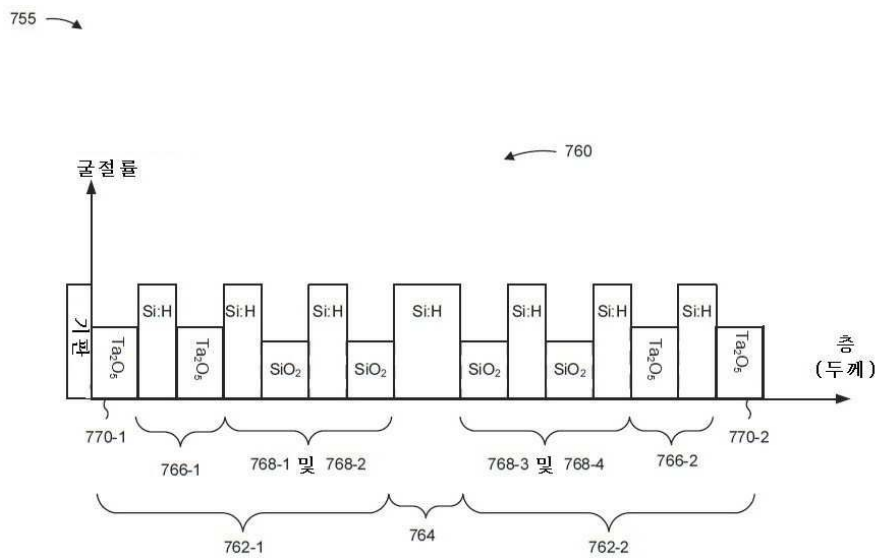
705



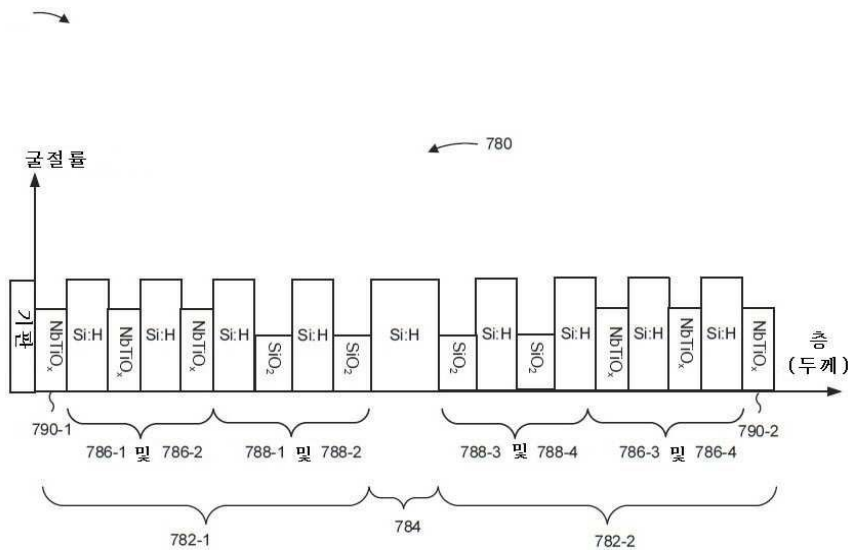
도면7b



도면7c



도면7d



도면8a

800

필터	대역폭 [nm]
필터 210	5.3
필터 310	0.9
필터 410	1.4
필터 510	3.1
필터 610	2.0
필터 710	2.8
필터 740	3.1
필터 760	5.3
필터 780	3.0

도면8b

850

