



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0082581  
(43) 공개일자 2023년06월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G02B 5/28 (2006.01) C23C 14/00 (2018.01)  
C23C 14/06 (2006.01) C23C 14/14 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G02B 5/285 (2013.01)  
C23C 14/0036 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2022-0163450  
(22) 출원일자 2022년11월29일  
심사청구일자 없음  
(30) 우선권주장  
17/457,123 2021년12월01일 미국(US)

(71) 출원인  
비아비 솔루션즈 아이엔씨.  
미국 85286 애리조나주 챠들러 스위트 102 사우스  
스펙트럼 불러바드 1445  
(72) 발명자  
오큰푸스 조지 제이.  
미국 캘리포니아주 95404 산타 로사 917 세인트  
헬레나 애비뉴  
양 진후이  
미국 캘리포니아주 95409 산타 로사 1431 나이트  
호크 플레이스  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인아주김장리

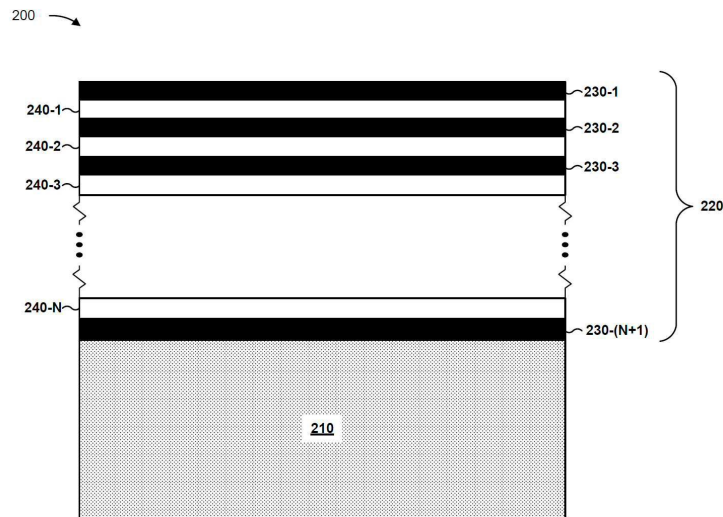
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **광학 간섭 필터**

(57) 요약

일부 구현예에서, 광 간섭 필터는 기관; 및 이 기관 상에 배치된 층의 세트를 포함하고, 층의 세트는 층의 제1 서브세트; 및 층의 제2 서브세트를 포함하고, 층의 제1 서브세트 각각은 질화알루미늄(AIN) 물질을 포함하고, 층의 제1 서브세트 각각의 굴절률은 -1000 메가파스칼 내지 800 메가파스칼이고, 층의 제1 서브세트는 제1 값을 갖는 제1 굴절률을 갖고, 층의 제2 서브세트 각각은 적어도 하나의 다른 물질을 포함하고, 층의 제2 서브세트는 제1 값과 상이한 제2 값을 갖는 제2 굴절률을 갖고, 광학 간섭 필터는 제1 값과 제2 값 중 가장 높은 값의 95% 이상의 유효 굴절률을 갖는다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

*C23C 14/0057* (2013.01)

*C23C 14/0641* (2013.01)

*C23C 14/14* (2013.01)

(72) 발명자

**그리고니스 마리우스**

미국 캘리포니아주 95405 산타 로사 2060 레너드  
애비뉴

**헨드릭스 카렌 데니스**

미국 캘리포니아주 95401 산타 로사 419 컨트리사  
이드 서클

**취캅코 앤디**

미국 캘리포니아주 95405 산타 로사 2307 마허 드  
라이브 아파트먼트 1

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

광학 간섭 필터로서,  
 기관; 및  
 상기 기관 상에 배치된 층의 세트  
 를 포함하되, 상기 층의 세트는,  
 상기 층의 제1 서브세트; 및  
 상기 층의 제2 서브세트  
 를 포함하고,  
 상기 층의 제1 서브세트 각각은 질화알루미늄(AIN) 물질을 포함하고,  
 상기 층의 제1 서브세트 각각의 응력은 -1000 메가파스칼 내지 800 메가파스칼이고,  
 상기 층의 제1 서브세트는 제1 값을 갖는 제1 굴절률을 갖고,  
 상기 층의 제2 서브세트 각각은 적어도 하나의 다른 물질을 포함하고,  
 상기 층의 제2 서브세트는 상기 제1 값과 상이한 제2 값을 갖는 제2 굴절률을 갖고,  
 상기 광학 간섭 필터는 상기 제1 값과 상기 제2 값 중 가장 높은 값의 95% 이상의 유효 굴절률을 갖는, 광학 간섭 필터.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 광학 간섭 필터의 중심 파장에서의 각도 편이는 0도 내지 30도의 입사각에 대해 중심 파장의 1.0% 미만인, 광학 간섭 필터.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 층의 세트의 순 응력은 대략 0 메가파스칼인, 광학 간섭 필터.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 층의 제1 서브세트와 상기 층의 제2 서브세트는 교번하는 층 순서로 상기 기관 상에 배치되는, 광학 간섭 필터.

#### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 다른 물질은,  
 규소(Si) 물질;  
 수소화 규소(Si:H) 물질;  
 헬륨을 갖는 수소화 규소(Si:H-He) 물질;  
 규소 및 수소 물질(SiH) 물질;  
 비정질 규소(a-Si) 물질;  
 질화규소(SiN) 물질;  
 게르마늄(Ge) 물질;

수소화 게르마늄(Ge:H) 물질;  
 규소 게르마늄(SiGe) 물질;  
 수소화 규소 게르마늄(SiGe:H) 물질;  
 탄화규소(SiC) 물질;  
 수소화 탄화규소(SiC:H) 물질;  
 이산화규소(SiO<sub>2</sub>) 물질;  
 오산화탄탈륨(Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 물질;  
 오산화니오븀(Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 물질;  
 니오븀 티타늄 산화물(NbTiO<sub>x</sub>) 물질;  
 니오븀 탄탈륨 오산화물(Nb<sub>2-x</sub>Ta<sub>x</sub>O<sub>5</sub>) 물질;  
 이산화티타늄(TiO<sub>2</sub>) 물질;  
 산화알루미늄(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 물질;  
 산화지르코늄(ZrO<sub>2</sub>) 물질;  
 이트륨 산화물(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 물질; 또는  
 하프늄 산화물(HfO<sub>2</sub>) 물질  
 중 적어도 하나를 포함하는, 광학 간섭 필터.

**청구항 6**

제1항에 있어서, 추가 층이 상기 층의 세트 상에 배치되고,  
 상기 추가 층은 이산화규소(SiO<sub>2</sub>) 물질을 포함하는, 광학 간섭 필터.

**청구항 7**

제1항에 있어서, 상기 광학 간섭 필터는 800 나노미터 내지 1600 나노미터의 스펙트럼 범위와 연관된 광을 통과 시키도록 구성된, 광학 간섭 필터.

**청구항 8**

광학 간섭 필터로서,  
 층의 세트를 포함하되, 상기 층의 세트는,  
 상기 층의 제1 서브세트; 및  
 상기 층의 제2 서브세트  
 를 포함하고,  
 상기 층의 제1 서브세트 각각은 질화알루미늄(AlN) 물질을 포함하고,  
 상기 층의 제1 서브세트는 제1 값을 갖는 제1 굴절률을 갖고,  
 상기 층의 제2 서브세트 각각은 헬륨을 갖는 수소화 규소(Si:H-He) 물질을 포함하고,  
 상기 층의 제2 서브세트는 상기 제1 값보다 큰 제2 값을 갖는 제2 굴절률을 갖고,  
 상기 광학 간섭 필터는 상기 제2 값의 95% 이상의 유효 굴절률을 갖는, 광학 간섭 필터.

**청구항 9**

제8항에 있어서, 상기 층의 제1 서브세트와 상기 층의 제2 서브세트 중 하나는 인장성 물질을 포함하고, 상기 층의 제1 서브세트와 상기 층의 제2 서브세트 중 다른 하나는 압축성 물질을 포함하는, 광학 간섭 필터.

**청구항 10**

제8항에 있어서, 상기 층의 세트의 순 응력은 대략 0 메가파스칼인, 광학 간섭 필터.

**청구항 11**

제8항에 있어서, 상기 층의 세트의 순 응력은 특정 양의 응력과 거의 동일한, 광학 간섭 필터.

**청구항 12**

제8항에 있어서,

상기 제1 값은 500 나노미터 내지 5500 나노미터의 파장을 갖는 광에 대해 1.9 내지 2.2이고;

상기 제2 값은 500 나노미터 내지 5500 나노미터인 파장을 갖는 광에 대해 3.5 내지 3.9인, 광학 간섭 필터.

**청구항 13**

제8항에 있어서, 추가 층이 상기 층의 세트 상에 배치되고,

상기 추가 층은 이산화규소(SiO<sub>2</sub>) 물질을 포함하는, 광학 간섭 필터.

**청구항 14**

제8항에 있어서, 상기 광학 간섭 필터는, 0도 내지 30도의 입사각에 대해, 940nm인 파장에서 7.0 나노미터(nm) 미만의 각도 편이 및 3.7 이상의 유효 굴절률을 갖는, 광학 간섭 필터.

**청구항 15**

제8항에 있어서, 상기 광학 간섭 필터의 중심 파장에서의 각도 편이는 0도 내지 30도의 입사각에 대해 중심 파장의 1.0% 미만인, 광학 간섭 필터.

**청구항 16**

제15항에 있어서, 상기 중심 파장은 940nm인, 광학 간섭 필터.

**청구항 17**

제8항에 있어서, 상기 광학 간섭 필터는 상기 광학 간섭 필터의 피크 투과율의 90% 내지 100%의 투과율 및 0도 내지 30도의 입사각에 대해 연관되는, 광학 간섭 필터.

**청구항 18**

방법으로서,

챔버에 불활성 가스를 공급하는 단계로서,

상기 불활성 가스는 아르곤(Ar) 또는 헬륨(He) 중 적어도 하나를 포함하는, 상기 챔버에 불활성 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버에 질소 가스(N<sub>2</sub>)를 공급하는 단계; 및

상기 불활성 가스와 상기 N<sub>2</sub> 가스를 공급한 것에 기초하여, 알루미늄(Al) 표적을 스퍼터링하여 기판 상에 질화알루미늄(AlN)을 포함하는 층의 제1 세트를 형성하는 단계

를 포함하되,

상기 층의 제1 세트는 층의 제2 세트와 교대로 상기 기판 상에 형성되어 층 형성물을 형성하고,

상기 층의 제2 세트는 헬륨을 갖는 수소화 규소(Si:H-He)를 포함하고,  
상기 층 형성물은 3.7 이상의 유효 굴절률을 갖는, 방법.

