



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2017년10월25일  
 (11) 등록번호 10-1789840  
 (24) 등록일자 2017년10월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G02B 5/30 (2006.01) G02F 1/1335 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2012-7013254  
 (22) 출원일자(국제) 2010년10월22일  
 심사청구일자 2015년10월20일  
 (85) 번역문제출일자 2012년05월23일  
 (65) 공개번호 10-2012-0101011  
 (43) 공개일자 2012년09월12일  
 (86) 국제출원번호 PCT/US2010/053670  
 (87) 국제공개번호 WO 2011/050233  
 국제공개일자 2011년04월28일  
 (30) 우선권주장  
 61/254,692 2009년10월24일 미국(US)  
 61/298,830 2010년01월27일 미국(US)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020070068454 A\*  
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
 쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니  
 미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박  
 스 33427 쓰리엠 센터  
 (72) 발명자  
 웨버 마이클 에프  
 미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오  
 피스 박스 33427 쓰리엠 센터  
 네비트 티모시 제이  
 미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오  
 피스 박스 33427 쓰리엠 센터  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 양영준, 김영

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 장혜정

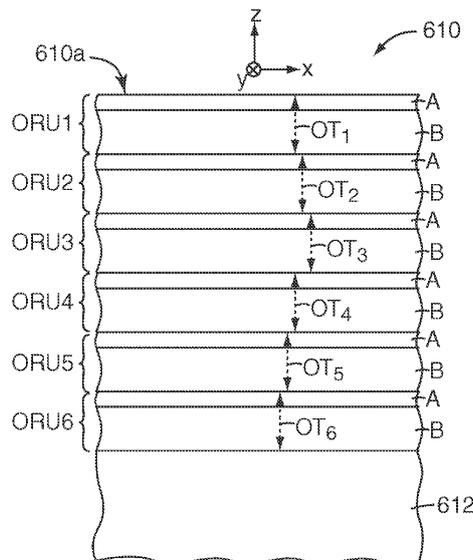
(54) 발명의 명칭 감소된 색을 갖는 침적된 비대칭 반사체

**(57) 요약**

필름 구조체(610)는 제1 축을 따라 편광된 수직 입사 광을 제2 축을 따라 편광된 수직 입사 광보다 더 많이 반사시키는 일군의 마이크로층을 포함한다. 마이크로층은 제1 및 제2 축에 수직인 두께 축을 따라 주어진 입사 조건에 대해 확장된 반사 대역에 걸쳐 중간 반사율을 갖는 일군의 마이크로층을 제공하는 층 두께 분포를 갖는 광학

(뒷면에 계속)

**대표도** - 도6



반복 단위(ORU)로 배열되어 있다. ORU는 평균 두께 미만의 두께를 갖는 보다 얇은 ORU, 및 평균 두께 초과 두께를 갖는 보다 두꺼운 ORU를 포함한다. 초임계광(supercritical light)이 마이크로층을 통해 전파할 수 있도록, 일군의 마이크로층이 공기보다 큰 굴절률을 갖는 매질에 광학적으로 침적된다. 마이크로층은, 평균적으로, 보다 얇은 ORU가 보다 두꺼운 ORU보다 구조체의 출력 표면에 더 가깝게 있도록 배향되어 있다. "초임계광"이라는 것은, 편평하고 평탄한 공기/필름 계면을 사용한 공기로부터의 조명에 의해 달성될 수 있는 것보다 더 경사진 각도로 필름을 통해 지나가는 광을 의미한다.

(72) 발명자

**리우 타오**

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

**위틀리 존 에이**

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

(56) 선행기술조사문헌

KR1020080010419 A\*

JP08244178 A\*

JP2009532720 A

JP2004004700 A

JP08503312 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

입력 표면 및 출력 표면을 갖는 필름 구조체로서,

보강 또는 상쇄 간섭에 의해 광을 선택적으로 반사시키도록 광학 반복 단위(optical repeat unit, ORU)들로 배열된 복수의 마이크로층 - 마이크로층은 제2 축을 따라 편광된 수직 입사 광에 대해서보다 제1 축을 따라 편광된 수직 입사 광에 대해 더 큰 반사율을 가지며, 제1 및 제2 축은 필름 평면을 정의함 - 을 포함하고,

마이크로층은 공기보다 큰 굴절률을 갖는 매질에 광학적으로 침적되어 있어서, 초임계광(supercritical light) 이 복수의 마이크로층을 통해 전파할 수 있고,

ORU들은 필름 평면에 수직인 두께 축을 따라 층 두께 분포 및 평균 두께를 가지며, 층 두께 분포는 주어진 입사 조건에 대해 가시 파장 범위에 걸쳐 부분 반사 및 부분 투과를 갖는 복수의 마이크로층을 제공하는 데 효과적이고, ORU들은 평균 두께 미만의 두께를 갖는 보다 얇은 ORU들, 및 평균 두께 초과 두께를 갖는 보다 두꺼운 ORU들을 포함하며,

마이크로층이, ORU들의 두께가 상기 입력 표면으로부터 상기 출력 표면을 향하여 단조적으로 감소하도록 배향되어 있는 구조체.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 마이크로층은 단일 광학 적층물에 배열되어 있고, 보다 얇은 ORU들은 광학 적층물의 제1 측면 상에 배치되어 있으며, 보다 두꺼운 ORU들은 광학 적층물의 제2 측면 상에 배치되어 있고, 제1 측면이 필름 구조체의 출력 표면과 마주하고 있는 구조체.

#### 청구항 3

광학 시스템으로서,

제1항의 구조체, 및

입력 표면을 통해 구조체 내로 광을 유입시키도록 배치된 광원

을 포함하는 광학 시스템.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 출력 표면에 근접하여 배치된 디스플레이 패널을 추가로 포함하는 광학 시스템.

#### 청구항 5

제3항에 있어서, 구조체가 공기 갭 없이 복수의 마이크로층에 연결된 제1 광학 요소를 포함하는 광학 시스템.

#### 청구항 6

제5항에 있어서, 공기 갭 없이 필름 구조체에 연결되어 있는 LCD 패널을 추가로 포함하는 광학 시스템.

#### 청구항 7

제5항에 있어서, 제1 광학 요소가 1.1 내지 1.3의 범위의 굴절률을 갖는 초저굴절률(ULI) 물질의 층을 포함하는 광학 시스템.

#### 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

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

- [0001] 관련 출원에 대한 상호 참조
- [0002] 본 출원은 2010년 1월 27일자로 출원된, 발명의 명칭이 "감소된 색을 갖는 침적된 비대칭 반사체(Immersed Asymmetric Reflector with Reduced Color)"인 미국 가특허 출원 제61/298,830호(대리인 사건 번호 66125US002), 및 2009년 10월 24일자로 출원된, 발명의 명칭이 "선택된 입사 평면에서 각도 제한을 갖는 침적된 반사 편광기(Immersed Reflective Polarizer with Angular Confinement in Selected Planes of Incidence)"인 미국 특허 출원 제61/254,692호(대리인 사건 번호 65900US002)를 기초로 우선권을 주장하며, 이들의 개시 내용은 참조 문헌으로서 그 전체 내용이 본 명세서에 포함된다.
- [0003] 본 발명은 일반적으로 반사 및 투과 특성이 주로 필름 내의 마이크로층들 사이의 계면으로부터 반사된 광의 보강 및 상쇄 간섭에 의해 결정되는 광학 필름에 관한 것으로서, 예를 들어, 디스플레이 시스템 또는 기타 조명 시스템에서 사용하기에 적합한 구성요소와 같은 다른 구성요소를 갖는 이러한 필름의 결합체에 특히 적용된다. 본 발명은 또한 관련 물품, 시스템 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0004] 면내 차단축을 따라 있는 인접한 마이크로층들 사이의 실질적인 굴절률 불일치 및 면내 통과축을 따라 있는 인접한 마이크로층들 사이의 실질적인 굴절률 일치률 제공하도록 선택되는 면내 굴절률을 갖는 복수의 마이크로층으로 이루어진 반사 편광기 - 차단축을 따라 편광된 수직 입사 광에 대해 높은 반사율을 보장하면서 통과축을 따라 편광된 수직 입사 광에 대해 낮은 반사율 및 높은 투과율을 유지하기 위해 충분한 수의 층을 가짐 - 가 한 동안 알려져 있었다. 예컨대, 미국 특허 제3,610,729호(Rogers), 제4,446,305호(Rogers 등), 및 제5,486,949호(Schrenk 등)를 참조하기 바란다.
- [0005] 보다 최근에, 3M Company의 연구자들은 필름에 수직인 방향(즉, z축)을 따라 이러한 필름의 층간 굴절률 특성의 중요성을 지적하였고, 어떻게 이들 특성이 경사진 입사각에서 필름의 반사율 및 투과율에 중요한 역할을 하는지를 보여주었다. 예를 들어, 미국 특허 제5,882,774호(Jonza 등)를 참조한다. 존자 등은 특히, 인접한 미세층들 사이의 굴절률의 z-축 부정합, 더 간단히 말해 z-굴절률 부정합 또는  $\Delta n_z$ 가 브루스터 각(Brewster angle) (계면에서 p-편광의 반사율이 0이 되는 각도)이 매우 크거나 존재하지 않는 다층 스택의 구성이 가능하도록 조정될 수 있는 방법을 교시한다. 이것은 다음에는 p-편광에 대한 계면 반사율이 입사각이 증가함에 따라 천천히 감소하거나, 입사각과 독립적이거나, 입사각이 법선 방향으로부터 멀어짐에 따라 증가하는 다층 미러 및 편광기의 구성을 허용한다. 그 결과, 넓은 대역폭에 걸쳐 미러의 경우 임의의 입사 방향에 대해 그리고 편광기의 경우 선택된 방향에 대해 s-편광된 광과 p-편광된 광 둘 모두에 대해 고 반사율을 갖는 다층 필름이 달성될 수 있다.

**발명의 내용**

- [0006] 제조업체가 비용을 감소시키고 성능을 향상시키기 위해 광학 필름 및 기타 광학 요소의 기능을 점점 더 적은 수의 부품에 계속 통합함에 따라, 이전에 독립형 필름으로서 제품에 배치되었던 다층 광학 필름 - 필름의 양쪽 주 표면에 공기 갭이 있음 - 이 이제는 다층 광학 필름의 외측 표면에 공기 갭이 더 이상 존재하지 않도록 다른 필름 또는 광학 요소에 접합되거나 다른 방식으로 결합될 수 있다. 다층 광학 필름에 결합되는 광학 요소의 성질에 따라, 이러한 필름 구조체에서의 다층 광학 필름은, 광이 "초임계각(supercritical angle)" - 즉, 공기의 임계각보다 더 경사진 각도 - 에서 필름을 통해 전파할 수 있도록, 공기보다 큰 굴절률의 물질 내에 "광학적으로 침적(optically immersed)"될 수 있다.
- [0007] 출원인은 다층 광학 필름이 이러한 방식으로 광학적으로 침적되어 있는 특징의 다층 광학 필름 구조체의 예상치 못한 특성을 발견하였다. 다층 광학 필름이 비교적 광대역 부분 반사체 - 예컨대, 가시 파장 범위에 걸쳐 광을 공칭상 균일하게 부분적으로 투과시키고 부분적으로 반사시킴 - 로서 설계될 때, 및 제1 축을 따라 편광된 수직 입사 광이 제1 축에 수직인 제2 축을 따라 편광된 수직 입사 광보다 더 많이 반사(또는 더 적게 투과)되도록 다층 광학 필름이 비대칭 수직 입사 반사율 또는 투과율을 가질 때, 출원인은 관찰자에 대한 또는 필름 구조체의 입력 표면 또는 출력 표면에 대한 다층 광학 필름의 배향 또는 측면성(sidedness)이 시스템의 겉보기 색 및/또는 공간적 색 균일성에 상당하고 뚜렷한 효과를 가질 수 있다는 것을 알았다. 예를 들어, 다층 광학 필름을 이

루고 있는 마이크로층이 층 두께 프로파일에 따라 배열된 광학적 두께를 갖는 광학 반복 단위(optical repeat unit, ORU)로 배열되어 있는 경우 - 보다 얇은 ORU는 일반적으로 필름의 제1 표면에 더 가깝게 배치되고 보다 두꺼운 ORU는 일반적으로 필름의 제2 표면에 더 가깝게 배치됨 -, 다층 광학 필름이 (필름 구조체와 관련하여) 제1 표면이 필름 구조체의 출력 표면(또는 관찰자) 쪽에 있도록 배향되는지 제2 표면이 이러한 출력 표면 쪽에 있도록 배향되는지에 따라, 시스템의 겉보기 색 및/또는 공간적 색 균일성이 상당히 다를 수 있다. 이러한 흥미롭고 예상치 못한 특성은, 예를 들어, 의도된 응용에서 낮은 인지된 색 변동을 제공하도록 조정되는 다층 광학 필름 구조체를 제조하는 데 이용될 수 있다. 따라서, 감소된 색(reduced color)이 요망되는 경우, 보다 얇은 ORU가 일반적으로 보다 두꺼운 ORU보다 필름 구조체의 출력 표면에 더 가깝게 있도록, 다층 광학 필름이 배향될 수 있다.

[0008] 따라서, 그 중에서도 특히, 제1 축을 따라 편광된 수직 입사 광을 제2 축을 따라 편광된 수직 입사 광보다 더 많이 반사시키는 일군의 마이크로층을 포함하는 필름 구조체가 개시되어 있다. 마이크로층이 제1 및 제2 축에 수직인 두께 축을 따라 주어진 입사 조건에 대해 확장된 반사 대역에 걸쳐 중간 반사율을 갖는 일군의 마이크로층을 제공하는 두께 분포를 갖는 광학 반복 단위(ORU)로 배열되어 있다. ORU는 평균 두께 미만의 두께를 갖는 보다 얇은 ORU, 및 평균 두께 초과인 두께를 갖는 보다 두꺼운 ORU를 포함한다. 초임계광(supercritical light)이 마이크로층을 통해 전파할 수 있도록, 일군의 마이크로층이 공기보다 큰 굴절률을 갖는 매질에 광학적으로 침적된다. 마이크로층은, 평균적으로, 보다 얇은 ORU가 보다 두꺼운 ORU보다 구조체의 출력 표면에 더 가깝게 있도록 배향되어 있다. 이 배향은 "얇은 측면 바깥쪽(thin-side-out)"이라고 할 수 있다.

[0009] 또한, 입력 표면 및 출력 표면을 갖는 필름 구조체가 개시되어 있다. 구조체는 보강 또는 상쇄 간섭에 의해 광을 선택적으로 반사시키도록 광학 반복 단위(ORU)로 배열된 복수의 마이크로층을 포함하고, 마이크로층은 제2 축을 따라 편광된 수직 입사 광에 대해서보다 제1 축을 따라 편광된 수직 입사 광에 대해 더 큰 반사율을 가지며, 제1 및 제2 축은 필름 평면을 정의한다. 초임계광이 복수의 마이크로층을 통해 전파할 수 있도록, 마이크로층이 공기보다 큰 굴절률을 갖는 매질에 광학적으로 침적된다. ORU는 필름 평면에 수직인 두께 축을 따라 층 두께 분포를 가지며, 층 두께 분포는 평균 두께를 갖고, 주어진 입사 조건에 대해 확장된 반사 대역에 걸쳐 중간 반사율을 갖는 복수의 마이크로층을 제공하는 데 효과적이다. 두께 분포로 인해, ORU는 평균 두께 미만의 두께를 갖는 보다 얇은 ORU, 및 평균 두께 초과인 두께를 갖는 보다 두꺼운 ORU를 포함한다. 마이크로층은 바람직하게는, 평균적으로, 보다 얇은 ORU가 보다 두꺼운 ORU보다 출력 표면에 더 가깝게 있도록 배향되어 있다.

