



등록특허 10-2185584



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년12월02일  
(11) 등록번호 10-2185584  
(24) 등록일자 2020년11월26일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G02B 5/08* (2006.01) *G02B 5/28* (2006.01)  
*G02B 5/30* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*G02B 5/0816* (2013.01)  
*G02B 5/281* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7032544
- (22) 출원일자(국제) 2014년04월14일  
심사청구일자 2019년04월10일
- (85) 번역문제출일자 2015년11월13일
- (65) 공개번호 10-2015-0143716
- (43) 공개일자 2015년12월23일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2014/033958
- (87) 국제공개번호 WO 2014/172258  
국제공개일자 2014년10월23일

(30) 우선권주장  
13/866,853 2013년04월19일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현  
KR1020110097980 A\*  
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 2 항

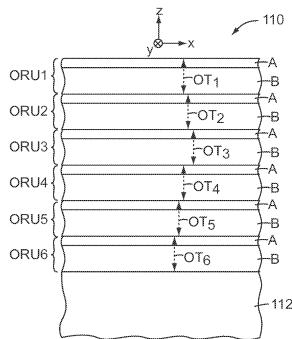
심사관 : 경천수

(54) 발명의 명칭 **넓은 가시광선-적외선 커버리지를 위한 중첩 고조파를 갖는 다층 스택**

**(57) 요 약**

광대역 미러, 편광기, 또는 다른 반사기는 미세층들의 적어도 하나의 스택을 포함한다. 스택 내의 미세층들은 광학 반복 유닛들로 배열된다. 수직 입사와 같은 설계 입사각에서, 스택은 1차 반사 대역, 2차 반사 대역, 및 선택적으로 3차 반사 대역을 제공한다. 2차 반사 대역은 1차 및/또는 3차 반사 대역과 중첩하거나 실질적으로 중첩하여 단일 광대역 반사 대역을 형성한다. 광대역 반사 대역은 2차 및 1차 반사 대역은 포함하지만 3차 반사 대역은 포함하지 않을 수 있거나, 2차 및 3차 반사 대역은 포함하지만 1차 반사 대역은 포함하지 않을 수 있거나, 그것은 1차, 2차, 및 3차 반사 대역뿐만 아니라 훨씬 더 높은 차수의 반사 대역을 포함할 수 있다. 광대역 반사 대역은 가시광선 및 적외선 파장의 적어도 일부를 커버할 수 있다.

**대 표 도**



(52) CPC특허분류

*G02B 5/287* (2013.01)

*G02B 5/3041* (2013.01)

(56) 선행기술조사문현

KR1020120101011 A\*

JP08503312 A\*

JP2012214026 A

KR1020010034059 A

KR1020110002047 A

US20010033423 A1

US20070171327 A1

WO2009093452 A1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문현

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

광학 반복 유닛(optical repeat unit)들로 배열되는 미세층들의 스택(stack)을 포함하는 다층 광학 필름으로서, 설계 입사각에서, 스택은 1차 반사 대역, 2차 반사 대역, 및 3차 반사 대역을 제공하며, 1차 반사 대역은 720 내지 2000 nm의 파장 범위 내에 적어도 부분적으로 배치되고, 2차 반사 대역은 380 내지 720 nm의 파장 범위 내에 적어도 부분적으로 배치되며, 3차 반사 대역은 300 내지 380 nm의 파장 범위 내에 적어도 부분적으로 배치되고, 2차 반사 대역은 1차 반사 대역 및 3차 반사 대역 중 적어도 하나와 적어도 부분적으로 중첩하여 단일 광대역 반사 대역(single wide reflection band)을 형성하며, 1차 반사 대역 및 2차 반사 대역은 10% 미만의 비율 값(fractional value)만큼 상이한 평균 반사율을 갖는, 필름.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 2차 반사 대역은 1차 반사 대역과 적어도 부분적으로 중첩하여, 단일 광대역 반사 대역이 1차 반사 대역 및 2차 반사 대역을 포함하는, 필름.

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

삭제

#### 청구항 7

삭제

#### 청구항 8

삭제

#### 청구항 9

삭제

#### 청구항 10

삭제

#### 청구항 11

삭제

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

삭제

**청구항 17**

삭제

**청구항 18**

삭제

**청구항 19**

삭제

**청구항 20**

삭제

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은, 특히, 반사 및 투과 특성이 미세층들의 스택(stack) 내의 계면들로부터 반사되는 광의 보강 및 상쇄 간섭에 의해 대부분 결정되는 다중 광학 필름에 관한 것이다. 본 발명은 또한 그러한 광학 필름을 포함하는 물품 및 시스템과, 그러한 필름을 제조 및 사용하는 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 다중 광학 필름이 알려져 있다. 그러한 필름은 상이한 광 투과성 재료들로 된 다수의 얇은 층들을 포함할 수 있으며, 이 층들은 광학 필름의 반사 및 투과 특성이 층 계면들로부터 반사되는 광의 보강 및 상쇄 간섭에 의해 대부분 결정되도록 충분히 얇기 때문에 미세층으로 지칭된다. 개별 미세층들에 의해 나타내어지는 복굴절(만약에 있다면)의 양, 및 인접 미세층들에 대한 상대적인 굴절률(refractive index) 차이에 따라, 그리고 또한 다른 설계 특성에 따라, 다중 광학 필름은, 예를 들어, 일부 경우에 반사 편광기(reflective polarizer)로서, 그리고 다른 경우에 미러(mirror)로서 특성화될 수 있는 반사 및 투과 특성을 갖도록 만들어질 수 있다.

[0003] 직교하는 주 방향(principal direction)(통과축(pass axis)으로 지칭됨)을 따라 편광된 수직 입사광에 대해 낮은 반사율 및 높은 투과율을 유지하면서, 하나의 주 방향(차단축(block axis)으로 지칭됨)을 따라 편광된 수직 입사광에 대해 높은 반사율을 보장하도록 충분한 개수의 층들을 갖고서, 평면내(in-plane) 굴절률들이 평면내 차단축을 따른 인접 미세층들 사이의 실질적인 굴절률 부정합을 제공하고 평면내 통과축을 따른 인접 미세층들 사이의 실질적인 굴절률 정합을 제공하도록 선택된 복수의 미세층으로 구성된 반사 편광기가 한동안 알려져 있다. 예컨대, 미국 특히 제3,610,729호(로저스(Rogers)), 제4,446,305호(로저스 등), 및 제5,486,949호(슈렌크(Schrenk) 등)를 참조한다.

[0004]

보다 최근에, 쓰리엠 컴퍼니(3M Company)의 연구원들은 그러한 필름의, 필름에 수직인 방향(즉, z-축)을 따른 충간 굴절률 특성의 중요성을 지적하고, 이러한 특성이 어떻게 경사 입사각에서의 필름의 반사율 및 투과율에 있어서 중요한 역할을 하는지를 보여주었다. 예컨대, 미국 특허 제5,882,774호(존자(Jonza) 등)를 참조한다. 존자 등은, 특히, 인접 미세층들 사이의 굴절률에 있어서의 z-축 부정합(보다 간단히 z-굴절률 부정합 또는  $\Delta nz$ 로 지칭됨)이 어떻게 브루스터 각(Brewster angle) - 계면에서의 p-편광된 광의 반사율이 0으로 되는 각도 - 이 매우 크거나 존재하지 않는 다층 스택의 구성을 허용하도록 조정될 수 있는지를 교시한다. 이것은 결국 p-편광된 광에 대한 계면 반사율이 입사각이 증가함에 따라 천천히 감소하거나, 입사각과는 독립적이거나, 입사각이 법선 방향으로부터 멀어짐에 따라 증가하는 다층 미러 및 편광기의 구성을 허용한다. 그 결과, 넓은 대역폭에 걸쳐, 미러의 경우에 임의의 입사 방향에 대해 그리고 편광기의 경우에 선택된 방향에 대해 s-편광된 광 및 p-편광된 광 둘 모두에 대해 높은 반사율을 갖는 다층 필름이 달성될 수 있다.

[0005]

일부 다층 광학 필름은 좁은 대역 동작, 즉 좁은 파장 범위에 걸친 동작을 위해 설계되는 반면, 다른 다층 광학 필름은 실질적으로 가시광선 또는 명소시(photopic) 스펙트럼 전체와 같은 넓은 파장 범위, 또는 예를 들어 근적외선 파장과 함께 가시광선 또는 명소시 파장 범위에 걸친 사용을 위해 설계된다. 광대역 반사기에서, 미세층들은 필름의 제1 면(side)으로부터 제2 면으로 광학적 두께 값이 증가하는 광학 반복 유닛(optical repeat unit)들로 배열된다. 층 두께들의 이러한 배열은 등급화된(graded) 층 두께 프로파일로 지칭된다. 종종, 수직 입사에서든지 또는 경사 입사광에 대해서든지 간에, 그러한 광대역 반사기가 시스템에 실질적인 유색(비-백색) 외관을 부여하는 것은 바람직하지 않다. 유색 외관은, 필름이 스펙트럼의 가시광선 부분에 걸쳐 균일하지 않은 투과 또는 반사 특성을 가질 때 일어난다. 공압출된 중합체 다층 광학 필름의 경우에, 그러한 불균일성은 전형적으로 목표 프로파일에 비한 필름의 층 두께 프로파일의 불완전한 제어의 결과이다. 색상 문제를 회피하기 위해, 중합체 다층 광학 필름은 종종 그것의 주 축(principal axis)을 따라 (예컨대, 투과 시에 관찰되는 반사 편광기의 통과축에 대해) 극히 낮은 반사율 및 높은 투과율을 제공하거나, (예컨대, 반사 편광기의 차단축에 대해, 또는 반사 시에 관찰되는 반사 미러 필름의 임의의 평면내 축에 대해) 극히 높은 반사율 및 낮은 투과율을 제공하도록 설계된다. 그러나, 일부 경우에, 중간 양의 반사 및 투과가 요구된다. 그러한 부분 반사/부분 투과 필름에서의 색상 문제에 대처하는 하나의 접근법은, 그러한 필름에 신중하게 조정된 층 두께 프로파일을 갖는 미세층들의 단일 패킷(packet) 또는 스택만을 제공하고, 어떠한 층 다중화기(multiplier) 장치도 사용함이 없이 그러한 필름을 제조하여, 층 두께 프로파일의 최대 제어 및 가시광선 파장 범위에 걸친 투과 또는 반사에 있어서의 대응하는 최소 스펙트럼 변동을 제공하는 것이다.

[0006]

스펙트럼의 적외선 부분에서 높은 반사율을 제공하도록 조정된 다층 광학 필름이 또한 알려져 있다. 그러한 필름은 종종 적외선 파장에 있는 1차 반사 대역에서 높은 반사율을 제공하도록, 그리고 스펙트럼의 가시광선 부분에서의 반사를 회피하기 위해 더 높은 차수의 반사를 억제하도록 설계된다. 예컨대, 미국 특허 제3,247,392호(셀렌(Theelen)), 제5,103,337호(슈렌크 등), 제5,360,659호(아렌즈(Arends) 등), 및 제7,019,905호(웨버(Webber))를 참조한다.

### 발명의 내용

[0007]

본 명세서는, 특히, 주어진 인접한 미세층 스택이 수직 입사 또는 어떤 다른 설계 입사각에서 적어도 1차 및 2차 반사 대역, 및 일부 경우에 또한 3차 반사 대역을 제공하는 다층 광학 필름 및 필름 본체를 기술한다. 2차 반사 대역은, 가시광선 및 적외선 파장의 적어도 일부를 커버하는 단일 광대역 반사 대역(single wide reflection band)을 제공하기 위해, 1차 및 3차 반사 대역 중 하나 또는 둘 모두와 중첩한다. 단일 광대역 반사 대역은 미러의 경우에서와 같이 직교하는 편광 상태들과 연관될 수 있거나, 편광기의 경우에서와 같이 단지 하나의 편광 상태와 연관될 수 있다. 주어진 반사 대역이 다른 반사 대역과 "중첩"하거나 "실질적으로 중첩"하는지, 주어진 반사 대역이 다른 반사 대역과는 "별개"(즉, 실질적으로 중첩하지 않거나, 그것으로부터 스펙트럼적으로 분리됨)인지, 또는 심지어 주어진 반사 대역이 존재하기는 하는지와 같은 개념에 관하여 명료성 및 정확성을 위해서, 본 출원의 목적을 위해 "반사 대역"이 의미하는 바에 대한 하기의 상세한 논의를 제공한다. 이러한 상세한 논의는 또한, 본 출원의 목적을 위해, (단일) 반사 대역의 관련 스펙트럼 특성, 예를 들어 그것의 단파장 대역 예지, 그것의 장파장 대역 예지, 및 그것의 반사능(reflective power)을 정의한다.

[0008]

본 출원의 목적을 위해, 가시광선 파장 범위는 380 내지 720 nm의 범위인 것으로 가정되고, 적외선 파장 범위는 720 내지 적어도 2000 nm의 범위인 것으로 가정된다. 게다가, 근자외선(근 UV) 범위는 300 내지 380 nm의 범위인 것으로 가정된다.

[0009]

광학 반복 유닛들로 배열되는 미세층들의 스택을 포함하는 다층 광학 필름 및 관련 물품이 또한 개시된다. 설

계 입사각에서, 스택은 1차 반사 대역, 2차 반사 대역, 및 선택적으로 3차 반사 대역을 제공한다. 1차 반사 대역은 720 nm 내지 2000 nm의 광범위 내에 적어도 부분적으로 배치된다. 2차 반사 대역은 380 nm 내지 720 nm의 광범위 내에 적어도 부분적으로 배치된다. 2차 반사 대역은 1차 및 3차 반사 대역 중 적어도 하나와 실질적으로 중첩하여 단일 광대역 반사 대역을 형성한다. 일부 경우에, 2차 반사 대역은 300 nm 내지 380 nm의 근 UV 광범위 내에 부분적으로 배치될 수 있고, 3차 반사 대역이 존재하는 경우, 그것이 또한 근 UV 광범위 내에 적어도 부분적으로 배치될 수 있다.

[0010] 2차 반사 대역은 1차 반사 대역과 실질적으로 중첩하여, 단일 광대역 반사 대역이 1차 및 2차 반사 대역을 포함할 수 있다. 2차 반사 대역은 1차 반사 대역과 중첩할 수 있다. 1차 및 2차 반사 대역은 실질적으로 동일한 반사율을 가질 수 있는데, 예컨대 그것들은 10% 미만의 비율 값(fractional value)만큼 상이한 평균 반사율을 가질 수 있다. 대안적으로, 1차 및 2차 반사 대역은 실질적으로 상이한 반사율을 갖는데, 예컨대 그것들은 10% 초과의 비율 값만큼 상이한 평균 반사율을 가질 수 있다. 일부 경우에, 스택은 3차 반사 대역을 제공하지 않을 수 있다.

[0011] 다른 경우에, 스택은 3차 반사 대역을 제공할 수 있다. 3차 반사 대역은 300 nm 내지 380 nm의 광범위 내에 적어도 부분적으로 배치될 수 있다. 2차 반사 대역은 3차 반사 대역과 실질적으로 중첩하여, 단일 광대역 반사 대역이 2차 및 3차 반사 대역을 포함할 수 있다. 2차 반사 대역은 3차 반사 대역과 중첩할 수 있다. 2차 반사 대역은 1차 반사 대역과 실질적으로 중첩하지 않아, 단일 광대역 반사 대역이 1차 반사 대역을 포함하지 않을 수 있다. 2차 및 3차 반사 대역은 실질적으로 동일한 반사율을 갖는데, 예컨대 그것들은 10% 미만의 비율 값만큼 상이한 평균 반사율을 가질 수 있다. 대안적으로, 2차 및 3차 반사 대역은 실질적으로 상이한 반사율을 가질 수 있는데, 예컨대 그것들은 10% 초과의 비율 값만큼 상이한 평균 반사율을 가질 수 있다. 2차 반사 대역은 380 nm 내지 720 nm의 범위 내에서 적어도 100 nm를 커버할 수 있다. 단일 광대역 반사 대역은 반사율의 단계적 변화(step change)를 가질 수 있고, 미세충들의 스택은 매끄럽게 변화하는 ORU 두께 프로파일을 특징으로 할 수 있다. 2차 반사 대역은 300 nm 내지 380 nm의 광범위 내에 적어도 부분적으로 배치될 수 있다.

[0012] 2차 반사 대역이, 예를 들어 1차 반사 대역과 실제로는 중첩하지 않지만 실질적으로 중첩하기에 충분히 가까우면, 2차 반사 대역은 그것의 광장  $\lambda_{L2nd}$ 가 1차 반사 대역의 단파장 대역 에지의 광장  $\lambda_{S1st}$ 와  $\lambda_{S1st}$ 의 5% 이하만큼 상이한 장파장 대역 에지를 가질 수 있다. 유사하게, 2차 반사 대역이 3차 반사 대역과 실제로는 중첩하지 않지만 실질적으로 중첩하기에 충분히 가까우면, 2차 반사 대역은 그것의 광장  $\lambda_{S2nd}$ 가 3차 반사 대역의 장파장 대역 에지의 광장  $\lambda_{L3rd}$ 와  $\lambda_{S2nd}$ 의 5% 이하만큼 상이한 단파장 대역 에지를 가질 수 있다. 문제의 2개의 반사 대역이 실제로 중첩하는, 즉 하나의 대역의 장파장 또는 단파장 대역 에지가 다른 대역의 장 대역 에지와 단 대역 에지 사이에 속하는 상황, 및 (그것들 각자의 대역 에지에 의해 결정된 바와 같은) 2개의 대역이 실제로는 중첩하지 않지만 상기에 언급된 5% 허용오차(tolerance) 내에 있는 상황 둘 모두를 포함하기 위해 용어 "실질적으로 중첩하다" 등을 사용한다.

[0013] 설계 입사각은 수직 입사 또는 다른 원하는 입사각일 수 있다. 필름은 편광기일 수 있거나 편광기를 포함할 수 있고, 1차, 2차, 및 3차 반사 대역은 모두 2개의 직교하는 편광 상태 중 단지 하나와 연관될 수 있다. 대안적으로, 필름은 미려일 수 있거나 미려를 포함할 수 있고, 1차, 2차, 및 3차 반사 대역은 모두 2개의 직교하는 편광 상태와 연관될 수 있다.

[0014] 관련 방법, 시스템, 및 물품이 또한 논의된다.

[0015] 본 출원의 이들 및 다른 태양이 하기의 상세한 설명으로부터 명백할 것이다. 그러나, 어떠한 경우에도, 상기의 개요는 청구된 주제에 대한 제한으로 해석되어서는 안되며, 그 주제는 절차의 수행 동안 보정될 수 있는 바와 같은 첨부된 청구범위에 의해서만 한정된다.

### 도면의 간단한 설명

[0016] 본 발명이 첨부 도면과 관련하여 더욱 완전하게 이해될 수 있다.

도 1은 다층 광학 필름의 예시적인 광학 반복 유닛(ORU)의 개략 사시도.

도 2는 다층 광학 필름의 일부분의 개략 사시도이며, 본 도면은 미세충들의 패킷 또는 스택 및 복수의 ORU를 도시함.

도 3은 ORU들의 군을 형성하는 미세충들의 스택의 총 두께 프로파일의 이상화된 표현.

도 4는, 스택의 설계 상세사항에 따라, 도 3의 것과 같은 미세층 스택이 생성할 수 있는 다양한 고조파 반사 대역의 이상화된 개략적 표현.

도 5a는 미세층 스택의 f-비(ratio)의 함수로서의 상대적 반사능의 그래프.

도 5b는 미세층 스택의 f-비의 함수로서의 상대적 푸리에 계수 진폭의 그래프.

도 6a는 0.5의 f-비를 갖는 미세층 스택에 의해 어느 고조파 반사 대역(최대 4차)이 생성되는지를 보여주는 이상화된 개략적 표현.

도 6b는 도 6a와 유사한 이상화된 개략적 표현이지만, 여기서 미세층 스택은 1/3 또는 2/3의 f-비를 가짐.

도 7은 하나의 미세층들의 스택을 갖는 다층 광학 필름의 개략 사시도.

도 8은 2개의 별개의 미세층들의 스택을 갖는 다층 광학 필름 물품의 개략 사시도.

도 9a는 주어진 미세층 스택으로부터의 별개의 고조파 반사 대역(특히 2차 반사 대역을 포함함)이 어떻게 0.25의 f-비 및 적합하게 조정된 층 두께 프로파일을 사용함으로써 중첩하도록 만들어질 수 있는지를 보여주는, 반사율 대 파장의 이상화된 그래프.

도 9b는 도 9a와 유사한 이상화된 그래프이지만, 중첩 고조파 대역들이 어떻게 가시광선 및 적외선 파장의 적어도 일부를 커버하는 단일 광대역 반사 대역을 생성하는지를 보여줌.

도 10a는 도 9a의 것과 유사한 이상화된 그래프이지만, 여기서 스택의 f-비가 0.33으로 변화되어, 2차 반사 대역의 반사율이 1차 반사 대역의 것과 실질적으로 상이하고, 3차 반사 대역이 생성되지 않음.

도 10b는 도 10a와 유사한 이상화된 그래프이지만, 중첩 고조파 대역들이 어떻게 가시광선 및 적외선 파장의 적어도 일부를 커버하는 단일 광대역 반사 대역을 생성하는지를 보여줌.

도 11a는 도 9a 및 도 10a의 것과 유사한 이상화된 그래프이지만, 여기서 스택은 상이한 ORU 두께 구배 및 0.59의 f-비를 갖는 것으로 가정되어, 2차 반사 대역이 3차 반사 대역과 실질적으로 중첩하지만 1차 반사 대역과는 실질적으로 중첩하지 않음.

도 11b는 도 11a와 유사한 이상화된 그래프이지만, 중첩 2차 및 3차 반사 대역(뿐만 아니라 4차 반사 대역)이 어떻게 가시광선 및 적외선 파장의 적어도 일부를 커버하는 단일 광대역 반사 대역을 생성하는지를 보여줌.

도 12는 도 5a의 것과 유사한 상대적 반사능 대 f-비의 그래프이지만, 상대적 반사능이 어떻게 고조파 반사 대역들의 조합, 예를 들어 1차 및 2차 반사 대역, 또는 1차, 2차, 및 3차 반사 대역을 사용함으로써 향상될 수 있는지를 보여주는 추가의 곡선을 포함함.

도 13은 모델링된 제1 미세층 스택에 대한 층 두께 프로파일 그래프이며, 제1 스택은 0.25의 f-비를 갖고, 그래프는 스택 내의 ORU의 광학적 두께를 나타내는 하나의 곡선, 및 스택의 전체 반사율의 어느 부분이 다양한 보다 높은 차수의 고조파에 기인하는지를 결정하는 데 사용될 수 있는 관련 곡선을 포함함.

도 14a는 제1 미세층 스택의 계산된 또는 모델링된 스펙트럼 반사율의 그래프이며, 여기서 제1 미세층 스택에 의해 생성되는 1차, 2차, 및 3차 반사 대역을 개별적으로 플로팅하고 식별하기 위해 방법론이 사용됨.

도 14b는, 별개의 고조파 식별에 대한 고려가 없는, 제1 미세층 스택의 계산된 또는 모델링된 전체 스펙트럼 반사율의 그래프.

도 15a는 제1 미세층 스택의 모델링된 스펙트럼 반사율을, 반사 대역이 상당한 2차 성분을 갖지 않고 거의 전적으로 1차 고조파에 의해 생성되는 제1 비교 미세층 스택의 것과 비교하는 그래프.

도 15b는 제1 미세층 스택의 ORU 두께 프로파일을, 제1 비교 미세층 스택의 것과 비교하는 층 두께 프로파일 그래프.

도 15c는, 제1 미세층 스택 및 제1 비교 미세층 스택의 작동을 나타내는 2개의 점이 플로팅된 것을 제외하고는, 도 12와 실질적으로 동일함.

도 16a는 제2 모델링된 미세층 스택의 계산된 또는 모델링된 스펙트럼 반사율의 그래프이며, 제2 모델링된 스택은 제1 모델링된 스택과 유사하지만 0.33의 f-비를 갖고, 여기서 본 출원인의 방법론이 제2 모델링된 스택에 의해 생성되는 1차 및 2차 반사 대역을 개별적으로 플로팅하고 식별하는 데 사용됨.

도 16b는, 별개의 고조파 식별에 대한 고려가 없는, 제2 모델링된 스택의 계산된 또는 모델링된 전체 스펙트럼 반사율의 그래프.

도 16c는 도 16b와 유사한 그래프이지만, f-비가 0.33으로부터 0.36으로 변화된 경우 제2 모델링된 스택의 계산된 또는 모델링된 전체 스펙트럼 반사율이 얼마나 변화하는지를 보여줌.

도 17은 모델링된 제3 미세층 스택에 대한 총 두께 프로파일 그래프이며, 제3 모델링된 스택은 0.59의 f-비를 갖고, 그래프는 스택 내의 ORU의 광학적 두께를 나타내는 하나의 곡선, 및 스택의 전체 반사율의 어느 부분이 다양한 보다 높은 차수의 고조파에 기인하는지를 결정하는 데 사용될 수 있는 관련 곡선을 포함함.

도 18a는 제3 모델링된 스택의 계산된 또는 모델링된 스펙트럼 반사율의 그래프이며, 여기서 제3 모델링된 스택에 의해 생성되는 1차, 2차, 및 3차 반사 대역을 개별적으로 플로팅하고 식별하기 위해 본 출원인의 방법론이 사용됨.

도 18b는, 별개의 고조파 식별에 대한 고려가 없는, 제3 모델링된 스택의 계산된 또는 모델링된 전체 스펙트럼 반사율의 그래프.

도 19는 본 명세서에서 제2 비교 스택으로 지칭되는 미세층 스택을 비롯한, 미세층들의 2개의 아포다이징된 (apodized) 광학 패킷 또는 스택을 갖는 광학 필름의 총 두께 프로파일 그래프.

도 20은 제2 비교 스택 및 도 19의 다른 미세층 스택에 대한 총 두께 프로파일로부터 생성되는 투과율 스펙트럼의 그래프.

도 21은 제2 비교 스택의 계산된 또는 모델링된 전체 스펙트럼 반사율의 그래프이며, 여기서 제2 비교 스택에 의해 생성되는 1차 및 2차 반사 대역을 개별적으로 플로팅하고 식별하기 위해 본 출원인의 방법론이 사용됨.

본 명세서에 제시된 개략적인 도면은 반드시 일정한 축척으로 작성된 것은 아니지만; 달리 지시되지 않는 한 그 그래프는 정확한 축척을 갖는 것으로 가정된다. 도면에 사용된 동일한 도면 부호는 동일한 요소를 지시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017]

상기에 언급된 바와 같이, 본 명세서에서는, 특히, 적어도 하나의 미세층 스택 또는 패킷이 2차 반사 대역 및 1차 반사 대역을 비롯하여, 설계 입사각에서 다수의 고조파 반사 대역을 제공하고, 2차 반사 대역이 1차 반사 대역 및/또는 3차 반사 대역(존재한다면)과 중첩하거나 실질적으로 중첩하여, 가시광선 및 적외선 파장의 적어도 일부를 커버하는 단일 광대역 반사 대역을 제공하는 다층 광학 필름 및 필름 조합과 같은 광학 물품을 개시한다. 주어진 스택의 반사 대역들 사이의, 그리고 상이한 스택들의 반사 대역들 사이의, 본 명세서에서 제공되는 이러한 관계는, 반사 대역이 무엇인지, 그리고 그것의 특징적인 특성들 중 일부가 무엇인지, 특히, 반사 대역의 대향된 경계들 또는 에지들의 스펙트럼 위치에 대한 명확하고 정확한 정의에 의존한다. 그러한 정의는, 광학 반복 유닛(ORU), 다층 스택, 및 고조파 반사의 논의 후에, 본 발명의 목적을 위해 아래에 추가로 제공된다.