**청구항 19**

제18항에 있어서,

상기 불활성 기체는 He를 포함하고;

상기 층의 제1 세트의 응력은 -1000 메가파스칼 내지 150 메가파스칼이고;

상기 층의 제1 세트의 굴절률은 500 나노미터 내지 5500 나노미터인 파장을 갖는 광에 대해 1.9 내지 2.2인, 방법.

**청구항 20**

제18항에 있어서, 상기 불활성 기체는 헬륨(He)을 포함하고,

상기 방법은,

상기 챔버에 수소(H<sub>2</sub>) 가스를 공급하는 단계; 및

상기 불활성 가스와 상기 H<sub>2</sub> 가스를 공급한 것에 기초하여 규소(Si) 표적을 스퍼터링하여 Si:H-He를 포함하는 층의 제2 세트를 형성하는 단계

를 더 포함하는, 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 광학 디바이스는 광과 관련된 정보를 캡처하는 데 이용될 수 있다. 예를 들어, 광학 디바이스는 광과 연관된 파장의 세트와 관련된 정보를 캡처할 수 있다. 광학 디바이스는 정보를 캡처하는 센서 요소(예를 들어, 광학 센서, 스펙트럼 센서 및/또는 이미지 센서)의 세트를 포함할 수 있다. 예를 들어, 센서 요소의 어레이는 다수의 파장과 관련된 정보를 캡처하는 데 이용될 수 있다. 센서 요소의 어레이는 광학 필터와 연관될 수 있다. 광학 필터는 센서 요소의 어레이로 전달되는 제1 파장 범위의 광과 연관된 통과 대역을 포함할 수 있다. 광학 필터는 제2 파장 범위의 광이 센서 요소의 어레이로 전달되는 것을 차단하는 것과 연관될 수 있다.

**발명의 내용**

[0002] 일부 구현예에서, 광학 간섭 필터는 기관; 및 상기 기관 상에 배치된 층의 세트를 포함하고, 상기 층의 세트는, 층의 제1 서브세트; 및 층의 제2 서브세트를 포함하고, 상기 층의 제1 서브세트 각각은 질화알루미늄(AIN) 물질을 포함하고, 상기 층의 제1 서브세트 각각의 응력은 -1000 메가파스칼 내지 800 메가파스칼이고, 상기 층의 제1 서브세트는 제1 값을 갖는 제1 굴절률을 갖고, 상기 층의 제2 서브세트 각각은 적어도 하나의 다른 물질을 포함하고, 상기 층의 제2 서브세트는 제1 값과 상이한 제2 값을 갖는 제2 굴절률을 갖고, 상기 광학 간섭 필터는 제1 값과 제2 값 중 가장 높은 값의 95% 이상의 유효 굴절률을 갖는다.

[0003] 일부 구현예에서, 광학 간섭 필터는 층의 세트를 포함하고, 상기 층의 세트는 층의 제1 서브세트; 및 층의 제2 서브세트를 포함하고, 상기 층의 제1 서브세트 각각은 질화알루미늄(AIN) 물질을 포함하고, 상기 층의 제1 서브세트는 제1 값을 갖는 제1 굴절률을 갖고, 상기 층의 제2 서브세트 각각은 헬륨을 갖는 수소화 규소(Si:H-He) 물질을 포함하고, 상기 층의 제2 서브세트는 제1 값보다 큰 제2 값을 갖는 제2 굴절률을 갖고, 상기 광학 간섭 필터는 제2 값의 95% 이상의 유효 굴절률을 갖는다.

[0004] 일부 구현예에서, 방법은 불활성 가스를 챔버에 공급하는 단계로서, 상기 불활성 가스는 아르곤(Ar) 또는 헬륨(He) 중 적어도 하나를 포함하는, 상기 불활성 가스를 챔버에 공급하는 단계; 상기 챔버에 질소 가스(N<sub>2</sub>)를 공급하는 단계; 및 상기 불활성 가스와 N<sub>2</sub> 가스를 공급한 것에 기초하여, 알루미늄(Al) 표적을 스퍼터링하여 기관 상에 AIN을 포함하는 층의 제1 세트를 형성하는 단계를 포함하고, 상기 층의 제1 세트는 층의 제2 세트와 교대로 상기 기관 상에 형성되어 층 형성물을 형성하고, 층의 제2 세트는 Si:H-He를 포함하고, 층 형성물은 3.7 이

상의 유효 굴절률을 갖는다.

**도면의 간단한 설명**

- [0005] 도 1은 본 명세서에 설명된 예시적인 구현예의 개요의 다이어그램이다.
- 도 2는 본 명세서에 설명된 예시적인 광학 필터의 다이어그램이다.
- 도 3은 본 명세서에 설명된 광학 필터를 제조하기 위한 스퍼터 증착 시스템의 일례의 다이어그램이다.
- 도 4a 내지 도 4b는 본 명세서에 설명된 스퍼터링 공정을 사용하여 형성된 AIN층의 응력을 보여주는 예시적인 플롯의 다이어그램이다.
- 도 5는 본 명세서에 설명된 스퍼터링 공정을 사용하여 형성된 AIN층의 세트의 소광 계수와 굴절률의 예시적인 플롯의 다이어그램이다.
- 도 6은 본 명세서에 설명된 광학 필터의 투과율 성능을 보여주는 예시적인 플롯의 다이어그램이다.
- 도 7a 내지 도 7c는 본 명세서에 설명된 예시적인 구현예의 광학적 특성 및 물리적 특성의 다이어그램이다.
- 도 8a 내지 도 8c는 본 명세서에 설명된 예시적인 구현예의 광학적 특성 및 물리적 특성의 다이어그램이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0006] 예시적인 구현예의 이하의 상세한 설명은 첨부 도면을 참조한다. 여러 도면에서 동일한 참조 부호는 동일하거나 유사한 구성요소를 나타낼 수 있다. 이하의 설명은 일 실시예로서 분광계를 사용한다. 그러나, 본 명세서에 설명된 기법, 원리, 절차, 및 방법은 다른 광학 센서 및 스펙트럼 센서를 포함하지만 이들로 제한되지 않는 임의의 센서와 함께 사용될 수 있다.
- [0007] 광학 필터는 기관 상에 하나 이상의 층을 형성함으로써 제조될 수 있다. 예를 들어, 종래의 광학 필터는 종래의 광학 필터가 특정 스펙트럼 범위(예를 들어, 800 나노미터(nm) 내지 1600nm의 스펙트럼 범위)와 연관된 광의 임계 백분율(예를 들어, 광의 65% 이상)을 통과시킬 수 있도록 적어도 제1 물질, 제2 물질, 및 제3 물질의 교번하는 층(예를 들어, 수소화 규소(Si:H) 물질, 이산화규소(SiO<sub>2</sub>) 물질 및 오산화탄탈륨(Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 물질의 교번하는 층)을 포함할 수 있다. 그러나, 적어도 3개의 물질의 교번하는 층을 형성하는 것은 복잡하고, 저품질 층의 형성으로 이어질 수 있으며, 이는 결함을 도입하거나 결함이 종래의 광학 필터를 통해 전파되도록 할 수 있다. 이는 종래의 광학 필터의 성능, 제조 가능성 및/또는 신뢰성을 저하시킬 수 있다.
- [0008] 또한, 많은 경우에, 종래의 광학 필터의 하나 이상의 층의 각 층의 응력은 압축성이며(예를 들어, 층의 응력은 0 메가파스칼(MPa) 미만임), 이는 하나 이상의 층의 응력(예를 들어, 순 응력)이 압축성이 되도록 한다. 그 결과, 이는 종래의 광학 필터가 휘어지거나(예를 들어, 굴곡되게) 한다. 이로 인해 하나 이상의 층이 코팅에서 떨어져서 종래의 광학 필터의 성능에 영향을 미친다. 이것은 또한 종래의 광학 필터가(예를 들어, 편평한 광학 필터에 비해) 더 취약하게 만들고/만들거나 종래의 광학 필터의 수송, 취급 및/또는 사용을 어렵게 만든다.
- [0009] 추가적으로, 종래의 광학 필터의 필터 성능은 광학 필터로 보내지는 광의 입사각(AOI)이 구성된 입사(예를 들어, 0도(법선), 30도, 45도 등)로부터 임계 입사각(예를 들어, 구성된 입사로부터 대략 10도 초과)의 편차, 구성된 입사로부터 20도의 편차, 및/또는 구성된 입사로부터 30도의 편차)으로 변할 때 저하될 수 있다. 예를 들어, 종래의 광학 필터는 입사각이 증가함에 따라 더 낮은 파장으로 편이(shift)될 수 있다. 이러한 방식으로, 종래의 광학 필터는 원치 않거나 바람직하지 않는 광을 통과시킬 수 있으며, 이는 통과된 광을 수신하는 광학 센서의 감지 정확도에 영향을 미칠 수 있다.
- [0010] 각도 편이는 광학 필터(예를 들어, 대역 통과 필터)의 유효 굴절률과 관련될 수 있다. 예를 들어, 더 높은 유효 굴절률은 더 낮은 각도 편이와 상관된다. 유효 굴절률은 광학 필터의 성분 물질의 성분 굴절률로부터 계산될 수 있다. 예를 들어, 교번하는 고굴절률 성분 물질 층과 저굴절률 성분 물질 층으로 형성된 미러를 갖는 광학 필터에 대한 유효 굴절률은 적어도 부분적으로 다음 형태의 수식 세트에 기초하여 계산될 수 있다:

$$n_{eff,H} = n_H \cdot \sqrt{\frac{m-(m-1)\frac{n_L}{n_H}}{(m-1)-(m-1)\frac{n_L}{n_H}}} \quad (1)$$

$$n_{eff,L} = n_L \cdot \sqrt{\frac{m-(m-1)\frac{n_H}{n_L}}{m-m\frac{n_H}{n_L}+(\frac{n_H}{n_L})^2}} \quad (2)$$

[0011]

[0012]

여기서  $n_{eff,H}$ 는 미러 사이의 스페이서로서 고굴절률(예를 들어, 임계값보다 큰, 예를 들어, 2.0보다 큰 굴절률) 층을 갖는 광학 필터에 대한 유효 굴절률에 대한 상한값이고,  $n_{eff,L}$ 은 미러 사이의 스페이서로서 저굴절률(예를 들어, 임계값 이하, 예를 들어, 2.0 이하의 굴절률) 층을 갖는 광학 필터에 대한 유효 굴절률이고,  $n_H$ 는  $n_{eff,H}$ 용 스페이서에 사용되고 각 미러의 고굴절률층 물질의 굴절률이고,  $n_L$ 은  $n_{eff,L}$ 용 스페이서에 사용되고 각 미러의 저굴절률층 물질의 굴절률이고,  $m$ 은 스페이서의 차수(예를 들어, 광학 필터의 구성된 중심 파장의 1/2의 배수로서의 스페이서의 크기)이다. 이들 수식에서,  $n_{eff}$ ,  $n_H$ ,  $n_L$  사이의 관계는 다음 형식을 취한다:

[0013]

$$n_H > n_{eff} > n_L \quad (3)$$

[0014]

유효 굴절률에 대한 다른 계산은 광학 필터의 관찰된 파장 편이(예를 들어, 각도 편이)와 관련될 수 있다. 예를 들어, 특정 입사각에서 광학 필터(예를 들어, 대역 통과 필터)의 파장 편이는 다음 형식의 수식에 기초하여 결정될 수 있다:

$$\lambda_\theta = \lambda_0 \sqrt{\frac{n_{eff}^2 - \sin^2 \theta}{n_{eff}^2}} \quad (4)$$

[0015]

[0016]

여기서  $\lambda_\theta$ 는 입사각( $\theta$ )에서의 중심 파장을 나타내고,  $\lambda_0$ 은 광학 필터가 구성된 입사각(예를 들어, 법선 입사각 또는 다른 입사각)에서의 중심 파장을 나타낸다. 위의 수식은 관찰된 파장 편이에 기초하여 유효 굴절률을 계산하기 위해 재배열될 수 있다:

$$n_{eff} = \frac{\lambda_0 \sin \theta}{\sqrt{\lambda_0^2 - \lambda_\theta^2}} \quad (5)$$

[0017]

[0018]

위의 수식은 유효 굴절률이 높을수록 필터의 각도 편이가 낮아지는 것을 보여준다. 그러나, 필터의 유효 굴절률에 대한 한계는 필터에서 최고 굴절률 물질의 굴절률보다 작다(수식 3).