[0010] 확장된 대역에 걸쳐 마이크로층에 의해 제공되는 중간 반사율은 이 대역에 걸쳐 부분 반사 및 부분 투과를 가능하게 해준다. 다층 광학 필름이 일부를 이루고 있는 시스템 설계에 따라, 이러한 중간 반사율이 각종의 원하는 입사 조건에 대해 일어나도록 설계될 수 있다. 한 경우에, 예를 들어, 입사 조건은 제2 축을 따라 편광된 수직 입사 광에 대한 것일 수 있고, 이 경우에 광대역 부분 반사 및 투과는 "통과 상태"의 광과 연관되어 있다. 다른 경우에, 입사 조건은 제1 축을 따라 편광된 수직 입사 광에 대한 것일 수 있고, 이 경우에 광대역 부분 반사 및 투과는 "차단 상태"의 광과 연관되어 있다. 다른 경우에, 입사 조건은 선택된 입사 평면에 경사지게 입사하는 광에 대한 것일 수 있다. 예를 들어, s-편광된 광 또는 p-편광된 광이 지정될 수 있거나, s-편광된 광과 p-편광된 광의 평균(비편광된 광)이 지정될 수 있다. 선택된 입사 평면은 제1 축 및 두께 축을 포함하는 평면, 또는 제2 축 및 두께 축을 포함하는 평면, 또는 이들 평면에 대해 중간 위치에서 회전된 평면일 수 있다. 예를 들어, 입사 평면은 두께 축을 포함하고 제1 축에 대해 10도, 또는 20도, 또는 45도 회전된 평면일 수 있다. 이러한 평면에서의 입사각은 또한, 예를 들어, 굴절률 1.494의 매질에서 49도로, 또는 이러한 매질에서 38도의 각도로, 또는 원하는 바에 따라 다른 매질에서 다른 각도로 지정될 수 있다.

[0011] 마이크로층이 단일 광학 패킷에 배열될 수 있고, 보다 얇은 ORU는 주로 광학 패킷의 제1 측면 상에 배치될 수 있고, 보다 두꺼운 ORU는 주로 광학 패킷의 제2 측면에 배치될 수 있으며, 제1 측면은 필름 구조체의 출력 표면과 마주하고 있다. 대안적으로, 마이크로층이 적어도 2개의 상이한 광학 패킷에 배열될 수 있다.

[0012] 복수의 마이크로층은 제1 물질을 포함하는 제1 마이크로층 세트 및 제1 물질과 상이한 제2 물질을 포함하는 제2 마이크로층 세트를 포함할 수 있다. 각각의 ORU는 제1 마이크로층 세트 중의 제1 마이크로층 및 제2 마이크로층 세트 중의 제2 마이크로층을 포함할 수 있거나 본질적으로 이들로 이루어져 있을 수 있다. 어떤 경우에, 제1 물질은 이축 복굴절성(biaxially birefringent)일 수 있고, 다른 경우에, 제1 물질은 단축 복굴절성(uniaxially birefringent)일 수 있다. 어느 경우든지, 제2 물질은 실질적으로 등방성일 수 있거나, 복굴절성일 수 있다.

[0013] 필름 구조체는 공기에 노출되어 있는 제1 및 제2 대향 주 표면을 가질 수 있고, 입력 표면은 제1 주 표면일 수

있거나 이를 포함할 수 있고, 출력 표면은 제2 주 표면일 수 있거나 이를 포함할 수 있다.

- [0014] 복수의 마이크로층은 복수의 마이크로층의 퍼센트 투과율 + 퍼센트 반사율이 약 100%인 저흡수 물질을 포함할 수 있다. 그러면, 중간 반사율은, 예를 들어, 원하는 경우, 400 내지 700 nm의 가시 파장에 걸쳐 적어도 10% 내지 90% 미만, 또는 적어도 20% 내지 80% 미만의 주어진 입사 조건에 대한 평균 반사율을 포함할 수 있다.
- [0015] 필름 구조체는 공기 갭 없이 복수의 마이크로층에 연결된 제1 광학 요소를 추가로 포함할 수 있다. 이러한 제1 광학 요소는 임의의 수의 상이한 형상을 가질 수 있는 미세구조화된 표면을 포함할 수 있다. 미세구조화된 표면은 규칙적인 반복 패턴, 랜덤한 패턴, 또는 그 조합을 가질 수 있다. 미세구조화된 표면은 면가공(faceted) 될 수 있거나 - 인접한 면(facet) 또는 기타 특징부 사이에 식별가능한 가장자리 또는 경계가 있음 -, 이러한 가장자리 또는 경계 없이 기복이 있을 수 있다. 미세구조화된 표면은 몰드를 수반하는 미세복제 기법에 의해 형성, 주조, 코팅, 제조될 수 있거나, 비드 또는 기타 입자를 다른 방식으로 평탄한 층 내에 포함시키는 것과 같은 임의의 다른 적당한 기법에 의해 제조될 수 있다. 어떤 경우에, 미세구조화된 표면은 복수의 선형 프리즘을 포함할 수 있고, 각각의 프리즘은 프리즘 축에 평행하게 뻗어 있다. 프리즘 축은, 예를 들어, 필름 구조체의 제2 축에 실질적으로 평행할 수 있지만, 원하는 바에 따라, 프리즘 축의 다른 배향도 역시 사용될 수 있다. 3면 프리즘 또는 4면 프리즘(이들로 제한되지 않음)을 비롯한 다른 유형의 프리즘도 역시 사용될 수 있다. 어떤 경우에, 미세구조화된 표면은 렌티큘러 구조물의 규칙적인 또는 불규칙적인 어레이를 포함할 수 있다.
- [0016] 제1 축을 따라 편광된 수직 입사 광에 대한 반사율은 가시 파장에 걸쳐 R1일 수 있고, 제2 축을 따라 편광된 수직 입사 광에 대한 반사율은 가시 파장에 걸쳐 R2일 수 있으며, R1은 적어도 50%일 수 있고, R2는 적어도 10%일 수 있지만, 이들 값이 제한적인 것으로 해석되어서는 안된다. 어떤 경우에, R1은 50% 이하일 수 있고, R2는 10% 이하일 수 있다.
- [0017] 필름 구조체는 또한 광학 시스템의 일부로서 포함될 수 있고, 시스템은 또한 입력 표면을 통해 필름 구조체에 광을 유입시키도록 배치된 광원을 포함한다. 시스템은 또한 필름 구조체의 출력 표면에 근접하여 배치된 디스플레이 패널을 포함할 수 있다. 필름 구조체는 공기 갭 없이 복수의 마이크로층에 연결된 제1 광학 요소를 포함할 수 있다. 제1 광학 요소는, 예를 들어, 도광체일 수 있거나 도광체를 포함할 수 있고, 입력 표면은 도광체의 측면 표면일 수 있다.
- [0018] 광학 시스템은 광학적으로 두꺼운 층을 포함할 수 있고, 입력 표면은 광학적으로 두꺼운 층의 주 표면일 수 있다. 어떤 경우에, 주 표면은 미세구조화된 표면을 포함한다. 어떤 경우에, 광학적으로 두꺼운 층은 그 안에 배치된 광 확산 요소를 포함할 수 있다.
- [0019] 관련 방법, 시스템 및 물품이 또한 논의된다.
- [0020] 본 출원의 이들 태양 및 다른 태양이 이하의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다. 그러나, 어떠한 경우에도, 상기의 개요는 청구된 요지에 대한 제한으로서 해석되어서는 안되며, 그 요지는 절차의 수행 동안에 보정될 수 있는 첨부된 특허청구범위에 의해서만 한정된다.

**도면의 간단한 설명**

- [0021] <도 1>  
도 1은 디스플레이 시스템의 개략 측면도.
- <도 2>  
도 2는 본 명세서에 개시된 바와 같이 라미네이트 및/또는 필름의 추가에 의해 수정된 도 1의 시스템의 개략 측면도.
- <도 3a 내지 도 3c>  
도 3a 내지 도 3c는 주어진 광학 매질에 필름을 침적시키는 개념을 설명하는, 다른 층들이 도포되어 있는 간략화된 계층화된 필름의 일련의 개략 측면도.
- <도 4>  
도 4는 층이 공기 이외의 매질에 침적될 때 원추체를 넓히는 것을 나타낸, 주어진 층에서 전파하는 광의 각도 범위 또는 원추체의 사시도.

<도 5>

도 5는 다층 광학 필름의 예시적인 광학 반복 단위(ORU)의 개략 사시도.

<도 6>

도 6은 마이크로층의 패킷 및 복수의 ORU를 나타낸 다층 광학 필름의 일부분의 개략 사시도.

<도 7>

도 7은 비대칭 반사 필름일 수 있는 다층 광학 필름의 개략 사시도.

<도 8>

도 8은 반사 편광 필름과 같은 비대칭 반사 필름일 수 있는 다층 광학 필름의 다른 개략 사시도.

<도 9a 및 도 9b>

도 9a 및 도 9b는 다층 광학 필름의 설계에서 사용될 수 있는 예시적인 층 두께 프로파일을 나타낸 그래프.

<도 10a>

도 10a는 광학적으로 침적된 다층 광학 필름을 포함하는 필름 구조체의 개략 단면 또는 측면도.

<도 10b>

도 10b는 광학적으로 침적된 다층 광학 필름을 포함하는 보다 간단한 필름 구조체의 개략 단면 또는 측면도.

<도 10c>

도 10c는 광학적으로 침적된 다층 광학 필름을 포함하는 다른 간단한 필름 구조체의 개략 단면 또는 측면도.

<도 11a>

도 11a는 예시적인 침적된 다층 광학 필름에 대한 투과율 대 파장(즉, 스펙트럼 투과율)의 모델링된 그래프로서, 여기서 투과율은 굴절률 1.494의 매질에서 측정된 입사각  $\theta = 49^\circ$ 로 x-z 평면( $\phi = 0$ )에 입사하는 초입계광에 대해 계산되어 있고, 이 그래프는 필름의 두꺼운 측면 바깥쪽(thick-side-out) 및 얇은 측면 바깥쪽 배향 둘다에 적용가능함.

<도 11b>

도 11b는 도 11a와 유사한 스펙트럼 투과율의 모델링된 그래프로서, 여기서 입사 평면은 z-축을 중심으로 10도 회전되어 있고( $\phi = 10^\circ$ ), 다층 광학 필름은 두꺼운 측면 바깥쪽으로 배향되어 있음.

<도 11c>

도 11c는 도 11b와 유사한 스펙트럼 투과율의 모델링된 그래프로서, 여기서 다층 광학 필름은 얇은 측면 바깥쪽으로 배향되어 있음.

<도 12a>

도 12a는 도 11b와 유사한 스펙트럼 투과율의 모델링된 그래프로서, 여기서 흡수 편광기가 다층 광학 필름의 출력 표면과 광학 접촉하게 위치되어 있음.

<도 12b>

도 12b는 도 11c와 유사한 스펙트럼 투과율의 모델링된 그래프로서, 여기서 흡수 편광기가 다층 광학 필름의 출력 표면과 광학 접촉하게 위치되어 있음.

<도 13>

도 13은 도 12b와 유사한 스펙트럼 투과율의 모델링된 그래프로서, 여기서 광 방향은 흡수 편광기가 다층 광학 필름의 입력 표면과 광학 접촉하고 있도록 정반대로 되어 있음.

<도 14a>

도 14a는 도 11b와 유사한 스펙트럼 투과율의 모델링된 그래프로서, 여기서 다층 광학 필름의 마이크로층은 2개

의 상이한 적층물 또는 패킷으로 분포되어 있고, 두께 프로파일은 여전히 두꺼운 측면 바깥쪽임.

<도 14b>

도 14b는 도 11c와 유사한 스펙트럼 투과율의 모델링된 그래프로서, 여기서 다층 광학 필름의 마이크로층은 2개의 상이한 적층물 또는 패킷으로 분포되어 있고, 두께 프로파일은 여전히 얇은 측면 바깥쪽임.

<도 15a 및 도 15b>

도 15a 및 도 15b는 도 14a 및 도 14b의 2-패킷 다층 광학 필름의 모델링된 그래프로서, 여기서 필름은 더 이상 1.494 굴절률 매질에 광학적으로 침적되어 있지 않으며(즉, 이제는 공기에 침적되어 있는 것으로 가정됨), 필름은 흡수 편광기의 전방에 배치되어 있는 것으로 가정되며, 입사 평면은  $\phi = 20$ 도의 방위각에 있고, 도 15a에서는 다층 광학 필름이 얇은 측면 바깥쪽으로 배향되어 있고 도 15b에서는 다층 광학 필름이 두꺼운 측면 바깥쪽으로 배향되어 있음.

<도 16>

도 16은 일 실시 형태에서는 얇은 측면 바깥쪽으로 배향된 다층 광학 필름을 사용하여, 다른 실시 형태에서는 두꺼운 측면 바깥쪽으로 배향된 다층 광학 필름을 사용하여 제조된 필름 구조체의 개략 측면 또는 단면도.

<도 17a 및 도 17b>

도 17a 및 도 17b는 도 16의 실시 형태에 대해 측정된 색을 수평 축을 따른 위치의 함수로서 나타낸 그래프로서, 도 17a는 두꺼운 측면 바깥쪽에 대응하고, 도 17b는 얇은 측면 바깥쪽에 대응함.

<도 18a 및 도 18b>

도 18a 및 도 18b는 도 16의 실시 형태에 대해 측정된 색을 수직 축을 따른 위치의 함수로서 나타낸 그래프로서, 도 18a는 두꺼운 측면 바깥쪽에 대응하고, 도 18b는 얇은 측면 바깥쪽에 대응함.

<도 19a>

도 19a는 1.494 굴절률 매질에 침적된 다층 광학 필름의 스펙트럼 투과율의 모델링된 그래프로서, 다층 광학 필름은 하나의 면내 축을 따라 일치된 층간 굴절률을 가지며, 다층 광학 필름은 두꺼운 측면 바깥쪽으로 배향되어 있음.

<도 19b>

도 19b는 도 19a와 유사한 1.494 굴절률 매질에 침적된 다층 광학 필름의 스펙트럼 투과율의 모델링된 그래프로서, 여기서 층간 굴절률이 두께 또는 z-축을 따라 일치되도록 등방성 마이크로층의 굴절률이 낮추어져 있고, 적층물에서의 마이크로층의 수가 551개에서 221개로 감소되었음.

<도 19c>

도 19c는 도 19b의 실시 형태와 유사한 스펙트럼 투과율의 모델링된 그래프로서, 여기서 스펙트럼 투과율은 상이한 입사 평면 - 즉, 입사 평면이  $\phi = 10$ 이 아니라  $\phi = 45$ 의 각도로 배치되어 있음 - 에 대해 계산됨.

<도 20a>

도 20a는 551개의 마이크로층을 갖는 침적된 다층 광학 필름의 스펙트럼 투과율의 모델링된 그래프로서, 여기서 각각의 ORU 내의 하나의 마이크로층은 단축 복굴절성이고 각각의 ORU 내의 다른 마이크로층은 등방성이며, y-축 및 z-축을 따른 층간 굴절률 차이가 플러스이지만 x-축을 따른 층간 굴절률 차이보다 훨씬 더 작으며, 다층 광학 필름은 두꺼운 측면 바깥쪽으로 배향되어 있음.