[0018]

일부 경우에, 개시된 광학 필름 구성은 광대역 부분 반사기의 대역내(in-band) 투과 및 반사된 광에 대해 매끄러운 스펙트럼을 제공할 수 있다. 그러한 광대역 부분 반사기는 대역내 링잉(ringing)을 실질적으로 제거할 수 있고, 대역내 투과 및 반사된 광에 대해 매끄러운 스펙트럼을 제공할 수 있다. 아포다이징된 등급화된 두께 프로파일을 갖는 광대역 부분 반사기 광학 필름이 대역내 스펙트럼 링잉을 감소시키거나 실질적으로 제거하고, 결과적으로 원하지 않는 색상을 감소시키거나 실질적으로 제거하는 것으로 밝혀졌다. 스펙트럼 링잉(이는 일부 응용에서 바람직하지 않을 수 있음)과 같은 스펙트럼 특징부를 최소화하도록 등급화된 총 두께 프로파일을 종결시키기 위한 아포다이제이션 기술의 사용이, 본 명세서에 참고로 포함되는, 2013년 3월 15일자로 출원되고 발명의 명칭이 "넓은 가시광선-적외선 커버리지를 위한 인터리빙된 중첩 고조파를 갖는 다층 스택 조합(Multilayer Stack Combinations With Interleaved Overlapping Harmonics for Wide Visible-Infrared Coverage)"인 미국 특허 출원 제13/844,664호에 추가로 기술된다.

[0019]

본 명세서에 예시 및 기술된 도면을 위해, 간략함을 위하여, 다층 광학 필름 본체는 필름 본체의 평면 내에서 공간적 변동성을 갖지 않는 것으로 가정된다. 따라서, 주어진 필름 본체의 스펙트럼 반사 및 투과 특성은 그것이 측정되는 필름 상의 위치 또는 장소(예컨대, (x,y) 좌표)와는 무관한 것으로 가정된다. 그러나, 일반적으로, 개시된 필름 본체들 중 임의의 것은 알려진 필름 설계, 처리, 및 후처리 기술에 따라 필름 본체의 평면 내에서 공간적 변동성을 갖도록 만들어질 수 있다.

[0020] 이제 도 1을 참조하면, 다층 광학 필름의 예시적인 광학 반복 유닛(ORU)의 개략 사시도가 도시된다. 도 1은 다층 광학 필름(100)의 2개의 층만을 도시하는데, 이 다층 광학 필름은 하나 이상의 인접한 패킷들 또는 스택들로 배열된 수십 또는 수백 개의 그러한 층들을 포함할 수 있다. 필름(100)은 개별 미세층(102, 104)을 포함하며, 여기서 "미세층"은 그러한 층들 사이의 복수의 계면에서 반사되는 광이 보강 또는 상쇄 간섭을 겪어서 다층 광학 필름에 원하는 반사 또는 투과 특성을 제공하도록 충분히 얇은 층을 말한다. 미세층(102, 104)은 함께 다층 스택의 하나의 광학 반복 유닛(ORU)을 나타낼 수 있는데, ORU는 스택의 두께 전체에 걸쳐 반복 패턴으로 반복되는 층들의 최소 세트이다. 미세층들은 상이한 굴절률 특성을 가져서, 일부 광이 인접 미세층들 사이의 계면에서 반사된다. 자외선, 가시광선, 또는 근적외선 파장에 있는 광을 반사하도록 설계된 광학 필름의 경우, 각각의 미세층은 전형적으로 약 1 마이크로미터 미만의 광학적 두께(즉, 물리적 두께에 관련 굴절률을 곱한 것)를 갖는다. 그러나, 원하는 바에 따라, 필름의 외측 표면에 있는 스키н 층, 또는 미세층들의 패킷들을 분리하는, 필름 내에 배치된 보호 경계 층(protective boundary layer, PBL)과 같은 더 두꺼운 층이 또한 포함될 수 있다.

[0021] 주 x-축, y-축, 및 z-축을 따라 편광된 광에 대한 미세층들 중 하나의 미세층(예컨대, 도 1의 층(102), 또는 하기의 도 2의 "A" 층)의 굴절률은 각각  $n_{1x}$ ,  $n_{1y}$ , 및  $n_{1z}$ 이다. 상호 직교하는 x-축, y-축, 및 z-축은, 예를 들어 재료의 유전체 텐서(tensor)의 주 방향들에 대응할 수 있다. 많은 실시예에서, 그리고 논의 목적으로, 상이한 재료들의 주 방향들이 일치하지만, 일반적으로 그럴 필요는 없다. 동일한 축을 따른 인접 미세층(예컨대, 도 1의 층(104), 또는 도 2의 "B" 층)의 굴절률은 각각  $n_{2x}$ ,  $n_{2y}$ ,  $n_{2z}$ 이다. 이들 층 사이의 굴절률의 차이는 x-방향을 따른  $\Delta n_x (= n_{1x} - n_{2x})$ , y-방향을 따른  $\Delta n_y (= n_{1y} - n_{2y})$ , 및 z-방향을 따른  $\Delta n_z (= n_{1z} - n_{2z})$ 이다. 이들 굴절률 차이의 특성은, 필름 내의(또는 필름의 주어진 스택 내의) 미세층의 개수 및 그것의 두께 분포와 조합하여, 필름의(또는 필름의 주어진 스택의) 반사 및 투과 특성을 제어한다. 예컨대, 인접 미세층들이 하나의 평면내 방향을 따른 큰 굴절률 부정합(큰  $\Delta n_x$ ) 및 직교하는 평면내 방향을 따른 작은 굴절률 부정합( $\Delta n_y \approx 0$ )을 갖는다면, 필름 또는 패킷은 수직 입사광에 대해 반사 편광기로서 거동할 수 있다. 반사 편광기는, 파장이 패킷의 반사 대역 내에 있다면, 하나의 평면내 축("차단축"으로 지칭됨)을 따라 편광된 수직 입사광을 강하게 반사하고, 직교하는 평면내 축("통과축"으로 지칭됨)을 따라 편광된 그러한 광을 강하게 투과시키는 광학체인 것으로 간주될 수 있다.

[0022] 원하는 경우, z-축을 따라 편광된 광에 대한 인접 미세층들 사이의 굴절률 차이( $\Delta n_z$ )가 또한 경사 입사광의 p-편광 성분에 대한 바람직한 반사율 특성을 달성하도록 조정될 수 있다. 경사 입사각에서 p-편광된 광의 근축상 반사율(near on-axis reflectivity)을 유지하기 위하여, 미세층들 사이의 z-굴절률 부정합( $\Delta n_z$ )이 최대 평면내 굴절률 차이( $\Delta n_x$ )보다 상당히 작아서,  $\Delta n_z \leq 0.5 * \Delta n_x$ 가 되도록 제어될 수 있다. 대안적으로,  $\Delta n_z \leq 0.25 * \Delta n_x$ . 0 또는 거의 0인 크기의 z-굴절률 부정합은, p-편광된 광에 대한 반사율이 입사각의 함수로서 일정하거나 거의 일정한 미세층들 사이의 계면을 생성한다. 게다가, z-굴절률 부정합( $\Delta n_z$ )은 평면내 굴절률 차이( $\Delta n_x$ )와 비교해 반대 극성을 갖도록, 즉  $\Delta n_z < 0$ 이 되도록 제어될 수 있다. 이러한 조건은, s-편광된 광에 대해 그러한 바와 같이, p-편광된 광에 대한 반사율이 입사각이 증가함에 따라 증가하는 계면을 생성한다.  $\Delta n_z > 0$ 이면, p-편광된 광에 대한 반사율은 입사각에 따라 감소한다. 상기의 관계는 또한 물론  $\Delta n_z$  및  $\Delta n_y$ 를 수반하는 관계에, 예를 들어 2개의 주 평면내 축을 따라 상당한 반사율 및 투과율이 요구되는 경우(예컨대, 균형화된 또는 대칭적인 부분 반사 미러 필름, 또는 그것의 통과축이 수직 입사에서 상당한 반사율을 갖는 부분 편광 필름)에 적용된다.

[0023] 도 2의 개략 측면도에서, 다층 필름(110)의 더 많은 내부 층이 도시되어, 다수의 ORU를 볼 수 있다. 필름은 국소 x-y-z 직교 좌표계에 관하여 도시되는데, 여기서 필름은 x-축 및 y-축에 평행하게 연장되고, z-축은 필름 및 그것의 구성 층들에 수직이고 필름의 두께 축에 평행하다.

[0024] 도 2에서, 미세층들은 "A" 또는 "B"로 표지되며, "A" 층은 하나의 재료로 구성되고 "B" 층은 상이한 재료로 구성되며, 이를 층은 도시된 바와 같이 광학 반복 유닛 또는 유닛 셀(ORU 1, ORU 2, ..., ORU 6)을 형성하도록 교번하는 배열로 적층된다. 많은 실시예에서, 중합체 재료로 전적으로 구성된 다층 광학 필름은 높은 반사율이 요구된다면 6개 초과의 많은 광학 반복 유닛을 포함할 것이다. 다층 광학 필름(110)은 도면에 도시된 미세층들의 스택을 미세층들의 다른 스택 또는 패킷(존재하는 경우)으로부터 분리할 수 있는 외측 스키н 층 또는 보호 경계 층("PBL", 미국 특허 제6,783,349호(니빈(Neavin) 등) 참조)을 나타낼 수 있는, 상당히 더 두꺼운 층(112)을 갖는 것으로 도시된다. 게다가, 원하는 경우, 2개 이상의 별개의 다층 광학 필름이, 예컨대 하나 이상의 두꺼운 접착제 층을 이용하여, 또는 압력, 열, 또는 다른 방법을 사용해 함께 라미네이팅되어 라미네이트

(laminate) 또는 복합 필름을 형성할 수 있다.

[0025] 일반적으로, 미세층들의 경계들은 급격할 수 있거나 점진적일 수 있다. 후자의 경우에 대해, 굴절률은  $\frac{1}{2}$  파장의 두께 방향을 따른 거리 내에서, 예컨대 고 굴절률의 영역으로부터 저 굴절률의 영역으로 점진적으로 변화할 수 있다. 본 명세서에 기술된 미세층들은 각각 2개 이상의 재료의 블렌드(blend)일 수 있다. 예를 들어, 각각의 미세층은 재료 A 및 재료 B 둘 모두를, 그러나 저 굴절률로부터 고 굴절률로의 굴절률의 공간적 변화를 제공하도록 상이한 비율로 포함할 수 있다. "미세층들의 스택", "미세층들의 패킷" 등과 같은 용어를 사용할 때, 광학적으로 두꺼운 층 또는 영역이 개재되지 않는 ORU들의 연속적인 세트를 형성하도록 고 굴절률로부터 저 굴절률로 그리고 다시 고 굴절률로 반복되는 방식으로 연속적으로 변화하는 굴절률을 갖는 필름 내의 영역을 포함하고자 한다. ORU의 광학적 두께는, 굴절률이 점진적으로 변화하든지 또는 급격하게 변화하든지 간에,  $\frac{1}{2}$  파장인 것으로 이해된다.

[0026] 일부 경우에, 주어진 스택 또는 패킷의 미세층들은  $\frac{1}{4}$  파장 스택에 대응하는 두께 및 굴절률 값을 가질 수 있는데, 즉 동일한 광학적 두께의 2개의 인접 미세층을 각각 갖는 ORU들로 배열될 수 있으며, 그러한 ORU는 그것의 파장( $\lambda$ )이 광학 반복 유닛의 전체 광학적 두께의 2배인 보강 간섭 광에 의해 반사하는 데 효과적이다. 본체의 "광학적 두께"는 그것의 물리적 두께에 그것의 굴절률을 곱한 것을 지칭한다. 각각의 ORU 내의 2개의 인접한 미세층이 동일한 광학적 두께를 갖는  $\frac{1}{4}$  파장 스택은 0.5 또는 50%의 "f-비"를 갖는다고 한다. 이와 관련하여 "f-비"는 완전한 광학 반복 유닛의 광학적 두께에 대한 구성 층 "A"의 광학적 두께의 비를 지칭하며, 여기서 구성 층 "A"는 구성 층 "B"보다 높은 굴절률을 갖는 것으로 가정되며; 층 "B"가 더 높은 굴절률을 갖는다면, f-비는 완전한 광학 반복 유닛의 광학적 두께에 대한 구성 층 "B"의 광학적 두께의 비이다. 50% f-비의 사용이 종종 바람직한 것으로 고려되는데, 그 이유는, 하기에 설명되는 바와 같이, 그것이 미세층들의 스택의 1차 반사 대역의 반사능을 최대화하기 때문이다. 그러나, 또한 하기에 설명되는 바와 같이, 50% f-비는 2차 반사 대역을 억제하거나 제거한다. 이것 또한 종종 많은 응용에서 바람직한 것으로 고려되지만; 그것은 미세층들의 주어진 스택의 2차 반사 대역이 동일한 스택으로부터의 1차 및/또는 3차 반사 대역과 중첩하여 넓어진 연속 반사 대역을 제공하는, 본 명세서에서 논의되는 고조파 중첩 접근법을 위해서는 바람직하지 않다.

[0027] 따라서, 다른 경우에, 광학 반복 유닛 내의 미세층들의 광학적 두께는 서로 상이할 수 있으며, 이에 의해 f-비는 50% 초과 또는 미만이다. 본 출원의 목적을 위해, 그것의 f-비가 본 명세서의 교시에 따라 임의의 적합한 값을 수 있는 미세층 스택을 포함하는 다층 광학 필름을 고려하며, 이때 그것의 f-비가 50%가 아닌 스택에 각별한 주의를 기울인다. 따라서, 도 2의 실시예에서, "A" 층은 일반성을 위해 "B" 층보다 얇은 것으로 도시된다. 각각의 도시된 광학 반복 유닛(ORU 1, ORU 2 등)은 그것의 구성 "A" 및 "B" 층의 광학적 두께들의 합과 동일한 광학적 두께(OT1, OT2 등)를 갖고, 각각의 광학 반복 유닛은 그것의 파장( $\lambda$ )이 ORU의 전체 광학적 두께의 2배인 광의 1차 반사를 제공한다.

[0028] 예시적인 실시예에서, ORU들의 광학적 두께들은 필름의 z-축 또는 두께 방향을 따른 두께 구배에 따라 상이하며, 이에 의해 광학 반복 유닛들의 광학적 두께는 스택의 하나의 면(예컨대, 상면)으로부터 스택의 다른 면(예컨대, 하면)으로 진행함에 따라 증가하거나, 감소하거나, 어떤 다른 함수 관계를 따른다. 그러한 두께 구배는 관심대상의 확장된 파장 대역에 걸쳐 그리고 또한 관심대상의 모든 각도에 걸쳐 실질적으로 스펙트럼적으로 평평한 광의 투과 및 반사를 제공하도록 넓어진 반사 대역을 제공하는 데 사용될 수 있다. 대안적으로, 개시된 미세층들의 패킷의 층 두께 구배가 관심대상의 파장 범위에 걸쳐 크게 변화하는 반사 및 투과 스펙트럼을 제공하도록 의도적으로 조정될 수 있다. 예를 들어, 다층 광학 필름 본체가 적색 광보다 청색 광을 더 많이 투과시키거나(또는 반사하거나), 또는 그 반대, 또는 청색 광 및 적색 광보다 녹색 광을 더 많이 투과시키는(또는 반사하는) 것이 바람직할 수 있다. 그러한 원하는 스펙트럼 불균일성은 다층 광학 필름 본체가 유색(불투명 또는 비-무색) 외관을 나타내게 할 수 있지만, 이러한 원하는 색상은 흔히 원하지 않는 것으로 고려될 수 있는 색상과 구별 가능한데, 원하는 색상은 스펙트럼 반사 또는 투과에서 상대적으로 느린 변화와 연관되는 반면, 원하지 않는 색상은 파장의 함수로서 이를 파라미터에서 더 빠른 변화와 연관된다는 점에서 구별 가능하다. 예를 들어, 원하는 색상과 연관된 반사 또는 투과에서의 스펙트럼 불균일성은 약 100 nm 이상의 특성 주기를 갖고서 파장의 함수로서 변할 수 있는 반면, 원하지 않는 색상과 연관된 반사 또는 투과에서의 스펙트럼 불균일성은 약 50 nm 미만의 특성 주기를 갖고서 파장의 함수로서 변할 수 있지만, 이러한 숫자는 층 두께 프로파일의 국소화된 붕괴의 크기에 어느 정도 좌우된다.

[0029] 일부 경우에 적외선 스펙트럼과 비교해 가시광선 스펙트럼에 걸쳐 실질적으로 상이한 수준의 반사율을 제공하는 것이 또한 바람직할 수 있다. 예를 들어, 적외선 파장의 범위에 걸쳐 높은 수준의 반사율(및 상응하여 낮은 수준의 투과율)을, 그리고 가시광선 스펙트럼의 일부 또는 전부에 걸쳐 보다 낮은 수준의 반사율(및 보다 높은 투

과율)을 제공하기를 원할 수 있다. 일부 경우에, 반사율 및 투과율의 급격한 단계적 변화가 2개의 고조파 반사 대역의 부분적인 스펙트럼 중첩의 결과로서, 그리고/또는 2개의 인접한 중첩하는 또는 실질적으로 중첩하는 고조파 반사 대역의 상이한 반사율의 결과로서 생성될 수 있다. 몇몇 그러한 실시예가 하기에 추가로 기술된다.

[0030] 적정한 개수의 층으로 반사율을 달성하기 위해, 인접 미세층들이 x-축을 따라 편광된 광에 대해, 예를 들어 0.03 이상의 굴절률 차이( $\Delta nx$ )를 나타낼 수 있다. 2개의 직교하는 편광에 대해 높은 반사율이 요구된다면, 인접 미세층들은 또한 y-축을 따라 편광된 광에 대해, 예를 들어 0.03 이상의 굴절률 차이( $\Delta ny$ )를 나타낼 수 있다. 일부 경우에, 인접 미세층들은 크기가 비슷한 2개의 주 평면내 축을 따른 굴절률 부정합( $\Delta nx$  및  $\Delta ny$ )을 가질 수 있으며, 이 경우에 필름 또는 패킷은 축상 미러 또는 부분 미러로서 거동할 수 있다. 대안적으로, 통과축 편광에 대해 부분적으로 반사성이도록 설계된 반사 편광기의 경우, 인접 미세층들은 x-축을 따라 편광된 광에 대해 큰 굴절률 차이( $\Delta nx$ )를, 그리고 y-축을 따라 편광된 광에 대해 더 작지만 여전히 상당한 굴절률 차이( $\Delta ny$ )를 나타낼 수 있다. 그러한 실시예의 변형에서, 인접 미세층들은 z-축을 따른 굴절률 정합 또는 부정합( $\Delta nz=0$  또는 큰  $\Delta nz$ )을 나타낼 수 있으며, 부정합은 평면내 굴절률 부정합(들)과 동일하거나 반대의 극성 또는 기호를 가질 수 있다. 그러한  $\Delta nz$ 의 조정은 경사 입사광의 p-편광된 성분의 반사율이 입사각이 증가함에 따라 증가하는지, 감소하는지, 또는 동일하게 유지되는지에 있어서 중요한 역할을 한다.

[0031] 그것의 반사율이 입사각에 따라 증가하는 반사기, 및 주어진 주 축을 따른 그것의 반사율이 입사각에 따라 감소하는 반사기 둘 모두가 원한다면 아포다이징 기술을 사용하여 감소된 색상을 갖도록 만들어질 수 있다. 이는, 그것의 반사율이 수직 입사에서 크고 수직 입사를 비롯한 다양한 각도에서 투과된 광에서 보여지는 필름의 경우에 중요할 수 있다.

[0032] 개시된 다층 광학 필름의 적어도 하나의 패킷 내의 미세층들 중 적어도 일부는 원하는 경우 복굴절성(예를 들어, 1축 복굴절성 또는 2축 복굴절성)일 수 있지만, 일부 실시예에서, 모두가 등방성인 미세층들이 또한 사용될 수 있다. 일부 경우에, 각각의 ORU는 하나의 복굴절성 미세층, 및 등방성이거나 다른 미세층에 비해 작은 양의 복굴절성을 갖는 제2 미세층을 포함할 수 있다. 대안적인 경우에, 각각의 ORU는 2개의 복굴절성 미세층을 포함할 수 있다.

[0033] 개시된 다층 광학 필름은 임의의 적합한 광 투과성 재료를 사용하여 제조될 수 있지만, 많은 경우에 저 흡수성 중합체 재료를 사용하는 것이 유익하다. 그러한 재료에 의해, 가시광선 및 적외선 파장에 걸친 미세층 스택의 흡수가 작거나 무시해도 될 정도로 만들어질 수 있어서, 스택(또는 그것이 일부인 광학 필름)에 대한 반사율과 투과율의 합이, 임의의 주어진 파장에서 그리고 임의의 지정된 입사각 및 편광 상태에 대해, 대략 1, 즉  $R + T \approx 1$ , 또는  $R \approx 1 - T$ 이다. 예시적인 다층 광학 필름은 중합체 재료로 구성되며, 공압출, 캐스팅(casting), 및 배향 공정을 사용하여 제조될 수 있다. 미국 특허 제5,882,774호(존자 등) "광학 필름(Optical Film)", 미국 특허 제6,179,948호(메릴(Merrill) 등) "광학 필름 및 이의 제조 공정(Optical Film and Process for Manufacture Thereof)", 미국 특허 제6,783,349호(니빈 등) "다층 광학 필름을 제조하기 위한 장치(Apparatus for Making Multilayer Optical Films)", 및 미국 특허 출원 공개 제2011/0272849호(니빈 등) "다층 중합체 필름을 제조하기 위한 피드블록(Feedblock for Manufacturing Multilayer Polymeric Films)"을 참조한다. 다층 광학 필름은 전술된 참고 문헌들 중 임의의 것에 기술된 바와 같이 중합체들의 공압출에 의해 형성될 수 있다. 다양한 층들의 중합체들은 유사한 리올로지 특성, 예를 들어 용융 점도를 갖도록 선택될 수 있어서, 그것들은 상당한 유동 방해 없이 공압출될 수 있다. 압출 조건은 각자의 중합체들을 공급 스트림들 또는 용융 스트림들로서 연속적이고 안정된 방식으로 적절히 공급, 용융, 혼합 및 펌핑하도록 선택된다. 용융 스트림들 각각을 형성 및 유지하는 데 사용되는 온도는, 온도 범위의 하한에서 동결, 결정화, 또는 과도하게 높은 압력을 회피하고, 범위의 상한에서 재료 열화를 회피하는 범위 내에 있도록 선택될 수 있다.

[0034] 간단히 요약하면, 제조 방법은 하기를 포함할 수 있다: (a) 완성된 필름에 사용될 제1 및 제2 중합체에 대응하는 수지의 적어도 제1 및 제2 스트림을 제공하는 단계; (b) 제1 및 제2 스트림을, 하기를 포함하는 것과 같은 적합한 피드블록을 사용하여 복수의 층으로 분할하는 단계: (i) 제1 및 제2 유동 채널을 포함하는 구배 플레이트(gradiant plate) - 여기서, 제1 채널은 유동 채널을 따른 제1 위치로부터 제2 위치로 변화하는 단면적을 가짐 -, (ii) 제1 유동 채널과 유체 연통하는 제1 복수의 도관 및 제2 유동 채널과 유체 연통하는 제2 복수의 도관을 갖는 피더 투브 플레이트(feeder tube plate) - 각각의 도관은 자신의 각자의 슬롯 다이(slot die)에 공급하고, 각각의 도관은 제1 단부 및 제2 단부를 가지며, 도관의 제1 단부는 유동 채널과 유체 연통하고, 도관의 제2 단부는 슬롯 다이와 유체 연통함 -, 및 (iii) 선택적으로, 상기 도관에 근접하게 위치된 축방향 로드 히터(rod heater); (c) 복합 스트림을 압출 다이를 통해 통과시켜, 각각의 층이 인접 층들의 주 표면(major

surface)에 대체로 평행한 다층 웨브(web)를 형성하는 단계; 및 (d) 다층 웨브를, 때때로 캐스팅 훈 또는 캐스팅 드럼으로 지칭되는 냉각 룰(chill roll) 상으로 캐스팅하여, 캐스트 다층 필름을 형성하는 단계. 이러한 캐스트 필름은 완성된 필름과 동일한 개수의 층을 가질 수 있지만, 캐스트 필름의 층은 전형적으로 완성된 필름의 층보다 훨씬 더 두껍다. 게다가, 캐스트 필름의 층들은 전형적으로 모두 등방성이다. 넓은 파장 범위에 걸친 반사율 및 투과율에 있어서 제어된 낮은 주파수 변동을 갖는 다층 광학 필름은 축방향 로드 히터의 열 구역 제어에 의해 달성될 수 있다(예컨대, 미국 특허 제6,783,349호(니빈 등) 참조).

[0035] 일부 경우에, 제조 장비는 완성된 필름 내의 층의 개수를 다중화하기 위해 하나 이상의 층 다중화기를 채용할 수 있다. 다른 실시예에서, 필름은 임의의 층 다중화기의 사용 없이 제조될 수 있다. 층 다중화기가 많은 수의 광학층의 생성을 크게 단순화하지만, 그것은 각각의 생성되는 층들의 패킷에, 각각의 패킷에 대해 동일하지 않은 왜곡을 부여할 수 있다. 이러한 이유로, 피드블록에서 생성되는 층들의 층 두께 프로파일에 있어서의 임의의 조절은 각각의 패킷에 대해 동일하지 않은데, 즉, 모든 패킷이 스펙트럼 봉괴가 없는 균일한 매끄러운 스펙트럼을 생성하도록 동시에 최적화될 수는 없다. 따라서, 저 투과 및 반사된 색상에 대한 최적의 프로파일은 다중화기를 사용하여 제조된 멀티-패킷 필름을 사용하여 제조하기가 어려울 수 있다. 피드블록에서 직접 생성된 단일 패킷 내의 층의 개수가 충분한 반사율을 제공하지 않는다면, 반사율을 증가시키기 위해 2개 이상의 그러한 필름이 부착될 수 있다. 저 색상 필름에 대해 매끄러운 스펙트럼 반사율 및 투과율을 제공하기 위한, 층 두께 제어에 대한 추가의 논의가 PCT 공보 WO 2008/144656호(웨버 등)에 제공된다.

[0036] 주어진 다층 필름 내의 모든 미세층의 광학적 두께가 동일하도록 설계된다면, 필름은 단지 좁은 파장 대역에 걸쳐 높은 반사율을 제공할 것이다. 그러한 필름은 대역이 가시광선 스펙트럼 내의 어딘가에 위치된다면 같은 색상으로 보일 것이며, 이 색상은 각도의 함수로서 변할 것이다. 디스플레이 및 조명 응용의 상황에서, 눈에 띄는 색상을 나타내는 필름은 일반적으로 회피되지만, 일부 경우에, 시스템 내의 어떤 다른 곳의 색상 불균형을 바로잡기 위해 주어진 광학 필름이 소량의 색상을 도입하는 것이 유익할 수 있다. 예시적인 다층 광학 필름 본체에는, 미세층 - 또는 보다 정확하게는, 많은(그러나 모두는 아님) 실시예에서 인접 미세층들의 쌍에 대응하는 광학 반복 유닛(ORU) - 을 소정 범위의 광학적 두께를 갖도록 조정함으로써, 예컨대 가시광선 스펙트럼 전체에 걸쳐, 또는 가시광선 및 적외선(IR) 파장의 적어도 일부에 걸쳐, 광대역 반사율 및 투과율이 제공된다. 전형적으로, 미세층들은 필름 또는 패킷의 하나의 면 상의 가장 얇은 ORU로부터 다른 면 상의 가장 두꺼운 ORU까지 필름의 z-축 또는 두께 방향을 따라 배열되며, 이때 가장 얇은 ORU가 반사 대역 내의 가장 얇은 파장을 반사하고 가장 두꺼운 ORU가 가장 긴 파장을 반사한다.

[0037] 다층 웨브가 냉각 룰 상에서 냉각된 후에, 그것은 완성된 또는 거의 완성된 다층 광학 필름을 생성하기 위해 연신되거나 신장될 수 있다. 연신 또는 신장은 하기의 2가지 목표를 성취한다: 그것은 층들을 그것들의 원하는 최종 두께로 박화시키고, 그것은 층들 중 적어도 일부가 복굴절성이 되도록 층들을 배향시킬 수 있다. 배향 또는 신장은 웨브-횡단(cross-web) 방향을 따라(예컨대, 텐터(tenter)를 통해), 웨브-하류(down-web) 방향을 따라(예컨대, 길이 배향기(length orienter)를 통해), 또는 동시에든지 또는 순차적으로든지 간에 이들의 임의의 조합으로 성취될 수 있다. 한 방향만을 따라 신장된다면, 신장은 "비구속적"(여기서, 필름은 신장 방향에 수직인 평면내 방향으로 치수적으로 이완되도록 허용됨)이거나, "구속적"(여기서, 필름은 구속되며 이에 따라 신장 방향에 수직인 평면내 방향으로 치수적으로 이완되도록 허용되지 않음)일 수 있다. 둘 모두의 평면내 방향을 따라 신장된다면, 신장은 대칭적이거나, 즉 직교하는 평면내 방향들을 따라 동일하거나, 비대칭적일 수 있다. 대안적으로, 필름은 배치 공정(batch process)으로 신장될 수 있다. 어떤 경우에도, 후속적인 또는 동시적인 연신 감소, 응력 또는 변형 평형, 열 고정(heat setting), 및 다른 처리 작업이 또한 필름에 적용될 수 있다.