[0019]

본 명세서에 설명된 일부 구현에는 기관 상에 배치된 층의 세트를 포함하는 광학 필터를 제공한다. 층의 세트는 질화알루미늄(AIN) 물질을 포함하는 층의 제1 서브세트, 및 이와 교번하는 층 순서로 배열된 적어도 하나의 다른 물질(예를 들어, AIN 물질이 아닌 적어도 하나의 물질), 예를 들어, 헬륨을 갖는 수소화 규소(Si:H-He) 물질을 포함하는 층의 제2 서브세트를 포함할 수 있다. 일부 구현예에서, 광학 필터는 특정 스펙트럼 범위(예를 들어, 800nm 내지 1600nm의 스펙트럼 범위)와 연관된 임계 백분율의 광(예를 들어, 광의 90% 이상)을 통과시킨다. 이러한 방식으로, 광학 필터는 종래의 광학 필터에 비해 향상된 투과율 성능을 제공한다. 또한, 광학 필터는 단 2개의 교번하는 층을 포함하여 층의 세트를 형성하는 것과 연관된 복잡성을 줄인다. 이것은 저품질 층의 형성 가능성을 감소시켜, 결합이 광학 필터에 도입되거나 광학 필터를 통해 전파될 가능성을 감소시킨다. 따라서, 광학 필터의 성능, 제조 가능성 및/또는 신뢰성이 종래의 광학 필터에 비해 향상된다.

[0020]

일부 구현예에서, AIN 물질을 포함하는 층의 제1 서브세트의 응력은 -1000MPa 내지 800MPa일 수 있다. 따라서, 일부 구현예에서, AIN 물질의 응력은 층의 제2 서브세트의 응력이 압축성일 때 인장성(예를 들어, 0MPa 이상)이 되도록 구성될 수 있고, 또는 그 반대로도 될 수 있다. 이러한 방식으로, 기관 상에 배치된 층의 세트에 의해 발생하는 휘어짐의 양이(예를 들어, 광학 필터의 압축성 층의 응력과 인장성 층의 응력을 균형 잡음으로써) 최소화될 수 있다. 예를 들어, 층의 제1 서브세트와 층의 제2 서브세트 중 하나는 인장성 물질을 포함할 수 있고, 층의 제1 서브세트와 층의 제2 서브세트 중 다른 하나는 압축성 물질을 포함할 수 있으며, 이는 층의 세트의 응력이(예를 들어, 공차 내에서) 약 0MPa이 되게 한다. 이는(예를 들어, 휘어짐이 발생하는 종래의 광학 필터에 비해) 광학 필터의 휘어짐의 양을 최소화하여 코팅이 떨어지는 것을 감소시켜 광학 필터의 성능을 향상시킨다.

이것은 또한 휘어짐이 발생하는 종래의 광학 필터에 비해 광학 필터의 내구성을 향상시키고/시키거나 광학 필터의 수송, 취급 및/또는 사용을 더 쉽게 만든다. 특정 예에서, 예를 들어, 광학 필터의 직경이 대략 200 밀리미터(mm)인 경우, 본 명세서에 설명된 일부 구현에는 다른 예들 중에서 광학 필터의 휘어짐의 양이 10mm 미만, 5mm 미만, 및/또는 0.1mm 미만이 되도록 할 수 있다. 다른 예에서, 광학 필터가 파장( $\lambda$ )과 연관된 광을 통과시키도록 구성될 때, 본 명세서에 설명된 일부 구현에는 다른 예들 중에서 광학 필터의 휘어짐의 양이  $\lambda/4$  미만,  $\lambda/10$  미만, 및/또는  $\lambda/100$  미만이 되도록 할 수 있다.

[0021] 또한, 본 명세서에 설명된 일부 구현에는 낮은 각도 편이의 광학 필터에서 최고 굴절률 물질의 굴절률의 95%를 초과하는 유효 굴절률을 갖는 낮은 각도 편이의 광학 필터를 제공한다. 예를 들어, 낮은 각도 편이의 광학 필터는 다음 형태를 취하는 유효 굴절률을 가질 수 있다:

$$n_{eff} = \frac{\lambda_0 \cdot \sin \theta}{\sqrt{\lambda_0^2 - \lambda_\theta^2}} \geq 0.95 \cdot n_H \tag{6}$$

[0022] 추가적으로 또는 대안적으로, 낮은 각도 편이의 광학 필터는 낮은 각도 편이의 광학 필터에서 최고 굴절률 물질의 굴절률의 100% 초과, 110% 초과, 120% 초과 등의 유효 굴절률을 가질 수 있다. 이러한 방식으로, 낮은 각도 편이의 광학 필터는 낮은 각도 편이의 광학 필터를 통과하는 원치 않거나 바람직하지 않은 광의 양을 줄이고, 낮은 각도 편이의 광학 필터를 통과한 광을 수신하는 광학 센서의 감지 정확도를 향상시킨다.

[0023] 도 1은 본 명세서에 설명된 예시적인 구현예(100)의 개요의 다이어그램이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 예시적인 구현예(100)는 센서 시스템(110)을 포함한다. 센서 시스템(110)은 광학 시스템의 일부일 수 있고, 센서 결정에 대응하는 전기 출력을 제공할 수 있다. 센서 시스템(110)은 광학 필터(130)를 포함하는 광학 필터 구조물(120) 및 광학 센서(140)를 포함한다. 예를 들어, 광학 필터 구조물(120)은 통과 대역 필터링 기능을 수행하는 광학 필터(130)를 포함할 수 있다. 다른 예에서, 광학 필터(130)는 광학 센서(140)의 센서 요소의 어레이에 정렬될 수 있다.

[0024] 본 명세서에 설명된 일부 구현에는 센서 시스템의 광학 필터와 관련하여 설명될 수 있지만, 본 명세서에 설명된 구현에는 다른 유형의 시스템에서 사용될 수 있고, 센서 시스템의 외부에서 또는 다른 구성에서 사용될 수 있다.

[0025] 도 1에 추가로 참조 번호(150)로 도시된 바와 같이, 입력 광학 신호는 하나 이상의 입사각( $\theta$ )에서 광학 필터 구조물(120)로 보내진다. 예를 들어, 입력 광학 신호(150-1 및 150-2)는 입사각( $\theta_0$ (예를 들어, 구성된 입사각) 및  $\theta$ )에서 광학 필터(120)로 보내질 수 있다. 입력 광학 신호는 특정 스펙트럼 범위(예를 들어, 대략 900nm에 중심을 둔 스펙트럼 범위, 예를 들어, 800nm 내지 1000nm의 스펙트럼 범위; 800nm 내지 1600nm의 스펙트럼 범위; 800nm 내지 1100nm의 스펙트럼 범위; 1400nm 내지 1600nm의 스펙트럼 범위; 예를 들어 1550nm의 피크 파장을 갖는 스펙트럼 범위; 500nm 내지 5500nm의 스펙트럼 범위; 또는 다른 스펙트럼 범위)와 연관된 광을 포함할 수 있지만 이로 제한되지는 않는다. 예를 들어, 광학 송신기는 광학 센서(140)로 광을 보내 광학 센서(140)로 하여금 광 측정을 수행하도록 할 수 있다. 다른 예에서, 광학 송신기는 다른 예들 중에서 테스트 기능, 감지 기능, 또는 통신 기능과 같은 다른 기능을 위해 다른 스펙트럼 범위의 광을 보낼 수 있다.

[0026] 도 1에 추가로 참조 번호(160)로 도시된 바와 같이, 제1 스펙트럼 범위를 갖는 광학 신호의 제1 부분은 광학 필터(130)와 광학 필터 구조물(120)을 통과하지 못한다. 예를 들어, 광학 필터(130)의 고굴절률 물질 층과 저굴절률 물질 층을 포함할 수 있는 유전체 박막 층의 유전체 필터 스택은 광의 제1 부분을 제1 방향으로 반사하거나 흡수하는 등을 할 수 있다. 이 경우에, 광의 제1 부분은 광학 필터(130)의 대역통과에 포함되지 않은 광학 필터(130)에 입사하는 광의 임계 부분일 수 있으며, 예를 들어, 약 900nm에 중심을 둔 특정 스펙트럼 범위 내에 있지 않은 95% 초과인 광일 수 있다. 참조 번호(170)로 도시된 바와 같이, 광학 신호의 제2 부분은 광학 필터(130)와 광학 필터 구조물(120)을 통과한다. 예를 들어, 광학 필터(130)는 광학 센서(140)를 향해 제2 방향으로 제2 스펙트럼 범위를 갖는 광의 제2 부분을 통과시킬 수 있다. 이 경우에, 광의 제2 부분은 광학 필터(130)의 대역통과 내에서 광학 필터(130)에 입사하는 광의 임계 부분, 예를 들어, 약 900nm에 중심을 둔 스펙트럼 범위에서 입사하는 광의 50% 초과일 수 있다. 광의 제2 부분은 본 명세서에서 보다 상세히 설명되는 바와 같이 임계 각도 편이 미만으로 광학 필터(130)를 통과할 수 있다.

[0027] 도 1에 추가로 도시된 바와 같이, 광학 신호의 제2 부분이 광학 센서(140)로 전달되는 것에 기초하여, 광학 센서(140)는 다른 예들 중에서 예를 들어 이미징, 주변 광 감지, 물체의 존재 검출, 측정 수행, 또는 통신 측정에 사용하기 위해 센서 시스템(110)을 위한 출력 전기 신호(180)를 제공할 수 있다. 일부 구현예에서, 광학 필터

(130)와 광학 센서(140)의 다른 배열이 이용될 수 있다. 예를 들어, 광학 신호의 제2 부분을 입력 광학 신호와 동일선상으로 통과시키는 것이 아니라, 광학 필터(130)는 광학 신호의 제2 부분을 다르게 위치한 광학 센서(140)를 향해 다른 방향으로 보낼 수 있다.