<도 20b>

도 20b는 도 20a와 유사한 모델링된 그래프로서, y-축 및 z-축을 따른 층간 굴절률 차이가 0이도록 등방성 마이크로층의 굴절률이 변경되었음.

<도 20c>

도 20c는 도 20a 및 도 20b와 유사한 모델링된 그래프로서, y-축 및 z-축을 따른 층간 굴절률 차이가 마이너스 이도록 등방성 마이크로층의 굴절률이 변경되었음.

<도 21>

도 21은 하나의 면내 축(x-축)을 따른 층간 굴절률 차이가 다른 면내 축(y-축)을 따른 층간 굴절률 차이와 비교적 비슷하도록 조정됨으로써 다층 광학 필름이 반사 편광기보다는 거의 거울처럼 거동하도록 되어 있는 침적된 다층 광학 필름의 모델링된 그래프로서, 다층 광학 필름은 두꺼운 측면 바깥쪽으로 배향되어 있음.

<도 22, 도 22a, 도 23, 도 23a, 도 23b, 도 24, 도 24a, 도 25, 도 26, 및 도 26a>

도 22, 도 22a, 도 23, 도 23a, 도 23b, 도 24, 도 24a, 도 25, 도 26, 및 도 26a는 다층 광학 필름이 광학적으로 침적되어 있는 다양한 예시적인 필름 구조체의 개략 측면 또는 단면도.

<도 27>

도 27은 다층 광학 필름이 광학적으로 침적되어 있는 다른 예시적인 필름 구조체의 개략 측면 또는 단면도.

<도 28>

도 28은 조명 기구가 다층 광학 필름이 광학적으로 침적되어 있는 필름 구조체를 포함하는 배열의 개략 측면도.

이들 도면에서, 동일한 도면 부호는 동일한 요소를 가리킨다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0022] 디스플레이, 백라이트, 조명 기구 등에 사용하기에 적합한 대부분의 광학 필름은 광의 입사각에 따라 변하는 광 투과 및 반사 특성을 가진다. 예를 들어, 일부 광이 복수의 마이크로층 계면으로부터 반사되어 보강 또는 상쇄 간섭을 겪어 원하는 반사 또는 투과 특성을 제공하도록 충분히 얇은 복수의 마이크로층을 포함하는 다층 광학 필름은 특정의 매질 - 전형적으로, 공기 - 에서 특정의 범위의 입구각 및/또는 출구각용으로 특정하여 설계되어 있다. 이와 유사하게, 프리즘 모양의 휘도 향상 필름과 같은 표면 구조화된 필름도 역시 공기에서 특정의 범위의 입구각 및/또는 출구각에 대해 특정하여 설계되어 있다. 공기에서의 주어진 입사각에 대해, 이러한 광학 필름에 대한 전과 각도 및 출구각은 굴절에 대한 Snell의 법칙과 같은 공지의 공식 또는 회절 격자에 대한 것과 같은 기타 공식에 의해 결정된다.

[0023] 액정 디스플레이(LCD) 응용에서 사용되는 많은 광학 필름은 공기에서 사용하도록 설계되어 있다 - 즉, 광은 공기로부터 일정 범위의 입구각에 걸쳐 필름의 제1 주 표면에 충돌하고, 광은 일정 범위의 출구각에 걸쳐 필름의 제2 주 표면으로부터 나오며, 입구각 또는 출구각 중 하나 또는 둘다는 공기에서 0° 내지 90°의 범위에 있다 -. 이러한 필름은 공기에 "광학적으로 침적"되어 있다고 말해질 수 있다. 육안이 임의의 공기층을 관찰하는 것이 어려울지라도 이러한 수 있다. 예를 들어, 하나의 광학 필름이 다른 광학 필름 상에 놓이는 경우, 육안으로는 2개의 필름이 그의 전체 주 표면에 걸쳐 실질적으로 접촉하고 있는 것처럼 보일 수 있다. 그렇지만, 종종 이러한 필름은 유한한 수의 지점에서만 서로 접촉하고 있고, 광학적으로 두꺼운 공기 갭 - 즉, 관심의 광의 파장보다 실질적으로 더 큰 두께를 갖는 공기 갭 - 이 필름의 주 표면들 사이에 실질적으로 유지되어 있다.

[0024] LCD 디스플레이 및 기타 제품의 단가를 감소시키고 및/또는 감소된 제품 두께와 같은 설계 향상을 위한 시장력은 불필요한 구성요소를 확인하여 제거하며 개별적인 구성요소를 하나 이상의 패키징된 세트에 결합하고자 하는 바람으로 이끌 수 있다. 광학 필름의 경우에, 이러한 바람은 광학 필름을 하나 이상의 다른 필름 또는 시스템 구성요소에 고정 또는 부착하여 라미네이트 구조체를 형성하려고 시도하게 할 수 있으며, 이 경우 라미네이트의 구성요소들 사이에 실질적으로 어떤 공기 갭도 존재하지 않는다.

[0025] 도 1은 참조의 편의를 위해 직교 x-y-z 좌표계와 관련하여 디스플레이 조립체(112) 및 백라이트(114)를 포함하는 전형적인 디스플레이 시스템(110)의 개략 측면도를 나타낸 것이다. 시스템(110)이 LCD인 경우, 디스플레이 조립체(112)는 전방 및 후방 흡수 편광기 사이에 끼여 있는 액정(LC) 디스플레이 패널을 포함할 수 있고, LC 디스플레이 패널은 유리 패널 플레이트 - 이들 사이의 액정 물질은 전극 구조물의 어레이 및 컬러 필터 격자와 함께 배치되어 개별적으로 어드레싱가능한 화소(픽셀)를 형성함 - 를 추가로 포함한다. 제어기(116)는 연결부(116a)를 통해 디스플레이 조립체(112)에 결합되어, 관찰자(118)에 의해 인지될 수 있는 적합한 영상을 생성하기 위해 전극 구조물을 적절히 구동한다. 백라이트(114)는 "엠티형" 변형일 수 있고, 이 경우에 하나 이상의 LED, CCFL(cold cathode fluorescent lamp), 또는 다른 적합한 광원(120a, 120b)이 백라이트의 하나 이상의 가장자리 또는 경계를 따라 그의 가시 영역을 벗어나 배치된다. 대안적으로, 백라이트는 "직하형" 변형일 수 있고, 이 경우에 하나 이상의 이러한 광원(120c, 120d, 120e)이 가시 영역에서 확산기 플레이트 또는 기타 적합한 요소의 후방에 배치될 수 있다. 어쨌든, 백라이트(114)는 디스플레이 조립체(112)의 가시 영역에 대응하는 큰

출력 영역(114a)에 걸쳐 광을 제공한다. 백라이트에 의해 제공되는 광은 전형적으로 백색이다 - 즉, 관찰자에게 적어도 공칭 백색인 것처럼 보이도록 적색, 녹색, 및 청색 스펙트럼 성분의 적절한 균형(또는 다른 적합한 스펙트럼 성분의 혼합)을 포함한다 -.

[0026] 디스플레이 시스템(110)은 또한 전형적으로 디스플레이 조립체(112)와 백라이트(114) 사이에 또는 시스템의 다른 곳에 하나 이상의 광학 필름 또는 기타 성분을 포함한다. 디스플레이 시스템의 유형에 따라, 이러한 구성요소는, 예를 들어, 하나 이상의 편광기(예컨대, 흡수 편광기 및/또는 반사 편광기를 포함함), 확산기(예컨대, 확산기 플레이트, 이득 확산기, 체적 확산기, 및/또는 표면 확산기를 포함함), 및/또는 프리즘 모양의 휘도 향상 필름(예컨대, 미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 3M Company에 의해 제공되는 아주 다양한 Vikuiti™ BEF 제품들 중 임의의 것을 포함함)을 포함할 수 있다. 이러한 필름은 종종, 예를 들어, 확산기, 경면 또는 반경면 반사체를 통해 "사용가능하지 않은 광"(즉, 디스플레이 조립체(112) 내의 후방 흡수 편광기에 의해 흡수될 편광이기 때문이든지 부적합한 각도로 전파하고 있기 때문이든지 간에, 원하는 시스템 출력에 기여하지 않을 광)을 디스플레이 조립체로부터 멀리 반사시키고 이어서 광을 다시 방향 전환시켜 디스플레이 조립체 쪽으로 "사용가능한 광"(즉, 시스템 출력에 기여할 수 있는 광)으로서 보내는 것에 의해 디스플레이 시스템의 효율 및/또는 휘도를 향상시키는 데 사용된다. 광의 이러한 반사 및 방향 전환은 디스플레이 시스템에서 적어도 어느 정도의 광 재순환을 제공하고, 이 재순환은 화살표(122a, 122b)에 의해 개괄적으로 나타내어져 있다.

[0027] 보통 디스플레이 조립체(112)와 백라이트(114) 사이에 위치하거나 다른 곳에 배치되는 필름 및 구성요소는 공기 갭이 없는 전술한 라미네이트 구조체에서 사용하기 위한 후보이다. 이러한 라미네이트 구조체는 도 2의 디스플레이 시스템(210)에 개괄적으로 나타내어져 있다. 라미네이트 구조체를 제외하고는, 시스템(210)은 상기한 그의 다양한 치환을 비롯하여 도 1의 시스템(110)과 실질적으로 동일할 수 있고, 유사한 참조 번호가 유사한 구성요소를 지칭하기 위해 사용되며 간결함을 위해 추가적인 설명이 제공되지 않는다. 그렇지만, 도 2의 디스플레이 시스템은 공기 갭 없이 하나 이상의 광학 필름을 다른 필름 또는 구성요소에 결합하여, 도시된 바와 같은 하나 이상의 라미네이트(212a, 212b, 212c)를 제공한다. 이 도면에서, 라미네이트(212a)는 공기 갭 없이 디스플레이 조립체(112)(또는 그의 구성요소)에 부착되고, 라미네이트(212c)는 공기 갭 없이 백라이트(114)(또는 그의 구성요소)에 부착된다. 어떤 경우에, 하나 이상의 광학 필름을 다른 필름(들) 또는 구성요소(들)에, 이들 사이에 공기 갭 없이, 부착시키지만 공기 갭을 통해 디스플레이 조립체 및 백라이트 둘다로부터 이격되어 있을 수 있는 라미네이트(212b)가 제공될 수 있다.

[0028] 라미네이트에 포함될 광학 필름의 유형에 따라, 공기 계면 또는 공기 갭의 제거는 광학 필름의 동작에 문제를 야기하거나 그렇지 않을 수 있다. 결합될 각각의 필름 또는 구성요소가, 광이 들어가는 동안 또는 광이 필름의 한쪽 주 표면에 들어간 후 다른쪽 주 표면으로부터 빠져나가기 전에, 광을 실질적으로 산란시키거나 다른 방식으로 방향 전환하지 않는 경우, 필름은 라미네이션 이전과 같이 - 즉, 공기 갭의 제거 이전과 같이 - 계속 기능할 수 있다. 그렇지만, 광이 비평면 표면을 통해 또는 필름에 평행하지 않은 표면을 통해 필름에 들어갈 때, 필름은 제대로 기능하지 않을 수 있다. 이것의 한 일례는 Vikuiti™ DBEF 다층 반사 편광 필름에 코팅된 BEF 프리즘이다. BEF 프리즘 필름 및 DBEF 필름 둘다는 공기에서 사용하도록 설계되어 있지만, 예컨대, 광학 접착제를 사용하여 양쪽 필름의 평면 표면을 광학적으로 결합함으로써 공기 갭이 제거되어 있을 때 어떤 기능 손실도 일어나지 않는다. 다른 일례는 흡수 편광기 필름에 라미네이트되어 있는 Vikuti™ DBEF 필름이다. 이들 일례 둘다에서, 공기 갭의 제거는 영향을 받는 필름을 통해 전파하는 광의 각도 분포에 실질적으로 영향을 주지 않는다. 달리 말하면, 라미네이트 구조체에서의 각각의 광학 필름은, 그의 주 표면이 공기와 접촉하고 있지 않을지도 모르지만, 공기에 광학적으로 침적되어 있다고 말할 수 있다. 이것은 도 3a 내지 도 3c와 관련하여 이하에서 더 설명된다.

[0029] 다른 경우에, 많이 경사진 광을 발생하는 적어도 하나의 필름 또는 구성요소가 라미네이트에 제공되고, 이러한 많이 경사진 광과 관련하여 공기 갭을 제거하는 것은 "초임계" 광이 관심의 광학 필름을 통해 전파하여 시스템 성능을 떨어뜨리는 방식으로 라미네이트를 빠져나가게 하는 효과를 가진다. "초임계" 광이라는 것은, 평평하고 평탄한 공기/필름 계면을 사용한 공기로부터의 조명에 의해 달성될 수 있는 것보다 더 경사진 각도로 필름을 통해 지나가는 광을 의미한다. 따라서, 필름이 공기에 광학적으로 침적되어 있을 때, 공기로부터 필름의 주 표면에 충돌하는 광에 대한 최대 입사각은 90도이다. 이러한 스침각 입사 광은 필름의 굴절률의 함수인 임계각  $\theta_c$ 로 필름 내로 굴절된다. 임계각은 전형적으로 광이 필름 내에서 전파하게 될 가장 경사진 각도이다. 초임계광이 광학 필름을 통해 전파하여 궁극적으로 라미네이트 구조체로부터 나오게 할 수 있게 해주는 라미네이트 구조체의 경우, 광학 필름은 공기보다 더 높은 굴절률의 매질에 광학적으로 침적되어 있다고 말할 수 있다. 이것은 도 3c와 관련하여 이하에서 더 설명된다. 본 출원과 관련하여, "광학적으로 침적"되어 있는 것으로 기술되는

필름 또는 구성요소는, 달리 언급하지 않는 한, 공기의 굴절률보다 큰 굴절률을 갖는 매질에 광학적으로 침적되어 있는 것으로 가정된다.

[0030] 이러한 상황은, BEF 프리즘 필름을, 예를 들어, 1.5 근방의 굴절률을 갖는 종래의 광학 접착제를 사용하여, 백라이트의 확산기 플레이트에 또는 LCD 패널에 라미네이트할 때, 일어날 수 있다. 양 경우에, BEF 필름에 대한 입구각 및 출구각이, 공기의 굴절률과 실질적으로 상이한 라미네이팅 접착제의 굴절률에 의해 상당히 영향을 받는다. 이 상황은 또한, 확산기가 종래의 광학 접착제를 사용하여 반사 편광기의 한쪽 측면에 라미네이트되고, 그의 다른 쪽 측면이 이어서 LCD 패널에 라미네이트될 때, 일어날 수 있다. 이 경우에, 광학 접착제는 확산기 내에서 생성된 많이 경사진 광을 반사 편광기 내로 초임계광으로서 투과시키고, 이 초임계광은 또한 LCD 패널 내로 투과될 수 있다. 반사 편광기나 LCD 패널 어느 것도 전형적으로 이러한 많이 경사진 광을 수용하도록 설계되어 있지 않기 때문에, 이 결과 편광기 및 LCD 패널 내의 대량의 내부적으로 산란된 광에 의해 성능 저하가 일어날 수 있고, 이 결과 차례로 훨씬 더 낮은 디스플레이 콘트라스트 및 휘도가 얻어질 수 있다. 다층 적층물 반사 편광기의 이미 넓은 반사 대역을 실질적으로 넓히는 것(예컨대, 마이크로층의 수를 증가시키고 마이크로층을 특징지우는 두께 기울기의 상한을 확장하는 것) 등에 의해 반사 편광 필름이 더 큰 범위의 입사각을 처리하도록 재설계되더라도, 이러한 재설계된 필름은 더 큰 범위의 각도에 걸쳐 광의 통과축 편광을 계속 투과시킬 것이고, 언급된 문제가 해결되지 않은 채로 있을 것이다.