[0038] 진공 증착된 스택 설계와 공압출된 중합체 다층 스택 설계 사이의 적어도 하나의 차이는 층 프로파일 분포의 형상이다. 진공 증착된 필름에 있어서, 원하는 스펙트럼은 컴퓨터 최적화된 스택 설계에 따르도록 스택 내의 모든 층의 두께를 개별적으로 조절함으로써 달성된다. 이러한 방식으로, 스펙트럼 리플(ripple)과 같은 문제가 일상적으로 최소화된다. 인접 층들은 때때로 두께가 10배만큼 상이하며, 이때 두께 값은 종종 약 0.05 λ 내지 1.0 λ의 범위이다. 공압출된 중합체 필름 스택에 있어서, 이러한 방식의 개별 층들의 온라인 모니터링 및 제어는 이러한 기술에 있어서 아직 실행가능한 옵션이 아니다. 결과적으로, 스펙트럼 형상은 연속적인 그리고 매끄럽게 변화하는 층 두께 프로파일의 형상에 의해 주로 제어된다. 그러나, 그러한 프로파일은 중합체 필름 스택으로 제한되지 않는다.

[0039] 주어진 광학 스택으로부터의 고조파 반사 대역들을 중첩시켜 단일의 넓어진 반사 대역을 생성함

[0040] 다층 광학 필름 스택의 특히 효율적인 사용이, 특히 가시광선 파장 및 적외선 파장 둘 모두에 걸치는 넓은 스펙

트럼 범위에 걸쳐 높은 또는 적어도 상당한 반사율을 필요로 하는 응용에서, 적어도 하나의 2차 반사 대역을 비롯한, 광학 물품 내의 주어진 다층 스택 또는 패킷으로부터의 다수의 고조파 반사 대역을 중첩시킴으로써 이루어질 수 있음을 알게 되었다. 물품의 기능적 작동에서 1차 반사뿐만 아니라 2차 반사를 사용함으로써, 그리고 2차 반사 대역이 1차 반사 대역 및/또는 3차 반사 대역과 중첩하거나 실질적으로 중첩하여 넓어지고 조합된 연속적인 반사 대역을 생성하도록 스택을 조정함으로써, 효율이 향상될 수 있다. 일부 경우에, 미세층들의 스택이 단일 연속적 반사 대역으로부터 스펙트럼적으로 분리되고 그것의 일부가 아닌 적어도 하나의 다른 반사 대역을 생성할 수 있음을 독자는 이해하여야 한다. 예를 들어, 도 11a 및 도 11b와 관련하여 하기에 기술되는 바와 같이, 2차, 3차, 및 4차 반사 대역이 서로 중첩하여 단일의 넓어진 연속적인 반사 대역을 형성할 수 있지만, 미세층들의 스택은 또한 그러한 넓어진 반사 대역으로부터 이격되고 그것의 일부가 아닌 1차 반사 대역을 생성할 수 있다.

[0041] 게다가, 상당한 2차 반사를 생성하기 위해, 주어진 스택 내의 "A" 및 "B" 미세층의 상대적 두께는 광학 반복 유닛의 f-비가 0.5(50%)와는 현저히 상이하도록 조정되며, 이러한 설계 특징은 또한 필름 제조업자에게 상당한 이익을 제공할 수 있다. 특히, "A" 미세층의 재료 "A"가 "B" 미세층의 재료 "B"보다 더 고가일 경우(또는 그 반대), 그것의 f-비가 0.5인 스택 설계에 비해, 스택에서 재료 "A"의 양을 감소시키고 재료 "B"의 양을 증가시키는(또는 그 반대) f-비를 선택할 수 있다. ORU 내의 "보다 얇은" 미세층을 보다 고가의 재료로 그리고 ORU 내의 "보다 두꺼운" 미세층을 보다 저렴한 재료로 선택함으로써, 완성된 필름의 총 원재료 비용이 상당히 감소될 수 있다. 예를 들어, 광학 품질 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN)는 현재 광학 품질 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)보다 더 고가이며; 따라서, 상당한 2차 반사를 생성하는 50% 이외의 목표 f-비를 달성하기 위해, 각각의 광학 반복 유닛 내의 PEN 미세층의 두께는 감소될 수 있는 반면, 각각의 광학 반복 유닛 내의 PET 미세층의 두께는 증가될 수 있어서, 필름의 총 재료 비용을 감소시킨다.

[0042] 이제 도 3을 참조하면, ORU들의 군을 형성하는 미세층들의 스택의 두께 프로파일의 이상화된 표현을 볼 수 있으며, 이러한 특별한 스택은 아포다이징된 부분을 갖지 않는다. 두께 프로파일의 각각의 개별 점은 하나의 ORU의 광학적 두께를 나타낸다. 그래프는 스택의 하나의 단부로부터 다른 단부까지 순서대로 배열된 40개의 ORU를 가정하지만, 40개 초과 또는 미만의 ORU가 대안적인 실시예에서 사용될 수 있다. 두께 프로파일은 ORU 1에서의 최소치 OT1로부터 ORU 40에서의 최대치 OT40까지의, 두께의 구배를 보인다. 구배는, 두께의 구배를 갖지 않는 유사한 스택에 비해, 스택에 의해 생성되는 반사 대역의 스펙트럼 폭을 넓히는 효과를 갖는다. 간략함을 위해 단순한 선형 두께 프로파일이 도시되지만, 예컨대 곡선, 굴곡부, 및/또는 아포다이징된 부분을 채용하는 보다 복잡한 프로파일이 또한 채용될 수 있다.

[0043] 개별 층 두께가 도시되지 않기 때문에, ORU의 두께 프로파일은 스택에 사용되는 f-비에 관한 어떠한 정보도 보여주지 않는 것에 유의한다. 달리 말하면, 도 3의 것을 비롯한, 주어진 ORU 두께 프로파일은 ORU의 광학적 두께를 변함없는 상태로 유지하면서 f-비를 상이하게 조정함으로써 다수의 상이한 방식으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 일부 경우에 각각의 ORU에서 "A" 미세층이 "B" 미세층보다 상당히 더 얇을 수 있는 반면, 다른 경우에 각각의 ORU에서 "A" 미세층이 "B" 미세층보다 상당히 더 두꺼울 수 있는 반면, 또 다른 경우에 각각의 ORU에서 "A" 및 "B" 미세층이 대략 동일한 두께일 수 있다.

[0044] 도 4에서, 이상화된 개략도는, 스택의 설계 상세사항에 따라, 도 3의 것과 같은 미세층 스택이 생성할 수 있는 다양한 고조파 반사 대역을 도시한다. 이와 관련하여 반사 대역은, 본 출원의 목적을 위해, 반사율 대 파장의 플롯 상의 증가된 반사율의 단일의 한정된 영역을 지칭하며, 여기서 반사율은 그 영역 내에서 30% 이상의 값을 달성한다. 각각의 고조파 차수의 반사 대역은 2개의 대향된, 직선형, 수직 대역 에지, 대역 내의 평평한 또는 균일한 반사율을 갖고, 리플 또는 링잉을 갖지 않도록 단순화된 또는 이상화된 방식으로 도시된다. 이러한 직사각형 형상의 반사 대역이 실제 필름에서는 발견될 수 없지만, 이상화된 직사각형 반사 대역은 보다 복잡한 형상을 갖는 실제 반사 대역을 근사화하거나 표현하는 데 유용할 수 있다. 예시적인 목적으로, 1차, 2차, 3차, 4차, 5차, 및 6차 반사 대역이 모두 동일한 그래프 상에 도시되지만, 실제로는, 스택에 사용되는 f-비에 따라, 일부가 전형적으로 반사율 스펙트럼에 부존재하거나 실질적으로 부존재할 것이다. 또한, 고조파의 반사율은 차수가 증가함에 따라 단조 감소하는 것으로 도시되지만, 이는 항상 그렇지는 않다. 일부 경우에, 다른 반사 대역보다 큰 반사율을 갖는 반사 대역이 또한 보다 높은 차수를 가질 수 있다.

[0045] 이와 관련하여, 도 5a를 참조한다. 이 도면은 미세층 스택의 f-비의 함수로서의 상대적 반사능의 그래프이다. 이와 관련하여, 미세층 스택의 "반사능"은 파장으로 나눔으로써 정규화된,  $\text{Log}(1-R)$  스펙트럼(광학적 밀도)의 네거티브(negative) 하의 면적을 지칭한다. 수치 적분에 의해, 반사능 스펙트럼의 각각의 증분 면적이 국소 파

장으로 나누어질 수 있다:  $(\text{Log}(1-R(\lambda n))) \times (\lambda_{n+1} - \lambda_n) / \lambda_n$ . (여기서 파라미터 "R"은 파장의 함수인, 스택의 반사율을 지칭한다.  $R = 1$ 의 값은 1.0 또는 100%의 반사율에 대응하고,  $R = 0.5$ 의 값은 0.5 또는 50%의 반사율에 대응하고, 등등이다.) 스택에 의해 생성되는 개별 고조파 대역들의 반사능은, 그것들이 서로 중첩하지 않으면, 이러한 방식으로 결정될 수 있다. 광학적 모델링 또는 실험에 의해, 중합체 다층 광학 스택에서 발견되는 것과 같은, 작은 굴절률 차이를 갖는 교번하는 고 굴절률 층 및 저 굴절률 층의 스택의 반사능이 굴절률 차이의 제곱에 비례한다는 것을 알 수 있다. 이러한 반사능에 대한 f-비의 영향은 다음과 같이 주어진 m차 고조파 차수 대역에 대한 유효 굴절률 차이를 사용하여 표현될 수 있으며:

$$\Delta n_{\text{effective}} = c_m \frac{\pi}{4} \Delta n$$

[0046]

[0047] 여기서,  $\Delta n$ 은 실제 굴절률 차이이고,  $c_m$ 은 급수 내의 m차항에 대한 스택의 비대칭 사각파 굴절률 파형의 푸리에 표현의 푸리에 계수이다. 주어진 고조파 반사 대역에서의 반사능(RP)은 이러한 유효 굴절률 차이의 제곱에 비례하는 것으로 보일 수 있다:

$$RP \propto (\Delta n_{\text{effective}})^2$$

[0048]

[0049] 비대칭 사각파의 각각의 차수 m에 대한 푸리에 계수는 다음에 의해 주어지며:

$$c_m = \left( \frac{4}{m\pi} \right) \times |\sin(m\pi f)|$$

[0050]

[0051] 여기서, f는 f-비이다. 이들 방정식으로부터, 반사능(RP)이 하기의 간단한 공식에 비례한다는 것을 알 수 있다:

$$RP \propto \left( \frac{1}{m} \right) \sin^2(m\pi f)$$

[0052]

[0053] 이러한 함수는, 1차 반사 대역(f-비가 0.5일 때 발생함)의 최대 반사능을 1.0으로 설정함으로써 정규화한 후에, 몇몇 고조파 차수에 대해 도 5a에 플로팅된다. 처음의 4개의 고조파 차수 각각에 대해, 즉 1차 반사( $m = 1$ ), 2차 반사( $m = 2$ ), 3차 반사( $m = 3$ ), 및 4차 반사( $m = 4$ )에 대해 곡선이 제공된다. 그래프의 검토는, 0.5(또는 50%)의 f-비에서, 1차 및 3차 반사는 최대화되는 반면, 2차 및 4차 반사는 0인 것을 보여준다. 대조적으로, 1/3 또는 2/3(각각 약 33% 또는 67%)의 f-비에서, 1차 반사는 상당하지만 그것의 최대치로부터 어느 정도 감소되고, 2차 및 4차 반사는 상당하지만 1차 반사보다 작고, 3차 반사는 0이다. 상이한 고조파 차수들의 매우 다양한 상대적 반사 크기가 원하는 f-비를 선택함으로써 얻어질 수 있다. 주어진 m차 고조파에 대한, 상대적 반사능을  $a_m$ 으로 지칭할 수 있다.

[0054]

도 5b는 도 5b가 f-비의 함수로서 푸리에 계수( $c_m$ )의 상대적 진폭을 플로팅한다는 점에서 도 5a에 관련되며, 이 때 상이한 고조파 차수 번호( $m$ )에 대한 곡선이 도면에 도시된다.

[0055]

도 6a 및 도 6b는 도 4의 것과 유사한 단일 미세층 스택에 대한 이상화된 스펙트럼 반사율 그래프이지만, 도 6a 및 도 6b는 스택이 고조파 차수가 각자의 반사 스펙트럼에 존재하고 부존재하는 영향(ramification)을 갖는 특정 f-비를 갖도록 만들어진 것으로 가정한다. 특히, 도 6a는 스택이 0.5의 f-비를 갖도록 만들어진 것으로 가정한다. 이러한 경우에, 도 5a에 따르면, 도 4로부터의 1차 및 3차 반사 대역은 존재하고, 도 4로부터의 2차 및 4차 반사 대역은 부존재한다. 도 6b는 1/3 또는 2/3의 f-비를 가정하며, 이는 상당한 1차, 2차, 및 4차 반사 대역을 산출하지만, 3차 반사 대역은 산출하지 않는다.

[0056]

본 명세서에 기술된 중첩 기술은 개별 미세층 재료들 및 그들을 각자의 굴절률 및 굴절률 차이, 미세층 및 ORU의 개수, 광학 반복 유닛의 층 두께 프로파일, 및 스택 내의 ORU의 f-비와 같은 설계 파라미터의 적절한 선택에 의해 대상 미세층 스택의 스펙트럼 반사율을 적합하게 조정하는 것에 의존한다. 일부 경우에, 제2 미세층 스택이 대상 스택과 광학적 직렬로 배치되어, 대상 스택에 의해 투과되는 광이 제2 스택에 입사하고/하거나, 제2 스택에 의해 투과되는 광이 대상 스택에 입사하게 할 수 있다. 이것들과 같은 배열을 구현하는 다층 광학 필름이

도 7 및 도 8에 개략적으로 도시된다.

[0057] 도 7에서, 물품(710)은 공압출 및 일방향 또는 양방향으로의 선택적인 배향 또는 신장에 의해 제조된 광학 필름일 수 있다. 물품(710)은 광학적으로 두꺼운 층(714a, 714b) 사이에 개재된 미세층 스택(712)을 갖는다. 광학적으로 두꺼운 층(714a, 714b)은 보호 경계 층(PBL) 및/또는 스키 층일 수 있다. 스택(712)은 미세층을 포함하지만 광학적으로 두꺼운 층은 포함하지 않는다. 미세층들은, 상기에 논의된 바와 같이, 서로 중첩하거나 실질적으로 중첩하는, 적어도 2차 반사 대역을 포함한, 다수의 고조파 반사 대역을 생성하도록 조정된 굴절률 및 층 두께 프로파일을 갖는 ORU들로 배열될 수 있다.

[0058] 일부 경우에, 미세층들의 패킷 또는 스택은, 단일의 공압출된 광학 필름의 일부로서든지, 또는 개별적으로 제조되고 추후에 서로 접합되거나 달리 조합되는 필름으로서든지 간에, 다른 미세층 스택과 조합될 수 있다. 예를 들어, 도 8에서, 물품(810)은 개별적으로 공압출 및 제조된 다음에, 예컨대 광학적으로 투명한 접착제이거나 그것을 포함할 수 있는 광학적으로 두꺼운 층(814c)으로 함께 라미네이팅되거나 달리 접합된 2개의 광학 필름(826a, 826b)으로부터 제조될 수 있다. 필름(826a)은 제1 미세층 스택(812a), 및 PBL과 같은 선택적인 광학적으로 두꺼운 층(814a, 814b)을 포함한다. 필름(826b)은 제2 미세층 스택(812b), 및 PBL과 같은 선택적인 광학적으로 두꺼운 층(814d, 814e)을 포함한다. 음의 z-방향으로 이동하고 제1 스택(812a)에 의해 투과되는 임의의 광이 제2 스택(812b)에 입사한다. 양의 z-방향으로 이동하고 제2 스택(812b)에 의해 투과되는 임의의 광이 제1 스택(812a)에 입사한다. 따라서, 물품(810)에서 제1 스택과 제2 스택의 반사 특성이 조합될 수 있다. 일부 경우에, 제1 스택(812a)은 본 명세서에 기술된 고조파 대역 중첩 기술을 채용할 수 있는 반면, 제2 스택(812b)은 그렇지 않다. 다른 경우에, 제1 및 제2 스택(812a, 812b)은 각각 중첩 기술을 채용할 수 있다. 일부 경우에, 스택들은 스택 중 하나가 다른 스택이 거의 또는 전혀 반사를 갖지 않는 스펙트럼의 영역에서, 예컨대 다른 반사 대역들 사이의 통과 대역에서 1차 또는 보다 높은 차수의 반사 대역을 제공하도록 설계될 수 있다.

[0059] 이제 확장된 또는 넓어진 반사 대역을 산출하기 위해 중첩 고조파 반사 대역들을 제공하도록 설계된 다층 스택의 몇몇 대표적인 경우를 기술할 것이다. 각각의 경우에, 2차 반사 대역은 1차 반사 대역 및/또는 3차 반사 대역(만약에 있다면)과 중첩하거나 실질적으로 중첩한다. 처음에 단순화된 스펙트럼 반사율 디아그램과 관련하여 몇몇 대표적인 경우를 기술한다(도 9a 내지 도 11b 참조). 나중에 그것들의 반사율 특성을 계산하거나 모델링하였던, 특정 ORU 두께 프로파일 및 f-비를 갖는 실시예와 관련하여 몇몇 대표적인 경우를 기술한다. 도 13 내지 도 18b 참조한다. 마지막으로, 문제의 미세층 스택이 1차 또는 3차 반사 대역과 실질적으로 중첩하지 않는 2차 반사 대역을 갖는 비교예를 기술한다. 도 19 내지 도 21 참조한다.

[0060] 도 9a는 2차 반사 대역이 1차 및 3차 반사 대역 중 적어도 하나와 중첩하여 단일의 넓어진 반사 대역을 생성하도록 만들어진 하나의 경우를 예시한다. 간단히 말해서, 미세층 스택은 스택이 다수의 고조파 반사 대역을 제공하도록 조정된다. 스택의 ORU 두께 구배는, 주어진 편광 상태 및 수직 입사와 같은 설계 입사각의 광을 가정할 때, 1차, 2차, 및 3차 반사 대역이 도면에 도시된 바와 같도록 소정 범위의 광학적 두께를 커버한다. 도면에서의 모든 반사 대역은 설명의 용이함을 위해 단순화된 또는 이상화된 형태로, 즉 직사각형 형상으로 도시된다. 미세층 스택의 f-비는 0.25이다. 도 5a에 따르면, 이러한 f-비는 1차, 2차, 및 3차 고조파를 생성하며, 이때 1차의 반사능은 2차의 반사능과 동일하고, 3차는 더 낮지만 0이 아닌 반사능을 갖는다. 도면에서, 일반성을 위해 수직 "반사율" 축 상에 눈금이 제공되지 않지만, 1차 및 2차 대역이 대략 동일한 반사율을 갖고 3차 대역이 상당히 감소된 반사율을 갖는 한, 상이한 대역들의 상대적 높이는 적어도 거의 정확하다. 1차 대역은 800 nm에 있는 좌측 대역 에지로부터 1600 nm에 있는 우측 대역 에지까지 연장된다. 2차 대역은 400 nm에 있는 좌측 대역 에지로부터 800 nm에 있는 우측 대역 에지까지 연장된다. 3차 대역은 266 nm에 있는 좌측 대역 에지로부터 533 nm에 있는 우측 대역 에지까지 연장된다. 3차보다 높은 고조파는 간략함을 위해 도시되지 않는다. 따라서, 2차 반사 대역이 1차 반사 대역 및 3차 반사 대역 둘 모두와 (스펙트럼적으로) 중첩한다. 1차 대역과의 2차 대역의 중첩은 2차 대역의 우측 대역 에지가 1차 대역의 좌측 대역 에지와 일치할 때, 또는 2차 대역의 우측 대역 에지가 1차 대역 내에 속할 때, 즉 2차 대역의 우측 대역 에지가 1차 대역의 좌측 대역 에지와 우측 대역 에지 사이에 있을 때 확립된다. 유사하게, 3차 대역과의 2차 대역의 중첩은 2차 대역의 좌측 대역 에지가 3차 대역의 우측 대역 에지와 일치할 때, 또는 2차 대역의 좌측 대역 에지가 3차 대역 내에 속할 때, 즉 2차 대역의 좌측 대역 에지가 3차 대역의 좌측 대역 에지와 우측 대역 에지 사이에 있을 때 확립된다.

[0061] 중첩하는 1차, 2차, 및 3차 고조파 대역의 결과로서, 적어도 이들 3개의 고조파 반사 대역의 조합인 단일 광대역 반사 대역이 형성된다. 동일한 편광 상태 및 동일한 설계 입사각에 대한, 그러한 단일 광대역 반사 대역이 도 9b에 도시된다. 이러한 대역은 약 266 nm의 좌측 대역 에지(3차 대역의 좌측 대역 에지에 대응함)로부터 약 1600 nm의 우측 대역 에지(1차 대역의 우측 대역 에지에 대응함)까지 연장되는 것으로 도시된다. 이러한 넓은

또는 확장된 대역은, 400 nm 부근에 있는 스펙트럼의 청색/자색 단부에서를 제외하고는, 적외선 전체에 걸쳐 그리고 대부분의 가시광선 스펙트럼에 걸쳐 비교적 일정한 반사율을 제공하며, 여기서 그것은 2차와 3차의 조합으로 인해 400 nm 내지 533 nm에서 약간 더 높고, 그것은 266 nm 내지 400 nm에서 상당히 더 낮다.

[0062] 본 명세서 전체에 걸쳐, 주어진 반사 대역의 좌측 대역 에지는 대안적으로 그것의 파장이  $\lambda_s$ 로 표기될 수 있는, 단파장 대역 에지로 지칭될 수 있다. 유사하게, 주어진 반사 대역의 우측 대역 에지는 대안적으로 그것의 파장이  $\lambda_l$ 로 표기될 수 있는, 장파장 대역 에지로 지칭될 수 있다. 주어진 대역의 고조파 차수, 예컨대 1차 또는 2차를 표기하기 위해 추가의 하첨자가 또한 본 명세서에 사용된다. 따라서, 예를 들어,  $\lambda_{s1st}$ 는 1차 반사 대역의 좌측 대역 에지의 파장을 지칭하고,  $\lambda_{l2nd}$ 는 2차 반사 대역의 우측 대역 에지의 파장을 지칭한다.

[0063] 하나의 반사 대역과 다른 반사 대역의 스펙트럼 중첩의 영역에서, 반사율들은 "코히런트(coherent)" 방식보다는 "비코히런트(incoherent)" 방식으로 조합된다. 예를 들어, 동일한 파장에서 하나의 고조파 대역이 반사율 R1을 갖고 다른 고조파 대역이 반사율 R2를 갖는다면, 그러한 파장에서의 스택의 총 반사율 R은 단순 합  $R = R_1 + R_2$ 에 의해서보다는 이른바 "파일-오브-플레이츠(pile-of-plates)" 공식,

$$R = \frac{R_1 + R_2 \times (1 - 2R_1)}{1 - R_1 \times R_2}$$

[0064] [0065] 예 의해 주어질 것이다. 예를 들어, R1이 60%이고 R2가 30%이면, 조합의 반사율 R은 90%에 의해서보다는 약 66%에 의해 주어진다.

[0066] 여기서, 명확하게 할 점은 공기 계면의 효과에 관하여 적절하다. 광학 필름 또는 필름 본체는 외측 전면 또는 상부 주 표면 및 외측 배면 또는 하부 주 표면을 갖는다. 이들 2개의 외측 표면 각각은 전형적으로 공기, 진공, 또는 다른 불활성 가스에 노출된다. 반사방지 코팅이 제공되지 않는 한, 광은 광학 필름의 내부 구조 또는 구성에 무관하게 이들 2개의 외측 표면에서 반사된다. 필름(또는 미세층 스택과 같은, 그것의 구성요소)의 반사 특성을 논의할 때, 외측 표면 반사의 효과를 반사율 값에 포함시킬 수 있거나, 이들 외측 표면 반사의 효과를 제외시킬 수 있다. 외측 표면 반사의 효과를 포함하는 반사율 값은 "외부(external)" 반사율로 지칭되고, 외측 표면 반사의 효과를 포함하지 않는 반사율 값은 "내부(internal)" 반사율로 지칭된다. 달리 말하면, 필름 또는 다른 물체의 "내부 반사율"은 필름의 전면 또는 배면(또는 상부 또는 하부 등)에, 필름과는 상이한 굴절률의 공기 또는 임의의 다른 매질과의 접촉으로 인한 어떠한 계면도 부존재할 때 필름이 가질 반사율이다. "내부 투과율" 및 "외부 투과율"은 유사한 방식으로, 그러나 투과율에 대해 정의된다. 본 명세서의 목적을 위해, 달리 명확하게 반대로 지시되지 않는 한, "반사율" 등의 용어는 외부 반사율을 지칭하고, "투과율" 등의 용어는 외부 투과율을 지칭한다. 따라서, 예를 들어, R1 및 R2의 관점에서 총 반사율 R에 대한 상기의 "파일-오브-플레이츠" 공식에서, R1 및 R2가 내부 반사율의 관점에서 주어지면, 계산된 R이 또한 내부 반사율을 지칭할 것이다. 대안적으로, "파일-오브-플레이츠" 공식은 R1이 하나의 외측 계면에서의 표면 반사의 효과를 포함할 수 있고, R2가 대량 외측 계면에서의 표면 반사의 효과를 포함할 수 있는 방식으로 해석될 수 있으며, 그 결과 R은 필름의 외부 반사율, 즉 필름의 둘 모두의 외측 표면으로부터 반사되는 광의 효과를 포함하는 필름의 반사율을 나타낼 것이다.

[0067] 도 9a에서의 반사 대역 형상의 간략함은 상기에 논의된 중첩 기술을 쉽게 이해 가능하게 만든다. 그러나, 상기 예 언급된 바와 같이, 실제 미세층들의 스택에 의해 생성되는 실제 반사 대역은 이상적인 직사각형 형상을 갖지 않으며; 그 결과, 주어진 반사 대역이 다른 반사 대역과 중첩하는지 여부의 결정은, 반사 대역의 좌측 및 우측 대역 에지의 정확한 파장 값이 쉽게 결정될 수 없을 정도까지, 덜 수월해진다. 이러한 이유로, 미세층 스택에 의해 생성되는 주어진 고조파 차수 반사 대역에 대해 좌측 및 우측 대역 에지의 스펙트럼 위치를 신뢰성 있게 결정하기 위한 방법론을 아래에 추가로 제공하며, 이러한 방법론은 측정된 또는 모델링된 스펙트럼 반사율의 분석, 및 스택에 대한 측정된 또는 모델링된 ORU 두께 프로파일의 분석 둘 모두를 포함하며, 스택의 f-비가 또한 이러한 분석에서의 인자이다.

[0068] 실제 미세층들의 스택에 의해 생성되는 실제 반사 대역이 이상적인 직사각형 형상을 갖지 않는다는 사실은 또한 반사 대역 중첩의 개념에 관하여 영향을 미친다. 특히, 중첩하지 않는 2개의 반사 대역은 대역 에지의 위치를 결정하는 본 명세서의 방법론의 엄격한 고수에 따르면 - 예컨대, 보다 짧은 파장의 반사 대역의 본 명세서에서 결정된 바와 같은 우측 대역 에지가 보다 긴 파장의 반사 대역의 본 명세서에서 결정된 바와 같은 좌측 대역 에지로부터 단지 수 나노미터만큼 분리될 수 있어, 그러한 대역들이 중첩하는 것으로 고려되지 않을 것임 - 그럼에도 불구하고 합리적으로 단일 광대역 반사 대역으로서 특성화될 수 있는 스펙트럼 특징부를 생성하기에 충분

히 가까울 수 있다. 그러한 상황을 고려하기 위해, (a) 상기에 논의된 바와 같은, 2개의 반사 대역 사이의 실제 중첩, 및 (b) 인접 반사 대역들의 2개의 인근의 대역 에지 사이에 실제 중첩이 없지만, 대역 에지들 중 하나의 대역 에지의 파장(예컨대,  $\lambda_{L2nd}$ )이 다른 대역 에지의 파장(예컨대,  $\lambda_{S1st}$ )과 어느 한 대역 에지의 파장의 5% 이하만큼 상이한 경우 둘 모두를 포함하기 위해 용어 "실질적으로 중첩하다"(및 "실질적으로 중첩하는" 등과 같은 관련 용어)를 사용한다.