[0029] 위에서 언급한 바와 같이, 도 1은 예시로서 제공된다. 다른 예는 도 1과 관련하여 설명된 것과 다를 수 있다.

[0030] 도 2는 예시적인 광학 필터(200)의 다이어그램이다. 일부 구현예에서, 광학 필터(200)는 광학 간섭 필터일 수 있고/있거나, 다른 예들 중에서 스펙트럼 필터, 다중 스펙트럼 필터, 대역통과 필터, 차단 필터, 장파 통과 필터, 단파 통과 필터, 다이크로익 필터, 선형 가변 필터, 원형 가변 필터, 패브리-페로 필터, 바이엘 필터, 플라즈몬 필터, 광 결정 필터, 나노구조 또는 메타물질 필터, 흡수성 필터, 빔 스플리터, 편광 빔 스플리터, 노치 필터, 반사 방지 필터, 반사기, 또는 미러 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 도 2는 광학 필터(200)의 예시적인 적층 상태를 도시한다. 도 2에 추가로 도시된 바와 같이, 광학 필터(200)는 기판(210)과 층의 세트(220)를 포함한다.

[0031] 기판(210)은 유리 기판, 중합체 기판, 폴리카보네이트 기판, 금속 기판, 규소(Si) 기판, 게르마늄(Ge) 기판 또는 능동 디바이스 웨이퍼(예를 들어, 다른 예들 중에서, 포토다이오드(PD), PD 어레이, 애벌란치 포토다이오드(APD), APD 어레이, 전하 결합 소자(CCD) 센서 및/또는 상보성 금속 산화물 반도체(CMOS) 센서를 포함함)를 포함할 수 있다. 일부 구현예에서, 기판(210)의 두께는 20 마이크로미터( $\mu\text{m}$ ), 50 $\mu\text{m}$  및/또는 500 $\mu\text{m}$  이상일 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 기판의 두께는 특정 두께 임계값 이하일 수 있다. 특정 두께 임계값은 예를 들어, 5 밀리미터(mm) 이하일 수 있다.

[0032] 층의 세트(220)(예를 들어, 광학 필터 층의 세트)는 기판(210) 상에(예를 들어, 바로 위에) 배치될 수도 있고, 층의 하나 이상의 서브세트를 포함할 수 있다. 예를 들어, 층의 세트(220)는 층의 제1 서브세트(230)(예를 들어, 층의 제1 서브세트(230-1 내지 230-(M+1)( $M \geq 1$ ))(본 명세서에서 또한 A 층으로서 지칭됨) 및 층의 제2 서브세트(240)(예를 들어, 층의 제2 서브세트(240-1 내지 240-M)(본 명세서에서 또한 B 층으로서 지칭됨)를 포함할 수 있다. 일부 구현예에서, 층의 제1 서브세트(230)와 층의 제2 서브세트(240)는 특정 순서(예를 들어, 교번하는 층 순서), 예를 들어, (A-B)<sub>m</sub> ( $m \geq 1$ ) 순서, (A-B)<sub>m</sub>-A 순서, (B-A)<sub>m</sub> 순서, B-(B-A)<sub>m</sub> 순서 또는 또 다른 순서로 배열될 수 있다. 예를 들어, 도 2에 도시된 바와 같이, 층의 제1 서브세트(230)와 층의 제2 서브세트(240)는, A 층(예를 들어, 층(230-1))이 광학 필터(200)의 표면(예를 들어, 상부 표면)에 배치되고 A 층(예를 들어, 층(230-(M+1)))이 기판(210)의 표면(예를 들어, 상부 표면)에 배치되는 상태로 (A-B)<sub>N</sub>-A 순서로 위치된다.

[0033] 일부 구현예에서, 층의 세트(220)는 (예를 들어, 도 2에 도시된 바와 같이) 기판(210)의 단일 표면(예를 들어, 상부 표면) 상에 배치될 수 있다. 대안적으로, 층의 세트(220)의 제1 부분은 기판(210)의 제1 표면(예를 들어, 상부 표면) 상에 배치될 수도 있고, 층의 세트(220)의 제2 부분은 기판(210)의 제2 표면(예를 들어, 하부 표면) 상에 배치될 수 있다. 예를 들어, 층의 제1 서브세트(230)의 제1 부분과 층의 제2 서브세트(240)의 제1 부분은 기판(210)의 제1 표면 상에 제1 특정 순서로 배열될 수 있고, 층의 제1 서브세트(230)의 제2 부분과 층의 제2 서브세트(240)의 제2 부분은 기판(210)의 제2 표면 상에 제2 특정 순서로 배열될 수 있다.

[0034] 일부 구현예에서, 하나 이상의 다른 층, 예를 들어, 하나 이상의 보호층, 하나 이상의 캡층(예를 들어, 층의 세트(220)에 환경 보호를 제공함) 및/또는 하나 이상의 다른 필터링 기능을 제공하는 하나 이상의 층(예를 들어, 다른 예들 중에서, 차단기 또는 반사 방지 코팅)이 광학 간섭 필터(200)에 포함될 수 있다. 예를 들어, 단일 표면 구성에서, 추가 층(예를 들어, 캡층), 예를 들어, 유전체층(예를 들어, 산화물 물질, 예를 들어, 이산화규소(SiO<sub>2</sub>) 물질, 이산화지르코늄(ZrO<sub>2</sub>) 물질 및/또는 산화이트륨(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 물질; 질화물 물질, 예를 들어, 질화규소(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) 물질, 질화티타늄(TiN) 물질 및/또는 질화지르코늄(ZrN) 물질; 및/또는 환경 보호를 제공하는 다른 물질을 포함함)은 층의 세트(220)의 표면(예를 들어, 상부 표면) 상에 배치될 수 있다. 또 다른 실시예로서, 이중 표면 구성에서, 제1 추가 층은 층의 세트(220)의 제1 부분의 표면(예를 들어, 상부 표면) 상에 배치될 수도 있고, 제2 추가 층은 층의 세트(220)의 제2 부분의 표면(예를 들어, 하부 표면) 상에 배치될 수 있다.

[0035] 층의 제1 서브세트(230)는 질화알루미늄(AlN) 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 층의 제1 서브세트(230)의 각 층(230)은 AlN 물질을 포함할 수 있다. 층의 제2 서브세트(240)는, 적어도 하나의 다른 물질(예를 들어, AlN 물질이 아닌 적어도 하나의 물질), 예를 들어, 다른 예들 중에서, 규소(Si) 물질, 규소와 수소(SiH) 물질, 수소화 규소(Si:H) 물질, 헬륨을 가진 수소화 규소(Si:H-He) 물질, 비정질 규소(a-Si) 물질, 질화규소(SiN) 물질, 게르마늄(Ge) 물질, 수소화 게르마늄(Ge:H) 물질, 규소 게르마늄(SiGe) 물질, 수소화 규소 게르마늄(SiGe:H) 물질,

탄화규소(SiC) 물질, 수소화 탄화규소(SiC:H) 물질, 이산화규소(SiO<sub>2</sub>) 물질, 오산화탄탈륨(Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 물질, 오산화 니오븀(Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 물질, 니오븀 티타늄 산화물(NbTiO<sub>x</sub>) 물질, 니오븀 탄탈륨 오산화물(Nb<sub>2-x</sub>Ta<sub>x</sub>O<sub>5</sub>) 물질, 이산화티타늄(TiO<sub>2</sub>) 물질, 산화알루미늄(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 물질, 산화지르코늄(ZrO<sub>2</sub>) 물질, 산화이트륨(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 물질 또는 산화하프늄(HfO<sub>2</sub>) 물질 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 층의 제2 서브세트(240)의 각 층(240)은 적어도 하나의 다른 물질을 포함할 수 있다.

[0036] 일부 구현예에서, 층의 제1 서브세트(230)의 응력(예를 들어, 순 응력)은 -1000MPa 내지 800MPa(예를 들어, -1000MPa 이상 800MPa 이하)일 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 층의 제1 서브세트(230)의 각 층(230)의 응력은 -1000MPa 내지 800MPa일 수 있다. 즉, 층의 제1 서브세트(230)의 특정 층(230)의 응력은 -1000MPa 내지 800MPa일 수 있고, 층의 제1 서브세트(230)의 다른 특정 층(230)의 응력은 -1000MPa 내지 800MPa일 수 있다. 특정 층(230)의 응력은 다른 특정 층(230)의 응력과 동일하거나 상이할 수 있다. 예를 들어, 특정 층(230)의 응력은 인장성(예를 들어, 0MPa 이상)일 수 있고, 다른 특정 층(230)의 응력은 압축성(예를 들어, 0MPa 미만)일 수 있고, 또는 그 반대일 수 있다.

[0037] 일부 구현예에서, 층의 세트(220)의 응력(예를 들어, 순 응력)은 (예를 들어, 5MPa 이하인 공차 내에서) 약 영(0) MPa일 수 있다. 따라서, 층의 제1 서브세트(230)와 층의 제2 서브세트(240) 중 적어도 하나는 인장성 물질을 포함할 수 있고, 층의 제1 서브세트(230)와 층의 제2 서브세트(240) 중 다른 하나는 (예를 들어, 층의 세트(220)의 응력이 약 0MPa이 되도록) 압축성 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 층의 제1 서브세트(230)는 인장성 물질을 포함할 수 있고, 층의 제2 서브세트(240)는 압축성 물질을 포함할 수 있고, 또는 그 반대일 수 있다. 다른 예로서, 층의 제1 서브세트(230)는 인장성 AlN 물질을 포함할 수 있고, 층의 제2 서브세트(240)는 적어도 하나의 압축성 다른 물질(예를 들어, 다른 예들 중에서, 압축성 Si 물질, 압축성 Si:H 물질, 압축성 Si:H-He 물질, 또는 압축성 a-Si 물질 중 적어도 하나)을 포함할 수 있다. 일부 구현예에서, 층의 세트(220)의 응력(예를 들어, 순 응력)은 (예를 들어, 5 MPa 이하인 공차 내에서) 특정 양의 응력과 거의 동일할 수 있다. 예를 들어, 층(230)의 제1 서브세트와 층(240)의 제2 서브세트는 층의 세트(230)의 응력이 350MPa와 같은 특정 양의 응력과 동일하도록 압축성 물질 및/또는 인장성 물질의 특정 구성을 포함할 수 있다.