[0031] 라미네이트 구조체에서의 초임계광 전파와 연관된 문제를 최소화하기 위해, 어떤 경우에, 광학 설계 관점에서 볼 때, 공기 갭과 가능한 한 아주 비슷한 물질층 - 예컨대, 광학적으로 두꺼운 광 경로에 대해 광 투과성이 높음과 동시에 1.0에 가까운 굴절률을 갖는 물질층 - 을 이용하는 것이 바람직하고 실행가능할 수 있다. 달리 말하면, 표면간 모드에서 투과 광학 요소를 물리적으로 부착시키면서 여전히 입구각 및 출구각을 공기와 비슷한 각도로 제한하는 수단이 때때로 필요하다. 양호한 기계적 무결성 및 낮은 탁도를 갖는 ULI(ultra-low index, 초저굴절률) 필름이 최근에 개발되었다. 이러한 필름은 공기 갭을 근사화하기 위해 거의 모든 광학 필름에 코팅될 수 있고, 이어서 코팅된 필름을 시스템 내의 다른 구성요소와 결합시키기 위해 임의의 종래의 광학 접착제가 도포될 수 있다. 적합한 초저굴절률 물질이, 예를 들어, 참조 문헌으로서 그 전체 내용이 본 명세서에 포함되는 하기의 미국 특허 출원에 기술되어 있다: 2009년 4월 15일자로 출원된, 발명의 명칭이 "광학 필름(Optical Film)"인 제61/169466호(대리인 사건 번호 65062US002), 2009년 4월 15일자로 출원된, 발명의 명칭이 "광 구조체 및 이를 포함한 디스플레이 시스템(Optical Construction and Display System Incorporating Same)"인 제61/169521호(대리인 사건 번호 65354US002), 2009년 4월 15일자로 출원된, 발명의 명칭이 "재귀 반사성 광 구조체(Retroreflecting Optical Construction)"인 제61/169532호(대리인 사건 번호 65355US002), 2009년 4월 15일자로 출원된, 발명의 명칭이 "광 결합을 방지하는 광학 필름(Optical Film for Preventing Optical Coupling)"인 제61/169549호(대리인 사건 번호 65356US002), 2009년 4월 15일자로 출원된, 발명의 명칭이 "백라이트 및 이를 포함한 디스플레이 시스템(Backlight and Display System Incorporating Same)"인 제61/169555호(대리인 사건 번호 65357US002), 2009년 4월 15일자로 출원된, 발명의 명칭이 "감소된 결함을 갖는 코팅에 대한 공정 및 장치(Process and Apparatus for Coating with Reduced Defects)"인 제61/169427호(대리인 사건 번호 65185US002), 2009년 4월 15일자로 출원된, 발명의 명칭이 "나노보이드 물품에 대한 공정 및 장치(Process and Apparatus for A Nanovoiced Article)"인 제61/169429호(대리인 사건 번호 65046US002), 및 2009년 10월 22일자로 출원된, 발명의 명칭이 "광 구조체 및 그 제조 방법(Optical Construction and Method of Making the Same)"인 제61/254,243호(대리인 사건 번호 65619US002). 초저굴절률 물질은 또한 겔 유형의 건식 실리카를 사용하여 제조될 수 있다. 초저굴절률 물질은 가시 파장에 걸쳐, 예를 들어, 1.1 내지 1.3 또는 1.15 내지 1.25의 범위에 있는 굴절률을 가질 수 있다. 많은 경우에, ULI 물질은 다공성일 수 있고, 어떤 경우에, 인접한 층(예컨대, 접착제 층)으로부터의 액체 물질이 ULI 층의 기공 내로 전혀 이동하지 않도록 ULI 물질의 층의 외측 표면을 밀봉시키는 기법들이 사용될 수 있다. 이러한 기법은 인용된 출원들 중 하나 이상에 개시되어 있다.

[0032] 초저굴절률 물질은 또한 굴절률의 기울기를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 물질은 결합제 및 복수의 입자를 포함하는 경사 필름 또는 층의 형태로 되어 있을 수 있고, 여기서 결합제 대 복수의 입자의 중량비는 약 1:2 이상이다. 경사 광학 필름은 국소 체적 분율을 가지는 복수의 상호연결된 보이드를 추가로 포함할 수 있고, 여기서 복수의 상호연결된 보이드의 국소 체적 분율은 이러한 두께 방향을 따라 변하는 필름 내에서의 국소 굴절률을 제공하기 위해 필름의 두께 방향을 따라 변한다. 발명의 명칭이 "경사 저굴절률 물품 및 방법(GRADIENT LOW INDEX ARTICLE AND METHOD)"인 미국 특허 출원 제61/254,673호(대리인 사건 번호 65716US002), 및 발명의 명칭이 "경사 나노보이드 물품에 대한 공정(PROCESS FOR GRADIENT NANOVOIDED ARTICLE)"인 미국 특허 출원 제61/254,674호(대리인 사건 번호 65766US002) - 둘다 2009년 10월 24일자로 출원되고 참조 문헌으로서 본 명세서

에 포함됨 - 를 참조한다.

- [0033] 이러한 초저굴절률 물질은 각도에 민감한 광학 필름을 포함하는 라미네이트에 사용될 수 있으며 그로써 이러한 필름은 다른 필름 또는 구성요소에 기계적으로 광학적으로 결합될 수 있으면서 초임계광 전파의 유해한 효과를 최소화할 수 있다. 그렇지만, 라미네이트 구조체에서 하나 이상의 이러한 초저굴절률 물질 층을 사용할 때에도, 초임계광 전파의 효과는 여전히 시스템 성능에서 중요한 역할을 할 수 있고, 실제로 다층 광학 필름(들) 및/또는 다른 각도에 민감한 광학 필름의 설계 측면이 적당히 처리되지 않는 한 시스템 성능을 실질적으로 열화시킬 수 있다.
- [0034] 초임계광 전파를 지원하는 라미네이트에서 사용되는 다층 반사 편광 필름에 대한 구체적인 설계 고려사항에 대해 논의하기 전에, 필름을 공기 이외의 매질에 광학적으로 침적시키는 개념을 설명하기 위해 도 3a 내지 도 3c를 참조한다.
- [0035] 도 3a 내지 도 3c는 광학 매질에 필름을 침적시키는 개념을 설명하는, 다른 층들이 도포되어 있는 간략화된 계층화된 필름의 일련의 개략 측면도이다. 도 3a에서, 기본적인 필름 구조체(310)는 본질적으로 양쪽 측면이 굴절률  $n_0$ 의 매질(공기인 것으로 가정됨 ( $n_0 = 1.0$ ))에 노출된 계층화된 필름(312)으로 이루어져 있다. 설명의 편의상, 이들 도 3a 내지 도 3c에 나타난  $n_0$  및 기타 굴절률은 등방성인 것으로 가정된다. 게다가, 필름(312)은 단지 2개의 층을 갖는 것으로 나타내어져 있다: 1.5 이상 정도의 굴절률  $n_1$ 을 갖는 중합체와 같은 종래의 저굴절률 광학 물질의 제1 층, 및 역시 1.5 이상 정도의 굴절률  $n_2$ 를 갖는 상이한 중합체와 같은 종래의 보다 높은 굴절률의 광학 물질의 제2 층 -  $n_2$ 는 실질적으로  $n_1$ 보다 더 큼 -. 필름(312)은 제1 주 표면(312a), 제1 층과 제2 층을 분리시키는 표면 또는 계면(312b), 및 제2 주 표면(312c)을 가진다. 표면(312a)은 두꺼운 공기층(314)에 노출되어 있고, 표면(312c)은 다른 두꺼운 공기층(316)에 노출되어 있다.
- [0036] 여전히 도 3a를 참조하면, 광은 필름(312)에 아래쪽으로부터, 즉 공기층(314)으로부터 입사한다. 입사광은 대체로 도시된  $z$ -축 - 필름(312)의 두께 차원에 수직일 수 있음 - 을 따라 이동하지만, 입사광은  $z$ -축에 평행하게 나아가는 광선,  $z$ -축에 대해 적당히 경사진 각도로 나아가는 광선, 및 스침 입사각(glancing incidence)으로 표면(312a)에 충돌하도록  $z$ -축에 사실상 수직인 극히 경사진 각도로 나아가는 광선을 비롯하여, 가능한 가장 넓은 범위의 광선 전파 방향을 포함한다. 이 가능한 가장 넓은 범위의 입사각은 5개 방향의 화살표 심볼(305)로 표현되어 있다. 어떤 경우에, 심볼(305)과 연관된 광 분포는 의사-람베르시안일 수 있고, 다른 경우에, 아주 상이한 분포를 가질 수 있다. 어느 경우든지, 심볼(305)의 광 분포는 가능한 경로의 반구면(또는 2p 입체각)에 걸쳐 모든 방향으로 진행되는 얼마간의 광을 포함한다. 이제 이 입사광을 따라가면, 입사광은 공기층(314)으로부터 필름(312)을 거쳐 반대쪽 공기층(316)으로 통과한다. 그렇게 함에 있어서, 다양한 계면에서의 굴절에 집중하고, 간단함을 위해 반사는 무시한다.
- [0037] 표면(312a, 312b, 312c) 모두는 편평하고 평탄하며,  $z$ -축에 수직인 것으로 가정된다. 따라서, 공기층(314)으로부터의 입사광은, 주 표면(312a)에 충돌할 때, Snell의 법칙, 즉  $n_0 \sin\theta_0 = n_1 \sin\theta_1$ 에 따라 필름(312)의 제1 층 내로 굴절한다. 입사광이  $\theta_0 = 0$  내지  $\theta_0 \approx 90$ 도의 범위에 있는 입사각을 갖는 광선을 포함하기 때문에, 굴절된 광은  $\theta_1 = 0$  내지  $\theta_1 = \theta_{c1}$ 의 범위에 있는 굴절된 각도 또는 전파 각도를 갖는 굴절된 광선을 포함할 것이며, 여기서  $\theta_{c1}$ 는 제1 층의 물질에 대한 임계각이다 - 즉,  $\theta_{c1} = \arcsin(1/n_1)$ 인데, 그 이유는  $\sin(90) = 1$ 이고  $n_0 = 1$ 이기 때문임 -. 제1 층에서의 모든 굴절된 광선의 집합체는 반각(half-angle)이  $\theta_{c1}$ 인 원추체로 표현된다.
- [0038] 굴절된 광은 일반적으로  $z$ -축을 따라 전진하여 표면 또는 계면(312b)에 도달하고, 여기서 광이  $n_2$ 의 굴절률을 갖는 제2 층에 들어갈 때 제2 굴절이 일어난다. 제2 굴절은 또다시 Snell의 법칙을 따라, 일정 범위의 전파 방향 또는 각도  $\theta_2$ 에 걸쳐 제2 층 내에 굴절된 광을 생성하고, 여기서  $\theta_2$ 는  $\theta_2 = 0$  내지  $\theta_2 = \theta_{c2}$ 의 범위에 있다. 각도  $\theta_{c2}$ 는 제2 층의 물질에 대한 임계각이다 - 즉,  $\theta_{c2} = \arcsin(1/n_2)$ 임 -. 제2 층에서의 모든 굴절된 광선의 집합체는 반각이  $\theta_{c2}$ 인 원추체로 표현된다. 굴절률  $n_2$ 가 굴절률  $n_1$ 보다 큰 것으로 가정되었기 때문에, 각도  $\theta_{c2}$ 는  $\theta_{c1}$ 보다 작은 것으로 도시되어 있다.
- [0039] 제2 층에서의 굴절된 광은 주 표면(312c)에 도달할 때까지 더 전진한다. 여기서, 광이 제2 층으로부터 공기층

(316) 내로 들어갈 때 또한번 굴절이 일어난다. 또다시, Snell의 법칙에 따라, 제2 층에서의 광에 대한 전파 각도  $\theta_2$ 의 범위가 굴절에 의해 0 내지 실질적으로 90도의 범위(또다시 심볼(305)로 나타내어져 있음)에 있는 공기층(316)에 대한 전파 각도의 범위로 변환된다. 따라서, 필름(312)을 통과하는 과정에서, 공기로부터 반구면에 걸쳐 입사하는 광은 필름의 상이한 물질 층에서 원추형의 광 분포로 변환되고, 이어서 다른 공기층에서 다시 반구면에 걸쳐 전파하는 광으로 되돌아간다. 물질 층에서의 원추형 분포의 반각은 각자의 물질의 임계각과 같다.

[0040] 이제 도 3b를 참조하면, 다른 필름 구조체(320)의 개략 측면도가 있다. 필름 구조체(320)는 도 3a로부터의 2층 필름(312)을 포함하지만, 구조체(320)를 생성하기 위해 필름(312)의 양측면에 굴절률  $n_0'$ 를 갖는 초저굴절률 물질의 한 층을 추가한다. 굴절률  $n_0'$ 는 공기보다 크지만, 저굴절률  $n_1$ 보다 실질적으로 더 작다. 굴절률  $n_0'$  물질의 제1 층(322)은 필름(312)의 표면(312a)에 도포되고, 굴절률  $n_0'$  물질의 제2 층(324)은 필름(312)의 표면(312c)에 도포된다. 원래의 필름(312)은, 층(322, 324)과 함께, 이제 공기에 노출된 편평하고 평탄한 주 표면(322a, 324a)을 갖는 새로운 필름을 형성하며, 표면(322a, 324a)은 표면(312a 내지 312c)에 평행하다.

[0041] 여전히 도 3b를 참조하면, 광은 구조체(320)에 아래쪽으로부터, 즉 공기층(314)으로부터 입사한다. 도 3a에서와 같이, 입사광은 대체로 z-축을 따라 진행하지만, 광선은, 또다시 5개 방향의 화살표 심볼(305)로 표현되어 있는, 가능한 가장 넓은 범위의 입사각에 걸쳐 있다. 이제 이 입사광을 따라가면, 입사광은 공기층(314)으로부터 구조체(320)의 상이한 층을 거쳐 반대쪽 공기층(316)으로 통과한다.

[0042] 공기층(314)으로부터의 입사광은, 주 표면(322a)에 충돌할 때, Snell의 법칙, 즉  $n_0 \sin\theta_0 = n_0' \sin\theta_0'$ 에 따라 초저굴절률 물질의 층(322) 내로 굴절한다. 입사광이  $\theta_0 = 0$  내지  $\theta_0 \approx 90$ 도의 범위에 있는 입사각을 갖는 광선을 포함하기 때문에, 굴절된 광은  $\theta_0' = 0$  내지  $\theta_0' = \theta_{c0}$ 의 범위에 있는 굴절된 각도 또는 전파 각도를 갖는 굴절된 광선을 포함하며, 여기서  $\theta_{c0}$ 는 초저굴절률 물질에 대한 임계각이다 - 즉,  $\theta_{c0} = \arcsin(1/n_0')$ 임 - . 층(322)에서의 모든 굴절된 광선의 집합체는 반각이  $\theta_{c0}$ 인 원추체로 표현된다.