[0069] 도 10a는 2차 반사 대역이 1차 및 3차 반사 대역 중 적어도 하나와 중첩하여 단일의 넓어진 반사 대역을 생성하도록 만들어진 다른 경우를 예시한다. 간단히 말해서, 미세층 스택은, 스택 내의 모든 ORU의 f-비가 0.25로부터 0.33, 즉 1/3로 변화된 것을 제외하고는, 도 9a와 연관된 스택과 실질적으로 동일한 방식으로 제조될 수 있다. 도 5a를 참조하면, 변경된 f-비는 1차 및 2차 고조파를 생성하지만, 3차 고조파는 생성하지 않는다. 도 5a는 또한 1/3의 f-비에 대한, 2차의 반사능이 도 9a에서와 같이 1차의 반사능과 동일하기보다는 그것보다 상당히 작은 것을 보여준다. 꼭 도 9a에서와 같이, 도 10a에 도시된 반사 대역은 주어진 편광 상태 및 수직 입사와 같은 설계 입사각의 광에 대한 스택의 반사율을 나타낸다. 또한, 일반성을 위해 도 10a의 수직 "반사율" 축 상에 눈금이 제공되지 않지만, 2차 대역이 1차 대역보다 상당히 더 낮은 반사율을 갖고, 3차 대역이 존재하지 않는 한, 상이한 대역들의 상대적 높이는 거의 정확하다. 1차 대역은 800 nm에 있는 좌측 대역 에지로부터 1600 nm에 있는 우측 대역 에지까지 연장된다. 2차 대역은 400 nm에 있는 좌측 대역 에지로부터 800 nm에 있는 우측 대역 에지까지 연장된다. 3차 대역은 존재하지 않으며, 3차보다 높은 고조파는 간략함을 위해 도시되지 않는다. 따라서, 이러한 경우에, 2차 반사 대역이 1차 반사 대역과 (스펙트럼적으로) 중첩한다.

[0070] 중첩하는 1차 및 2차 고조파 대역의 결과로서, 이를 2개의 고조파 반사 대역의 조합인 단일 광대역 반사 대역이 형성된다. 단일 광대역 반사 대역이 도 10b에 도시되며, 이는 도 10a와 동일한 편광 상태 및 동일한 설계 입사각을 가정한다. 이러한 대역은 약 400 nm의 좌측 대역 에지(2차 대역의 좌측 대역 에지에 대응함)로부터 약 1600 nm의 우측 대역 에지(1차 대역의 우측 대역 에지에 대응함)까지 연장되는 것으로 도시된다. 넓은 또는 확장된 대역은 적외선 영역의 많은 부분에 걸쳐 비교적 일정한, 그리고 또한 가시광선 스펙트럼의 대부분에 걸쳐 비교적 일정한, 그러나 상당히 더 낮은 수준(실질적으로 상이한 반사율)의 반사율을 제공한다. 즉, 광대역 반사 대역은 반사율 및 투과율에 있어서 단계적 변화를 갖는다. 그러한 반사 특성을 갖는 다층 광학 필름은, 예컨대 사람이 필름을 통해 물건을 보도록 허용하기 위해 가시광선 스펙트럼의 전부 또는 대부분에 걸쳐 부분 반사 및 부분 투과가 요구되는, 그리고 적외선 스펙트럼의 대부분에 걸쳐 훨씬 더 높은 반사율이 요구되는 응용에 유용할 수 있다.

[0071] 도 11a는 2차 반사 대역이 1차 및 3차 반사 대역 중 적어도 하나와 중첩하여 단일의 넓어진 반사 대역을 생성하도록 만들어진 또 다른 경우를 예시한다. 간단히 말해서, 미세층 스택은 스택이 다수의 고조파 반사 대역을 제공하도록 조정된다. 스택의 ORU 두께 구배는, 주어진 편광 상태 및 수직 입사와 같은 설계 입사각의 광을 가정할 때, 1차, 2차, 및 3차 반사 대역(그리고 4차 반사 대역)이 도면에 도시된 바와 같도록 소정 범위의 광학적 두께를 커버한다. 미세층 스택의 f-비는 0.59이다. 도 5a를 참조하면, 이러한 f-비는 1차, 2차, 3차, 및 4차 고조파를 생성하며, 이때 2차의 반사능은 3차의 것과 동일하고, 4차는 약간 더 높은 반사능을 가지며, 1차는 가장 높은 반사능을 갖는다. 일반성을 위해 도 11a의 수직 "반사율" 축 상에 눈금이 제공되지 않지만, 상이한 대역들의 상대적 높이는 거의 정확하다. 1차 대역은 1200 nm에 있는 좌측 대역 에지로부터 1800 nm에 있는 우측 대역 에지까지 연장된다. 2차 대역은 600 nm에 있는 좌측 대역 에지로부터 900 nm에 있는 우측 대역 에지까지 연장된다. 3차 대역은 400 nm에 있는 좌측 대역 에지로부터 600 nm에 있는 우측 대역 에지까지 연장된다. 4차 대역은 300 nm에 있는 좌측 대역 에지로부터 450 nm에 있는 우측 대역 에지까지 연장된다. 4차보다 높은 고조파는 간략함을 위해 도시되지 않는다. 따라서, 이러한 경우에, 2차 반사 대역은 3차 반사 대역과 (스펙트럼적으로) 중첩하지만, 1차 반사 대역과 중첩하지 않거나 심지어 실질적으로 중첩하지 않는다.

[0072] 중첩하는 2차 및 3차 고조파 대역(뿐만 아니라 중첩하는 3차 및 4차 대역)의 결과로서, 적어도 이를 2개의 고조파 반사 대역의 조합인 단일 광대역 반사 대역이 형성된다. 단일 광대역 반사 대역이 도 11b에 도시되며, 이는 도 11a와 동일한 편광 상태 및 동일한 설계 입사각을 가정한다. 이러한 대역은 약 300 nm의 좌측 대역 에지(4차 대역의 좌측 대역 에지에 대응함)로부터 약 900 nm의 우측 대역 에지(2차 대역의 우측 대역 에지에 대응함)까지 연장되는 것으로 도시된다. 이러한 넓은 또는 확장된 대역은, 4차 대역의 존재로 인해 반사율이 증가하는 450 nm 미만의 스펙트럼의 청색/자색 단부에서 제외하고는, 적외선 영역의 일부분 및 가시광선 스펙트럼의 대부분에 걸쳐 비교적 일정한 반사율을 제공한다. 이러한 실시예에서 2차 대역이 1차 대역과 중첩하지 않거나 실질적으로 중첩하지 않는다는 사실로 인해, 이를 2개의 대역 사이에 통과 대역이 형성되고, 미세층 스택은 넓은 또는 확장된 대역과는 별개인 1차 반사 대역을 적외선 스펙트럼의 일부분에서 제공한다.

[0073] 이제 도 9a 및 도 9b(f-비 0.25), 도 10a 및 도 10b(f-비 0.33), 및 도 11a 및 도 11b(f-비 0.59)와 관련하여 몇 개의 단순화된 실시예를 기술하였으며, 2차 반사 대역을 1차 및/또는 3차 반사 대역과(그리고 선택적으로 웨이퍼 더 높은 차수의 중첩 반사 대역과) 단일 광대역 반사 대역으로 조합함으로써, 미세층 스택의 효율이 향상될 수 있음을 알 수 있다. 도 9b에서의 광대역 반사 대역은 중첩하는 1차, 2차, 및 3차 반사 대역을 포함하고; 도 10b에서의 광대역 반사 대역은 중첩하는 1차 및 2차 반사 대역을 포함하며; 도 11b에서의 광대역 반사 대역은 중첩하는 2차, 3차, 및 4차 반사 대역을 포함한다. 고조파 차수들의 소정 조합에 의해 생성되는 효율이 도 12에 그래프로 도시된다. 그러한 도면은 꼭 도 5a에서와 같이 f-비의 함수로서 상대적 반사능을 플로팅하지만, 1차( $m = 1$ ), 2차( $m = 2$ ), 및 3차( $m = 3$ ) 곡선만을 포함한다. 그러나, 도 12는 또한 2개의 추가의 곡선, 즉 1차 및 2차의 상대적 반사능들의 합("1<sup>st</sup> + 2<sup>nd</sup>")인 하나의 곡선, 및 1차, 2차, 및 3차의 상대적 반사능들의 합("1<sup>st</sup> + 2<sup>nd</sup> + 3<sup>rd</sup>")인 다른 곡선을 포함한다. 효율에 관하여, 이들 2개의 합산 곡선이, f-비 값의 소정 범위에 걸쳐, 1차 반사 대역 단독에 의해 제공되는 최대 반사능보다 큰 반사능을 제공하는 것에 유의한다. 예를 들어, 0.25 내지 0.75의 f-비 범위에 걸쳐, "1<sup>st</sup> + 2<sup>nd</sup>" 곡선은 1차 곡선 단독에 의해 제공되는 최대 반사능과 동일하거나 (0.25, 0.5, 및 0.75의 f-비 값에서) 그것보다 큰(0.25 내지 0.5, 및 0.5 내지 0.75의 f-비 값에서) 반사능을 제공한다. 그리고, 약 0.175 내지 0.825의 f-비 범위에 걸쳐, "1<sup>st</sup> + 2<sup>nd</sup> + 3<sup>rd</sup>" 곡선은 1차 곡선 단독에 의해 제공되는 최대 반사능과 동일하거나(종점에서) 그것보다 큰 반사능을 제공한다. 보다 일반적으로 말하면, 주어진 미세층 스택의 총 유효 반사능은 단일의 넓어진 반사 대역을 형성하는, 스택에 대한 관심대상의 원하는 광대역 범위에서 반사하는 모든 고조파 차수의 합이고, 이러한 합은 ( $f = 0.5$ 에서) 1차 반사 대역 단독에 의해 제공되는 최대 반사능보다 클 수 있다. 적어도 1차 및/또는 3차 반사와 조합된 2차 반사의 반사능을 이용함으로써, 중첩 고조파 대역 기술을 이용하는 물품은 주어진 개수의 미세층 및 미세층들 사이의 주어진 굴절률 차이에 대해 향상된 반사 효율을 제공할 수 있다.

[0074] 도 12로부터 볼 수 있는 효율에 있어서의 잠재적 이득에 더하여, 다른 이익이 때때로 고조파 대역 중첩 기술을 사용함으로써 또한 실현될 수 있다. 그러한 다른 잠재적 이익은 감소된 재료 비용, 반사율에 있어서의 급격한 단계적 변화를 제공하는 능력, 및 제조의 용이함을 포함할 수 있다.

[0075] 감소된 재료 비용에 관하여, 미세층 스택의 f-비는 2차 고조파 대역을 여기시키기 위해 50% 이외의 값으로 조절된다. 이러한 방식으로 f-비를 선택함으로써, 스택 내의 각각의 ORU는 50% f-비를 갖는 1/4 광대역 스택과 비교해 보다 적은 "A" 재료 및 보다 많은 "B" 재료로(또는 그 반대로) 제조된다. 이러한 상황은 이어서 "A" 및 "B" 재료(예컨대, 상이한 투명 중합체)가 실질적으로 상이한 비용을 갖는 경우에 이용될 수 있다. 특히, f-비는 여전히 원하는 반사율 및 대역 폭을 달성하면서, 미세층 스택 내의 더 고가의 재료의 재료 함량을 최소화하도록 전략적으로 선택될 수 있다.

[0076] 반사율의 단계적 변화에 관하여, 중합체 다층 광학 필름의 설계자 및 제조업자가 반사율의 단계적 변화를 갖는 연속적 반사 대역을 제공하는 문제에 직면한 때, 그러한 문제는 미세층들의 단일 스택의 1차 반사만을 사용할 때 해결하기 어려울 수 있는데, 그 이유는 그러한 해법이 전형적으로 ORU 두께 프로파일의 경사에 있어서의 급격한 변화를 필요로 할 것이기 때문이다. 본 명세서는 그러한 단계적 변화가 스택을 중첩 고조파를 갖도록 조정함으로써 미세층들의 단일 스택에 의해 제공될 수 있는 방법을 예시한다. 이들 중첩 고조파는, ORU 두께 프로파일의 경사에 있어서의 급격한 변화를 제공할 필요 없이, 단일 연속적 반사 대역에서, 급격한 계단형 전이부를 갖는, 실질적으로 상이한 수준의 반사율을 제공하도록 제어될 수 있다. 예컨대, 상기의 도 9a 및 도 9b, 도 10a 및 도 10b, 및 도 11a 및 도 11b뿐만 아니라, 하기의 도 16a 내지 도 16c를 참조한다. 일부 경우에, 반사율의 단계적 변화는 실질적으로 상이한 반사율 또는 반사능을 갖는 중첩 고조파 반사 대역들을 사용함으로써 도움을 받는다.

[0077] 제조의 용이함에 관하여, 중합체 다층 광학 필름의 설계자 및 제조업자가 매우 넓은 연속적 반사 대역을 제공하는 문제에 직면한 때, 그러한 문제는 미세층들의 단일 스택의 1차 반사만을 사용할 때 해결하기 어려울 수 있는데, 그 이유는 그러한 해법이 미세층 스택에 걸친 과도하게 큰 두께 범위를 필요로 할 수 있기 때문이다. 예를 들어, 1차 반사만을 사용하여 400 내지 1600 nm의 광을 반사하도록 설계된 미세층 스택은 가장 두꺼운 ORU가 가장 얇은 ORU의 두께의 4배인 ORU 두께 프로파일을 필요로 할 것이다. 그러나, 예컨대 도 10a 또는 도 9a에 도시된 바와 같이, 동일한 연속적 광대역 반사 대역이 1차 반사 및 2차 반사 둘 모두의 조합으로 생성될 때, 가장 두꺼운 ORU가 가장 얇은 ORU의 두께의 단지 2배인, 덜 급격한 테이퍼(taper)의 ORU 두께 프로파일이 사용될 수 있다. 이와 관련하여 하기의 도 15a 내지 도 15c를 또한 참조한다.

[0078]

제조의 용이함에 관련되는 다른 고려 사항은 단파장의, 예컨대 400 nm 부근 또는 그것 미만의 가시광선 스펙트럼의 청색/자색 부분의, 또는 근 UV 파장 영역 내의 파장의 광을 반사하기에 충분히 얇은 미세층을 제조함에 있어서의 문제를 포함한다. 용융된 중합체 재료의 교변하는 층들의 공압출에 의해 제조되는 다층 광학 필름의 경우, 용융된 상태의 중합체의 유동 불안정에 관한 문제가 압출된 층이 점점 더 얇아짐에 따라 중요해질 수 있다. 예를 들어, 원하는 중합체 "A" 및 "B" 재료가 잘 어울리는 리올로지를 갖지 않으면, "층 붕괴(layer breakup)"가 초래될 수 있다. 본 명세서에 기술된 중첩 고조파를 사용하는 기술은 그러한 문제를 완화하는 데 도움을 줄 수 있는데, 그 이유는 2차 또는 3차와 같은 보다 높은 차수의 고조파를 사용하여 보다 얇은 파장(예컨대, 가시광선 청색/자색 및/또는 근 UV 파장 영역)에서 원하는 반사율을 제공함으로써, 용융된 중합체 층이 1차 반사 대역과 함께 작업할 때 필요한 두께보다 훨씬 더 두껍게(2차에 대해 2배 더 두껍게, 또는 3차에 대해 3배 더 두껍게 등) 만들어질 수 있기 때문이다.

[0079]

모델링된 예

[0080]

이제, 본 명세서에서 논의된 중첩 고조파 개념을 더욱 현실적인 방식으로 보여주기 위해, 광학적 설계 소프트웨어를 사용하여, 설계 및 모델링한 소정의 특정 다층 광학 필름 실시예를 논의할 것이다.

[0081]

간단히 말해서, 제1 모델링된 미세층 스택을 상기의 도 9a와 유사한 방식으로 중첩 1차, 2차, 및 3차 반사 대역을 제공하도록 조정하였다. 이러한 제1 모델링된 스택은 등급화된 ORU 두께 프로파일 및 0.25의 f-비를 갖는 138개의 ORU로 배열된 276개의 개별 미세층을 사용하였다. 도 13, 도 14a, 및 도 14b가 제1 모델링된 스택에 관련된다. 도 15a, 도 15b, 및 도 15c는, 그것의 관련 반사 대역이 2차 성분을 갖지 않고 거의 전적으로 1차 고조파에 의해 생성되는, 제1 비교 미세층 스팩과의 제1 모델링된 스팩의 비교에 관련된다. 제2 모델링된 미세층 스팩을 상기의 도 10a와 유사한 방식으로 중첩 1차 및 2차 반사 대역을 제공하도록 조정하였다. 이러한 제2 모델링된 스팩은 제1 모델링된 스팩과 동일한 개수의 미세층 및 ORU를 사용하였으며, 그것은 또한 동일한 등급화된 ORU 두께 프로파일을 사용하였지만; f-비는 0.33으로 변화되었다. 도 13, 도 16a, 및 도 16b가 제2 모델링된 스팩에 관련된다. 도 16c는 1차 반사 대역과 2차 반사 대역 사이의 반사율에 있어서의 보다 큰 차이, 및 이에 따라 전체의 넓어진 반사 대역의 반사 스펙트럼에 있어서의 보다 큰 단계적 변화를 제공하도록 f-비가 0.33으로부터 0.36으로 변화된 제2 모델링된 스팩의 변형에 관련된다. 제3 모델링된 미세층 스팩을 상기의 도 11a와 유사한 방식으로 중첩 2차, 3차, 및 4차 반사 대역을 제공하도록 조정하였다. 이러한 제3 모델링된 스팩은 제1 및 제2 모델링된 스팩과 동일한 개수의 미세층 및 ORU를 사용하였지만, 그것은 상이한 등급화된 ORU 두께 프로파일을 사용하였다. 게다가, f-비가 0.59로 변화되었다. 도 17, 도 18a, 및 도 18b가 제3 모델링된 스팩에 관련된다. 마지막으로, 도 19 내지 도 21은, 그것의 2차 반사 대역이 스팩의 1차 또는 3차 반사 대역과 중첩하지 않거나 실질적으로 중첩하지 않는 제2 비교 미세층 스팩에 관련된다.

[0082]

이들 모델링된 예와 관련하여, 주어진 미세층 스팩이 본 명세서에서 논의된 중첩 고조파 특성을 구현하는지를 결정하기 위해 그것을 분석하기 위해서 개발하였던 방법론을 또한 논의한다. 고조파 분석 방법론으로 지칭되는 제1 방법론은 스팩의 스펙트럼 반사율의 어느 부분이 어느 고조파 차수에 기인하는지를 결정하도록, 그리고 스팩의 각각의 관련 고조파 차수에 대해 스펙트럼 반사율이 얼마인지를 결정하도록 허용한다. 이러한 제1 방법론은, 예컨대 스팩의 1차 반사 대역, 및 스팩의 2차 반사 대역 등을 개별적으로 계산 및 플로팅하기 위해 스팩의 각각의 관련 고조파 반사 대역을 격리시키도록 허용한다. 대역폭 분석 방법론으로 지칭되는 제2 방법론은 임의의 주어진 반사 대역의 좌측 및 우측 대역 에지의 파장 값을 체계적이고 반복가능한 방식으로 결정하도록 허용한다. 따라서, 이러한 제2 방법론은, 상기에 논의된 바와 같이, 2개의 주어진 반사 대역이 중첩하거나 실질적으로 중첩하는지를 반복가능하고 분명하게 결정하도록 허용한다.

[0083]

고조파 분석 방법론

[0084]

상기에 언급된 바와 같이, 이러한 고조파 분석 방법론은 주어진 미세층들의 스팩의 스펙트럼 반사율의 어느 부분이 어느 고조파 차수에 기인하는지를 결정하도록, 그리고 스팩의 각각의 관련 고조파 차수에 대해 스펙트럼 반사율이 얼마인지를 결정하도록 허용한다. 이러한 방법론을 수행하기 위해, ORU 두께 프로파일, 스팩의 f-비, 및 미세층의 실제 굴절률을 알거나, 측정하거나 달리 결정할 수 있는 것으로 가정된다.

[0085]

다층 중합체 반사기는 전형적으로 많은  $\frac{1}{4}$  파장 두께의 미세층으로 제조된다. 보다 정확하게는, 그것은  $\frac{1}{2}$  파장 두께의 광학 반복 유닛(ORU)을 형성하는 고 및 저 굴절률( $n_H$  및  $n_L$ )의 많은 반복 쌍으로 제조된다. 중합체 스팩 내의 교변하는 미세층들은 전형적으로 일반적인 무기 증착 유전체 스팩의 것과 비교해 상대적으로 낮은 굴절률 차이를 가지며, 이에 따라 중합체 스팩은 전형적으로 비교가능한 정도로 높은 반사율을 얻기 위해 더욱 많

은 미세층을 필요로 한다. 이러한 요구되는 다수의 반복 미세층은 교번하는 고 및 저 굴절률 층들이 굴절률 파형(refractive index waveform) ("굴절률 파형(index waveform)")에 의해 표현되도록 허용하며, 이는 굴절률 파형의 푸리에 표현을 사용하여 평가될 수 있다. 급격한 경계를 갖는  $\frac{1}{4}$  파장 두께의 층들의 미세층 스택은 사각 굴절률 파형을 형성한다. 그러한 스택의 f-비가 0.5 이외의 값이 되도록 만들어지면, 층은 비대칭 사각 굴절률 파형으로 지칭하는 파형을 형성한다. 임의의 임의적으로 형상화된 반복 굴절률 파형이 ORU의 고 및 저 굴절률 재료에 대해 "유효 굴절률"을 사용함으로써  $\frac{1}{4}$  파장 층의 단순 사각 파형에 의해 표현될 수 있다는 것을 알게 되었다. 상기에 논의된 바와 같이, ORU는 필름 내의 거리의 함수로서 연속적으로 변화하는 굴절률을 갖도록 형성될 수 있다.

[0086] 푸리에 분석은 미세층들 사이의 급격한 경계를 갖지 않는 시스템에 유효하다. 필요한 모든 것은 푸리에 계수인데, 이 푸리에 계수는 다양한 고조파 주파수를 나타내는, 그리고 그것의 굴절률 진폭이 푸리에 계수  $c_m$ 에 의해 결정되는, 개별 사인파들의 합으로서 굴절률 파형을 나타내는 데 사용된다. 개별 고조파 대역은 여전히 사각파의 층 프로파일을 사용하여, 그러나 변경된 (유효) 굴절률을 갖고서, 그것에 대해 계산될 수 있다. ORU의 스택이 두께에 있어서 등급화되어 반사 대역을 넓힐 때, 푸리에 평가가 여전히 유효하다는 것을 또한 알게 되었다.

[0087] 실제 미세층 두께 및 굴절률 값을 사용하는 다층 스택 계산이, 일반적으로, 각각의 고조파 차수로부터의 미지의 기여를 갖고서, 수개의 중첩 고조파 대역의 합성 또는 조합일 수 있는 반사율 스펙트럼을 산출할 것이다. 원래의 미세층 스택의 반사율에 대한 관심대상의 임의의 개별 고조파 차수의 응답 또는 기여를 시뮬레이션하기 위해, 관심대상의 고조파 차수에 특이적이고 스택의 알려진 f-비 및 실제 굴절률 차이에 기초하는 상이한 세트의 유효 굴절률들, 및 관심대상의 고조파 차수에 특이적인 상이한 유효 개수의 ORU를 사용할 수 있다는 것을 알게 되었다. 이러한 푸리에 표현은 각각의 고조파 차수로부터의 반사 대역 및 복잡한 반복 굴절률 파형을 분석하는 데 특히 유용하다.

[0088] 하기에 기술되는 예는 비대칭인 미세층 스택을 포함하는데, 즉 각각의 ORU 내의 하나의 미세층은 두께가  $\frac{1}{4}$  파장 미만이고, 각각의 ORU 내의 다른 미세층은 두께가  $\frac{1}{4}$  파장 초파이다. 달리 말하면, 하기에 기술되는 예는 그것의 f-비가 0.5와는 상이한 미세층 스택을 포함한다. 그러한 비대칭 스택은 본 명세서에서 "비대칭 사각파 스택"으로 지칭된다. 비대칭 스택은 고 굴절률 재료 및 저 굴절률 재료 둘 모두가  $\frac{1}{4}$  파장 두께인, 0.5의 f-비를 갖는, 대칭 스택과 대비될 수 있다. 상기에 논의된 바와 같이, 때때로 본 명세서에서 "f"로 약칭되는 f-비는  $f = d_H * n_H / (d_H * n_H + d_L * n_L)$ 에 의해 주어지며, 여기서 d는 주어진 미세층의 물리적 두께이다. 비대칭 사각파 스택의 반사율, 특히 관심대상의 임의의 단일 고조파 차수의 반사율은, 그것의 유효 굴절률이 원래의 비대칭 사각파 스택의, 관심대상의 고조파 차수에 대한 푸리에 계수로부터 계산되는  $\frac{1}{4}$  파장 미세층의 "유효 스택"을 사용함으로써 모델링될 수 있다. 관심대상의 주어진 고조파 차수에 대해, 유효 스택 내의 ORU의 개수는 원래의 스택 내의 ORU의 개수의 정수 배수이며, 여기서 정수 배수는 " $m$ ", 즉 관심대상의 고조파 차수의 차수이다. 따라서, 원래의 미세층 스택이 N개의 ORU를 갖는다면,  $m$ 차 고조파 차수의 반사율을 계산하는 데 사용하는 유효 스택은  $m*N$ 개의 ORU를 갖는다. 이러한 방식으로, 주어진 미세층들의 스택의 다양한 고조파 반사 대역들은 관심대상의 각각의 고조파 차수와 연관된 각각의 유효 스택에 대해 개별 반사율 계산을 수행함으로써 개별적으로 식별될 수 있다.

[0089] 푸리에 분석을 위한 유효 스택의 유효 굴절률 차이는 원래의 스택의 피크간(peak-to-peak) 굴절률 차이에 스택 굴절률 프로파일의, 즉 스택 파형의 푸리에 계수  $c_m$ 을 곱한 것에 의해 주어진다. 푸리에 계수  $c_m$ 은 그것이 다음과 같이 계산될 수 있음을 보여주었던 도 5a와 관련하여 상기에 논의되며:

$$c_m = \frac{4}{m\pi} | \sin(m\pi f) |$$

[0090] 여기서,  $m$ 은 고조파 차수이고  $f$ 는 원래의 스택의 f-비이다. (정규화된)  $c_m$  값이 상기에서 도 5b에 플로팅되며, 여기서 그 도면에서  $c_m$  값에  $\pi/4$ 를 곱함으로써 정규화하였다. 이러한 정보에 의해, 이어서 임의의 비대칭 사각파 스택의 임의의 차수 반사 대역을, 다음에 의해 주어지는 유효 굴절률 차이  $\Delta n_{eff}$ 를 갖는 대칭 "유효 스택" (그것의 f-비는 0.5임)으로서 나타낼 수 있으며:

$$\Delta n_{eff} = c_m (n_H - n_L) \pi / 4$$

[0093] 여기서,  $n_H$  및  $n_L$ 은 미세층의 고 및 저 굴절률 재료의 실제 층 굴절률이고,  $c_m$ 은 원래의 스택의 f-비에 대해 계산된 바와 같은 관심대상의 고조파 차수( $m$ )에 대한 푸리에 계수이다. 도 5b에 플로팅된 푸리에 계수는 스택 내의 인접 미세층들 사이의 급격한 전이를 가정하며; 이러한 전이가 급격하기보다는 점진적이면, 정확한 푸리에 계수는 도 5b에 플로팅된 것으로부터 어느 정도 벗어날 것이다. 그러한 경우에, 실제 굴절률의 파형이 결정되어야 하고, 푸리에 계수는 주기 함수의 푸리에 급수 표현에 대한 알려진 방법을 사용하여 계산될 수 있다. 예컨대, 문헌[CRC Standard Mathematical Tables, 18<sup>th</sup> edition, page 458]을 참조한다. 상기의 방정식을 사용하여  $\Delta n_{eff}$ 를 결정한 후에, 유효 스택의 미세층들에 사용될 유효 굴절률이 그것들의 평균 굴절률이 원래의 스택의 것과 동일하도록 요구함으로써 쉽게 결정될 수 있다.