[0038] 일부 구현예에서, 층의 세트(220)의 각각의 층은 특정 두께와 연관될 수 있다. 예를 들어, 층의 제1 서브세트(230) 또는 층의 제2 서브세트(240)의 층은 5nm 내지 2000nm의 두께를 가질 수 있다. 일부 구현예에서, 층의 제1 서브세트(230) 또는 층의 제2 서브세트(240)는 다수의 두께와 연관될 수 있고, 다른 예들 중에서, 예를 들어, 층의 제1 서브세트(230)에 대한 제1 두께와 층의 제2 서브세트(240)에 대한 제2 두께, 층의 제1 서브세트(230)의 제1 부분에 대한 제1 두께와 층의 제1 서브세트(230)의 제2 부분에 대한 제2 두께, 또는 층의 제2 서브세트(240)의 제1 부분에 대한 제1 두께와 층의 제2 서브세트(240)의 제2 부분에 대한 제2 두께와 연관될 수 있다. 따라서, 층 두께 및/또는 층의 수량은 광학 필터(200)의 의도된 광학 특성 세트, 예를 들어, 의도된 통과 대역, 의도된 투과율 및/또는 다른 광학 특성에 기초하여 선택될 수 있다. 예를 들어, 층 두께 및/또는 층의 수량은 광학 필터(200)가 800nm 내지 1000nm의 스펙트럼 범위(예를 들어, 약 900nm의 중심 파장을 갖는 스펙트럼 범위), 800nm 내지 1600nm의 스펙트럼 범위, 800nm 내지 1100nm의 스펙트럼 범위, 1400nm 내지 1600nm의 스펙트럼 범위(예를 들어, 1550nm의 피크 파장을 갖는 스펙트럼 범위), 500nm 내지 5500nm의 스펙트럼 범위, 또는 다른 스펙트럼 범위에서 이용될 수 있도록(예를 들어, 이 스펙트럼 범위와 연관된 광을 통과시키도록) 선택될 수 있다.

[0039] 일부 구현예에서, 층의 세트(230)는 특정 스펙트럼 범위와 연관된 광의 임계 백분율을 통과시키도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 층의 세트(230)는 800nm 내지 1000nm의 스펙트럼 범위(예를 들어, 약 900nm의 중심 파장을 갖는 스펙트럼 범위)와 연관된 광의 임계 백분율을 통과시키도록 구성될 수 있다. 임계값 범위는, 예를 들어, 85% 이상일 수 있다. 일부 구현예에서, 층의 제1 서브세트(230)의 소광 계수는 500nm 내지 5500nm인 파장을 갖는 광에 대해 0.001 미만일 수 있다.

[0040] 일부 구현예에서, 층(230)의 제1 서브세트는 제1 값을 갖는 제1 굴절률을 가질 수 있고, 층(240)의 제2 서브세트는 (예를 들어, 제1 값과 다른) 제2 값을 갖는 제2 굴절률을 가질 수 있다. 예를 들어, 층(230)의 제1 서브세트의 굴절률은 500 nm 내지 5500 nm의 파장을 갖는 광에 대해 1.9 내지 2.2일 수 있고/있거나, 층(240)의 제2 서브세트의 굴절률은 500 nm 내지 5500 nm의 파장을 갖는 광에 대해 3.5 내지 3.9일 수 있다. 일부 구현예에서, 광학 필터(200)는 제1 값과 제2 값 중 가장 높은 값의 95% 이상의 유효 굴절률을 가질 수 있다. 예를 들어, 층(230)의 제1 서브세트와 층(240)의 제2 서브세트가 특정 층 순서(예를 들어, 고굴절률층과 저굴절률층이 교번하는 층 순서)로 배열될 때, 층(230)의 제1 서브세트와 층(240)의 제2 서브세트는 예를 들어 제1 값과 제2 값 중

가장 높은 값의 95% 이상의 유효 굴절률을 달성하도록 크기 조정될 수 있다. 일부 구현예에서, 광학 필터(200)는 제1 값과 제2 값 중 가장 높은 값의 100% 이상(예를 들어, 최대값의 110%, 120%, 130%, 140% 또는 150%까지)의 유효 굴절률을 가질 수 있다. 따라서, 예를 들어 유효 굴절률은 층(240)의 제2 서브세트의 굴절률이 3.5 내지 3.9이고 층(230)의 제1 서브세트의 굴절률보다 클 때 3.7, 4.0, 4.5, 5.0 및/또는 5.5 이상일 수 있다.

[0041] 일부 구현예에서, 층의 세트(230)는 스퍼터링 공정을 사용하여 형성될 수 있다. 예를 들어, 층의 세트(230)는 기관(210) 상에 층의 제1 서브세트(230) 및/또는 층의 제2 서브세트(240)를 (예를 들어, 교번하는 층 순서로) 스퍼터링하기 위해 마그네트론 스퍼터링 공정(예를 들어, 펄스-마그네트론 스퍼터링 공정)을 사용하여 형성될 수 있다. 이러한 방식으로, 광학 필터(200)가 제조될 수 있다. 광학 필터(200)의 제조에 관한 추가 세부사항은 도 3과 관련하여 본 명세서에서 설명된다.

[0042] 위에서 언급한 바와 같이, 도 2는 예시로서 제공된다. 다른 예는 도 2와 관련하여 설명된 것과 다를 수 있다.

[0043] 도 3은 본 명세서에 설명된 광학 필터(예를 들어, 광학 필터(200))를 제조하기 위한 스퍼터 증착 시스템의 일례(300)의 다이어그램이다. 스퍼터 증착 시스템은 마그네트론 스퍼터링 공정과 같은 스퍼터링 공정을 수행하는 데 사용될 수 있다.

[0044] 도 3에 도시된 바와 같이, 실시예(300)는 진공 챔버(310), 기관(320)(예를 들어, 이는 도 2와 관련하여 본 명세서에 설명된 기관(210)에 대응함), 캐소드(330), 표적(331), 캐소드 전력 공급원(340), 애노드(350), 플라즈마 활성화 소스(PAS)(360), 및 PAS 전력 공급원(370)을 포함한다. 표적(331)은 알루미늄(Al) 물질을 포함할 수 있다. PAS 전력 공급원(370)은 PAS(360)에 전력을 공급하는 데 이용될 수 있고, 무선 주파수(RF) 전력 공급원을 포함할 수 있다. 캐소드 전력 공급원(340)은 캐소드(330)에 전력을 공급하는 데 이용될 수 있고, 펄스 직류(DC) 전력 공급원을 포함할 수 있다.

[0045] 도 3과 관련하여, 표적(331)은 기관(320) 상에 적어도 하나의 층으로서 질화알루미늄(AIN)을 증착하기 위해 질소 가스(N<sub>2</sub>) 및/또는 불활성 가스(예를 들어, 아르곤(Ar), 헬륨(He) 및/또는 네온(Ne) 포함)의 존재 하에 스퍼터링될 수 있다. 예를 들어, N<sub>2</sub> 가스와 불활성 가스는 각각 진공 챔버(310)에 공급될 수 있고, 이를 통해 (예를 들어, 본 명세서에 추가로 설명된 바와 같이) 표적(331)을 스퍼터링하여 기관(320) 상에 AIN을 포함하는 층의 제1 세트를 형성할 수 있다. 일부 구현예에서, 층의 제1 세트는 (예를 들어, 도 2와 관련하여 본 명세서에 설명된 층의 제2 서브세트(240)와 관련하여) 적어도 하나의 다른 물질을 포함하는 층의 제2 세트, 예를 들어, 본 명세서에 설명된 Si, Si:H, Si:H-He, a-Si, 및/또는 임의의 다른 물질을 포함하는 층의 제2 세트와 교대로 기관 상에 형성되어 층 형성물을 형성할 수 있다. 층의 제2 세트는 예를 들어 다른 가스(예를 들어, 수소 가스(H<sub>2</sub>)) 및 불활성 가스(예를 들어, Ar, He 및/또는 Ne 포함)를 진공 챔버(310)에 공급하여 다른 표적(예를 들어, 규소 표적)을 스퍼터링하여 층의 제2 세트(예를 들어, 이 예에서는 Si:H 또는 Si:H-He 포함)를 형성하도록 함으로써 (예를 들어, 본 명세서에 추가로 설명된 바와 유사한 방식으로) 기관 상에 형성될 수 있다.

[0046] 일부 구현예에서, 층 형성물은 층 형성물의 유효 굴절률이 최고 굴절률 물질의 값의 95% 이상(예를 들어, 최대 110%, 120%, 130%, 140% 또는 150%)이도록 특정 층 순서(예를 들어, 고굴절률층과 저굴절률층이 교번하는 층 순서)로 배열될 수 있다. 따라서, 예를 들어, 유효 굴절률은 (예를 들어, 층의 제2 서브세트가 3.5 내지 3.9이고 층의 제1 서브세트의 굴절률보다 큰 굴절률을 가질 때) 3.7, 4.0, 4.5, 5.0 및/또는 5.5 이상일 수 있다.

[0047] AIN층을 형성하기 위해, 불활성 가스는 애노드(350) 및/또는 PAS(360)를 통해 진공 챔버(310) 내로 제공될 수 있다. N<sub>2</sub> 가스는 N<sub>2</sub> 가스를 활성화시키는 역할을 하는 PAS(360)를 통해 진공 챔버(310) 내로 도입될 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 캐소드(330)는 N<sub>2</sub> 가스 활성화를 야기할 수 있고(예를 들어, 이 경우에, N<sub>2</sub> 가스는 진공 챔버(310)의 다른 부분으로부터 도입될 수 있음), 또는 애노드(350)는 N<sub>2</sub> 가스 활성화를 야기할 수 있다(예를 들어, 이 경우에, N<sub>2</sub> 가스는 애노드(350)에 의해 진공 챔버(310) 내로 도입될 수 있다). PAS(360)는 캐소드(330)의 임계 근접도 내에 위치되어, PAS(360)로부터의 플라즈마와 캐소드(330)로부터의 플라즈마가 중첩되도록 할 수 있다. PAS(360)를 사용하면 AIN을 비교적 높은 증착 속도로 증착할 수 있다. 일부 구현예에서, AIN은 대략 0.05nm/s 내지 대략 2.0nm/s의 증착 속도로, 대략 0.5nm/s 내지 대략 1.2nm/s의 증착 속도로, 대략 0.8nm/s의 증착 속도로 또는 유사한 속도로 증착될 수 있다.