[0043] 이 굴절된 광은 이어서 구조체(320)의 나머지를 통해 전진한다. 그러한 바와 같이, 각각의 개별적인 층에서의 전파 방향의 범위를 나타내는 원추각은 Snell의 법칙에 의해 결정된다. 간단한 방식에서, 도 3b에 도시된 바와 같이, 광이 층(322)으로부터 층(324)으로 전진함에 따라, 전파 방향의 원추체의 반각이  $\theta_{c0}$ 로부터  $\theta_{c1}$ 으로,  $\theta_{c2}$ 로,  $\theta_{c0}$ 로 변한다는 것을 쉽게 추론할 수 있다. 층(324)으로부터 공기층(316) 내로 굴절하는 광은 가능한 가장 넓은 전파 각도(305) 범위 내로 또다시 굴절된다.

[0044] 도 3a와 도 3b를 비교하면, 층(322, 324)을 필름(312)에 추가하는 것이 필름(312) 내부에서의 전파 방향의 범위를 변경하는 데 아무 것도 하지 않는다는 것을 알 수 있다. 필름(312)의 2개의 층 각각에 대해, 전파 원추체의 반각이 동일한 채로 있다. 주의할 점은, 이 결과가 층(322, 324)에 대해 사용된 굴절률에 상관없이 동일할 것이라는 것이다. 따라서, 필름(312)과 공기 사이에 층(322, 324)이 존재함에도 불구하고, 우리는 그럼에도 불구하고 필름(312)을 여전히 공기에 광학적으로 침적되어 있는 것으로 기술한다.

[0045] 이제 도 3c를 참조하면, 여기에는 층(322, 324)이 층(332, 334)으로 대체되어 있는 것을 제외하고는, 구조체(320)와 실질적으로 동일한 필름 구조체(330)가 있다. 층(332, 334)은 층(322, 324)과 동일한 초저굴절률을 가진다. 그렇지만, 도 3b의 편평하고 평탄한 주 표면(322a, 324a)이 상당한 확산 효과를 제공하는 조면화된 주 표면(332a, 334a)으로 대체되어 있다. 그 결과, 공기층(314)으로부터 주 표면(332a)에 충돌하는 반구면에 걸쳐 분포된 입사 광선이, 도 3b의 경우에서와 같이 반각  $\theta_{c0}$ 의 원추체로 한정되기 보다는, 층(332)에서의 모든 전파 각도(심볼(305) 참조)에서 굴절되고 확산된다. 층(332)에서의 이러한 확장된 범위의 전파 각도는, 계면(312a)에서의 Snell의 법칙을 통해, 도 3b로부터의 대응하는 반각  $\theta_{c1}$ 보다 실질적으로 더 큰 반각  $\theta_{c1}'$ 을 갖는 필름(312)의 제1 층에서 전파 방향의 원추체를 생성한다. 상세하게는,  $\theta_{c1}' = \arcsin(n_0'/n_1)$ 이다. 이 광이 필름(312)의 제2 층 내로 진행할 때, 이 광은 표면(312b)에서 굴절하여, 역시 도 3b에서의 대응하는 원추체에 비해 확장되어 있는 제2 층에서의 전파 방향의 원추체를 생성한다. 반각  $\theta_{c2}'$ 은  $\theta_{c2}' = \arcsin(n_0'/n_2)$ 에 따라 계산된다. 이 광은 표면(312c)에서 Snell의 법칙을 통해 모든 각도에서 초저굴절률 층(334) 내로 굴절되고, 이 광은 차례로 조면화된 주 표면(334a)에 의해 모든 각도에서 공기층(316) 내로 굴절되고 확산된다.

- [0046] 도 3c를 도 3a 및 도 3b와 비교하면, 광이 구조체(320, 310)와 비교하여 구조체(330) 내의 필름(312)의 층에서 더 경사진 각도로 전파할 수 있다는 것을 알 수 있다. 광이 초저굴절률 층(332)으로부터 모든 각도에서 필름(312)에 충돌할 수 있기 때문에 그리고 임의의 이러한 각도로 필름(312)에 들어가는 광이 층(334, 316)을 통해 필름을 빠져나갈 수 있기 때문에, 도 3c에서의 필름(312)은 굴절률  $n_0'$ 의 초저굴절률 물질에 광학적으로 침적되어 있다고 말할 수 있다.
- [0047] 도 4는 층이 공기 이외의 매질에 광학적으로 침적될 때 원추체를 넓히는 것을 나타낸, 주어진 층에서 전파하는 광의 각도 범위 또는 원추체의 사시도이다. 따라서, 원추체(410)의 반각은 층 물질에 대한 임계각  $\theta_c$ 이다. 이것은 층이 공기에 광학적으로 침적될 때 가능한 광 전파 방향의 범위이다. 광 전파 방향의 범위는, 층이 공기보다 큰 굴절률의 매질에 광학적으로 침적되어 있는 경우, 반각  $\theta_c'$ 의 보다 넓은 원추체(412)로 확장된다. 이들 2개의 원추체 또는 입체각의 차이는 도 4에서 차분 각도  $\theta_{gap}$ 로 표현되어 있다. 이 겹에 있는 전파 방향을 갖는 광은 층 또는 층의 일부를 이루고 있는 필름이 처리하도록 설계되어 있지 않을 수 있는 광을 나타낸다.
- [0048] 이제부터, 다층 광학 필름이 초저굴절률 물질에 또는 공기의 굴절률보다 큰 굴절률을 갖는 임의의 다른 물질에 광학적으로 침적되어 있는 것으로 간주될 수 있도록, 개시된 라미네이트 필름 구조체에서 사용될 수 있는 다층 광학 필름에 중점을 두기로 한다. 일반적으로 다층 광학 필름의 기능에 대한 광의적 설명으로 시작하고, 이어서 필름이 보다 넓은 스펙트럼 범위에 걸쳐 기능할 수 있게 해주는 층 두께 프로파일에 대해 논의하며, 층 두께 프로파일의 배향은 인지된 색에 상당한 영향을 미친다.
- [0049] 도 5는 전형적으로 하나 이상의 연속적인 패킷 또는 적층물에 배열되어 있는 수십 또는 수백개의 이러한 층을 포함할 것인 다층 광학 필름(500)의 2개의 층만을 나타내고 있다. 필름(500)은 개별적인 마이크로층(502, 504)을 포함하고, 여기서 "마이크로층"은 이러한 층들 사이의 복수의 계면에서 반사되는 광이 보강 또는 상쇄 간섭을 겪어, 다층 광학 필름에 원하는 반사 또는 투과 특성을 제공하도록 충분히 얇은 층을 말한다. 마이크로층(502, 504)은 함께 다층 적층물의 하나의 광학 반복 단위(ORU)를 나타낼 수 있으며, ORU는 적층물의 두께 전체에 걸쳐 반복하는 패턴으로 되풀이되는 가장 작은 층 세트이다. 대안의 ORU 설계에 대해 이하에서 더 논의한다. 마이크로층들은 상이한 굴절률 특성을 가져서 인접 마이크로층들 사이의 계면에서 일부 광이 반사된다. 자외선, 가시광 또는 근적외선 파장의 광을 반사시키도록 설계된 광학 필름의 경우, 각각의 마이크로층은 전형적으로 약 1  $\mu\text{m}$  미만의 광학 두께(즉, 물리적 두께 x 굴절률)를 갖는다. 그렇지만, 필름의 외측 표면에 있는 표피층 또는 마이크로층의 패킷을 분리시키는 필름 내에 배치된 보호 경계층(protective boundary layer)과 같은 더 두꺼운 층이 또한 포함될 수 있다.
- [0050] 주 x-축, y-축 및 z-축을 따라 편광된 광에 대한 마이크로층들(예컨대, 도 5의 층(502), 또는 이하의 도 6의 "A" 층) 중 하나의 마이크로층의 굴절률을, 각각,  $n_{1x}$ ,  $n_{1y}$ , 및  $n_{1z}$ 라고 할 수 있다. 상호 직교 x-축, y-축 및 z-축은, 예를 들어, 물질의 유전 텐서의 주 방향에 대응할 수 있다. 통상적으로, 그리고 논의 목적상, 상이한 재료의 주방향은 일치하나 일반적으로는 그럴 필요는 없다. 동일한 축을 따라 인접한 마이크로층(예컨대, 도 5의 층(504), 또는 도 6의 "B" 층)의 굴절률을, 각각,  $n_{2x}$ ,  $n_{2y}$ ,  $n_{2z}$ 라고 한다. 이들 층들간의 굴절률 차이를 x-방향을 따른  $\Delta n_x$  ( $= n_{1x} - n_{2x}$ ), y-방향을 따른  $\Delta n_y$  ( $= n_{1y} - n_{2y}$ ), 및 z-방향을 따른  $\Delta n_z$  ( $= n_{1z} - n_{2z}$ )라 한다. 이들 굴절률 차이의 성질은, 필름 내의(또는 필름의 주어진 적층물 내의) 마이크로층의 수 및 그의 두께 분포와 함께, 필름의(또는 필름의 주어진 적층물의) 반사 및 투과 특성을 제어한다. 예컨대, 인접 미세층들이 일 평면내 방향을 따라 큰 굴절률 부정합(큰  $\Delta n_x$ )을 갖고 직교하는 평면내 방향을 따라 작은 굴절률 부정합( $\Delta n_y \gg 0$ )을 갖고 있다면, 이 필름 또는 패킷은 수직 입사광에 대해 반사 편광기로서 거동할 수 있다. 이와 관련하여, 반사 편광기는, 이 응용을 위해, 파장이 패킷의 반사 대역 내에 있는 경우 하나의 면내 축("차단축"이라고 함)을 따라 편광되어 있는 수직 입사 광을 강하게 반사시키고 직교인 면내 축("통과축"이라고 함)을 따라 편광되어 있는 이러한 광을 강하게 투과시키는 광학체인 것으로 간주될 수 있다. "강하게 반사" 및 "강하게 투과"는 의도된 응용 또는 사용 분야에 따라 상이한 의미를 가질 수 있지만, 많은 경우에, 반사 편광기는 차단축에 대해 적어도 50, 60, 70, 80, 또는 90% 반사율을 가질 것이고, 통과축에 대해 적어도 50, 60, 70, 80, 또는 90% 투과율을 가질 것이다. 그렇지만, 이들 값은 제한적인 방식으로 해석되어서는 안된다.
- [0051] 원하는 경우, z-축을 따라 편광된 광에 대해 인접한 마이크로층들 간의 굴절률 차이( $\Delta n_z$ )도 역시 경사 입사광의 p-편광 성분에 대해 바람직한 반사율 특성을 달성하도록 조정될 수 있다. 설명의 편의상, 다층 광학 필름 상의 관심의 임의의 점에서, x-축은 면내  $\Delta n_x$ 의 크기가 최대이도록 필름의 평면 내에 배향되는 것으로 간주될 수 있다. 따라서,  $\Delta n_y$ 의 크기는  $\Delta n_x$ 의 크기보다 작거나 같을 수 있다(그렇지만, 그보다 크지 않음). 게다가, 차이

$\Delta n_x$ ,  $\Delta n_y$ ,  $\Delta n_z$ 를 계산하는 데 어느 물질 층부터 시작할지의 선택은  $\Delta n_x$ 가 음이 아닐 것을 필요로 하는 것에 의해 좌우될 수 있다. 환언하면, 계면을 형성하는 2개의 층 사이의 굴절률 차이는  $\Delta n_j = n_{1j} - n_{2j}$ 이며, 여기서  $j = x, y$ , 또는  $z$ 이고, 층 표시 1,2는  $n_{1x} \geq n_{2x}$ , 즉  $\Delta n_x \geq 0$ 이도록 선택된다.

[0052] 경사진 입사각에서 p-편광된 광의 축방향 근방의 반사율을 유지하기 위해, 마이크로층들 사이의 z-굴절률 불일치  $\Delta n_z$ 는 최대 면내 굴절률 차이  $\Delta n_x$ 보다 실질적으로 더 작도록 제어될 수 있고, 따라서  $\Delta n_z \leq 0.5 * \Delta n_x$ 이다. 대안적으로,  $\Delta n_z \leq 0.25 * \Delta n_x$ 이다. 0 또는 거의 0인 크기의 z-굴절률 불일치는 p-편광된 광에 대한 반사율이 입사각의 함수로서 일정하거나 거의 일정한 마이크로층들 사이의 계면을 생성한다. 게다가, z-굴절률 불일치  $\Delta n_z$ 는 면내 굴절률 차이  $\Delta n_x$ 와 비교하여 반대 극성을 가지도록(즉,  $\Delta n_z < 0$ 이도록) 제어될 수 있다. 이러한 조건은 s-편광된 광의 경우에서와 같이 p-편광된 광에 대한 그 반사율이 입사각 증가에 의해 증가하는 계면을 생성한다.

[0053] 도 6의 개략 측면도에서, 다수의 ORU가 보일 수 있도록 다층 필름(610)의 더 많은 내부 층이 도시되어 있다. 이 필름은 로컬 x-y-z 직교 좌표계에서 나타나 있는데, 이 좌표계에서 필름은 x-축 및 y-축에 평행하게 연장하고, z-축은 필름과 그 구성층에 수직하고 필름의 두께축과 평행하다. 필름(610)이 완전히 편평할 필요는 없고, 평면으로부터 벗어나도록 곡면이거나 다른 형상으로 되어 있을 수 있고, 심지어 그 경우에도, 필름의 임의적으로 작은 부분 또는 영역이, 도시된 바와 같이, 국소 직교 좌표계와 연관되어 있을 수 있다.

[0054] 도 6에서, 마이크로층은 "A" 또는 "B"로 표시되어 있고, "A" 층은 하나의 물질로 이루어져 있고, "B" 층은 상이한 물질로 이루어져 있으며, 이들 층은 교대로 있는 배열로 적층되어, 도시된 바와 같이, 광학 반복 단위 또는 단위 셀(ORU 1, ORU 2, ... ORU 6)을 형성한다. 통상적으로, 중합 재료로만 구성된 다층 광학 필름은 높은 반사율을 원한다면 6개 초과인 많은 광학 반복 단위를 포함할 것이다. 다층 광학 필름(610)은 도면에 도시된 마이크로층들의 적층물을 마이크로층들의 다른 적층물 또는 패킷(도시 생략)으로부터 분리시키는 외부 스킨층 또는 PBL을 나타낼 수 있는 실질적으로 더 두꺼운 층(612)을 갖는 것으로 도시되어 있다. 원한다면, 2개 이상의 개별 다층 광학 필름이 예컨대 하나 이상의 두꺼운 접착제층을 이용하거나 압력, 열 또는 다른 방법을 이용하여 함께 적층되어 라미네이트 또는 복합 필름을 형성할 수 있다.

[0055] 어떤 경우에, 마이크로층은 1/4-파 적층물에 대응하는 두께 및 굴절률 값을 가질 수 있고 - 즉, 각각이 동일한 광학 두께(f-비 = 50%, f-비는 전체 광학 반복 단위의 광학 두께에 대한 성분층 "A"의 광학 두께의 비)의 2개의 인접한 마이크로층을 가지는 ORU에 배열되어 있고 -, 이러한 ORU는 광학 반복 단위의 전체 광학 두께의 2배인 파장 1를 갖는 보강 간섭 광을 반사시키는 데 효과적이며, 여기서 본체의 "광학 두께"는 그의 물리적 두께와 그의 굴절률을 곱한 것을 말한다. 다른 경우에, 광학 반복 단위에서의 마이크로층의 광학 두께는 서로 다를 수 있고, 그래서 f-비가 50% 초과 또는 미만이다. 본 출원의 목적상, f-비가 임의의 적당한 값일 수 있는 다층 광학 필름을 생각하고 있고, 50%의 f-비를 갖는 필름으로 제한하지 않는다. 그에 따라, 도 6의 실시 형태에서, "A" 층은 일반성을 위해 "B" 층보다 더 얇은 것으로 나타내어져 있다. 각각의 도시된 광학 반복 단위(ORU 1, ORU 2 등)는 그의 성분 "A" 및 "B" 층의 광학 두께의 합과 같은 광학 두께( $OT_1$ ,  $OT_2$  등)를 가지며, 각각의 광학 반복 단위는 그의 전체 광학 두께의 2배인 파장 1를 갖는 광을 반사시킨다.