[0094] 미세층들의 원래의 스택이 N개의 ORU(2N개의 미세층)를 가지면, 관심대상의 주어진 고조파 차수( $m$ )에 대한 반사 대역은 그러한 차수( $m$ )에 대한 유효 스택 및 임의의 표준 다중 컴퓨터 스택 소프트웨어 프로그램을 사용하여 계산되며, 여기서 유효 스택에 사용될 유효 굴절률은  $\Delta n_{eff}$ 에 대한 방정식과 관련하여 상기에 기술된 바와 같다. 유효 스택은  $m \times N$ 개의 광학 반복 유닛을 가질 것이다. 유효 스택 내의 ORU의 광학적 두께는  $1/m$ 에, 층 프로파일 내의 ORU보다  $m$ 배 많은, 원래의 스택의 ORU의 두께를 곱한 것이다. 따라서, 관심대상의 주어진 고조파 차수( $m$ )의 반사율에 대한 계산을 수행함에 있어서, 유효 스택은 원래의 스택 내의 각각의 ORU를, 각각이 원래의 스택 내의 대응 ORU의 두께의  $1/m$ 배인  $m$ 개의 ORU로 대체함으로써 얻어진다. 예가 하기애 주어진다.

#### 대역폭 분석 방법론

[0096] ORU의 공진 파장은 층 두께와 굴절률 값의 조합이 입사광 파의 보강 간섭으로 이어져, ORU가 입사광에 대해 부분 반사성이 되게 하는 파장이다. 광학 반복 유닛(ORU)의 공진 파장은, 그것의  $m$ 차 반사 고조파에 대해, 다음과 같으며:

$$\lambda_{o,m} = (2/m) \times (d_H n_H + d_L n_L)$$

[0097] 여기서,  $m$ 은 반사 고조파 차수이고,  $d_H$  및  $d_L$ 은 각각 보다 높은 값의 굴절률 재료(재료 A) 및 보다 낮은 값의 굴절률 재료(재료 B)의 층 두께이며,  $n_H$  및  $n_L$ 은 재료 A 및 재료 B의 굴절률 값이다.

[0099] 항  $(d_H n_H + d_L n_L)$ 은 ORU의 광학적 두께이고, 상기 방정식의 검토는 1차 반사 고조파가 ORU의 광학적 두께의 2배에서 발생하고, 2차 반사 고조파가 ORU의 광학적 두께에서 발생하며, 3차 반사 고조파가 ORU의 광학적 두께의 2/3에서 발생하고, 등등인 것을 나타낸다.

[0100] ORU의 다른 광학적 특성은 그것의 고유 대역폭(intrinsic bandwidth)으로 지칭된다. 고유 대역폭(IBW)은 반사율로 이어지는 보강 간섭의 관점에서 (층 스택 내의) 인접 ORU들 사이의 코히レン스(coherence)의 강도의 척도이다. ORU는 공진 파장에서뿐만 아니라, ORU의 고유 대역폭에 의해 결정된 바와 같은 공진 파장의 양측(보다 높은 파장 및 보다 낮은 파장)에서 반사율에 기여한다.  $m$ 차 반사 고조파에 대한 고유 대역폭은 다음에 의해 주어지며:

$$IBW_m = \left( \frac{4}{\pi} \right) \cdot \left| \frac{(1 - a_m N_r)}{(1 + a_m N_r)} \right|$$

[0101]

[0102] 여기서,  $N_r = n_L/n_H$ 이고,  $a_m$ 은 도 5a에 도시된 바와 같이  $m$ 차 고조파에 대한 상대적 반사능 계수이다. 따라서, 예를 들어, 0.25의 f-비를 갖는 2차 반사 고조파에서, 상대적 반사능 계수  $a_m$ 은 0.5의 값을 가질 것이다.

[0103]  $IBW_m$ 이 주어진 반사 고조파 차수( $m$ ) 및 주어진 ORU f-비에 대해 구해질 때, 그것은 ORU의 공진 파장에 의해 곱해져, 비대역폭(fractional bandwidth)  $\Delta \lambda_m$ 을 제공할 수 있다. 이러한 비대역폭  $\Delta \lambda_m = IBW_m * \lambda_{0,m}$ 은 ORU 및 유사한 특성의 다른 ORU가 그것에 걸쳐 반사를 생성하도록 코히런트식으로 동작할 파장 범위의 척도이다. 정말로, 공통 공진 파장에서의 반사율이 매우 크도록(1 또는 100%에 근사함), 다수의 동일한 ORU로 이루어진 미세층 스택은, 공진 파장의 양측에서  $\Delta \lambda_m/2$ 만큼 연장되는 반사 대역을 가질 것이다.

[0104] 얇은 층으로부터 두꺼운 층으로 실질적으로 단조적인 방식으로 등급화되는 미세층 스택 내의 이웃인 다수의 ORU

가 서로 중첩하는 비대역폭  $\Delta \lambda_m$ 들을 가질 때, 코히런트 반사가 생성된다. 정말로, 그것의 관련 공진 파장을 갖는 임의의 주어진 ORU에 대해, 이웃하는 ORU들의 비대역폭  $\Delta \lambda_m$ 을 분석하고 따라서 그것의 비대역폭이 주어진 ORU의 공진 파장과 중첩하는 이웃한 ORU들의 개수를 결정할 수 있다. 주어진 ORU의 공진 파장 위에 놓이는 비대역폭을 갖는 이들 이웃한 ORU들 각각은 주어진 ORU와 코히런트식으로 동작하여 주어진 ORU의 공진 파장에서 반사율을 생성한다.

[0105] 이러한 제1 원리 논리는 알려진 굴절률 값을 갖는 ORU들의 모델링된 또는 측정된 미세층 스택이 각각의 ORU 공진 파장  $\lambda_{0,m}$  및 비대역폭  $\Delta \lambda_m$ 의 관점에서 분석될 수 있는 방법론을 제시한다. 각각의 ORU의 공진 파장에 대해, 그것의 비대역폭이 주어진 공진 파장과 중첩하는 이웃한 ORU들의 개수를 계수할 수 있다. 코히런트 네이버스 카운트(Coherent Neighbors Count, CNC)로 지칭되는 이러한 계수는 이어서 주어진 공진 파장에서 반사율 수준을 결정하는 데 사용될 수 있다. 반사율 수준을 정량적으로 결정하기 위해, 반사율을 반사율에 코히런트식으로 기여하는 ORU의 개수, 및 ORU 층 재료 굴절률 값에 관련시키는 표준 공식을 채용한다:

$$R_m = \left( \frac{(1 - a_m N_r^{2CNC})}{(1 + a_m N_r^{2CNC})} \right)^2$$

[0106] 이러한 표준 반사율 공식이 동일한 ORU의 미세층 스택에 대해 가장 정확하지만, 그것은 등급화된 광학적 두께 프로파일을 갖는 미세층 스택에 대한 우수한 반사율 근사를 제공한다. 이러한 방법에 의해, 미세층 스택 내의 (각각의 ORU와 연관된) 각각의 공진 파장에서의 반사율이 코히런트 네이버스 카운트(CNC)의 값을 결정함으로써 계산될 수 있다.

[0107] 이러한 방법은 당업자가, 층 재료의 알려진 굴절률 값과 함께, 측정된 미세층 스택 두께 분포를 사용하여, 임의적인 차수의 반사 대역의 파장-범위(wavelength-extent)를 매핑하고, 게다가 주어진 반사 대역의 단파장 기점, 및 동일한 반사 대역의 장파장 종점을 정량적으로 한정하도록 허용한다.

[0108] 또한, 상기에 기술된 분석을 수행함으로써, 당업자는 주어진 미세층 스택으로부터 유래하는, 다양한 차수의, 다수의 반사 대역의 파장-범위를 개별적으로 결정할 수 있으며, 여기서 측정된 반사 스펙트럼은 상당한 반사 대역 중첩으로 인한 고 반사율의 단일 파장 영역을 보여주고, 개별 반사 대역 고조파는 판독 불가능하다.

[0109] 본 출원의 목적을 위해, 미세층 스택의 (차수  $m$ 의) 주어진 고조파 반사 대역의 개시점을, CNC가 관련 반사 대역 피크 반사율의 25%보다 큰  $R_m$  값을 제공하는 최단 공진 파장  $\lambda_{S,m}$ 으로 정의하도록 선택한다. 유사하게, 반사 대역의 종점을 나타내는 파장을, CNC가 관련 반사 대역 피크 반사율의 25%보다 큰  $R_m$  값을 제공하는 최장 공진 파장  $\lambda_{L,m}$ 으로 정의한다. 이러한 방법론을 사용하여, 주어진 반사 대역의 단파장 대역 에지의 파장  $\lambda_S$  및 장파장 대역 에지의 파장  $\lambda_L$ 을 반복가능하게 결정할 수 있다.

[0110] 대역폭 분석 방법론의 추가의 상세사항 및 논의를 상기에 인용된 미국 특허 출원 제13/844,664호에서 찾아볼 수 있다.

## 제1 모델링된 스택

[0111] 제1 모델링된 스택을 갖는 다층 광학 필름을 설계하고 모델링하였다. 스택은 N개의 ORU를 형성하도록 N개의 고굴절률 미세층과 교번하는 방식으로 배열된 N개의 저 굴절률 미세층을 사용하였으며, 여기서 N은 138이었다. 각각의 ORU는 저 굴절률 미세층(재료 "B")들 중 하나 및 고 굴절률 미세층(재료 "A")들 중 하나로 이루어졌다. 저 굴절률 미세층의 굴절률  $n_L$ 은 1.494였고, 고 굴절률 미세층의 굴절률  $n_H$ 는 1.65였다. 이들 굴절률은 중합체 간섭 필터에 흔히 사용되는 재료를 대표한다. 파장에 따른 분산을 사용하지 않았으며, 따라서 보다 높은 차수의 대역의 대역 에지 파장은 공칭적으로 각자의 1차 대역 에지 파장의 단순 정수 나눗셈이었고, 각각의 대역 내의 반사율은 근소한 스펙트럼 진동을 제외하고는 공칭적으로 일정하였다. (실제 재료에서는, 파장에 따른 굴절률의 변화가 보다 높은 차수의 반사 대역의 파장 위치를 약간 이동시킬 것이고, 반사율이 또한 보다 큰 파장에서보다 보다 짧은 파장에서 보다 큰 경향이 있을 것이다.) 제1 모델링된 스택뿐만 아니라 개별적인 보다 높은 차수의 반사 대역을 계산하는 데 사용된 그것의 관련 "유효 스택"을 또한 (다층 광학 필름의 일부로서) 스택의 양측에서 굴절률 1.65의 하나의 10 마이크로미터 두께의 "스킨 층"을 갖는 것으로 가정하였는데, 그 이유는 이러한 배열이 압출된 중합체 다층 스택에서 흔하기 때문이다. 공기 계면을 각각의 스키니 층의 외측 주 표면에 가

정하였다.

[0114] ORU를 0.25의 f-비를 갖도록 설계하였다.

[0115] ORU는 또한 등급화된 두께 프로파일을 나타냈다. 이러한 두께 프로파일을, 비교적 평평한 반사 스펙트럼, 즉 1차 반사 대역에 대해, 그리고 마찬가지로 존재하는 각각의 후속하는 보다 높은 차수의 대역에 대해 실질적으로 일정한 반사율을 갖는 반사 스펙트럼을 산출하도록 단순 면법칙(power law)에 의해 정의하였다. 특히, n차 ORU 내의 고 굴절률 미세층의 물리적 두께  $d_H$  및 저 굴절률 미세층의 물리적 두께  $d_L$ 을 하기의 공식에 의해 결정하였으며:

$$[0116] d_H = \lambda_0 \times f \times \left( \frac{g^n}{2n_H} \right) \text{ 및}$$

$$[0117] d_L = \lambda_0 \times (1-f) \times \left( \frac{g^n}{2n_L} \right)$$

[0118] 여기서, n은 범위가 1 내지 N이었고, f는 0.25였으며, g는 구배를 한정하도록 선택된 상수였다. 이러한 제1 모델링된 스택의 경우에, g는 1.00527로 선택되었다. 게다가,  $\lambda_0$ 는 스택 설계를 위해 선택된 개시 파장이었다. 제1 모델링된 스택에 대해,  $\lambda_0$ 는 825 nm로 선택되었다. 이를 방정식 및 파라미터는 도 13에 곡선(1310)에 의해 도시된 제1 모델링된 스택에 대한 ORU 두께 프로파일을 산출하였다.

[0119] 제1 모델링된 스택에 의해 생성된 개별 1차, 2차, 및 3차 반사 대역을 상기에 기술된 고조파 분석 방법론을 사용하여 계산하였다. 이를 개별 고조파 각각에 대해, 그러한 고조파 차수에 대한 반사 스펙트럼을 계산하도록 허용하는 "유효 스택"을 정의하였다. 1차에 대해, 유효 스택은 도 13에 곡선(1310)에 의해 주어진 ORU 두께 프로파일을 갖는 N개의 ORU(즉, 138개)를 가졌고, 0.5의 f-비를 가정하였으며, 유효 굴절률을 계산하기 위해 0.70711의 푸리에 계수  $c_1$ 을 사용하였다. 2차에 대해, 유효 스택은 도 13에 곡선(1312)에 의해 주어진 ORU 두께 프로파일을 갖는 2N개의 ORU(즉, 276개)를 가졌고, 0.5의 f-비를 가정하였으며, 유효 굴절률을 계산하기 위해 0.5의 푸리에 계수  $c_2$ 를 사용하였다. 3차에 대해, 유효 스택은 도 13에 곡선(1314)에 의해 주어진 ORU 두께 프로파일을 갖는 3N개의 ORU(즉, 414개)를 가졌고, 0.5의 f-비를 가정하였으며, 유효 굴절률을 계산하기 위해 0.235702의 푸리에 계수  $c_3$ 을 사용하였다. 이를 유효 스택에 대해 수행된 계산은 도 14a에 도시된 1차, 2차, 및 3차 스펙트럼 반사율 곡선을 산출하였다.

[0120] 이어서 상기에 기술된 대역폭 분석 방법론을 사용하여, 도 14a에 도시된 1차, 2차, 및 3차 반사 대역 각각에 대해, 단파장 대역 에지의 파장  $\lambda_S$  및 장파장 대역 에지의 파장  $\lambda_L$ 을 결정하였다. 3개의 선분이 그래프 상에 중첩되며, 각각의 선분은 대역폭 분석 방법론에 의해 결정된 바와 같은 그것의 관련 고조파 반사 대역의 위치를 나타낸다. 각각의 선분은 그것의 관련 반사 대역의 선형 표현이다. 선분은 "선분 표현(line segment representation)"에 대해 "LSR"로 표지되고, 대역폭 분석 방법론에 의해 결정된 바와 같은 그것의 종점에 의해 한정된다. 따라서, 각각의 선분 LSR은 그것의 파장 값  $\lambda_S$ 가 반사 대역의 좌측 대역 에지인, "S"로 표지된 단파장 종점, 및 그것의 파장 값  $\lambda_L$ 이 반사 대역의 우측 대역 에지인, "L"로 표지된 장파장 종점을 갖는다. 선분 LSR을 반사 스펙트럼 상에 중첩함으로써, 1차, 2차, 및 3차 반사 대역이 파장 축 상에 위치되는 곳을 정확하게 쉽게 볼 수 있다. 이로부터, 이러한 제1 모델링된 스택에 대해, 2차 반사 대역이 1차 반사 대역 및 3차 반사 대역 둘 모두와 중첩하는 것을 또한 볼 수 있다. 이를 고조파 반사 대역의 중첩은, 도 14b에서 볼 수 있는 바와 같이, 단일의 넓어진 반사 대역을 생성한다. 도 14b는 하나의 고조파 차수를 다른 것과 구별하려고 시도하지 않는, 즉 스택의 전체 반사율을 파장의 함수로서 간단히 계산하는, 종래의 광학적 모델링 계산을 사용하여 제1 모델링된 스택의 계산된 반사율을 플로팅한다. 도 14a와 도 14b의 비교는, 도 14b의 단일 광대역 반사 대역이 중첩 1차, 2차, 및 3차 반사 대역을 포함하는 것을 보여준다.

[0121] 제1 모델링된 스택에 관한 관련 파라미터가 아래의 표에 요약된다.

[0122]

## 제1 모델링된 미세층 스택

차수 m	f-비	N	구배	Cm	nH	nL	$\lambda_0$
모두	0.25	138	1.00527	n.a.	1.65	1.494	825
1	0.5	138	1.00527	0.70711	1.627154	1.516846	825
2	0.5	276	1.002635	0.5	1.611	1.533	413
3	0.5	414	1.001757	0.235702	1.590385	1.553615	275

[0123]

도 14b의 반사 스펙트럼을, 스택의 전체 반사율을 파장의 함수로서 간단한 방식으로 계산하는 종래의 광학적 모델링 소프트웨어를 사용하여 얻었다. 대안적으로, 그러한 반사 스펙트럼은, 예를 들어 도 14a에 도시된 바와 같은 개별 고조파 반사율들을 광학적으로 조합함으로써 얻어질 수 있다. 외측 공기 계면에서 발생할 수 있는 반사에 어느 정도 유의하여야 하지만, 임의의 주어진 파장에서의 다양한 보다 높은 차수의 대역의 부가적인 특성이 "파일 오브 플레이츠" 반사기에 대한 규칙을 따르는 것을 알 수 있다. 이러한 제1 모델링된 필름에서, 2차 고조파의 총 반사율은 450 nm 부근에서 약 0.63(또는 63%)이고, 3차 대역의 반사율은 약 0.33(또는 33%)이다. 도 14b의 모델링된 반사율은 약 440 nm 내지 450 nm에서 약 0.676의 평균 반사율을 나타낸다. 도 14b의 모델링된 광학 필름은 2개의 공기 계면을 갖는 반면, 개별적으로 계산된 2차 및 3차 고조파 차수는 조합된 총 4개의 필름/공기 계면을 갖는다. 상기에 논의된 "파일-오브-플레이츠" 공식이 2개의 유효 스택의 반사율을 계산하는 데 사용될 수 있기 전에, 그것을 반사율의 둘 모두의 차수를 생성하는 미세층들의 단일 스택의 반사율과 비교하기 위해, 이를 공기 계면 중 2개가 수학적으로 제거될 필요가 있다. 초과의 공기 계면을 수학적으로 제거하기 위해, "공기"로 표지된 하나의 공기/중합체 계면(1.65의 굴절률)의 반사율을 우선 다음과 같이 계산하였다:

$$\text{공기} = \left( \frac{1.65 - 1.00}{1.65 + 1.00} \right)^2$$

[0125]

이어서 유효 3차 필름 스택의 내부 반사율  $R_{int}$ 를 하기의 공식에 의해 계산하였으며:

$$R_{int} = \frac{1 - \text{공기} - (1 + \text{공기}) \times T_{Total}}{1 - \text{공기} - 2 \times \text{공기} \times T_{Total}}$$

[0127]

여기서,  $R_{int}$ 는 필름 스택의 내부 반사율(상기에 논의됨)을 지칭하고, "공기"는 공기/중합체 계면의 계산된 반사율을 지칭하며, " $T_{Total}$ "은 공기 중의 스택의 계산된 총 반사율을 지칭한다. 3차 대역에 대한  $R_{int}$ 가 0.267로 계산되었다. 이때 파일-오브-플레이츠 공식의  $R1$  및  $R2$ 의 두 값은 0.267 및 0.63이며, 이는  $R = .674$ 인 450 nm 부근에서의 2차 및 3차 대역의 예측 조합 반사율을 산출한다. 이는 450 nm 부근에서의 도 14b의 스펙트럼 반사율 곡선에 대한 0.676의 평균 값에 가깝다.

[0129]

도 15a, 도 15b, 및 도 15c에서, 제1 모델링된 스택을, 그것의 관련 반사 대역이 2차 성분을 갖지 않고 거의 전적으로 1차 고조파에 의해 생성되는 제1 비교 미세층 스택과 비교한다. 도 15a는 모델링된 반사율을 파장의 함수로서 플로팅한다. 곡선(1510)은 도 14b의 반사율 곡선과 동일하고, 제1 모델링된 스택의 전체 반사율을 나타낸다. 곡선(1512)은 제1 비교 미세층 스택의 반사율이다. 제1 비교 스택은 "A" 및 "B" 미세층에 대해 동일하고 및 저 굴절률(각각, 1.65 및 1.494) 및 동일한 개수 N개의 ORU(138개)를 사용하였다. 그러나, 제1 비교 스택은 2차 반사를 생성하지 않는, 0.5의 f-비를 사용하였다. 둘 모두의 스택 설계는, 개별적으로 플로팅되지 않지만 그것의 부가적인 반사율이 약 400 nm 내지 550 nm의 파장에서 관찰될 수 있는, 비교적 작지만 동일한 3차 반사 대역을 생성한다. 3차 기여가 2개의 스택 설계에 대해 동일하기 때문에, 그것을 하기의 분석에서 무시하도록 선택한다.

[0130]

또한, 제1 비교 스택의 반사 스펙트럼을 제1 모델링된 스택의 것과 실질적으로 정합하도록 하기 위해, 제1 비교 스택의 ORU 두께 프로파일이 제1 모델링된 스택의 것에 대해 변화되어야 하였다. 광학적 두께 프로파일이 도 15b에 플로팅된다.

[0131]

그 도면에서, 곡선(1520)은 제1 모델링된 스택의 ORU 두께 프로파일이고, 도 13의 곡선(1310)과 동일하다. 곡선(1522)은 제1 비교 스택의 ORU 두께 프로파일이다. 이 도면으로부터 2가지가 명백하다. 첫째, 제1 모델링된 스택(곡선(1520))이 제1 비교 스택(곡선(1522))보다 덜 급격한 테이퍼의 ORU 두께 프로파일을 갖는 것을 볼 수 있다. 실제로, 가장 두꺼운 ORU 대 가장 얇은 ORU의 비는 제1 비교 스택에 대해서는 4이지만, 제1 모델링된 스택에 대해서는 단지 2이다. 둘째, 제1 모델링된 스택은 제1 비교 스택의 것보다 대체로 더 두꺼운 ORU(및 미세

층)를 사용한다. 예를 들어, 제1 비교 스택 내의 가장 얇은 ORU는 두께가 200 nm인 반면, 제1 모델링된 스택 내의 가장 얇은 ORU는 두께가 400 nm이다. 보다 두꺼운 층 및 덜 급격한 테이퍼는, 상기에 설명된 바와 같이, 제1 모델링된 스택을 제1 비교 스택보다 제조하기 쉽게 만들 수 있다.

[0132] 도 15c는, 제1 미세층 스택(점 P1) 및 제1 비교 미세층 스택(점 P2)의 작동을 나타내기 위해 2개의 점이 그래프 상에 플로팅되는 것을 제외하고는, 도 12의 복제이다. 제1 비교 스택은 단지 1차 반사 대역("1<sup>st</sup>")만을 이용하고, 0.5의 f-비에서 작동하며, 이에 의해 점 P2가 1.0의 상대적 반사능을 갖는다. 반면에, 제1 모델링된 스택은 1차 반사의 상대적 반사능이 상당히 감소되는, 0.25의 f-비에서 작동한다. 그러나, 제1 모델링된 스택이 1차 및 2차 반사 대역 둘 모두("1<sup>st</sup> + 2<sup>nd</sup>")를 이용하기 때문에, 그것의 관련 점 P2가 또한 1.0의 상대적 반사능을 갖는다.

[0133] 제1 모델링된 스택 및 제1 비교 스택("광대역 1")의 비교에 관한 관련 파라미터가 아래의 표에 요약된다.

[0134] 제1 모델링된 스택 대 제1 비교 스택

차수 m	f-비	N	구배	Cm	nH	nL	$\lambda_0$
모두	0.25	138	1.00527	n.a.	1.65	1.494	825
광대역 1	0.5	138	1.01048	n.a.	1.65	1.494	405

[0135] 제2 모델링된 스택

[0137] 제2 모델링된 스택을 갖는 다른 다층 광학 필름을 설계하고 모델링하였다. 스택은 N개의 ORU를 형성하도록 N개의 고 굴절률 미세층과 교번하는 방식으로 배열된 N개의 저 굴절률 미세층을 사용하였으며, 여기서 N은 138이었다. 각각의 ORU는 저 굴절률 미세층(재료 "B")들 중 하나 및 고 굴절률 미세층(재료 "A")들 중 하나로 이루어졌다. 저 굴절률 미세층의 굴절률  $n_L$ 은 1.494였고, 고 굴절률 미세층의 굴절률  $n_H$ 는 1.65였다. 괴장에 따른 분산을 사용하지 않았다. 제2 모델링된 스택뿐만 아니라 개별적인 보다 높은 차수의 반사 대역을 계산하는 데 사용된 그것의 관련 "유효 스택"을 또한 (다층 광학 필름의 일부로서) 스택의 양측에서 굴절률 1.65의 하나의 10マイ크로미터 두께의 "스킨 층"을 갖는 것으로 가정하였다. 공기 계면을 각각의 스키니 층의 외측 주 표면에 가정하였다.

[0138] ORU를 0.33의 f-비를 갖도록 설계하였다. 도 5a로부터 볼 수 있는 바와 같이, 이러한 f-비는 3차 고조파 반사를 실질적으로 생성하지 않는다.

[0139] ORU는 제1 모델링된 스택과 동일한 등급화된 두께 프로파일을 나타냈다. 따라서, 제2 모델링된 스택에 대한 ORU 두께 프로파일이 또한 도 13의 곡선(1310)에 의해 도시된다.

[0140] 제2 모델링된 스택에 의해 생성된 개별 1차 및 2차 반사 대역을 상기에 기술된 고조파 분석 방법론을 사용하여 계산하였다. 이들 개별 고조파 각각에 대해, 그러한 고조파 차수에 대한 반사 스펙트럼을 계산하도록 허용하는 "유효 스택"을 정의하였다. 1차에 대해, 유효 스택은 도 13에 곡선(1310)에 의해 주어진 ORU 두께 프로파일을 갖는 N개의 ORU(즉, 138개)를 가졌고, 0.5의 f-비를 가정하였으며, 유효 굴절률을 계산하기 위해 0.860742의 푸리에 계수  $c_1$ 을 사용하였다. 2차에 대해, 유효 스택은 도 13에 곡선(1312)에 의해 주어진 ORU 두께 프로파일을 갖는 2N개의 ORU(즉, 276개)를 가졌고, 0.5의 f-비를 가정하였으며, 유효 굴절률을 계산하기 위해 0.438153의 푸리에 계수  $c_2$ 를 사용하였다. 이들 유효 스택에 대해 수행된 계산은 도 16a에 도시된 1차 및 2차 스펙트럼 반사율 곡선을 산출하였다.

[0141] 이어서 상기에 기술된 대역폭 분석 방법론을 사용하여, 도 16a에 도시된 1차 및 2차 반사 대역 각각에 대해, 단파장 대역 에지의 괴장  $\lambda_s$  및 장파장 대역 에지의 괴장  $\lambda_L$ 을 결정하였다. 2개의 선분이 그래프 상에 중첩되며, 각각의 선분은 대역폭 분석 방법론에 의해 결정된 바와 같은 그것의 관련 고조파 반사 대역의 위치를 나타낸다. 각각의 선분은 그것의 관련 반사 대역의 선형 표현이고 "LSR"로 표지되며, 이때 단파장 종점은 "S"로 표지되고 장파장 종점은 "L"로 표지된다. 선분 LSR을 반사 스펙트럼 상에 중첩함으로써, 1차 및 2차 반사 대역이 괴장 축 상에 위치되는 곳을 정확하게 볼 수 있다. 이로부터, 이러한 제2 모델링된 스택에 대해, 2차 반사 대역이 1차 반사 대역과 중첩하는(그러나 3차 반사 대역과는 중첩하지 않음) 것을 또한 볼 수 있다. 이들 고조파 반사 대역의 중첩은, 도 16b에서 볼 수 있는 바와 같이, 단일의 넓어진 반사 대역을 생성한다. 도 16b는 하나의 고조파 차수를 다른 것과 구별하려고 시도하지 않는, 즉 스택의 전체 반사율을 괴장의 함수로서 간단히 계산하는, 종래의 광학적 모델링 계산을 사용하여 제2 모델링된 스택의 계산된 반사율을 플로팅한다. 도

16a와 도 16b의 비교는, 도 16b의 단일 광대역 반사 대역이 중첩 1차 및 2차 반사 대역을 포함하는 것을 보여준다. 1차 및 2차 반사 대역의 상이한 수준의 반사율로 인해, 제2 모델링된 스택의 전체 반사 스펙트럼이 반사율의 급격한 단계적 변화를 갖는 것에 또한 유의한다. 이는 스택에 사용된 매끄럽게 변화하는 ORU 두께 프로파일(도 13의 곡선(1310))에도 불구하고 그러하다.