[0048] 일부 구현예에서, AIN층의 (예를 들어, 형성 후) 응력은 진공 챔버(310)에 공급되는 불활성 가스의 조성 및/또는 불활성 가스의 양을 제어하는 것에 기초하여 조정될 수 있다. 예를 들어, 불활성 가스가 Ar을 포함하는

경우, 불활성 가스의 Ar의 양 및/또는 진공 챔버(310)에 공급되는 불활성 가스의 양은 AlN층의 응력이 -230MPa 내지 800MPa이 되도록 제어될 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 불활성 가스가 Ar을 포함하는 경우, 불활성 가스 중 Ar의 양 및/또는 진공 챔버(310)에 공급되는 불활성 가스의 양은 AlN을 포함하는 층의 제1 세트의 응력(예를 들어, 순 응력)이 -230MPa 내지 800MPa이 되도록 제어될 수 있다. 다른 예로서, 불활성 가스가 He 및/또는 Ne를 포함하는 경우, 불활성 가스 중 He 및/또는 Ne의 양 및/또는 진공 챔버(310)에 공급되는 불활성 가스의 양은 AlN층의 응력이 -1000MPa 내지 150MPa이 되도록 제어될 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 불활성 기체가 He 및/또는 Ne를 포함하는 경우, 불활성 가스 중 He 및/또는 Ne의 양 및/또는 진공 챔버(310)에 공급되는 불활성 가스의 양은 AlN을 포함하는 층의 제1 세트의 응력이 -1000MPa 내지 150MPa이 되도록 제어될 수 있다.

[0049] 스퍼터링 공정이 본 명세서에서 특정 기하 구조 및 특정 구현예와 관련하여 설명되지만, 다른 기하 구조 및 다른 구현예도 가능하다. 예를 들어, N<sub>2</sub> 가스는 다른 예들 중에서 다른 방향으로부터 주입되고/되거나 캐소드(330)의 임계 근접도 내의 가스 매니폴드로부터 주입될 수 있다. 구성요소의 상이한 구성의 관점에서 본 명세서에 설명되었지만, AlN의 상이한 상대 농도는 또한 상이한 물질, 상이한 제조 공정 등을 사용하여 달성될 수 있다.

[0050] 위에서 언급한 바와 같이, 도 3은 예시로서 제공된다. 다른 예는 도 3과 관련하여 설명된 것과 다를 수 있다.

[0051] 도 4a 내지 도 4b는 본 명세서에 설명된 스퍼터링 공정(예를 들어, 마그네트론 스퍼터링 공정)을 사용하여 형성된 AlN층의 응력을 보여주는 예시적인 플롯(400)의 다이어그램이다. 도 4a에 도시된 바와 같이, AlN층의 응력은 Ar을 포함하는 불활성 가스가 120 sccm(standard cubic centimeters per minute) 내지 370 sccm의 유량으로(예를 들어, 도 3과 관련하여 본 명세서에 설명된 스퍼터 증착 시스템의 진공 챔버(310)에) 공급될 때 -230MPa 내지 650MPa이 되도록 구성될 수 있다. 도 4b에 도시된 바와 같이, AlN층의 응력은 He를 포함하는 불활성 가스가 0 sccm 내지 500 sccm의 유량으로(예를 들어, 도 3과 관련하여 본 명세서에 설명된 스퍼터 증착 시스템의 진공 챔버(310)에) 공급될 때 -950MPa 내지 175MPa이 되도록 구성될 수 있다. 일부 구현예에서, Ar을 포함하는 불활성 가스는 또한 120 sccm 내지 370 sccm의 유량으로(예를 들어, 도 3과 관련하여 본 명세서에 설명된 스퍼터 증착 시스템의 진공 챔버(310)에) 공급된다.

[0052] 위에서 언급한 바와 같이, 도 4a 내지 도 4b는 예로서 제공된다. 다른 예는 도 4a 내지 도 4b와 관련하여 설명된 것과 다를 수 있다.

[0053] 도 5는 본 명세서에 설명된 스퍼터링 공정(예를 들어, 마그네트론 스퍼터링 공정)을 사용하여 형성된 AlN층의 세트의 소광 계수(k)와 굴절률(r)의 예시적인 플롯(500)의 다이어그램이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 소광 계수는 500nm 내지 2000nm의 파장을 갖는 광에 대해 0.001 미만일 수 있다. 도 5에 추가로 도시된 바와 같이, 굴절률은 500nm 내지 2000nm인 파장을 갖는 광에 대해 2.2 미만일 수 있다.

[0054] 위에서 언급한 바와 같이, 도 5는 예시로서 제공된다. 다른 예는 도 5와 관련하여 설명된 것과 다를 수 있다.

[0055] 도 6은 본 명세서에 설명된 광학 필터(예를 들어, 광학 필터(200))의 투과율 성능을 보여주는 예시적인 플롯(600)의 다이어그램이다. 광학 필터는 AlN 물질을 포함하는 층의 제1 서브세트(예를 들어, 층의 제1 서브세트(230)) 및 Si:H 물질을 포함하는 층의 제2 서브세트(예를 들어, 층의 제2 서브세트(240))를 포함하는 층의 세트(예를 들어, 층의 세트(220))를 포함한다. 도 6에 도시된 바와 같이, 광학 필터는 920nm 내지 960nm의 파장을 갖는 광의 약 85% 초과(약 92%의 피크)를 투과시킬 수 있다. 대조적으로, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 물질을 포함하는 층의 제1 서브세트 및 Si:H 물질을 포함하는 층의 제2 서브세트를 포함하는 층의 세트를 포함하는 대안적인 광학 필터는 920nm 내지 960nm의 파장을 갖는 광의 약 60% 초과(약 67%의 피크)를 투과시킬 수 있다. 따라서, 본 명세서에 설명된 광학 필터는 920nm 내지 960nm의 스펙트럼 범위에 대한 대안적인 광학 필터에 비해 향상된 투과 성능을 갖는다.

[0056] 위에서 언급한 바와 같이, 도 6은 예시로서 제공된다. 다른 예는 도 6과 관련하여 설명된 것과 다를 수 있다.

[0057] 도 7a 내지 도 7c는 본 명세서에 설명된 예시적인 구현예의 광학적 특성 및 물리적 특성의 다이어그램(700/710/720)이다.

[0058] 도 7a에 도시된 바와 같이, 다이어그램(700)은 광학 필터(예를 들어, 본 명세서에 설명된 광학 필터(200))의 각도 편이 성능을 나타낸다. 광학 간섭 필터의 중심 파장에서의 각도 편이는 0도 내지 30도의 입사각(도 7a에서  $\theta$ 로 도시됨)에 대해 중심 파장의 1.0% 미만일 수 있다. 예를 들어, 광학 필터가 940 나노미터(nm)의 중심 파장

에 대해 구성될 때, 광학 필터는 예를 들어 최대 30도의 입사각에서 9.4nm 미만의 각도 편이를 가질 수 있다. 일부 구현예에서, 광학 필터는 최대 30도의 입사각에서 7.0nm 미만의 각도 편이를 가질 수 있다. 이 경우, 광학 필터는 예를 들어 3.7, 4.0, 4.5, 5.0 및/또는 5.5 이상의 유효 굴절률을 달성할 수 있다. 일부 구현예에서, 광학 필터는 중심 파장에서 투과율 임계값보다 큰 투과율, 예를 들어, (예를 들어, 0도 내지 30도의 입사각에서 광학 필터의 피크 투과율의) 80% 초과, 85% 초과, 90% 초과 및/또는 95% 초과하는 투과율을 달성할 수 있다. 또한, 광학 필터는 +/-10% 미만, +/-5% 미만 또는 +/-1% 미만의 리플(ripple)을 달성할 수 있으며, 여기서 리플은 0도 내지 30도의 입사각에서 통과 대역에 걸친 투과율의 편차를 나타낸다.

[0059] 도 7b 및 도 7c에서, 다이어그램(710 및 720)은 광학 필터에 대한 예시적인 적층 상태와 예시적인 층 두께를 도시한다. 이 경우, 광학 필터는 (예를 들어, 500nm 내지 5500nm인 파장을 갖는 광에 대해 1.9 내지 2.2의 굴절률을 갖는) AlN 물질을 포함하는 층과 (예를 들어, 500nm 내지 5500nm인 파장을 갖는 광에 대해 3.5 내지 3.9의 굴절률을 갖는) Si:H-He 물질을 포함하는 층을 교번시켜 제조된다. 광학 필터는 임계 두께보다 큰 하나의 또는 2개의 "두꺼운 층"(예를 들어, 하나 이상의 2개의 층 이후에 그 다음 가장 두꺼운 층보다 200% 더 큰 것보다 더 크고, 예를 들어, 그 다음 가장 두꺼운 층보다 500% 더 큰 것보다 더 작은 두께)을 포함한다. 일부 구현예에서, 광학 필터는 2개의 두꺼운 층을 포함할 수 있고, 두꺼운 층은 10% 내지 25%만큼 벗어날 수 있다. 예를 들어, 2개의 두꺼운 층 중 더 작은 층의 두께는 2개의 두꺼운 층 중 더 큰 층의 두께보다 10% 내지 25%만큼 더 작을 수 있다.

[0060] 위에서 언급한 바와 같이, 도 7a 내지 도 7c는 단지 예로서 제공된다. 다른 예는 도 7a 내지 도 7c와 관련하여 설명된 것과 다를 수 있다.

[0061] 도 8a 내지 도 8c는 본 명세서에 설명된 예시적인 구현예의 광학적 특성 및 물리적 특성의 다이어그램(800/810/820)이다.

[0062] 도 8a에 도시된 바와 같이, 다이어그램(800)은 광학 필터(예를 들어, 본 명세서에 설명된 광학 필터(200))의 각도 편이 성능을 나타낸다. 광학 간섭 필터의 중심 파장에서의 각도 편이는 0도 내지 30도의 입사각(도 8a에서  $\theta$ 로 도시됨)에 대해 중심 파장의 1.0% 미만일 수 있다. 예를 들어, 광학 필터가 940 나노미터(nm)의 중심 파장에 대해 구성될 때, 광학 필터는 예를 들어 최대 30도의 입사각에서 9.4nm 미만의 각도 편이를 가질 수 있다. 일부 구현예에서, 광학 필터는 최대 30도의 입사각에서 7.0nm 미만의 각도 편이를 가질 수 있다. 이 경우, 광학 필터는 예를 들어 3.7, 4.0, 4.5, 5.0 및/또는 5.5 이상의 유효 굴절률을 달성할 수 있다. 일부 구현예에서, 광학 필터는 중심 파장에서 투과율 임계값보다 큰 투과율, 예를 들어, (예를 들어, 0도 내지 30도의 입사각에서 광학 필터의 피크 투과율의) 80% 초과, 85% 초과, 90% 초과 및/또는 95% 초과하는 투과율을 달성할 수 있다. 또한, 광학 필터는 +/-10% 미만, +/-5% 미만 또는 +/-1% 미만의 리플을 달성할 수 있으며, 여기서 리플은 0도 내지 30도의 입사각에서 통과 대역에 걸친 투과율의 편차를 나타낸다.

[0063] 도 8b 및 도 8c에 도시된 바와 같이, 다이어그램(810 및 820)은 광학 필터에 대한 예시적인 적층 상태와 예시적인 층 두께를 도시한다. 이 경우, 광학 필터는 (예를 들어, 500nm 내지 5500nm인 파장을 갖는 광에 대해 1.9 내지 2.2의 굴절률을 갖는) AlN 물질을 포함하는 층과 (예를 들어, 500nm 내지 5500nm인 파장을 갖는 광에 대해 3.5 내지 3.9의 굴절률을 갖는) Si:H-He 물질을 포함하는 층을 교번시켜 제조된다. 광학 필터는 또한 SiO<sub>2</sub> 물질을 포함하는 추가 층(예를 들어, 본 명세서에 설명된 캡층)을 포함할 수 있다.