[0056] 예시적인 실시 형태에서, ORU의 광학 두께는 z-축을 따른 두께 기울기 또는 필름의 두께 방향에 따라 다를 수 있고, 그래서 적층물의 한쪽 측면(예컨대, 상부)으로부터 적층물의 다른쪽 측면(예컨대, 하부)으로 진행함에 따라, 광학 반복 단위의 광학 두께가 증가, 감소 또는 어떤 다른 함수 관계를 따른다. 그와 같은 필름의 두께 기울기는 관심 대상의 연장된 파장 대역에 걸쳐 그리고 또한 관심의 모든 각도에 걸쳐 실질적으로 스펙트럼적으로 편평한 광의 투과 및 반사를 제공하는 넓은 반사 대역을 제공하기 위해 사용될 수 있다. 발명의 명칭이 "예리하게 된 대역 가장자리를 갖는 광학 필름(Optical Film With Sharpened Bandedge)"인 미국 특허 제6,157,490호(Wheatley 등)에 논의된 바와 같이, 고 반사와 고 투과 사이의 파장 전이에서의 대역 가장자리를 예리하게 하도록 조정된 두께 기울기가 또한 사용될 수 있다. "예리한 대역 가장자리를 갖는 광학 필름(Optical Film With Sharpened Bandedge)". 중합체성 다층 광학 필름의 경우, 반사 대역이 예리한 대역 가장자리를 갖도록 설계될 수 있다. 50%와 상이한 f-비를 갖는 2-마이크로층 광학 반복 단위를 갖는 다층 광학 필름 또는 광학 반복 단위가 2개 초과인 마이크로층을 포함하는 필름과 같은 다른 층 배열도 역시 생각되고 있다. 이 대안적인 광학 반복 단위 설계들은 원하는 반사 대역이 근적외선 파장에 있거나 거기까지 연장한다면 유용할 수 있는, 특정의 고차(higher-order) 반사를 감소 또는 여기시키도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 미국 특허 제5,103,337호(Schrenk 등) "적

외선 반사 광학 간섭 필름(Infrared Reflective Optical Interference Film)", 제5,360,659호(Arends 등)의 "2 성분 적외선 반사 필름(Two Component Infrared Reflecting Film)", 제6,207,260호(Wheatley 등)의 "다성분 광학 본체(Multicomponent Optical Body)", 및 제7,019,905호(Weber)의 "고차 반사의 억압을 갖는 다층 반사체(Multi-layer Reflector With Suppression of High Order Reflections)"를 참조하기 바란다.

[0057] 본 출원의 목적상, 물질이 관심의 파장 범위 - 예컨대, 스펙트럼의 UV, 가시 및/또는 적외선 부분의 선택된 파장 - 에 걸쳐 비등방성 유전 텐서를 가지는 경우, 물질은 "복굴절성"인 것으로 간주된다. 달리 말하면, 물질의 주 굴절률(예컨대,  $n_{lx}$ ,  $n_{ly}$ ,  $n_{lz}$ ) 모두가 동일하지 않은 경우, 물질은 "복굴절성"인 것으로 간주된다. 게다가, 물질의 주 굴절률들 중 2개가 동일하지 않은 경우(예컨대,  $n_{lx} \neq n_{ly} \neq n_{lz} \neq n_{lx}$ 인 경우), 물질은 "이축 복굴절성"이라고 말할 수 있다. 이와 달리, 물질의 주 굴절률들 중 2개만이 동일한 경우(예컨대,  $n_{lx} \neq n_{ly} = n_{lz}$ , or  $n_{lx} = n_{ly} \neq n_{lz}$ 인 경우), 물질은 "단축 복굴절성"이라고 말할 수 있다.

[0058] 적당한 수의 층으로 높은 반사율을 달성하기 위해, 인접한 마이크로층들은 x-축을 따라 편광된 광에 대해, 예를 들어, 적어도 0.05의 굴절률 차이( $\Delta n_x$ )를 나타낼 수 있다. 2개의 직교 편광에 대해 높은 반사율이 요망되는 경우, 인접한 마이크로층들은 또한 y-축을 따라 편광된 광에 대해, 예를 들어, 적어도 0.05의 굴절률 차이( $\Delta n_y$ )를 나타낼 수 있다. 어떤 경우에, 인접한 마이크로층은 크기가 비슷한 2개의 주 면내 축을 따른 굴절률 불일치( $\Delta n_x$  및  $\Delta n_y$ )를 가질 수 있으며, 이 경우에 필름 또는 패킷은 축상 거울 또는 부분 거울로서 거동할 수 있다. 이러한 실시 형태의 변형에서, 인접한 마이크로층들은 z-축을 따른 굴절률 일치 또는 불일치( $\Delta n_z \gg 0$  또는  $\Delta n_z$  큼)를 나타낼 수 있고, 불일치는 면내 굴절률 불일치(들)와 동일하거나 반대의 극성 또는 부호를 가질 수 있다. 그와 같은  $\Delta n_z$  조정은 경사 입사광의 p-편광 성분의 반사율이 입사각 증가에 따라 증가되거나, 감소되거나, 또는 그대로 유지되는지에서 주요한 역할을 한다.

[0059] 개시된 다층 광학 필름의 적어도 일부 패킷 내의 마이크로층들 중 적어도 일부는 복굴절성(단축 복굴절성 또는 이축 복굴절성)이다. 어떤 경우에, 각각의 ORU는 하나의 이러한 복굴절성 마이크로층, 및 등방성이거나 다른 마이크로층에 비해 적은 양의 복굴절을 가지는 제2 마이크로층을 포함할 수 있다. 이와 관련하여, "등방성"은 의도된 응용에서 물질을 실질적으로 등방성으로 만들도록 작은 복굴절을 갖는 물질을 포괄하는 것으로 이해된다. 제2 마이크로층이 복굴절성인 경우, 그의 복굴절은 제1 마이크로층과 동일한 부호(예컨대, 플러스 복굴절성) 또는 상이한 부호(예컨대, 마이너스 복굴절성)를 가질 수 있다. 달리 말하면, 제1 마이크로층이 플러스 응력-광학 계수(stress-optic coefficient)를 가지는 경우, 제2 마이크로층은 플러스, 마이너스 또는 0인 응력-광학 계수를 가질 수 있다.

[0060] 예시적인 다층 광학 필름은 중합체 재료로 구성될 수 있으며, 공압출, 주조 및 배향 공정을 이용하여 제조될 수 있다. 미국 특허 제5,882,774호(Jonza 등)의 "광학 필름(Optical Film)", 미국 특허 제6,179,949호(Merrill 등)의 "광학 필름 및 그 제조 공정(Optical Film and Process for Manufacture Thereof)", 및 제6,783,349호(Neavin 등)의 "다층 광학 필름 제조 장치(Apparatus for Making Multilayer Optical Films)"를 참조한다. 다층 광학 필름은 상기한 참조 문헌들 중 임의의 것에 기술된 바와 같은 중합체의 공압출에 의해 형성될 수 있다. 다양한 층의 중합체는, 그다지 흐름 방해 없이 공압출될 수 있도록, 유사한 유동학적 특성(예컨대, 용융 점도)을 갖도록 선택될 수 있다. 압출 조건은 연속적이고 안정한 방식으로 공급 스트림 또는 용융 스트림으로서 각자의 중합체를 적절히 공급하고, 용융하고, 혼합하고 펌핑하도록 선택된다. 용융 스트림 각각을 형성하고 유지하는데 이용되는 온도는 온도 범위의 하한에서 동결, 결정화 또는 과도한 고압 저하를 피하고, 온도 범위의 상한에서 재료 열화를 피하는 범위 내에 있도록 선택될 수 있다.

[0061] 요약하면, 이 제조 방법은 (a) 적어도 최종 필름에 이용될 제1 및 제2 중합체에 대응하는 수지의 제1 및 제2 스트림을 제공하는 단계; (b) (i) 제1 및 제2 유동 채널을 포함하는 경사 플레이트(제1 유동 채널은 유동 채널을 따라 제1 위치로부터 제2 위치로 변하는 횡단면적을 갖고 있음), (ii) 제1 유동 채널과 유체 통신하는 제1의 복수의 도관 및 제2 유동 채널과 유체 통신하는 제2의 복수의 도관을 구비한 피더 튜브 플레이트(각 도관은 그 자신의 슬롯 다이를 공급하며 제1 단부와 제2 단부를 갖고 있고, 도관의 제1 단부는 유동 채널과 유체 통신하고, 도관의 제2 단부는 슬롯 다이와 유체 통신함), 및 (iii) 선택적으로, 상기 도관에 근접 위치한 축 로드 히터를 포함하는 것과 같은 적당한 피드블록을 이용하여 제1 및 제2 스트림을 복수의 층으로 분할하는 단계; (c) 각 층이 인접층들의 주면에 대체로 평행한 다층 웹을 형성하기 위하여 복합 스트림을 압출 다이에 통과시키는 단계; 및 (d) 주조 다층 필름을 형성하기 위하여 다층 웹을 때로는 주조 휠 또는 주조 드럼이라 불리는 칠 롤(chill roll)로 주조하는 단계를 포함할 수 있다. 이 주조 필름은 최종 필름과 층수는 동일할 수 있으나, 주조 필름의 층은 최종 필름의 층보다 통상적으로 훨씬 더 두껍다. 더욱이, 주조 필름의 층들은 통상적으로 모두 등방성이

다.

[0062] 어떤 경우에, 제조 장비는 마무리된 필름 내의 층의 수를 증가시키기 위해 하나 이상의 층 멀티플라이어(layer multiplier)를 이용할 수 있다. 다른 실시 형태에서, 필름은 어떤 층 멀티플라이어도 사용하지 않고 제조될 수 있다. 층 멀티플라이어는 많은 수의 광학층의 생성을 아주 간단하게 하지만, 층 멀티플라이어는 각각의 패킷에 동일하지 않은 왜곡을 각각의 얻어진 층 패킷에 부여할 수 있다. 이로 인해, 피드블록에서 생성된 층들의 층 두께 프로파일의 어떠한 조정도 각각의 패킷에 대해 동일하지 않다, 즉 모든 패킷이 스펙트럼 균열이 없는 균일하고 평탄한 스펙트럼을 생성하기 위해 동시에 최적화될 수 없다. 따라서, 적게 투과 및 반사된 색에 대한 최적의 프로파일은 멀티플라이어를 사용하여 제조된 다중-패킷 필름을 사용하여 제조하기 어려울 수 있다. 피드블록에서 직접 생성된 단일 패킷 내의 층들의 개수가 충분한 반사율을 제공하지 않는 경우, 반사율을 증가시키기 위해 2개 이상의 이러한 필름이 부착될 수 있다. 약한 색 필름(low color film)에 대한 평탄한 스펙트럼 반사율 및 투과율을 제공하기 위한 층 두께 제어에 대한 추가적인 논의는 PCT 공개 WO 2008/144656(Weber 등)에 제공되어 있다.

[0063] 다층 웨브는, 냉각 롤 상에서 냉각된 후에, 마무리된 또는 거의 마무리된 다층 광학 필름을 생성하기 위해 인발되거나 연신될 수 있다. 인발 또는 연신은 2가지 목표, 즉 층을 원하는 두께로 박막화하는 것과 층들 중 적어도 일부가 복굴절성을 갖도록 층을 배향시키는 것을 달성한다. 배향 또는 연신은 (예컨대, 텐터(tenter)를 통한) 교차 웹 방향을 따라, (예컨대, 렉스 오리엔터(length orienter)를 통한) 다운 웹 방향을 따라, 또는 이들의 조합에 따라서 (동시적이든 순차적이든 상관없이) 달성될 수 있다. 한 방향을 따라서만 연신되는 경우, 연신은 "비구속(unconstrained)"(필름이 연신 방향에 수직인 면내 방향에서 차원적으로 완화 dimensionally relax)될 수 있음 또는 "구속(constrained)"(필름이 구속되고 따라서 연신 방향에 수직인 면내 방향에서 차원적으로 완화될 수 없음)일 수 있다. 모든 평면내 방향을 따라 연신된다면, 연신은 대칭적이거나, 즉, 직교 평면내 방향을 따라 동일하거나, 비대칭적일 수 있다. 대안적으로, 필름은 일관 공정으로 연신될 수 있다. 어쨌든, 후속되는 또는 동시에 실시되는 드로우 리덕션(draw reduction), 응력 또는 변형 평형(stress or strain equilibration), 열 고정(heat setting), 및 다른 처리 작업도 필름에 적용될 수 있다.

[0064] 다층 광학 필름 및 필름 구조체는 그의 광학적, 기계적, 및/또는 화학적 특성에 맞게 선택된 부가의 층 및 코팅을 포함할 수 있다. 예컨대, UV 광에 의해 생기는 필름의 장기적인 성능저하를 방지하기 위해 필름의 주 외표면 한쪽 또는 양쪽에 UV 흡수층이 추가될 수 있다. 추가의 층 및 코팅은 또한 긁힘 방지층, 인열 방지층 및 경화제(stiffening agent)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 미국 특허 제6,368,699호(길버트(Gilbert) 등)를 참조한다.

[0065] 주어진 다층 필름에서의 모든 마이크로층의 광학 두께가 동일하도록 설계되어 있는 경우, 필름은 좁은 파장 대역에 걸쳐서만 높은 반사율을 제공할 것이다. 대역이 가시 스펙트럼의 어딘가에 위치하는 경우 이러한 필름은 강한 색으로 보일 것이고, 색은 각도의 함수로서 변할 것이다. 디스플레이 및 조명 응용과 관련하여, 뚜렷한 색을 나타내는 필름은 일반적으로 회피되지만, 어떤 경우에, 주어진 광학 필름이 시스템의 다른 곳에서의 색 불균형(color imbalance)을 보정하기 위해 적은 양의 색을 유입시키는 것이 유익할 수 있다. 일정 범위의 광학 두께를 갖도록 마이크로층 - 또는, 보다 정확하게는, (전부는 아니지만) 많은 실시 형태에서, 인접한 마이크로층의 쌍에 대응하는 광학 반복 단위(ORU) - 을 조정함으로써, 예컨대, 전체 가시 스펙트럼에 걸쳐 광대역 반사율 및 투과율을 갖는 다층 필름이 제공될 수 있다. 전형적으로, 마이크로층은 필름의 z-축 또는 두께 방향을 따라 필름 또는 패킷의 한쪽 측면 상의 가장 얇은 ORU로부터 다른쪽 측면 상의 가장 두꺼운 ORU까지 배열되고, 가장 얇은 ORU는 반사 대역에서의 가장 짧은 파장을 반사시키고 가장 두꺼운 ORU는 가장 긴 파장을 반사시킨다. 예리하게 된 대역 가장자리를 제공하도록 두께 기울기를 조정하는 것을 비롯하여 다층 광학 필름에서의 두께 기울기에 대한 추가적인 논의는 미국 특허 제6,157,490호(Wheatley 등)에서 찾아볼 수 있으며, 이하에서 더 논의된다.