[0142] 제2 모델링된 스택에 관련 관련 파라미터가 아래의 표에 요약된다.

[0143] 제2 모델링된 미세층 스택

차수 $m$	f-비	N	구배	C <sub>m</sub>	n <sub>H</sub>	n <sub>L</sub>	$\lambda_0$
모두	0.33	138	1.00527	n.a.	1.65	1.494	825
1	0.5	138	1.00527	0.860742	1.639138	1.504862	825
2	0.5	276	1.002635	0.438153	1.606176	1.537824	413

[0144] [0145] 도 16c와 관련하여, 제2 모델링된 스택이 그것이 0.33보다는 0.36의 f-비를 갖도록 변경되면 어떻게 작동할지를 조사한다. 곡선(1610)은 제2 모델링된 스택에 대한 반사율 스펙트럼인데, 즉 도 16b에 도시된 반사율 스펙트럼과 동일하다. 곡선(1612)은 변경된 스택에 대해 계산된 반사율 스펙트럼이다. 단일 광대역 반사 대역이 반사율의 급격한 단계적 변화를 갖고서 되풀이하여 생성되는 것에 유의한다. 곡선(1612)에 대한 단계적 변화는 900 nm 내지 1600 nm 범위 내에서의 보다 높은 평균 반사율 및 450 nm 내지 800 nm 범위 내에서의 보다 낮은 평균 반사율로 인해 곡선(1610)의 것보다 크다. 0.33으로부터 0.36으로의 f-비의 증가는 약 400 nm 내지 550 nm의 파장에서 스펙트럼(1612)에서 검출될 수 있는 약한 3차 응답을 생성한다.

[0146] 제3 모델링된 스택

[0147] 제3 모델링된 스택을 갖는 다른 다층 광학 필름을 설계하고 모델링하였다. 스택은 N개의 ORU를 형성하도록 N개의 고 굴절률 미세층과 교번하는 방식으로 배열된 N개의 저 굴절률 미세층을 사용하였으며, 여기서 N은 138이었다. 각각의 ORU는 저 굴절률 미세층(재료 "B")들 중 하나 및 고 굴절률 미세층(재료 "A")들 중 하나로 이루어졌다. 저 굴절률 미세층의 굴절률  $n_L$ 은 1.494였고, 고 굴절률 미세층의 굴절률  $n_H$ 는 1.65였다. 파장에 따른 분산을 사용하지 않았다. 제3 모델링된 스택뿐만 아니라 개별적인 보다 높은 차수의 반사 대역을 계산하는 데 사용된 그것의 관련 "유효 스택"을 또한 (다층 광학 필름의 일부로서) 스택의 양측에서 굴절률 1.65의 하나의 10 마이크로미터 두께의 "스킨 층"을 갖는 것으로 가정하였다. 공기 계면을 각각의 스키니 층의 외측 주 표면에 가정하였다.

[0148] ORU를 0.59의 f-비를 갖도록 설계하였다. 도 5a로부터 볼 수 있는 바와 같이, 이러한 f-비는 상당한 1차, 2차, 3차, 및 4차 고조파 반사를 생성하고, 2차 및 3차 고조파의 반사능은 서로 실질적으로 동일하다.

[0149] ORU는 1.003과 동일한 구배 상수 g를 특징으로 하는 등급화된 두께 프로파일을 나타냈다. 게다가, 개시 파장  $\lambda_0$ 를 1215 nm로 선택하였다. 상기에 논의된 구배 두께 방정식에 이를 파라미터를 사용하여, 도 17에 곡선(1710)에 의해 도시된 제3 모델링된 스택에 대한 ORU 두께 프로파일을 산출하였다.

[0150] 제3 모델링된 스택에 의해 생성된 개별 1차, 2차, 및 3차 반사 대역을 상기에 기술된 고조파 분석 방법론을 사용하여 계산하였다. 이를 개별 고조파 각각에 대해, 그러한 고조파 차수에 대한 반사 스펙트럼을 계산하도록 허용하는 "유효 스택"을 정의하였다. 1차에 대해, 유효 스택은 도 17에 곡선(1710)에 의해 주어진 ORU 두께 프로파일을 갖는 N개의 ORU(즉, 138개)를 가졌고, 0.5의 f-비를 가정하였으며, 유효 굴절률을 계산하기 위해 0.9603의 푸리에 계수  $c_1$ 을 사용하였다. 2차에 대해, 유효 스택은 도 17에 곡선(1712)에 의해 주어진 ORU 두께 프로파일을 갖는 2N개의 ORU(즉, 276개)를 가졌고, 0.5의 f-비를 가정하였으며, 유효 굴절률을 계산하기 위해 0.267913의 푸리에 계수  $c_2$ 를 사용하였다. 3차에 대해, 유효 스택은 도 17에 곡선(1714)에 의해 주어진 ORU 두께 프로파일을 갖는 3N개의 ORU(즉, 414개)를 가졌고, 0.5의 f-비를 가정하였으며, 유효 굴절률을 계산하기 위해 0.220437의 푸리에 계수  $c_3$ 을 사용하였다. 이를 유효 스택에 대해 수행된 계산은 도 18a에 도시된 1차, 2차, 및 3차 스펙트럼 반사율 곡선을 산출하였다.

[0151] 이어서 상기에 기술된 대역폭 분석 방법론을 사용하여, 도 18a에 도시된 1차, 2차, 및 3차 반사 대역 각각에 대해, 단파장 대역 예지의 파장  $\lambda_S$  및 장파장 대역 예지의 파장  $\lambda_L$ 을 결정하였다. 3개의 선분이 그래프 상에 중첩되며, 각각의 선분은 대역폭 분석 방법론에 의해 결정된 바와 같은 그것의 관련 고조파 반사 대역의 위치를 나타낸다. 각각의 선분은 그것의 관련 반사 대역의 선형 표현이고 "LSR"로 표지되어, 이때 단파장 종점은 "S"로 표지되고 장파장 종점은 "L"로 표지된다. 선분 LSR을 반사 스펙트럼 상에 중첩함으로써, 1차, 2차, 및 3차

반사 대역이 파장 축 상에 위치되는 곳을 정확하게 볼 수 있다. 이로부터, 이러한 제3 모델링된 스택에 대해, 2차 반사 대역이 1차 반사 대역과 중첩하지 않고, 그것이 3차 반사 대역과 중첩하지 않지만 3차 반사 대역에 매우 가까운 것을 볼 수 있다. 실제로, 2차 대역의 단파장 종점 S는 626 nm에서 발생하고 3차 대역의 장파장 종점 L은 597 nm에서 발생하며, 이들 두 파장 사이의 차이(29 nm)는 626 nm의 5% 미만이다. 따라서, 제3 모델링된 스택의 2차 및 3차 반사 대역은 실질적으로 중첩한다. 이들 고조파 반사 대역의 실질적인 중첩(뿐만 아니라 도시되지 않은, 3차 및 4차 반사 대역의 중첩)은, 도 18b에서 볼 수 있는 바와 같이, 단일의 넓어진 반사 대역(1810)을 생성한다. 도 18b는 하나의 고조파 차수를 다른 것과 구별하려고 시도하지 않는, 즉 스택의 전체 반사율을 파장의 함수로서 간단히 계산하는, 종래의 광학적 모델링 계산을 사용하여 제3 모델링된 스택의 계산된 반사율을 플로팅한다. 도 18a와 도 18b의 비교는, 도 18b의 단일 광대역 반사 대역(1810)이 중첩 2차 및 3차 반사 대역을 포함하는 것을 보여준다. 급격한 단계적 변화를 대역(1810)에서 또한 볼 수 있으며, 이는 3차 및 4차 반사 대역의 중첩에 기인한다. 이러한 급격한 단계적 변화는 스택에 사용된 매끄럽게 변화하는 ORU 두께 프로파일(도 17의 곡선(1710))에도 불구하고 반사 대역 내에 존재한다.

[0152] 제3 모델링된 스택에 관한 관련 파라미터가 아래의 표에 요약된다.

[0153] 제3 모델링된 미세층 스택

차수 m	f-비	N	구배	Cm	n <sub>H</sub>	n <sub>L</sub>	$\lambda_0$
모두	0.59	138	1.003	n.a.	1.65	1.494	1215
2	0.5	276	1.0015	0.267913	1.5929	1.5511	608
3	0.5	414	1.001	0.220437	1.58919	1.55481	405

[0154] 제2 비교 미세층 스택

[0155] 이제 상기에 인용된 미국 특히 출원 제13/844,664호에서 예 1로 지칭되는 배향된 다층 광학 필름으로 주의를 돌린다. 그러한 광학 필름은 광학적으로 두꺼운 중합체 층에 의해 분리된, '664호 출원에서 "패킷 1" 및 "패킷 2"로 지칭되는, 2개의 아포다이징된 미세층 스택을 포함한다. 본 명세서의 목적을 위해, 패킷 2는 본 명세서에서 제2 비교 미세층 스택, 또는 간단히 제2 비교 스택으로 지칭된다. 2개의 스택 각각은 교번하는 저 및 고 굴절률 중합체들의 275개 층을 포함하며, 이때 고 굴절률 재료는 둘 모두의 스택에 대해 90/10 coPEN(굴절률 1.795)이고, 저 굴절률 재료는 패킷 1에 대해 55/45 coPEN(등방성 굴절률 1.605), 및 패킷 2에 대해 네오스타(NEOSTAR) FN007 코폴리에스테르(굴절률 1.505)이다. 다층 광학 필름의 층 두께 값을 원자력 현미경(Atomic Force Microscopy, AFM)을 사용하여 측정하였고, 패킷 1 및 패킷 2에 대한 층 두께 프로파일(19a, 19b)이 도 19에 도시된다.

[0156] [0157] 도 20은 필름의 차단축을 따른 배향된 다층 광학 필름의 측정된 투과율 스펙트럼을 플로팅하며, 이때 곡선(20a)은 패킷 1의 차단축 스펙트럼을 나타내고, 곡선(20b)은 패킷 2의 차단축 스펙트럼을 나타낸다.

[0158] 이러한 예의 신장된 중합체에 대한 측정된 굴절률 값, 및 패킷의 ORU를 한정하는 측정된 층 두께를 채용하는, 광학적 모델 "스펙트럼 피팅(spectral fitting)" 작업을 수행함으로써, 측정된 스펙트럼에 대한 최적합이 각각의 패킷 내의 ORU에 대한 f-비를 변화시킴으로써 확인되었다. 또한, 모델링된 스펙트럼을 측정된 스펙트럼에 가장 잘 정합시키기 위해 패킷 2의 층 두께에 대한 약간의 조절을 행하였다(5% 더 얇게). 이러한 실행에서, 패킷 1에 대한 측정된 스펙트럼이 0.64의 f-비를 가정함으로써 가장 잘 정합되고, 패킷 2에 대한 측정된 스펙트럼이 0.62의 f-비를 가정함으로써 가장 잘 정합됨을 알게 되었다.

[0159] 이러한 분석은 패킷 2의, 즉 제2 비교 스택의 관련 특성의 모델을 제공하며, 이로부터 상기에 논의된 바와 같이 전체 반사율 및 특정 고조파 반사율을 계산할 수 있다. 도 21의 곡선(2110)은 하나의 고조파 차수를 다른 것과 구별하려고 시도하지 않는, 즉 스택의 전체 반사율을 파장의 함수로서 간단히 계산하는, 종래의 광학적 모델링 계산을 사용하여 제2 비교 스택의 계산된 반사율을 플로팅한다. 모델링된 패킷 2에 의해 생성된 개별 1차 및 2차 반사 대역을 상기에 기술된 고조파 분석 방법론을 사용하여 계산하였다. 이들 개별 고조파 각각에 대해, 그러한 고조파 차수에 대한 반사 스펙트럼을 계산하도록 허용하는 "유효 스택"을 정의하였다. 이들 유효 스택에 대해 수행된 계산은 도 21에 곡선(2112)으로서 플로팅되는 1차 스펙트럼 반사율 곡선, 및 도 21에 곡선(2114)으로서 플로팅되는 2차 스펙트럼 반사율 곡선을 산출하였다. 이어서 상기에 기술된 대역폭 분석 방법론을 사용하여, 도 21에 도시된 1차 및 2차 반사 대역 각각에 대해, 단파장 대역 에지의 파장  $\lambda_S$  및 장파장 대역 에지의 파장  $\lambda_L$ 을 결정하였다. 2개의 선분이 그래프 상에 중첩되며, 각각의 선분은 대역폭 분석 방법론에 의해 결정된 바와 같은 그것의 관련 고조파 반사 대역의 위치를 나타낸다. 각각의 선분은 그것의 관련 반사 대역의 선형 표현이고 "LSR"로 표지되며, 이때 단파장 종점은 "S"로 표지되고 장파장 종점은 "L"로 표지된다. 선분 LSR을 반

사 스펙트럼 상에 중첩함으로써, 1차 및 2차 반사 대역이 파장 축 상에 위치되는 곳을 정확하게 볼 수 있다. 이로부터, 이러한 제2 비교 스택에 대해, 2차 반사 대역이 1차 반사 대역과 중첩하지 않는 것을 볼 수 있다. 게다가, 1차 및 2차 반사 대역의 가장 가까운 대역 에지들이 서로의 5% 내에 없기 때문에, 2차 반사 대역은 또한 1차 반사 대역과 실질적으로 중첩하지 않는다.

[0160] 달리 지시되지 않는 한, 명세서 및 청구범위에서 사용되는 양, 특성의 측정치 등을 표현하는 모든 숫자는 용어 "약"에 의해 수식되는 것으로 이해되어야 한다. 따라서, 반대로 지시되지 않는 한, 명세서 및 청구범위에 기재된 수치 파라미터는 본 출원의 교시 내용을 이용하는 당업자가 얻고자 하는 원하는 특성에 따라 달라질 수 있는 근사치이다. 청구범위의 범주에 대한 균등론의 적용을 제한하려고 시도함이 없이, 각각의 수치 파라미터는 적어도 보고된 유효 숫자의 수의 관점에서 그리고 통상의 반올림 기법을 적용하여 해석되어야 한다. 본 발명의 넓은 범주를 기술하는 수치 범위 및 파라미터가 근사치임에도 불구하고, 임의의 수치 값이 본 명세서에 기술된 특정 예에 기재되는 한, 이것은 합리적으로 가능한 한 정확히 보고된다. 그러나, 임의의 수치 값은 시험 또는 측정 한계와 연관된 오차를 분명히 포함할 수 있다.

[0161] "상단", "하단", "좌측", "우측", "상부", "하부", "위", "아래"와 다른 방향 및 배향과 같은, 본 명세서에 언급되는 임의의 방향은 도면에 관하여 편의상 사용되며, 실제 장치, 물품, 또는 시스템 또는 그것의 사용을 제한하고자 하는 것이 아니다. 본 명세서에 기술된 장치, 물품 및 시스템은 다양한 방향 및 배향으로 사용될 수 있다.

[0162] 본 발명의 다양한 변형 및 변경이 본 발명의 사상 및 범주로부터 벗어남이 없이 당업자에게 명백할 것이며, 본 발명이 본 명세서에 기재된 예시적인 실시예로 제한되지 않는다는 것을 이해하여야 한다. 독자는, 달리 지시되지 않는 한, 하나의 개시된 실시예의 특징이 또한 다른 개시된 실시예들 모두에 적용될 수 있는 것으로 추정해야 한다. 본 명세서에서 언급된 모든 미국 특허, 특허 출원 공보, 및 다른 특허 및 비-특허 문헌이, 상기의 개시 내용과 모순되지 않는 정도로, 참고로 포함된다는 것을 또한 이해하여야 한다.

[0163] 본 문헌은 하기를 포함하지만 이로 제한되지 않는 다수의 실시예를 개시한다:

[0164] 항목 1은, 광학 반복 유닛들로 배열되는 미세층들의 스택을 포함하는 다층 광학 필름으로서,

[0165] 설계 입사각에서, 스택은 1차 반사 대역, 2차 반사 대역, 및 선택적으로 3차 반사 대역을 제공하며,

[0166] 1차 반사 대역은 720 nm 내지 2000 nm의 파장 범위 내에 적어도 부분적으로 배치되고,

[0167] 2차 반사 대역은 380 nm 내지 720 nm의 파장 범위 내에 적어도 부분적으로 배치되며,

[0168] 2차 반사 대역은 1차 및 3차 반사 대역 중 적어도 하나와 실질적으로 중첩하여 단일 광대역 반사 대역을 형성하는, 필름이다.

[0169] 항목 2는, 항목 1에 있어서, 2차 반사 대역은 1차 반사 대역과 실질적으로 중첩하여, 단일 광대역 반사 대역이 1차 및 2차 반사 대역을 포함하는, 필름이다.

[0170] 항목 3은, 항목 2에 있어서, 2차 반사 대역은 1차 반사 대역과 중첩하는, 필름이다.

[0171] 항목 4는, 항목 2에 있어서, 1차 및 2차 반사 대역은 실질적으로 동일한 반사율을 갖는, 필름이다.

[0172] 항목 5는, 항목 4에 있어서, 1차 및 2차 반사 대역은 10% 미만의 비율 값만큼 상이한 평균 반사율을 갖는, 필름이다.

[0173] 항목 6은, 항목 2에 있어서, 1차 및 2차 반사 대역은 실질적으로 상이한 반사율을 갖는, 필름이다.

[0174] 항목 7은, 항목 6에 있어서, 1차 및 2차 반사 대역은 10% 초과의 비율 값만큼 상이한 평균 반사율을 갖는, 필름이다.

[0175] 항목 8은, 항목 2에 있어서, 스택은 3차 반사 대역을 제공하지 않는, 필름이다.

[0176] 항목 9는, 항목 2에 있어서, 스택은 3차 반사 대역을 제공하는, 필름이다.

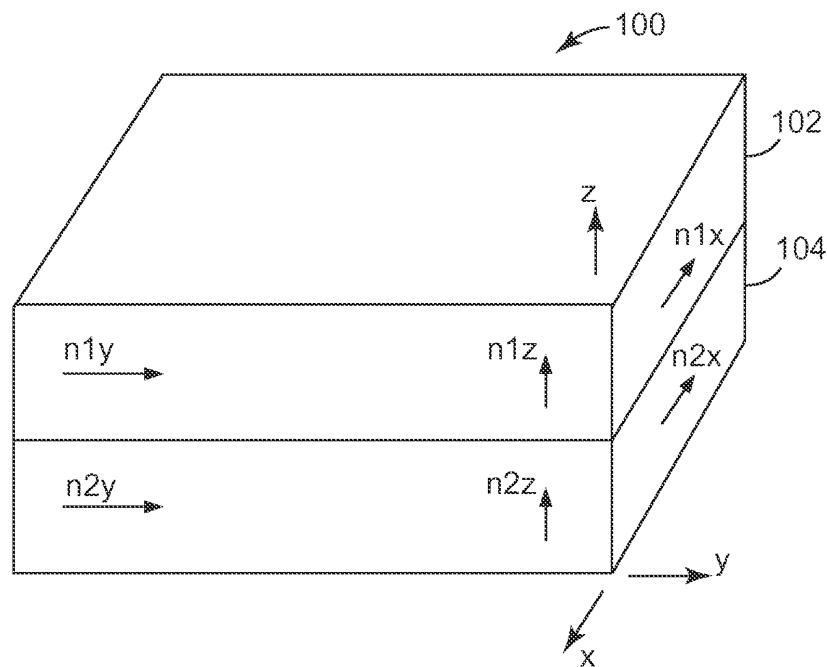
[0177] 항목 10은, 항목 9에 있어서, 3차 반사 대역은 300 nm 내지 380 nm의 파장 범위 내에 적어도 부분적으로 배치되는, 필름이다.

[0178] 항목 11은, 항목 1에 있어서, 스택은 3차 반사 대역을 제공하고, 2차 반사 대역은 3차 반사 대역과 실질적으로 중첩하여, 단일 광대역 반사 대역이 2차 및 3차 반사 대역을 포함하는, 필름이다.

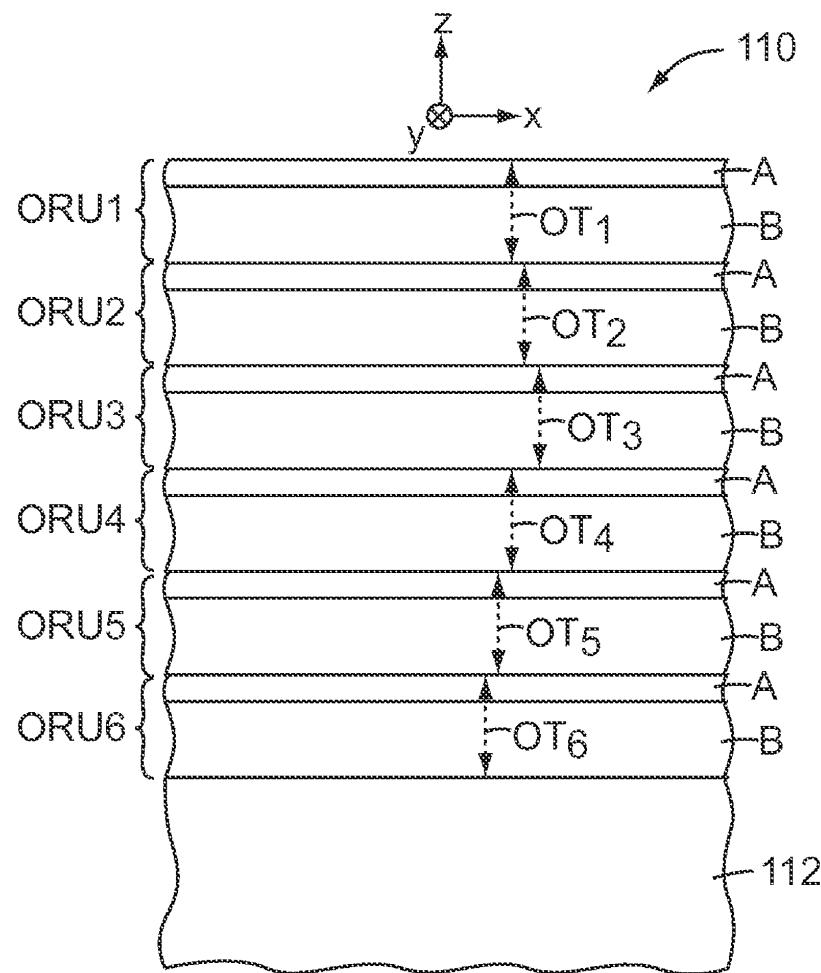
- [0179] 항목 12는, 항목 11에 있어서, 2차 반사 대역은 3차 반사 대역과 중첩하는, 필름이다.
- [0180] 항목 13은, 항목 11에 있어서, 2차 반사 대역은 1차 반사 대역과 실질적으로 중첩하지 않아, 단일 광대역 반사 대역이 1차 반사 대역을 포함하지 않는, 필름이다.
- [0181] 항목 14는, 항목 11에 있어서, 2차 및 3차 반사 대역은 실질적으로 동일한 반사율을 갖는, 필름이다.
- [0182] 항목 15는, 항목 14에 있어서, 2차 및 3차 반사 대역은 10% 미만의 비율 값만큼 상이한 평균 반사율을 갖는, 필름이다.
- [0183] 항목 16은, 항목 11에 있어서, 2차 및 3차 반사 대역은 실질적으로 상이한 반사율을 갖는, 필름이다.
- [0184] 항목 17은, 항목 16에 있어서, 2차 및 3차 반사 대역은 10% 초과의 비율 값만큼 상이한 평균 반사율을 갖는, 필름이다.
- [0185] 항목 18은, 항목 1에 있어서, 2차 반사 대역은 380 nm 내지 720 nm의 범위 내에서 적어도 100 nm를 커버하는, 필름이다.
- [0186] 항목 19는, 항목 1에 있어서, 단일 광대역 반사 대역은 반사율의 단계적 변화를 갖고, 미세층들의 스택은 매끄럽게 변화하는 ORU 두께 프로파일을 특징으로 하는, 필름이다.
- [0187] 항목 20은, 항목 1에 있어서, 2차 반사 대역은 300 nm 내지 380 nm의 파장 범위 내에 적어도 부분적으로 배치되는, 필름이다.