[0064] 위에서 언급한 바와 같이, 도 8a 내지 도 8c는 단지 예로서 제공된다. 다른 예는 도 8a 내지 도 8c와 관련하여 설명된 것과 다를 수 있다.

[0065] 전술한 내용은 예시와 설명을 제공하지만, 구현예를 정확히 개시된 형태로 제한하는 것도 아니고 또는 모든 실시예를 제시하려고 의도된 것도 아니다. 수정과 변형이 위의 내용을 고려하여 이루어질 수 있고 또는 구현예를 실시하는 것으로부터 얻어질 수 있다.

[0066] 본 명세서에서 사용된 "구성요소"라는 용어는 하드웨어, 펌웨어 또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합으로서 폭넓게 해석되는 것으로 의도된다. 본 명세서에서 설명된 시스템 및/또는 방법은 하드웨어, 펌웨어 및/또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합의 상이한 형태로 구현될 수 있다는 것은 분명하다. 이 시스템 및/또는 방법을 구현하는 데 사용되는 실제 특정 제어 하드웨어 또는 소프트웨어 코드는 구현예를 제한하는 것이 아니다. 따라서, 시스템 및/또는 방법의 동작 및 거동은 특정한 소프트웨어 코드를 참조 없이 본 명세서에 설명되고, 소프트웨어와 하드웨어는 본 명세서의 설명에 기초하여 시스템 및/또는 방법을 구현하는 데 사용될 수 있는 것으로 이해된다.

[0067] 본 명세서에서 사용될 때, 임계값을 충족한다는 것은 문맥에 따라, 값이 임계값을 초과하는 것, 임계값 이상인

것, 임계값 미만인 것, 임계값 이하인 것, 임계값과 같은 것, 임계값과 같지 않는 것 등을 의미할 수 있다.

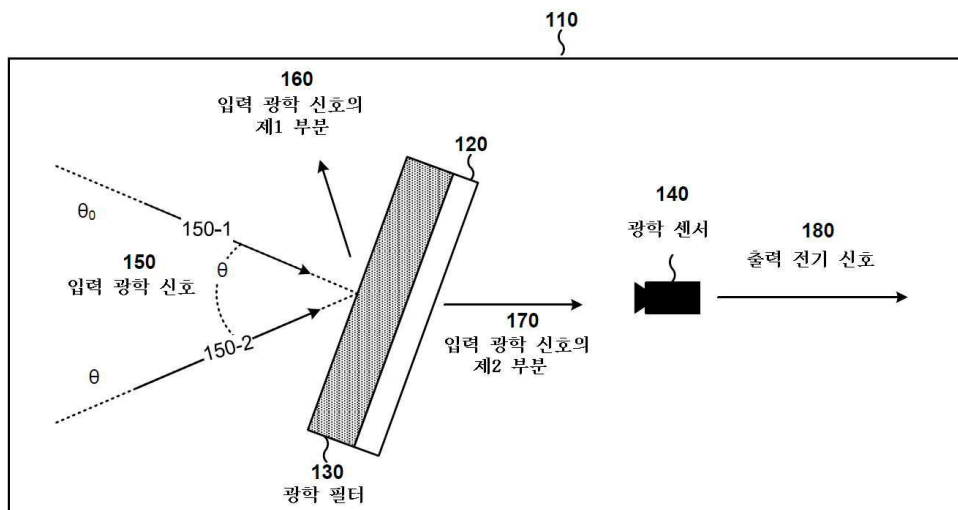
[0068] 특징부의 특정 조합이 청구범위에 나열되고/되거나 본 명세서에 개시되어 있더라도, 이 조합은 다양한 구현예의 내용을 제한하는 것으로 의도된 것이 아니다. 사실상, 이 특징부 중 다수는 특히 청구범위에 나열되고/되거나 본 명세서에 개시되지 않는 방식으로 조합될 수 있다. 아래에 나열된 각각의 종속 청구항이 단 하나의 청구항에만 종속될 수도 있지만, 다양한 구현예의 내용은 청구범위의 모든 다른 청구항과 함께 각각의 종속 청구항을 포함한다. 본 명세서에서 사용된, 항목 목록 "중 적어도 하나"를 나타내는 어구는 단일 구성원을 포함하여 이 항목의 임의의 조합을 나타낸다. 일 실시예로서, "a, b 또는 c 중 적어도 하나"는, a, b, c, a-b, a-c, b-c 및 a-b-c뿐만 아니라, 다수의 동일한 항목과의 임의의 조합을 포함하는 것으로 의도된다.

[0069] 본 명세서에서 사용된 요소, 동작 또는 명령어는 그러한 것으로 명시적으로 설명되지 않는 한, 중요하거나 핵심적인 것으로 해석되지 않아야 한다. 또한, 본 명세서에서 사용된 단수 표현은 하나 이상의 항목을 포함하는 것으로 의도되고, "하나 이상"과 상호 교환 가능하게 사용될 수 있다. 또한, 본 명세서에서 사용된 "상기"는 "상기"와 관련하여 언급되는 하나 이상의 항목을 포함하는 것으로 의도되고, "하나 이상"과 상호 교환 가능하게 사용될 수 있다. 또한, 본 명세서에서 사용된 "세트"라는 용어는 하나 이상의 항목(예를 들어, 관련된 항목, 관련 없는 항목, 또는 관련된 항목과 관련 없는 항목의 조합)을 포함하는 것으로 의도되고, "하나 이상"과 상호 교환 가능하게 사용될 수 있다. 단 하나의 항목을 의도하는 경우에, "단 하나"라는 어구 또는 유사한 언어가 사용된다. 또한, 본 명세서에서 사용된 "갖고", "갖는", "가진" 등과 같은 용어는 개방형 용어인 것으로 의도된다. 또한, "~에 기초하여"라는 어구는 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, "적어도 부분적으로 ~에 기초하여"를 의미하는 것으로 의도된다. 또한, 본 명세서에서 사용된 "또는"이라는 용어는 시리즈로 사용될 때 포함하는 것으로 의도되고, 달리 명시적으로 언급되지 않는 한 (예를 들어, "~ 중 하나" 또는 "~ 중 단 하나"와 함께 사용되는 경우) "및/또는"과 상호 교환 가능하게 사용될 수 있다.