[0066] 다층 광학 필름의 제조에 사용되는 물질은 전형적으로 적어도 가시 및 근가시 파장에 걸쳐 그리고 필름 내의 전형적인 광 경로 거리에 대해 아주 낮은 흡수를 가지는 중합체 물질이다. 따라서, 주어진 광선에 대한 다층 필름의 퍼센트 반사율 R 및 퍼센트 투과율 T가 전형적으로, 보통 약 1%의 정확도 내에서, 실질적으로 상보적이다 - 즉,  $R + T \approx 100\%$ 임 -. 따라서, 달리 언급하지 않는 한, 높은 반사율을 갖는 것으로 본 명세서에 개시된 다층 광학 필름은 낮은 투과율을 갖는 것으로 가정될 수 있고 그 반대도 마찬가지이며, 낮은 반사율을 갖는 것으로 개시된 다층 광학 필름은 높은 투과율을 갖는 것으로 가정될 수 있고 그 반대도 마찬가지이며, 반사율 또는 투과율의 보고된 값도 역시, 각각, 관계식  $R + T \approx 100\%$ 를 통해 투과율 또는 반사율에 관해 보고하는 것으로

로 가정될 수 있다.

- [0067] 컴퓨터-모델링된 광학 필름을 다루는지 실험실에서 측정된 특성을 갖는 실제 필름을 다루는지에 상관없이, 반사 및 투과 특성이 용이하게 결정될 수 있다. 반사 스펙트럼 및 그의 특징 - 임의의 각도 및 복굴절성 다층 필름에 대한 대역 가장자리에서의 반사율 등 - 모두가 Berremen 및 Scheffer, Phys. Rev. Lett. 25, 577(1970)의  $4 \times 4$  적층물 코드(stack code)를 사용하여 계산될 수 있다. 이 방법에 대한 설명은 네덜란드의 Elsevier Science에 의해 출판된, Azzam 및 Bashara의 저서 "Ellipsometry and Polarized Light"에 주어지 있다.
- [0068] 많이 경사진 각도(예컨대, 공기에서 90도 또는 90도 근방의 각도)에서의 또는 심지어 초임계각에서의 다층 광학 필름의 반사율 또는 투과율은 기지의 굴절률의 유리 프리즘을 필름의 양쪽 측면에 광학적으로 결합시키고 Snell의 법칙에 의해 쉽게 결정되는 적절한 각도에서 반사율을 측정함으로써 직접 측정될 수 있다. 약 1.5 내지 1.7의 굴절률을 갖는 유리 프리즘이 이들 측정에 적합하다.
- [0069] 특히 영이 아닌 각도에서 필름의 반사율 대신에 투과율을 정확하게 측정하는 것이 종종 더 쉽다. 광의 흡수가 관심의 필름에서 비교적 작기 때문에(일반적으로 수직 입사 광에 대해 1% 미만임), 투과율 값 T를 간단히 측정할 수 있고  $R = 1 - T$ 인 것으로 가정할 수 있다. 흡수가 약 몇 퍼센트보다 큰 경우, 흡수는 수직 입사에서 R 및 T의 개별적인 측정에 의해 측정될 수 있다. 보다 높은 각도에서의 흡수율이 이어서 용이하게 추정될 수 있고, 그에 따라 반사율이  $R = 1 - A - T$ 로서 계산될 수 있고, 여기서 R, A 및 T는 전형적으로 퍼센트로서 표현되고  $1 = 100\%$ 이다.
- [0070] 본 명세서에 개시된 다층 광학 필름은, 편광의 함수로서, 수직 입사 광에 대해 비대칭 반사 및 투과 특성을 나타낸다. 따라서, 수직 입사 광에 대해 가장 높은 반사 또는 가장 낮은 투과와 연관된 면내 축(x-축)을 "차단"축이라고 할 수 있고, 수직 입사 광에 대해 가장 낮은 반사 또는 가장 높은 투과와 연관된 다른 면내 축(y-축)을 "통과"축이라고 할 수 있다. 반사 편광기 유형의 다층 광학 필름에서의 경우와 같이, 수직 입사 차단축 반사와 수직 입사 통과축 반사 사이의 차이가 큰 경우, 이들 용어를 사용할 수 있다. 그렇지만, 본 출원의 목적상, 거의 대칭인 거울과 같은 다층 광학 필름에서의 경우와 같이, 수직 입사 차단축 반사와 수직 입사 통과축 반사 사이의 차이가 작은 경우 "통과축" 및 "차단축"이라는 용어를 사용할 수 있다.
- [0071] 본 명세서에 개시된 다층 광학 필름은 또한 하나 이상의 지정된 입사 조건에 대한 확장된 대역에 걸쳐 중간 정도의 반사율 - 즉, 부분 반사 및 부분 투과 - 을 나타낸다. 확장된 대역(예컨대, 많은 디스플레이 및 조명 응용의 경우에 가시 파장 범위)에 걸쳐 마이크로층에 의해 제공되는 부분 반사 및 부분 투과는, 반사 또는 투과 특성이 파장의 함수로서 충분히 균일하거나 평탄하지 않은 경우, 필름을 바람직하지 않은 색을 시스템에 유입시키는 데 취약하게 만든다. 다층 광학 필름이 일부를 이루고 있는 시스템 설계에 따라, 중간 반사율/투과율이 각종의 원하는 입사 조건에 대해 일어나도록 설계될 수 있다. 한 경우에, 예를 들어, 입사 조건은 필름의 통과축을 따라 편광된 수직 입사 광에 대한 것일 수 있고, 이 경우에 광대역 부분 반사 및 투과는 통과 상태의 광과 연관되어 있다. 다른 경우에, 입사 조건은 필름의 차단축을 따라 편광된 수직 입사 광에 대한 것일 수 있고, 이 경우에 광대역 부분 반사 및 투과는 차단 상태의 광과 연관되어 있다. 다른 경우에, 입사 조건은 선택된 입사 평면에 경사지게 입사하는 광에 대한 것일 수 있다. 예를 들어, s-편광된 광 또는 p-편광된 광이 지정될 수 있거나, s-편광된 광과 p-편광된 광의 평균(비편광된 광)이 지정될 수 있다. 선택된 입사 평면은 차단축 및 z-축을 포함하는 평면, 또는 통과축 및 z-축을 포함하는 평면, 또는 이들 평면에 대해 중간 위치에서 회전된 평면일 수 있다. 예를 들어, 입사 평면은 z-축을 포함하고, 예를 들어, 10도, 또는 20도, 또는 45도의 방위각  $\phi$ 로 회전된 평면일 수 있다. 이러한 평면에서의 입사광의 극각  $\theta$ 는 또한, 예를 들어, 굴절률 1.494의 매질에서,  $\theta = 49$ 도로, 또는 이러한 매질에서  $\theta = 38$ 도로 지정될 수 있거나, 원하는 바에 따라, 다른 각도 및 다른 매질이 지정될 수 있다.
- [0072] 도 7 및 도 8은 읽는 사람에게 "s-편광된" 및 "p-편광된" 광의 개념과 연관된 기하학적 구조를 상기시켜 주기 위해 그리고 이들 편광 상태가 특정의 광선의 입사 평면과 관련하여 정의된다는 것을 명확히 하기 위해 제공된 것이며, 일반적으로 다층 광학 필름의 면내 축(x-축 및 y-축)에 대해 어떤 고정된 관계를 갖지 않는다.
- [0073] 따라서, 도 7은 특정의 방향으로 다층 광학 필름(710) 또는 다른 광학체에 입사하거나 그로부터 나오는 광선을 나타낸 것이다. 광선의 방향은, 그 매질이 공기이든, 초저굴절률(ULI) 물질이든, 공기의 굴절률보다 큰 굴절률을 갖는 다른 물질이든 간에, 특정의 광학 매질(예컨대, 필름(710)의 표면과 접촉하고 있는 매질)에서 지정된다. 광선의 방향은 또한 2개의 각 - 필름(710)의 두께 축 또는 z-축으로부터 측정되는 극각  $\theta$  및 필름(710)의 특정의 면내 축(전형적으로 x-축)으로부터 측정되는 방위각  $\phi$  - 에 의해 지정된다. 광선의 입사 평면은 z-축 및 광선의 전파 방향을 포함하는 평면이다. 이 평면은 x-z 평면에 대해 각도  $\phi$ 로 배향되어 있다. s-

편광된 광은 입사 평면에 수직으로 진동하는 전계를 가지는 광선의 성분이다. p-편광된 광은 입사 평면에서 진동하는 전계를 가지는 성분이다.

[0074] 광선의 전파 방향에 따라, 어떤 경우에, 광의 s-편광된 성분은 필름의 x-축을 따라 더 가깝게 정렬될 수 있는 반면(p-편광된 성분은 y-축을 따라 또는 보다 일반적으로 y-z 평면을 따라 정렬될 수 있음), 다른 경우에, s-편광된 성분은 필름의 y-축을 따라 더 가깝게 정렬될 수 있다(p-편광된 성분은 x-축을 따라 또는 보다 일반적으로 x-z 평면을 따라 정렬될 수 있음). 이것은 도 8에 보다 명확히 도시되어 있다. 동 도면에서, 광선(810)은 입사각  $\theta$ 로 종래의 편광 필름(802)에 입사하고(또는 그로부터 나오고), 그로써 입사 평면(812)을 형성한다. 표준 흡수 편광기 또는 반사 편광기일 수 있는 편광기(802)은 y-축에 평행한 통과축(804) 및 x-축에 평행한 차단축(806)을 포함한다. 광선(810)의 입사 평면(812)은 차단축(806)에 평행하고 0도의 방위각  $\phi$ 로 배향되어 있다. 광선(810)은 입사 평면(812)에 있는 p-편광된 성분 및 입사 평면(812)에 직교인 s-편광된 성분을 갖는다. 광선(810)의 p-편광된 광은 편광기(802)의 차단축(806)에 평행한 벡터 성분을 가지며, 따라서 편광기에 의해 실질적으로 차단(예컨대, 흡수 또는 반사)되는 반면, 광선(810)의 s-편광된 광은 편광기(802)의 통과축(804)에 평행하고 적어도 일부가 투과될 것이다.

[0075] 게다가, 도 8은 편광기(802)의 통과축(804)에 평행한 벡터 성분을 갖는, 입사 평면(822)에서 편광기(802)에 입사하는 광선(820)도 나타내고 있다. 광선(820)의 입사 평면(822)은 차단축(804)에 평행하고 90도의 방위각  $\phi$ 로 배향되어 있다. 광선(820)의 p-편광된 광은 편광기(802)의 통과축(804)에 평행한 반면, 광선(820)의 s-편광된 광은 편광기(802)의 차단축(806)에 평행하다. 그 결과, 편광기(802)가 차단축에서 편광된 광에 대해 모든 입사각에서 100%의 반사율을 갖고 통과축에서 편광된 광에 대해 모든 입사각에서 0%의 반사율을 갖는 "이상적인" 반사 편광기인 경우, 편광기는 광선(810)의 s-편광된 광을 투과시키는 반면, 광선(820)의 p-편광된 광 및 광선(820)의 s-편광된 광을 반사시킬 것이다. 환언하면, 이러한 편광기(802)는 p-편광된 광 및 s-편광된 광의 조합을 투과시킬 것이다. p-편광된 광 및 s-편광된 광의 투과량 및 반사량은 편광기의 특성에 의존할 것이다.

[0076] 광대역 광 반사 및 투과를 위해 조정된 두께 기울기를 갖는 광학적으로 침적된 비대칭 다층 광학 필름과 관련하여, 다층 광학 필름의 배향 또는 "측면성"에 따라, 어떤 광선이 다른 광선보다 바람직하지 않은 색 효과와 더 강하게 연관되어 있을 수 있다는 것을 알았다. 상세하게는, 극각  $\theta$ 가 초임계각이고 방위각  $\phi$ 가 x-축에 가까운(그렇지만 그와 일치하지 않음)(예컨대,  $0 < \phi \lesssim 30$ 도) 광선은, 다층 광학 필름이 "두꺼운 측면 바깥쪽"으로 배향되어 있는 경우, 본 명세서에 기술된 침적된 필름 구조체에서의 바람직하지 않은 색 효과와 강하게 연관되어 있는 경향이 있다.

[0077] 이제부터, 필름의 층 두께 기울기의 관점에서 개시된 다층 광학 필름의 "측면성"을 살펴볼 것이다. 도 9a 및 도 9b는 특정의 범위의 입사각에 대해 넓은 파장 범위에 걸친(예컨대, 가시 파장 영역에 걸친) 반사 대역을 제공하기 위해 다층 광학 필름의 설계에서 사용될 수 있는 예시적인 층 두께 프로파일을 나타낸 그래프이다. 이러한 "광대역" 거동은 광학 반복 단위에서의 층 쌍의 저굴절률 및 고굴절률 물질 조합의 본래 대역폭(intrinsic bandwidth)보다 실질적으로 더 큰 임의의 대역폭을 말한다. 도 9a 및 도 9b에서, 필름 내의 약 550개의 마이크로층 각각은 수평축을 따라 "층 번호"를 할당받고, 제1 층 번호 1은 필름의 제1 주 표면에 또는 그 근방에(예컨대, 어쩌면 광학적으로 두꺼운 보호 경계 층 및/또는 스킨층에 의해 분리됨) 배치되어 있고, 마지막 층 번호 550(도 9a) 또는 551(도 9b)은 제1 주 표면 반대쪽에 있는 필름의 제2 주 표면에 또는 그 근방에 배치되어 있다. 그래프의 수직축은 각각의 마이크로층의 물리적 두께를 나타낸다.

[0078] 예시적인 실시 형태에서, 도 9a 및 도 9b에 나타낸 마이크로층은 2개의 그룹의 마이크로층 - 본질적으로 2개의 상이한 물질로 이루어져 있고, 상기 도 6에 나타낸 "A" 층 및 "B" 층과 유사하게, 교번하는 인터리빙된 방식으로 배열되어 있음 - 으로 이루어져 있을 수 있다. 따라서, 각각의 도면에서, 층 번호 1, 3, 5, ... 549(도 9b의 경우에 551)는 제1 광 투과성 물질 "A"로 이루어져 있을 수 있고, 층 번호 2, 4, 6, ... 550는 상이한 제2 광 투과성 물질 "B"로 이루어져 있을 수 있다. 이러한 경우에, 마이크로층은 대략 275개의 광학 반복 단위(ORU)로 배열된 것으로 간주될 수 있고, 각각의 ORU는 본질적으로 2개의 인접한 마이크로층으로 이루어져 있다. 예를 들어, 층 번호 1(물질 A) 및 2(물질 B)는 제1 ORU를 정의할 수 있고, 층 번호 3(물질 A) 및 4(물질 B)는 제2 ORU를 정의할 수 있으며, 이하 마찬가지이다.