## 도면

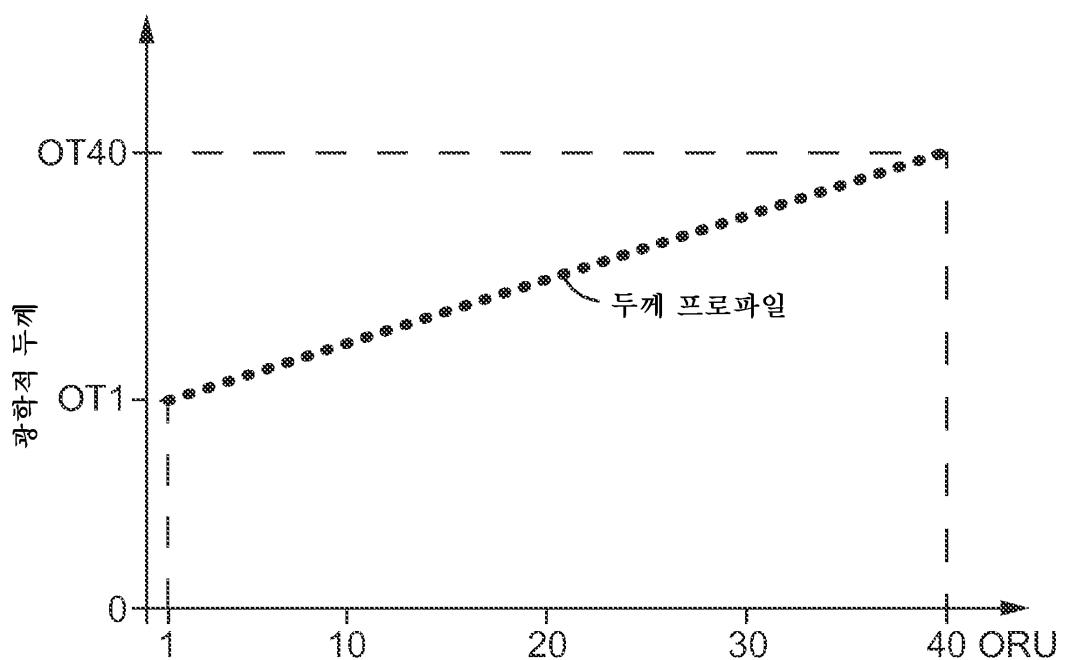
### 도면1



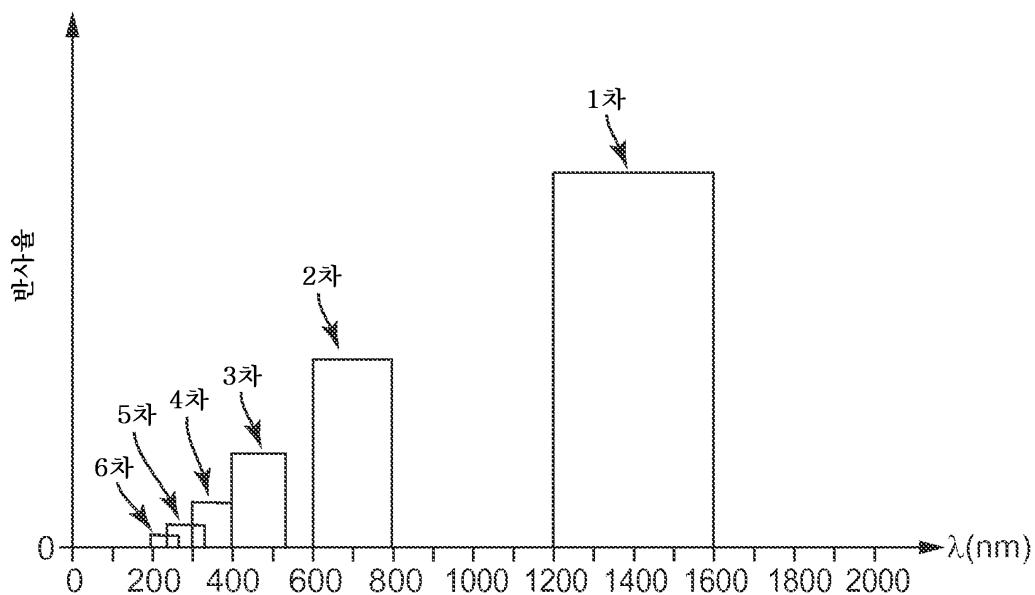
도면2



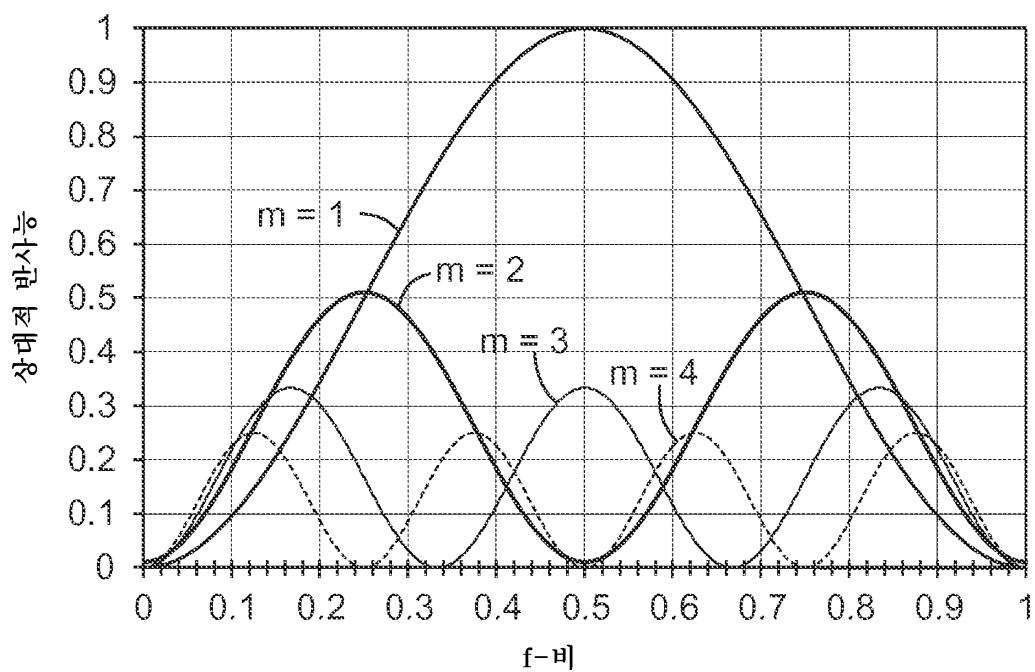
도면3



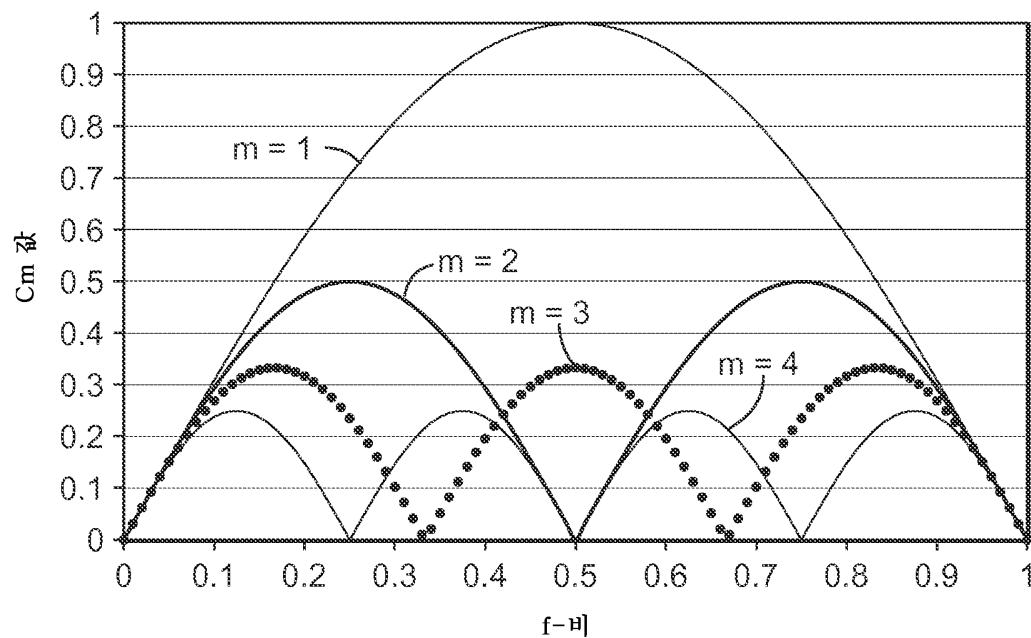
도면4



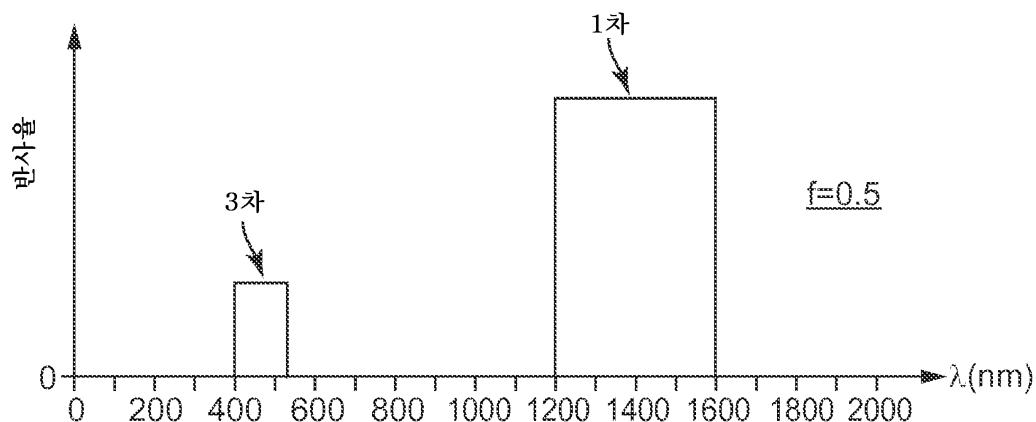
### 도면5a



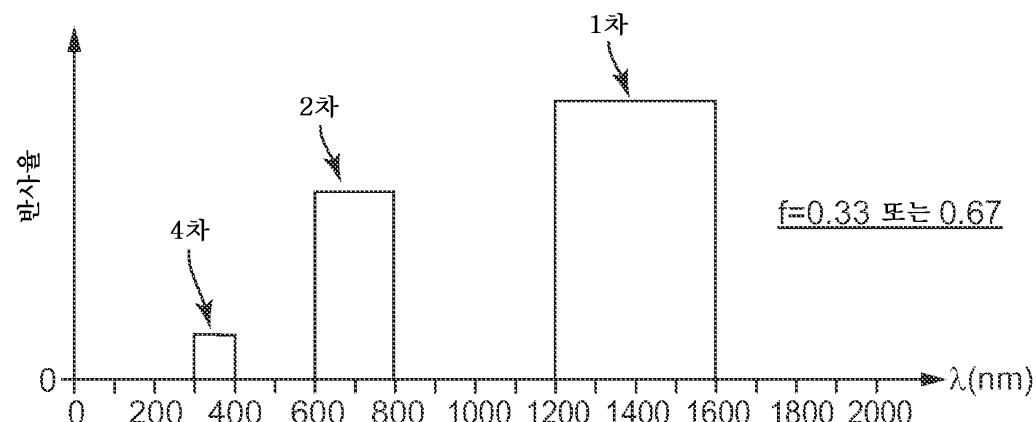
도면5b



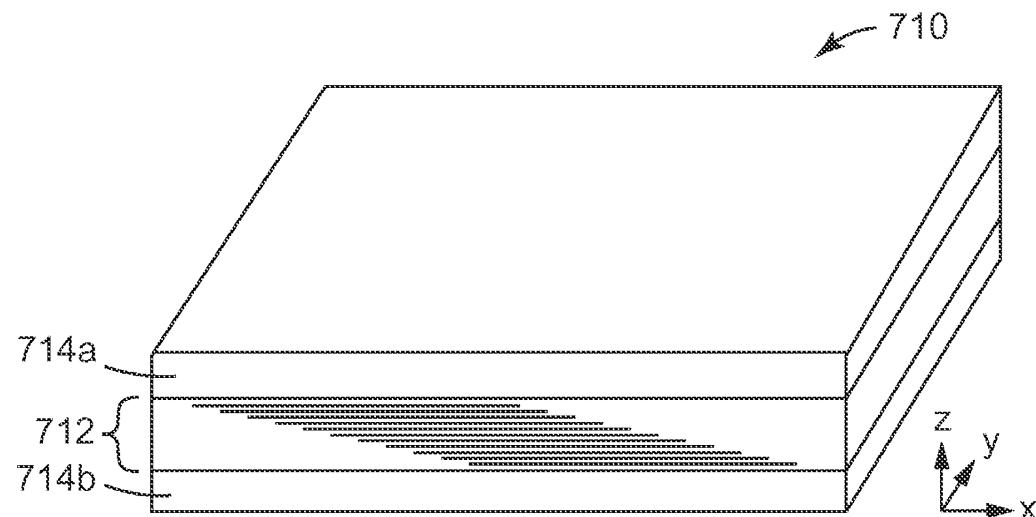
도면6a



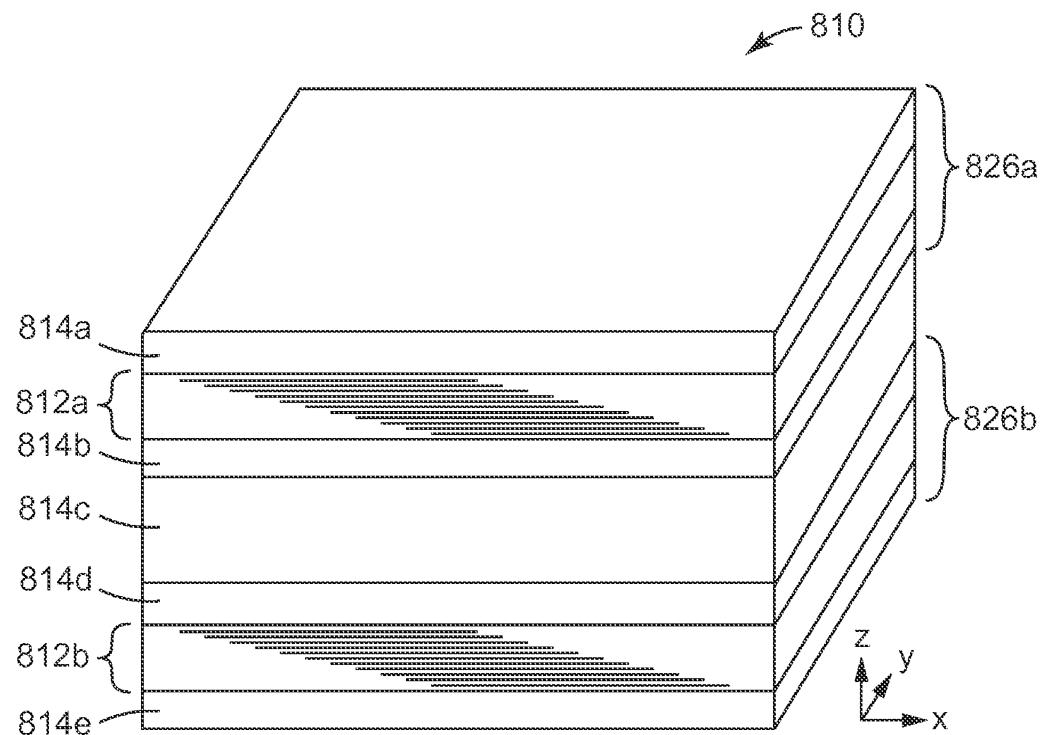
도면6b



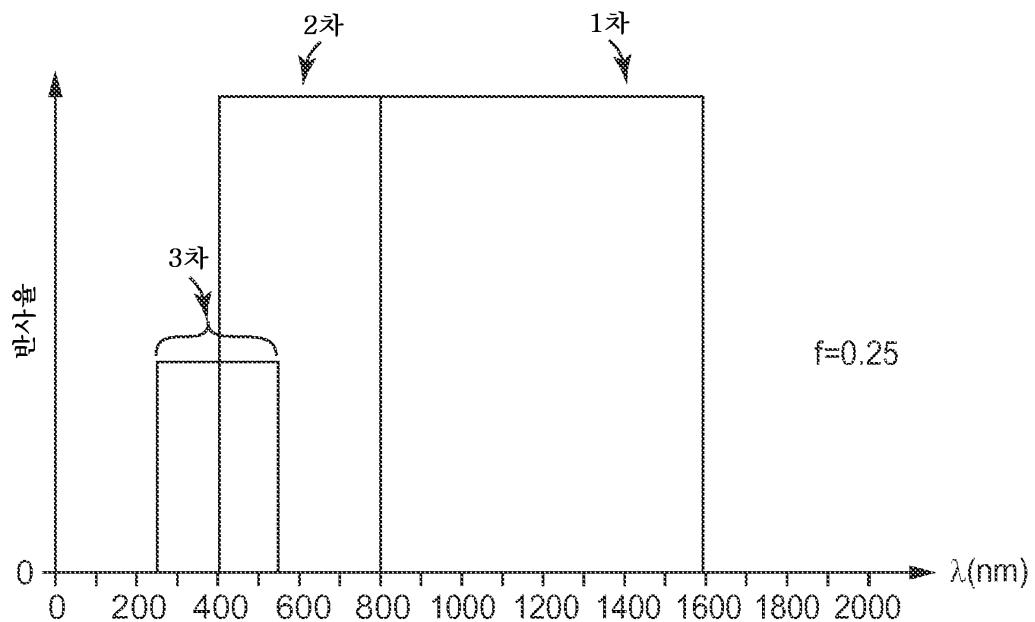
도면7



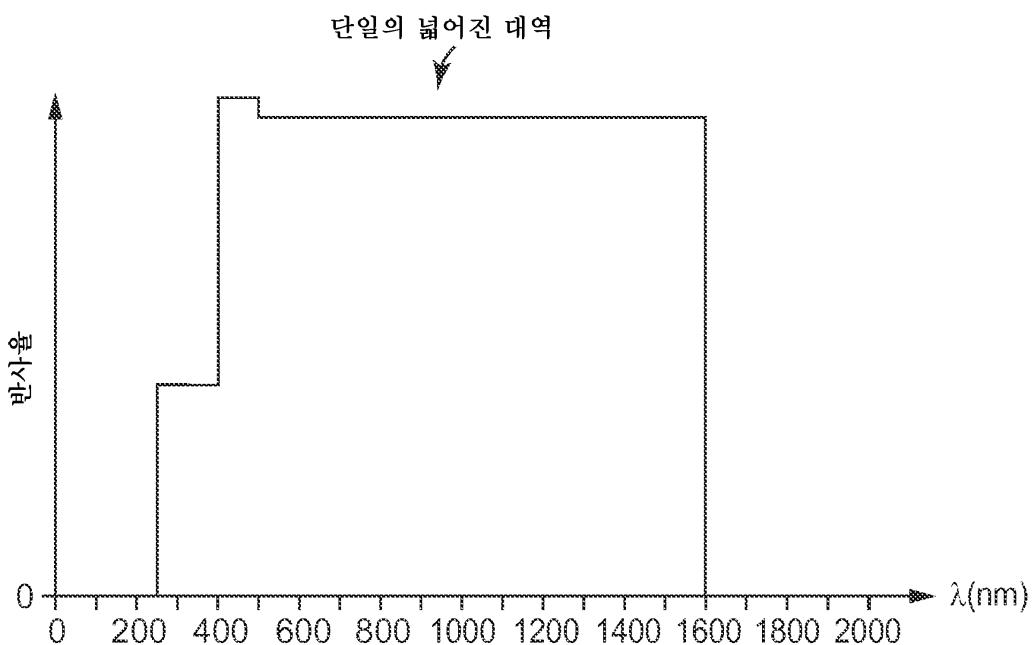
도면8



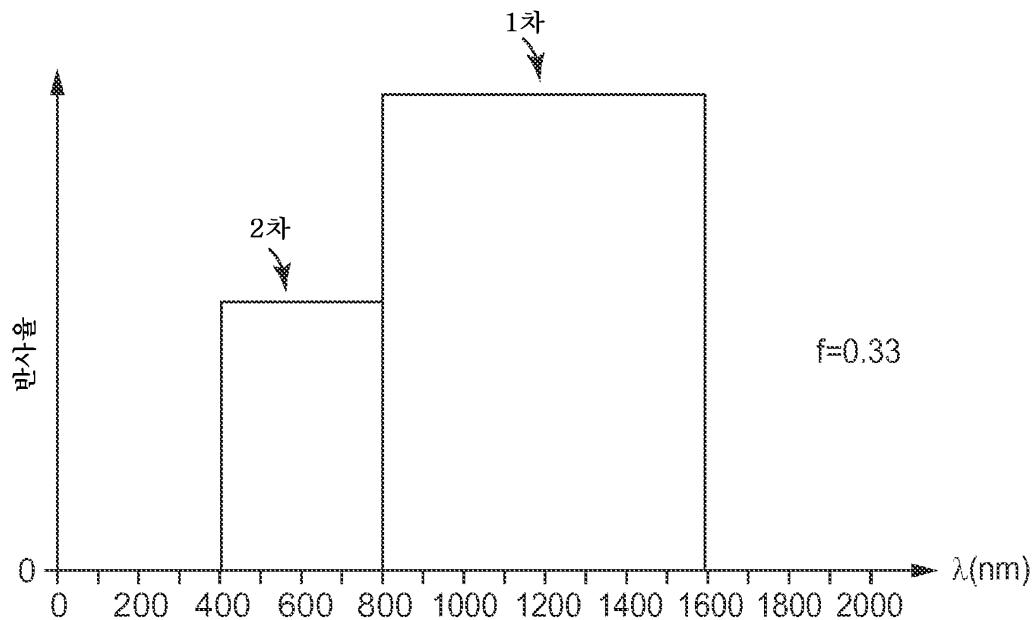
도면9a



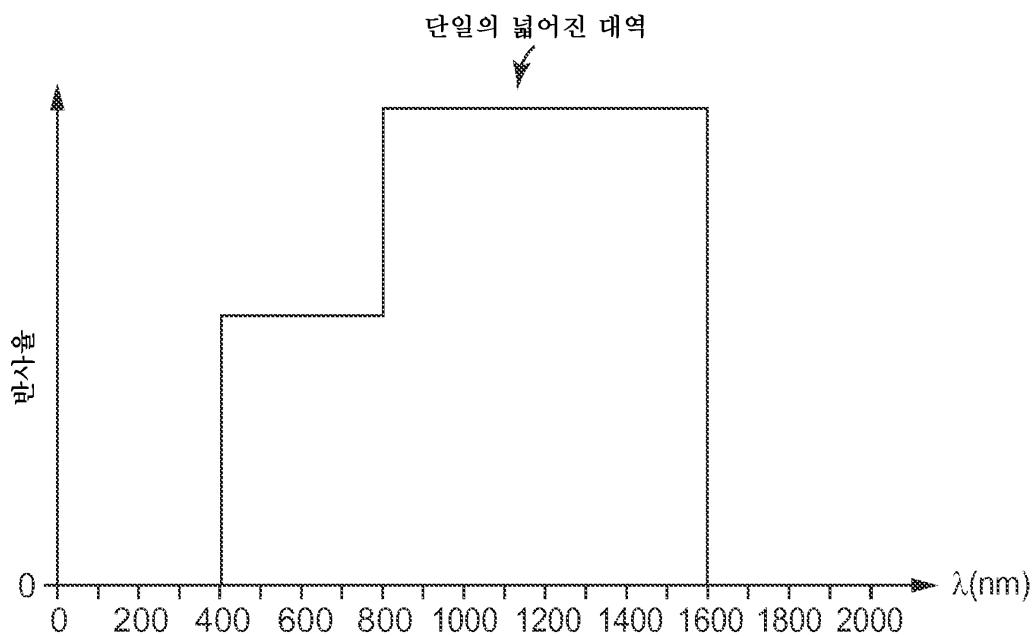
도면9b



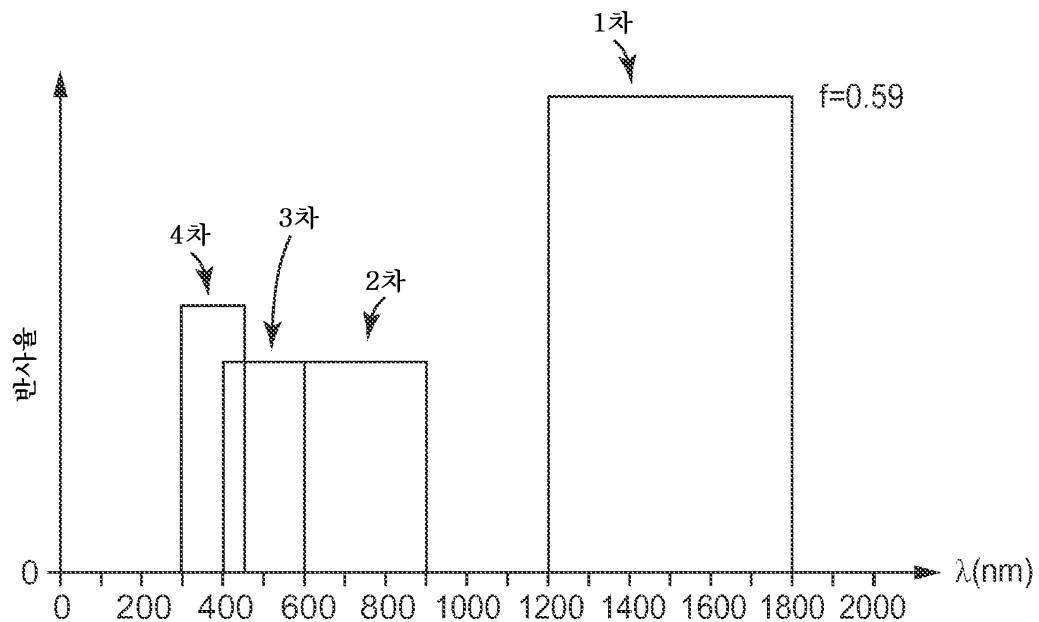
도면 10a



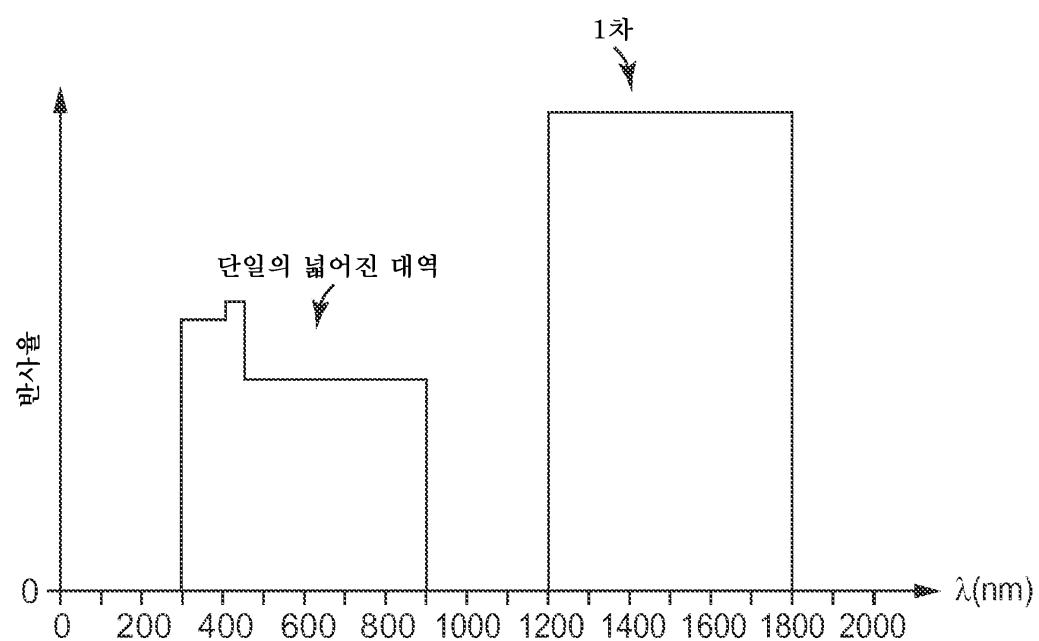
도면 10b



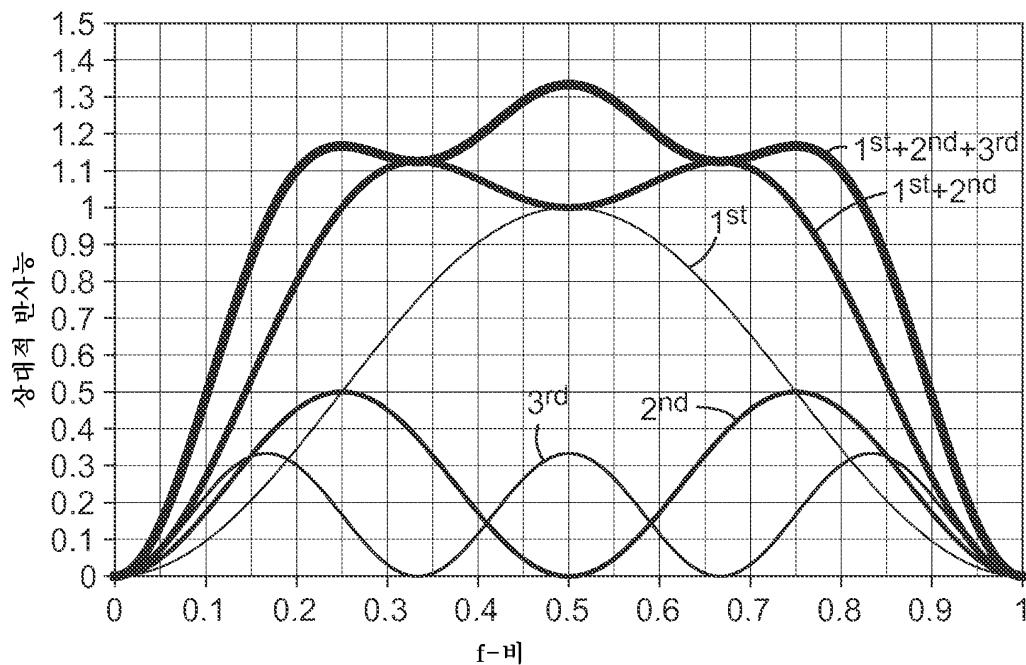