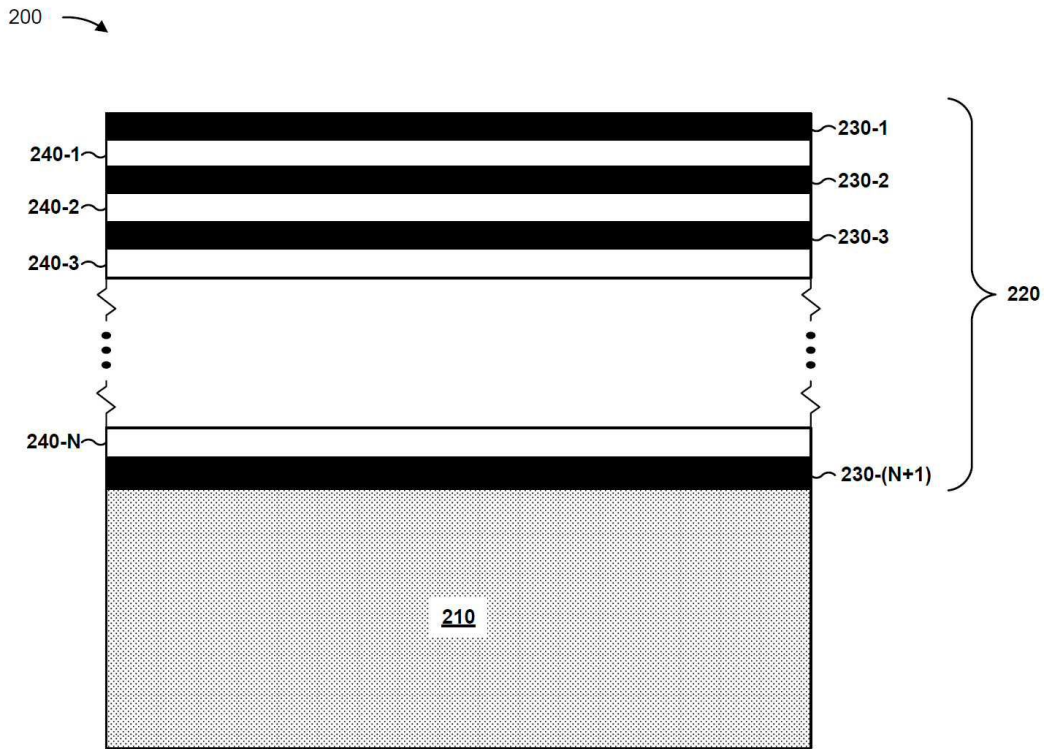
**도면**

**도면1**

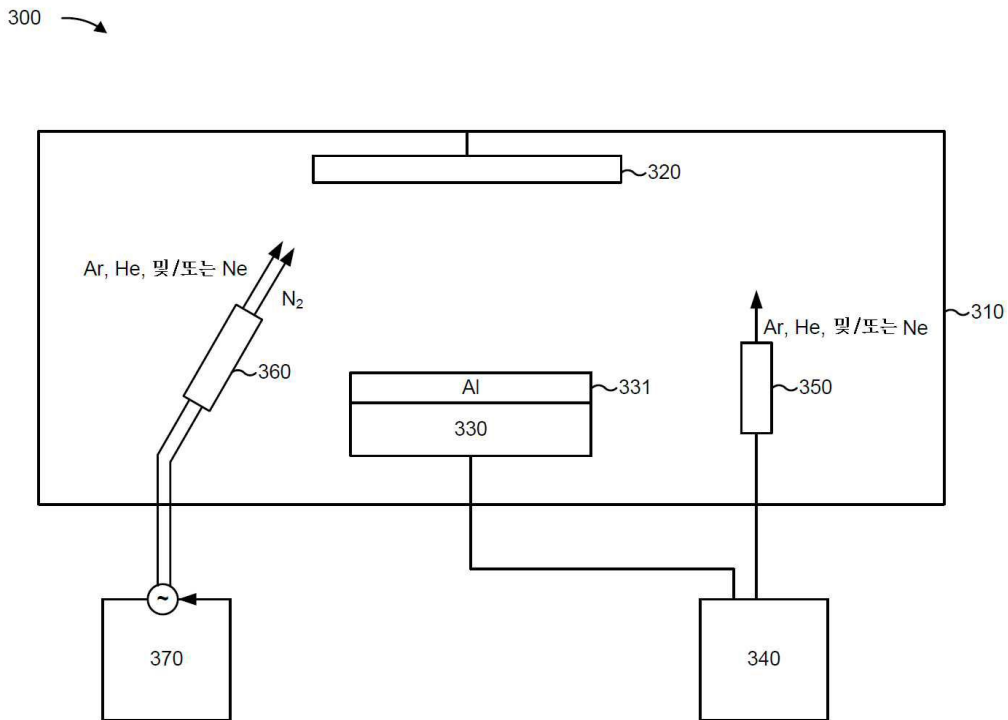
100 →



도면2

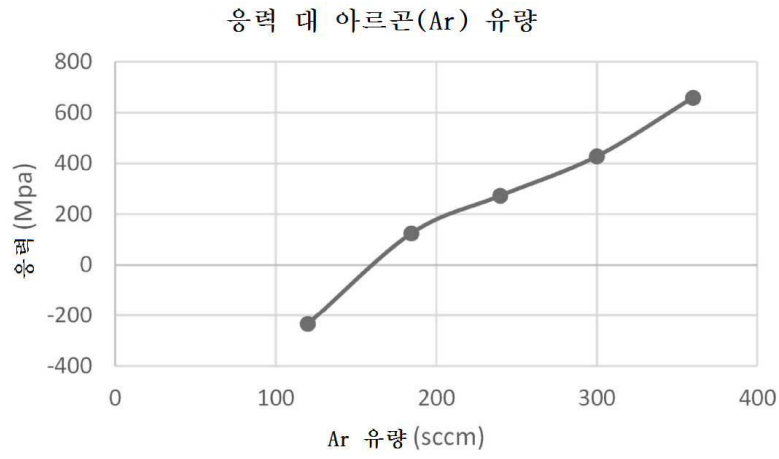


도면3



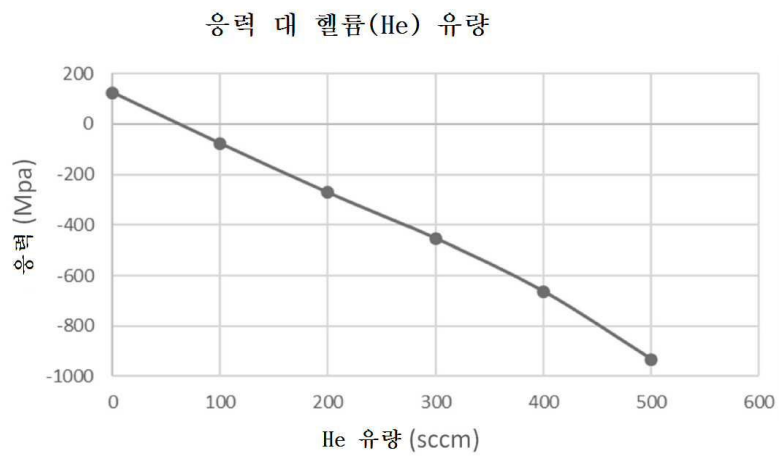
도면4a

400 ↗



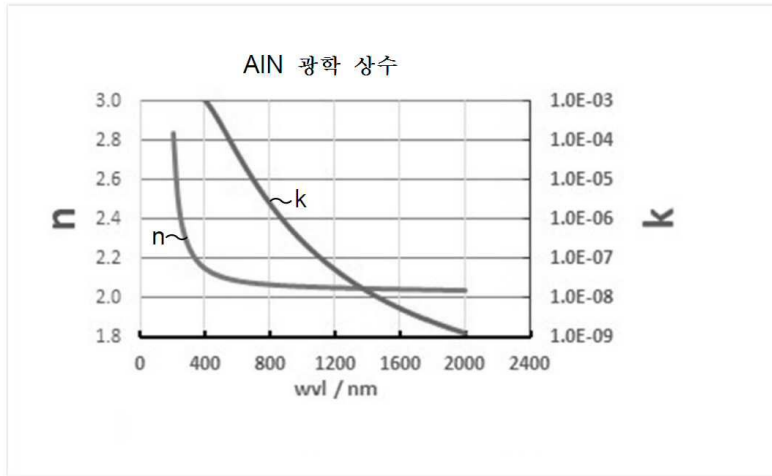
도면4b

400 ↗



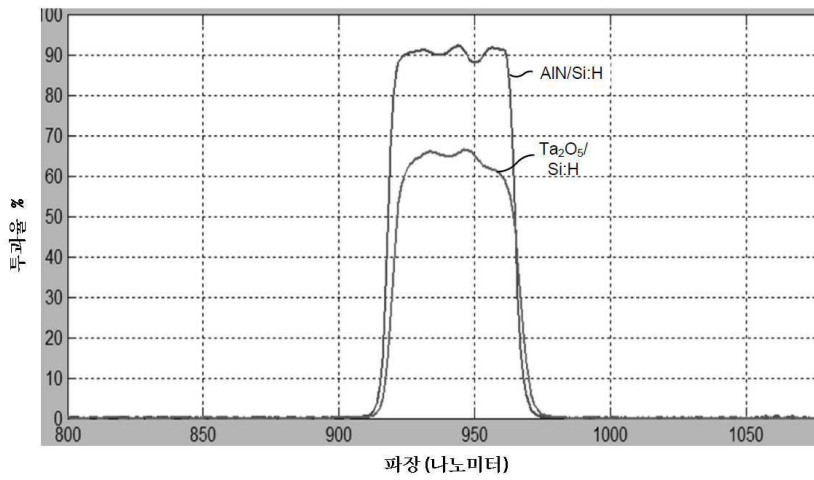
도면5

500 ↗



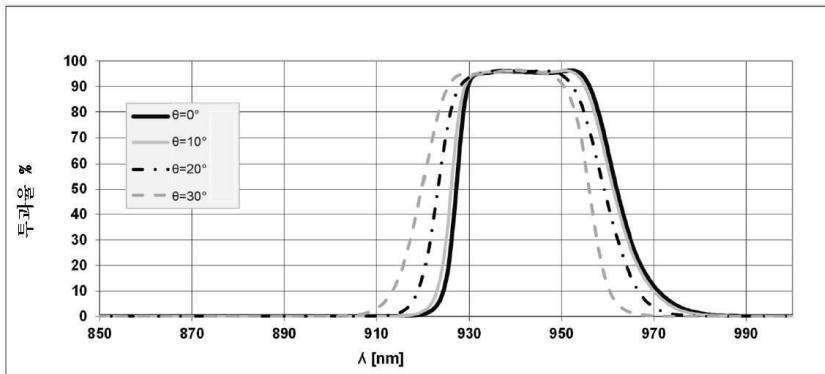
도면6

600 ↗



도면7a

700 →



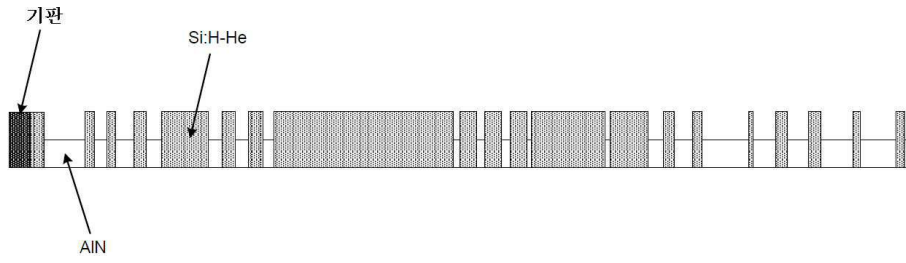
도면7b

710 →

층 #	물질 코드	물리적 두께 [ nm ]
기판		
1	SiH-He	72.15538
2	AlN	256.963
3	SiH-He	52.08031
4	AlN	77.05646
5	SiH-He	56.66433
6	AlN	102.4552
7	SiH-He	77.91674
8	AlN	89.57921
9	SiH-He	272.9603
10	AlN	85.59981
11	SiH-He	81.72215
12	AlN	75.39121
13	SiH-He	88.57621
14	AlN	61.24725
15	SiH-He	1065.732
16	AlN	40.36429
17	SiH-He	100.7541
18	AlN	51.70523
19	SiH-He	95.36151
20	AlN	53.61053
21	SiH-He	102.8091
22	AlN	24.31996
23	SiH-He	435.4249
24	AlN	34.80255
25	SiH-He	219.9462
26	AlN	92.53152
27	SiH-He	68.75954
28	AlN	110.7613
29	SiH-He	56.51275
30	AlN	273.7001
31	SiH-He	25.45958
32	AlN	140.6708
33	SiH-He	64.5341
34	AlN	128.1108
35	SiH-He	75.82785
36	AlN	184.6954
37	SiH-He	41.16296
38	AlN	217.5512
39	SiH-He	51.35768
40	AlN	62.71166
매체	공기	

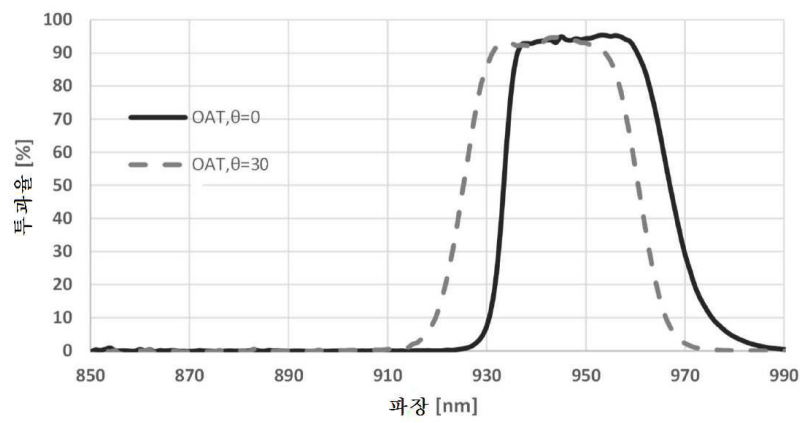
도면7c

720 →




도면8a

800 →



도면 8b

810 

층 #	물질명	물리적 두께 ( nm )
기판	AF32	
1	SiH-He	72
2	AIN	257
3	SiH-He	52
4	AIN	78
5	SiH-He	56
6	AIN	102
7	SiH-He	78
8	AIN	89
9	SiH-He	273
10	AIN	86
11	SiH-He	82
12	AIN	76
13	SiH-He	88
14	AIN	61
15	SiH-He	1066
16	AIN	40
17	SiH-He	101
18	AIN	52
19	SiH-He	95
20	AIN	54
21	SiH-He	103
22	AIN	24
23	SiH-He	435
24	AIN	35
25	SiH-He	220
26	AIN	93
27	SiH-He	68
28	AIN	111
29	SiH-He	57
30	AIN	274
31	SiH-He	26
32	AIN	141
33	SiH-He	63
34	AIN	124
35	SiH-He	76
36	AIN	187
37	SiH-He	41
38	AIN	217
39	SiH-He	50
40	AIN	50
41	SiO2	35
매체	공기	

도면 8c

820 →