도면11a



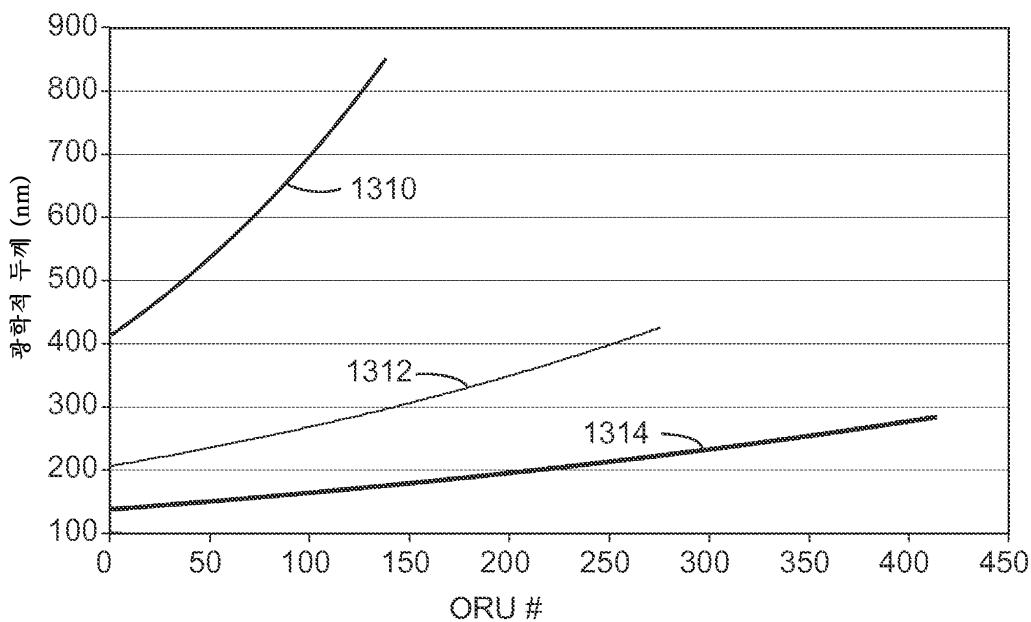
도면11b



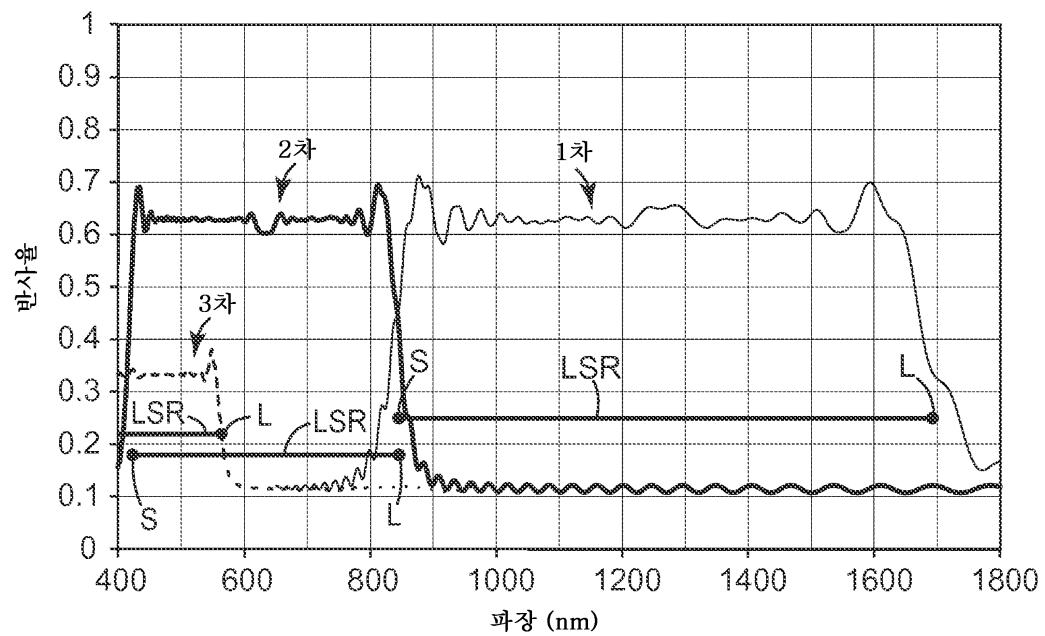
도면12



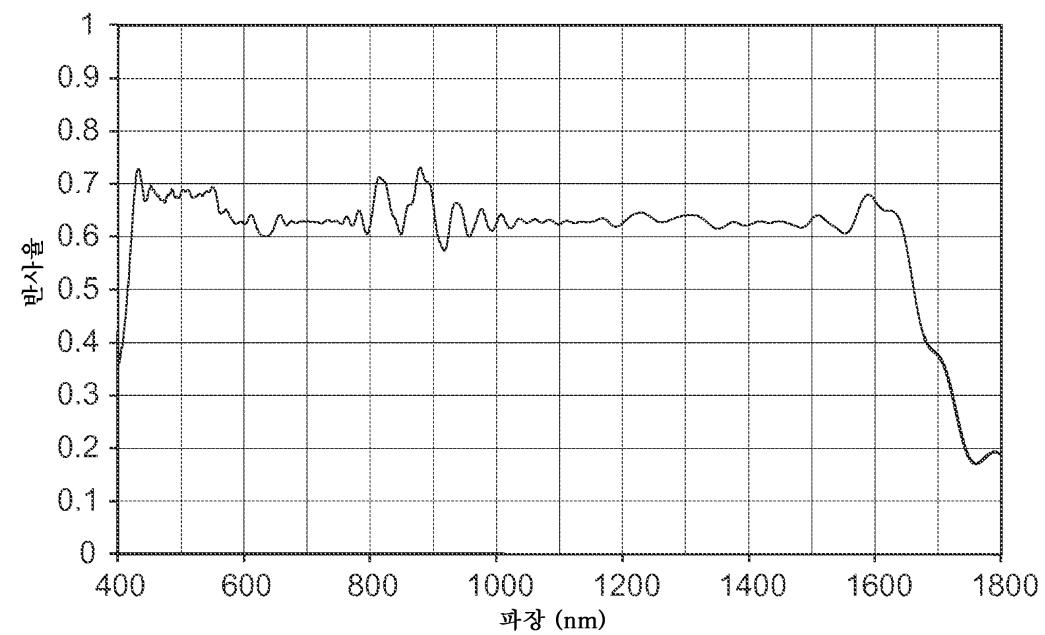
도면13



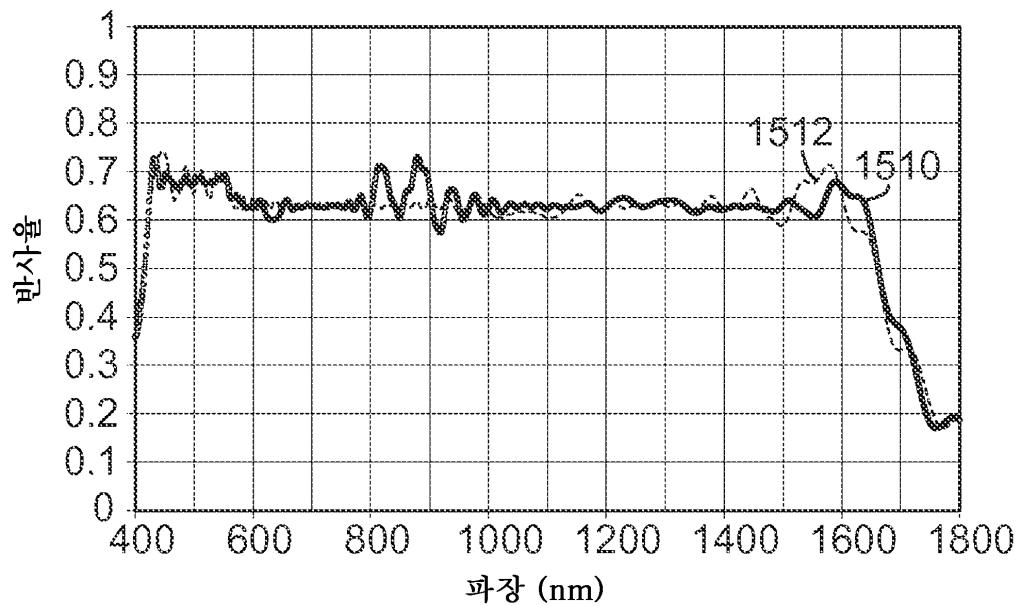
도면14a



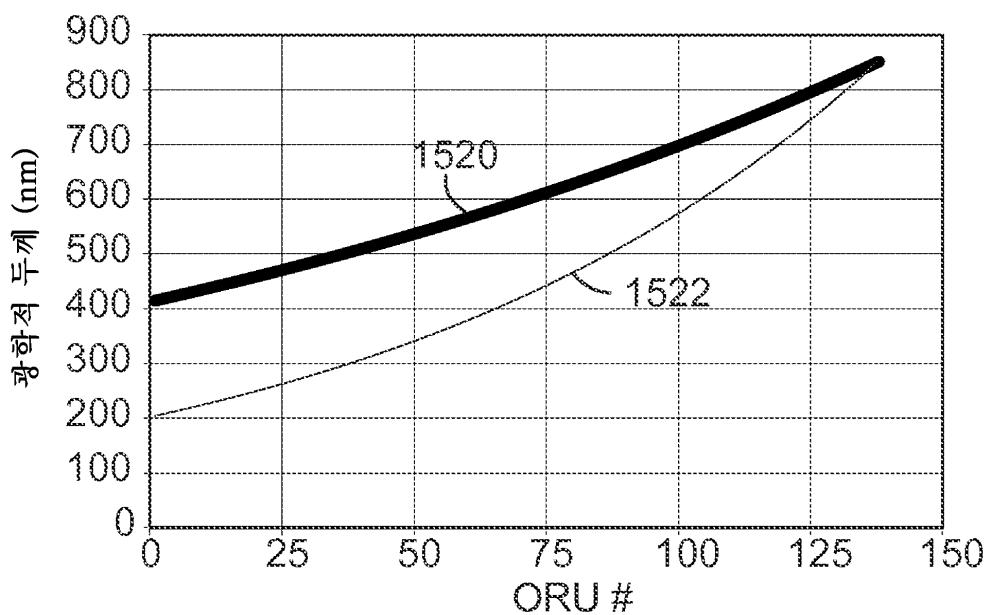
도면14b



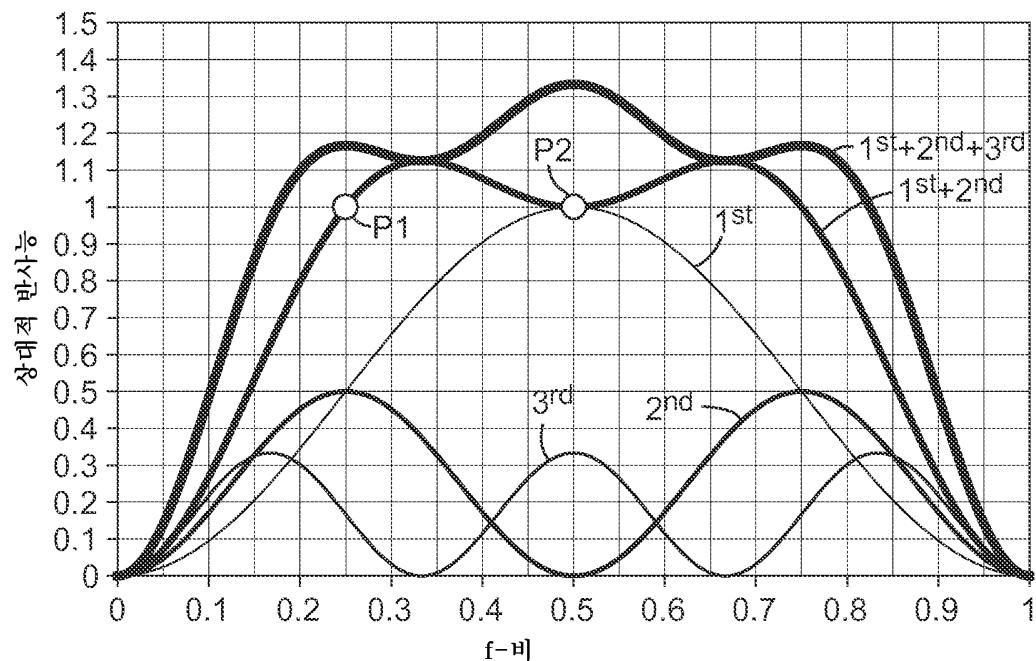
도면 15a



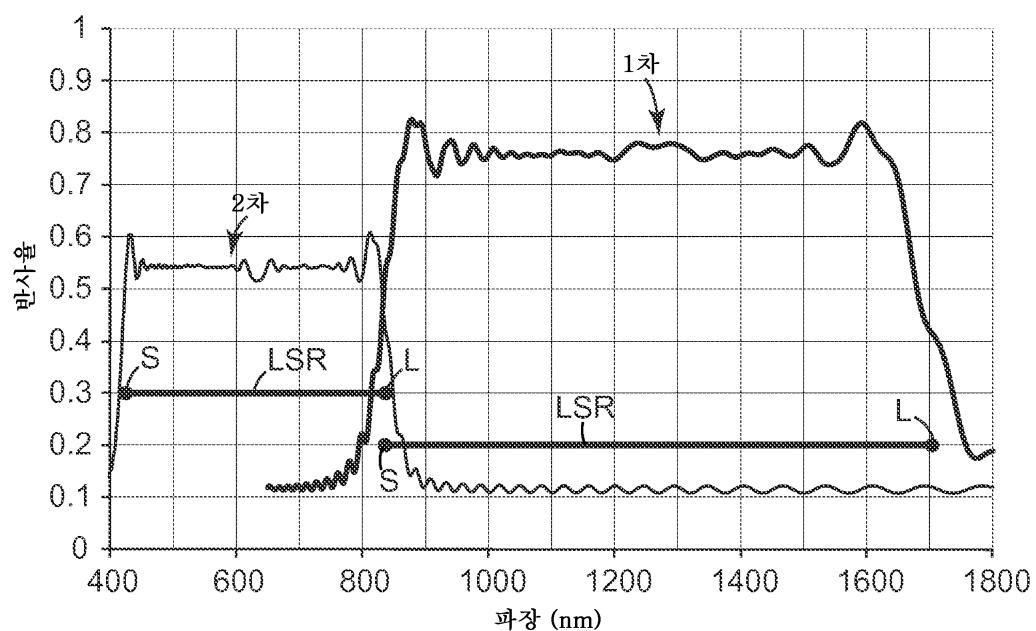
도면 15b



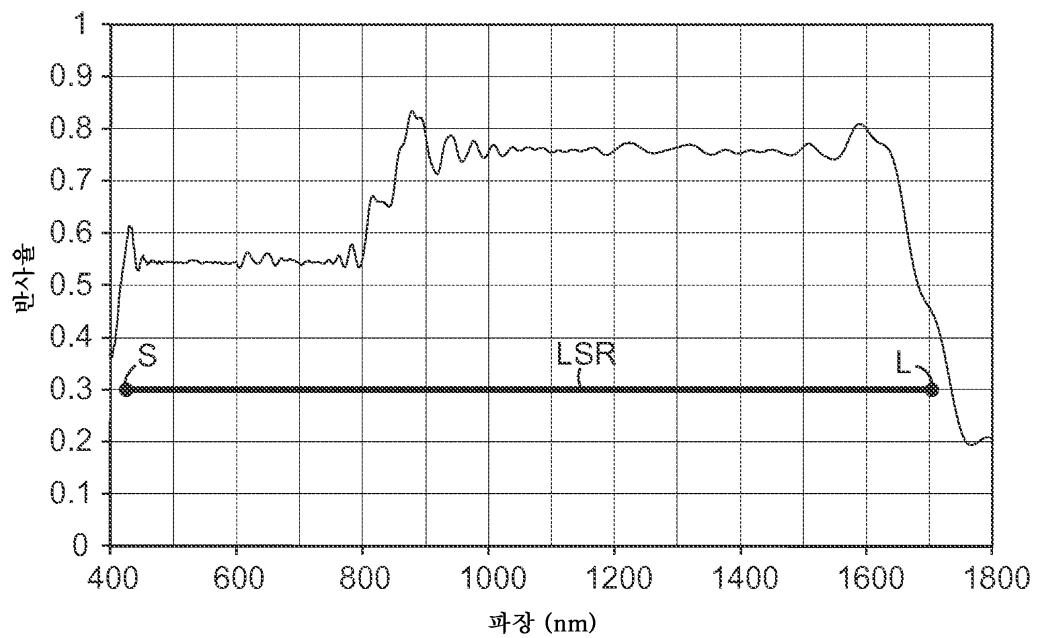
도면 15c



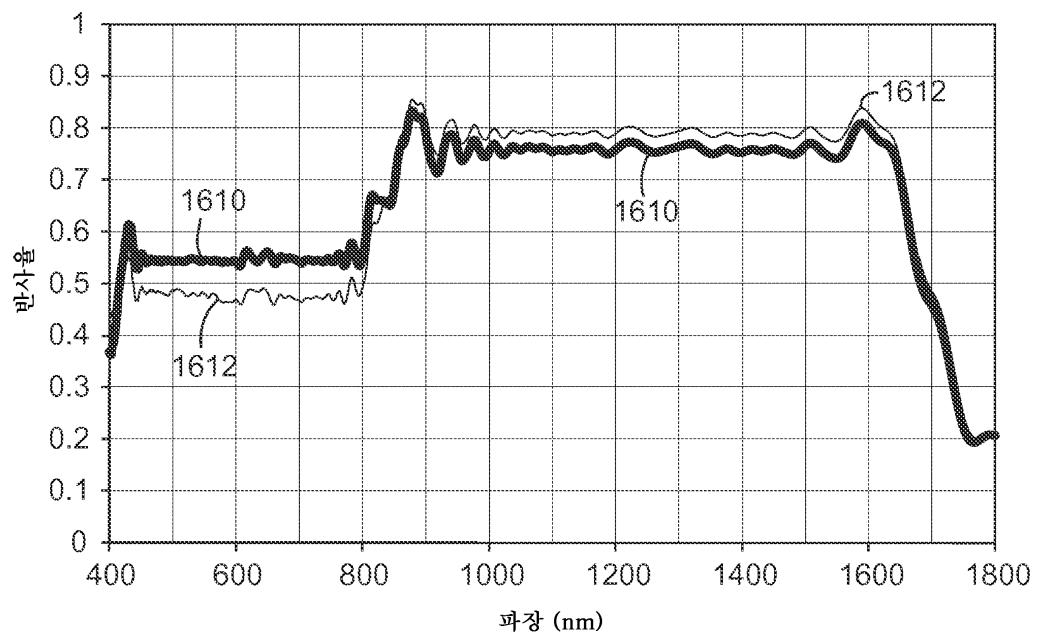
도면 16a



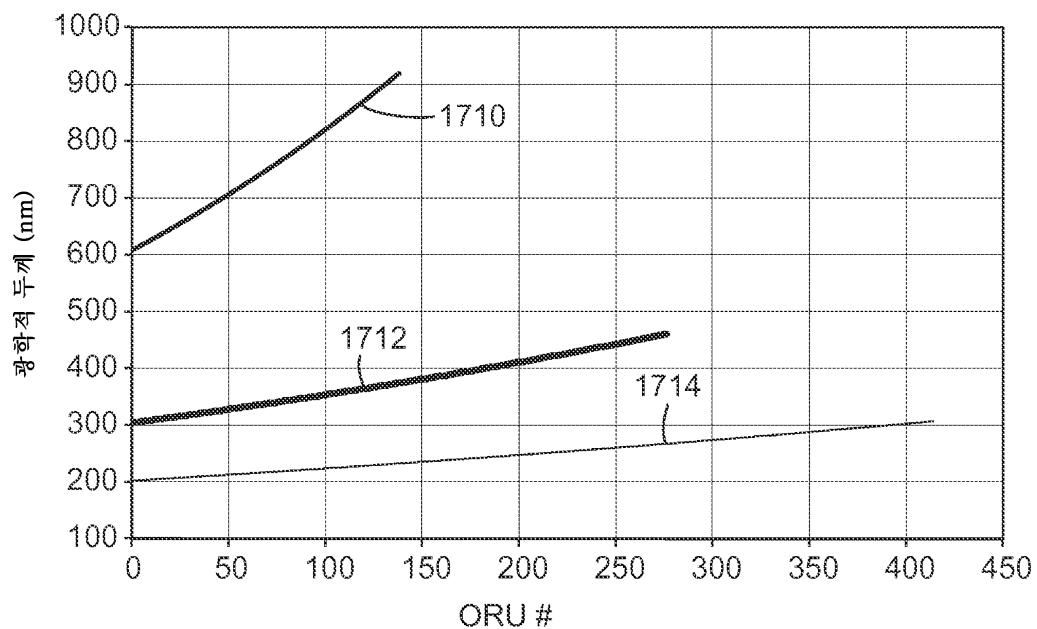
도면16b



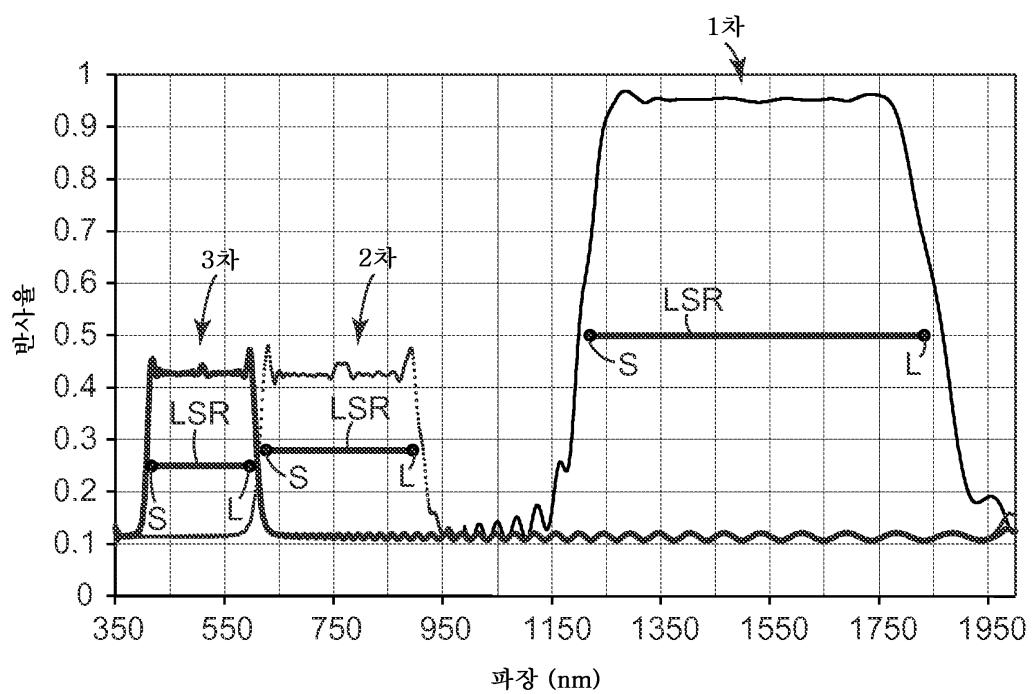
도면16c



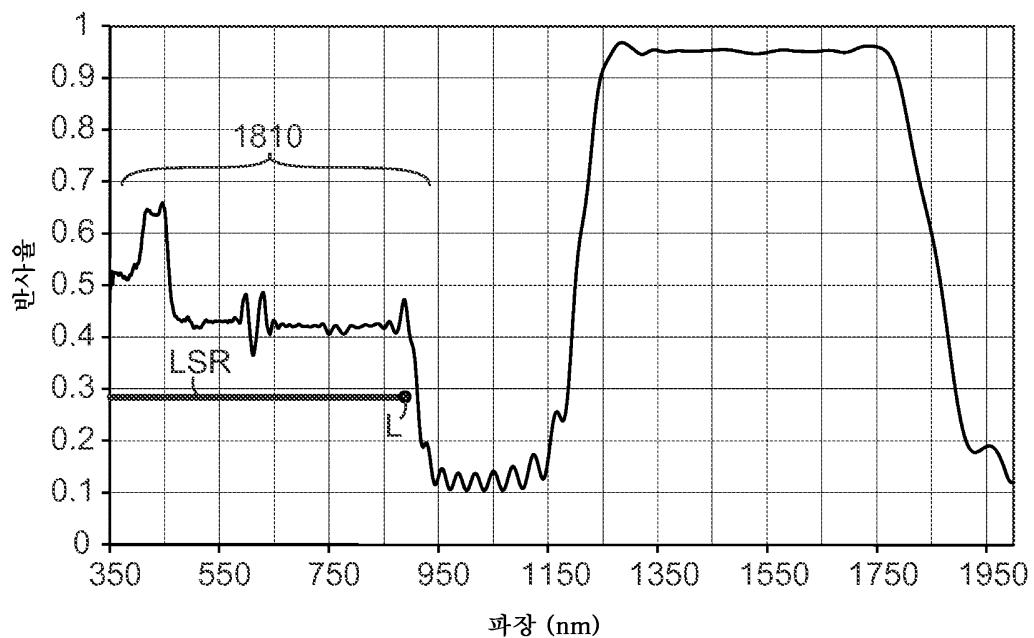
도면17



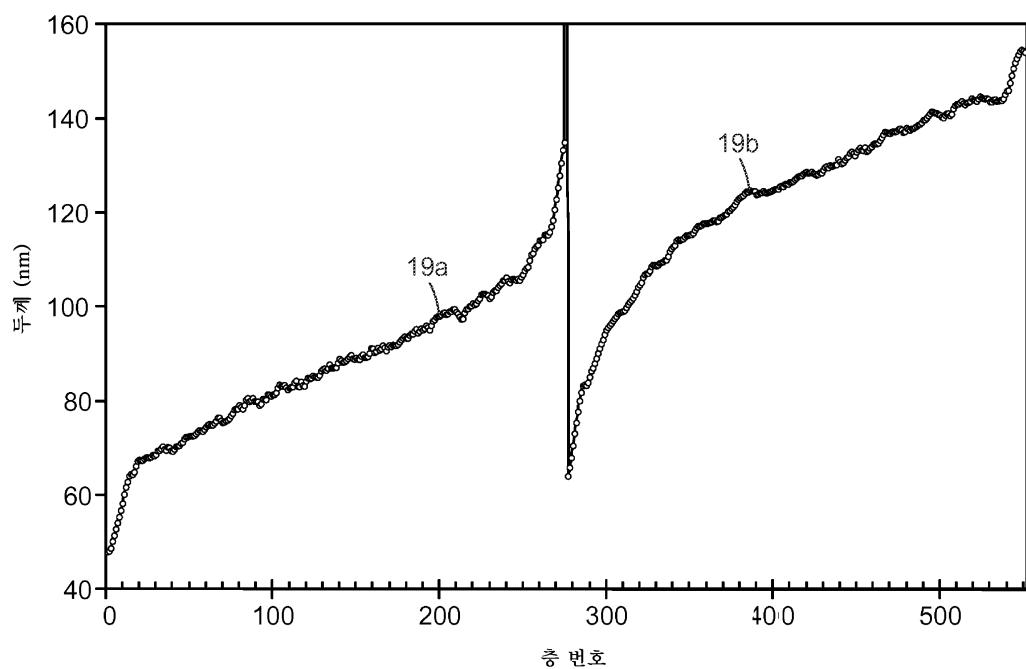
도면18a



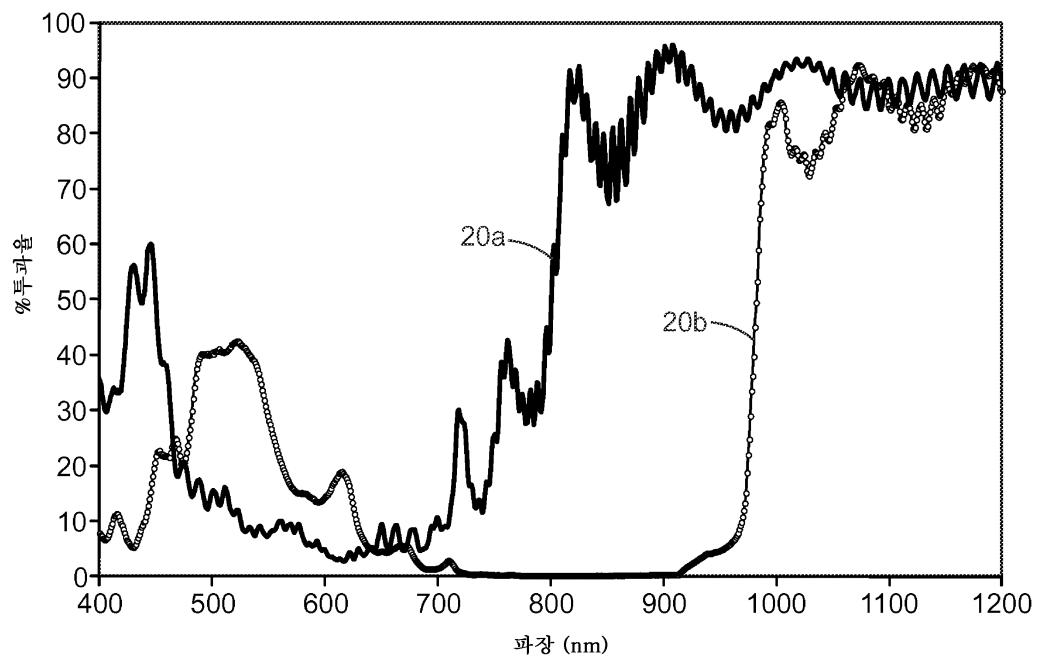
도면18b



도면19



도면20



도면21