[0079] ORU의 광학 두께는, 물질의 굴절률에 대한 정보와 함께, 도 9a 및 도 9b의 그래프로부터 확인될 수 있다. 대략적인 계산을 위해, A 및 B 물질에 대한 굴절률을 1.7 정도로 가정하는 경우(이 대략적인 계산을 위해 A 및 B 물질의 굴절률의 차이를 무시함), 2개의 도면의 ORU가 제1 주 표면에서 또는 그 근방에서 약 200 nm( = (65nm +

65nm)\*1.7) 내지 제2 주 표면에서 또는 그 근방에서 약 600 nm( = (175 nm + 175 nm)\*1.7)의 범위에 있는 광학 두께를 가진다는 것을 알 수 있다. ORU의 (수직 입사에서의) 피크 반사율이 전형적으로 ORU의 광학 두께의 2배 인 파장 1에서 일어난다는 것을 상기하면, 이 범위의 ORU 광학 두께는 약 400부터 1200 nm까지 연속하여 뻗어 있는 수직 입사 반사 대역(필름의 적어도 하나의 면내 축을 따라, "A" 물질과 "B" 물질 사이의 적절한 굴절률 차이를 가정함)에 대응한다. 도 9a 및 도 9b에 나타난 ORU의 f-비는 50%에 가까울 수 있는데, 그 이유는 임의의 주어진 ORU에서의 2개의 마이크로층의 물리적 두께가 아주 작은 양만큼 상이하고 이러한 마이크로층의 굴절률이 전형적으로 1.7의 가정된 공칭값에 비해 작은 양만큼 상이하기 때문이다.

[0080] 도 9a에 나타난 복수의 마이크로층과 도 9b에 나타난 마이크로층 사이의 가장 뚜렷한 차이는, 전자의 경우에, 마이크로층이 2개의 개별적인 마이크로층 적층물 또는 패킷으로 분할되는 것으로 가정되는 반면, 후자의 경우에, 마이크로층이 단일 적층물 또는 패킷으로 그룹화되는 것으로 가정된다는 것이다. 적층물 또는 패킷은 이와 관련하여 마이크로층 사이에 광학적으로 두꺼운 층을 포함하지 않는 마이크로층 세트 또는 그룹을 말하며, 여기서 광학적으로 두꺼운 층은 전형적으로 약 1/2보다 큰 광학 두께를 갖는 층이고, 여기서 1은 파장으로서 그에 맞춰 대부분의 이웃하는 마이크로층(또는 대응하는 광학 반복 단위)이 조정된다. 도 9a의 층 두께 프로파일은 따라서 2개의 부분(910a, 910b) - 그 각각은 단조(monotonic)임 - 으로 분할되는 반면, 도 9b의 층 두께 프로파일은 단일 연속 단조 곡선(912)이다. 도 9a에서, 광학적으로 두꺼운 층은 곡선(910a)으로 나타난 마이크로층 패킷과 곡선(910b)으로 나타난 패킷 사이에 존재하는 것으로 가정된다. 이하에서 논의되는 모델링을 위해, 이 광학적으로 두꺼운 층의 광학 두께에 대해 15 마이크로미터의 값이 가정되었다.

[0081] 도 9a 및 도 9b의 층 프로파일 사이의 차이에도 불구하고, 이들 프로파일 둘다 수직 입사에서 약 400부터 1200 nm까지의 연속적인 스펙트럼을 반사하는 데 사용될 수 있다. 게다가, 이들 프로파일 둘다 "측면성"은 "얇은 측면" 근접 층 번호 1 및 "두꺼운 측면" 근접 층 번호 550 또는 551에 의해 특징지어질 수 있다. 이와 관련하여, 층 두께 프로파일에서의 광학 반복 단위의 평균 광학 두께가 계산될 수 있다. 도 9a 및 도 9b 각각에서, A 및 B 마이크로층의 공칭 굴절률이 1.7에 가까운 것으로 가정하면, 이 평균은 대략 400 nm ( = (120 nm + 120 nm)\*1.7)이다. 이 평균보다 작은 광학 두께를 갖는 ORU는, 평균적으로, 이 평균보다 큰 광학 두께를 갖는 ORU보다 제1 주 표면(층 번호 1에 있거나 그 근방에 있음)에 더 가깝다. 다층 광학 필름의 이 제1 주 표면은 따라서 "얇은 측면"이라고 할 수 있다. 이와 달리, 평균보다 큰 광학 두께를 갖는 ORU는 평균보다 작은 광학 두께를 갖는 ORU보다 제2 주 표면(층 번호 550 또는 551에 있거나 그 근방에 있음)에 더 가깝다. 제2 주 표면은 따라서 "두꺼운 측면"이라고 할 수 있다. 다층 광학 필름이 일부를 이루고 있는 필름 구조체의 입력 및 출력 표면과 관련하여 광학적으로 침적된 다층 광학 필름의 측면성이 관찰자에 의해 인지되는 색에 상당한 차이를 만들 수 있다는 것을 우리의 관찰은 보여주었고 우리의 모델링은 확인해주었다. 모델링은, 하나의 패킷(도 9b)이 사용되는지 2개의 패킷(도 9a)이 사용되는지에 상관없이, 얇은 측면 바깥쪽 배향이 두꺼운 측면 바깥쪽보다 실질적으로 더 약한 색을 달성한다는 것을 보여준다.

[0082] 도 9a 및 도 9b는 제한적인 방식으로 해석되어서는 안된다. 예를 들어, 본 발명은 임의의 수의 마이크로층 패킷을 가질 수 있는 침적된 다층 광학 필름에 적용될 수 있고, 하나의 패킷(도 9b) 또는 2개의 패킷(도 9a) 설계로 제한되지 않는다.

[0083] 예를 들어, 도 9a 및 도 9b의 설계에 대한 대안의 마이크로층 패킷 설계에서, 의사-연속 단일 패킷이 또한 각각의 마이크로층 패킷 사이에 하나 이상의 광학적으로 두꺼운 층을 가지는 2개 이상의 패킷으로부터 제조될 수 있다. 그렇지만, 연속적인 1/4 파 경사 적층물(graded stack)의 중간에 하나 이상의 광학적으로 두꺼운 층이 존재하는 것으로 인해 역시 상당한 색을 생성할 수 있는 스펙트럼에서의 상당한 진동이 야기될 수 있다. 그렇지만, 이러한 배열로부터 제조될 수 있는 임의의 성공적인 약한 색 설계가 여전히 층들을 본 명세서에 기술된 것과 동일한 순서로 - 즉, 평균적으로, 프로파일의 가장 얇은 1/4 파 층이 시스템의 출구 측면과 마주하는 얇은 측면 바깥쪽 배향으로 - 배열하는 것으로부터 이득을 볼 것이다. 임의의 광학적으로 두꺼운 층은 바람직하게는 낮은 복굴절을 갖는 물질로 제조된다. 앞서 논의된 바와 같이, 개별적인 마이크로층 각각이 정확히 1/4 파의 광학 두께를 가질 필요는 없다. 오히려, 광학 반복 단위 내의 마이크로층의 광학 두께의 합이  $\lambda/2$ 이어야만 하고,  $\lambda/2$  ORU는 이어서 광대역 반사체를 제공하기 위해 적합한 층 두께 프로파일에 따라 연속적으로 경사져 있을 수 있다. 그에 부가하여, 어떤 경우에, 적절한 f-비를 갖는 2차, 3차 또는 고차 고조파 반사 대역을 사용해 균일한 투과를 제공하여 감소된 색의 균일한 투과 스펙트럼을 제공하기 위해, ORU는  $\lambda$ 보다 훨씬 더 두꺼울 수 있고 ( $3\lambda/4$ ,  $\lambda$ , 또는 심지어 그 이상 등), 다양한 f-비를 가질 수 있다. 이들 경우에서도, 보다 얇은 ORU는, 평균적으로, 바람직하게는 약한 색을 위해 구조체의 출력 표면과 마주하고 있다.

[0084] 이제 도 10a를 참조하면, 광학적으로 침적된 다층 광학 필름을 포함하는 필름 구조체의 개략 단면 또는 측면도

가 있다. 필름 구조체는 도광체 상 라미네이트(laminate-on-light guide) 구조체(1010)이다. 이 시스템에서, 프리즘 구조물(1012)(미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 3M Company로부터 입수가 가능한 Vikuiti™ BEF-유형 프리즘 필름에서 사용되는 것 등)이 본 명세서에 개시된 바와 같이 다층 반사 편광 필름(1014)에 적용된다. 프리즘은 공기에 노출되어 있고, 편광 필름(1014)을 통과한 광을 일반적으로 디스플레이 패널 또는 관찰자 쪽으로 위로 투과시킨다. 이러한 광은 중실 도광체(1024)의 가장자리에 엷지형 구성으로 도시되어 있는 광원(1030a, 1030b)으로부터 나온다. 도광체(1024)는 종래의 추출기(1026)의 패턴을 구비하고 있다. 도광체(1024)의 하부로부터 빠져나온 광은 백색 후방 반사체(1028)에 의해 반사된다. 감압 접착제층(1022)은 도광체(1024)를 상기한 다른 구성요소 - 경사형 굴절률 ULI 층(1020), 고탁도 ULI 층(1018)(체적 확산기일 수도 있음), 및 저탁도 ULI 층(1016)을 포함함 - 에 부착시킨다.

[0085] 구조체(1010)는 따라서 공기 갭을 제거하고 필름 기판 및 다른 독립형 구성요소 - 반사 전편광기, 도광체, 확산기, 지연 필름, 마이크로렌즈 시트 또는 프리즘 모양의 시트 등 - 의 수를 감소하는 방식으로 반사 편광 필름(1014)을 백라이트에 포함한다. 이렇게 함에 있어서, 반사 편광 필름(1014)은 공기보다 더 높은 굴절률의 매질에, 상세하게는, 광학적으로 두꺼운 초저굴절률(ULI) 층에 광학적으로 침적된다. ULI 층은 초임계광이 필름(1014) 내에서 전파할 수 있게 해주지만, 이러한 초임계광의 각도 범위를 제한한다. 제한된 범위는 필름(1014)이 훨씬 더 높은 굴절률의 매질에 광학적으로 침적되는 실시 형태와 관련하여 다층 반사체에 대한 각도 대역폭 요구사항을 축소시킨다. 그렇지만, 전파 각도의 범위는 다층 광학 필름(1014)이 광학적으로 침적되지 않을 때 일어나는 것보다 훨씬 더 크다. 도 10a의 구성은 실질적으로 본 명세서에서 논의된 측면성-효과와 연관된 원하지 않는 색이 관찰된 실시 형태를 나타낸다. 도 10a의 실시 형태에 관한 추가의 정보에 대해서는, 2009년 10월 24일자로 출원된, 발명의 명칭이 "높은 비축 반사율을 갖는 침적된 반사 편광기(Immersed Reflective Polarizer with High Off-Axis Reflectivity)"인 미국 특허 출원 제61/254,691호(대리인 사건 번호 65809US002)를 참조하기 바란다.

[0086] 확산기 층(1016) 또는 도광체(1024)는 공기로부터 주입될 수 있는 것보다 더 큰 각도로 광을 편광기 필름(1014)에 주입시킬 수 있다. 둘다가 여기서 사용되고 있지만, 초임계광을 필름에 주입시키기 위해 한쪽 또는 다른 쪽 또는 미세구조화된 표면 필름이 단독으로 사용될 수 있다. 일반적으로, 다층 광학 필름에 광학적으로 결합되어 있는 임의의 광 방향 전환 층이 광 주입 층(예컨대, 층(1024))으로서 또는 광 추출 층(예컨대, 층(1012))으로서 사용될 수 있다. 도 10a에서, 이들 구성요소는, 각각, 도광체 및 프리즘 어레이이다. 반사 편광기에 들어갈 수 있는 광의 각도 범위는 ULI 층(1016)의 굴절률에 의해 Snell의 법칙을 통해 제한된다. ULI 층에 의해 투과되는 이들 광선 중 임의의 것은, 적합한 추출 층(1012)이 필름의 출구 표면에 광학적으로 결합되는 경우, 편광기 필름(1014)으로부터 공기로 빠져나갈 수 있다. 이러한 구성은 앞서 논의된 바와 같은 광학적으로 침적된 광학 필름의 일례이다.

[0087] 광학적으로 침적된 필름은 전형적으로 필름의 입사면 및 출구면에, 각각, 광학적으로 결합되어 있는 광 주입 층 및 광 추출 층을 가진다. 이러한 방식으로, 광선은 평탄한 동일 평면 표면(coplanar surface)을 통해 공기에서의 필름에 대해 일어날 수 있는 것보다 더 큰 각도로 필름에 들어가 필름 내에서 전파할 수 있고, 이러한 광선은 앞서 논의된 바와 같이 초임계광이라고 한다. 추출 층은 주입 층에 대해 기술한 바와 같은 임의의 구성요소일 수 있다. 필름 및 광원을 액체에 또는 나중에 경화되거나 건조되어 고체로 되는 액체에 침적하면 동일한 결과를 얻을 수 있다. 편광기에서 상당한 색 발생을 야기할 수 있는 특정의 광선은, 도 10b에 나타난 광선(1049a)과 같은, 큰 입사각(초임계각)으로부터 들어오는 것이다. 도 10b는 반사 편광 필름일 수 있는 광학적으로 침적된 다층 광학 필름(1044)을 포함하는 보다 간단하거나 보다 일반화된 필름 구조체(1040)의 개략 단면 또는 측면도이다. 구조체(1040)는 필름(1044)의 출력 표면(1044b)에 부착된 광 추출 층(1042), 필름(1044)의 입력 표면(1044a)에 부착된 ULI 층(1046), 및 ULI 층(1046)에 부착된 광 주입 층(1048)을 포함한다.

[0088] 광선(1049a)은 다층 광학 필름(1044)으로부터 공기 내로의 투과를 위한 임계각보다 더 크거나 그에 가깝다. 그렇지만, 광 추출 층(1042) - 도 10b에서 프리즘으로 나타내어져 있지만, 다른 구조물이 그 대신에 사용될 수 있음 - 은 광선이 관찰자가 쉽게 볼 수 있는 각도로 필름을 빠져나갈 수 있게 해준다(광선(1049b) 참조). 읽는 사람은 광선 경로가 정반대로 될 수 있다 - 즉, 광이 프리즘 모양의 표면(1042 참조) 내로 주입되고 도광체(1048 참조)에 의해 추출될 수 있다 - 는 것을 잘 알 것이다. 전형적으로, 최종 사용자는 편광된 광 출력을 이용하지만, 시스템은 원칙적으로 정반대로 될 수 있다. 따라서, 가장 일반적인 용어로, 다층 광학 필름의 가장 얇은 층(즉, "얇은 측면")이 보다 많이 편광된 광을 투과시키는 시스템의 측면에 가장 가까이 있어야만 하는 것으로 지정하고자 할 수 있다.

[0089] 광 추출 층(1042)이 많은 Vikuiti™ BEF-유형 필름의 선형 어레이와 같은 프리즘의 선형 어레이를 포함하는 경

우에 - 각각의 프리즘은 필름 평면에 평행한 프리즘 축을 따라 뻗어 있음 -, 프리즘 축이 필름(1044)의 통과축에 실질적으로 평행하도록 프리즘이 다층 광학 필름(1044)에 대해 배향될 수 있지만, 프리즘 축과 통과축 사이의 다른 상대 배향 각도가 사용될 수 있다.

[0090] 광학 모델링

[0091] 관찰된 현상을 더 잘 이해하기 위해 그리고 어느 설계 파라미터가 관찰된 현상에 상당한 영향을 미치는지를 더 잘 이해하기 위해, 침적된 다층 광학 필름의 광학 모델링이 이용되었다. 침적된 다층 광학 필름이 표준 다층 간섭 적층물 코드를 사용하여 모델링될 수 있다. 간단함을 위해, 광이 공기보다 큰 주어진 굴절률의 반무한 매질(semi-infinite media)로부터 평면 평행 계면(plane parallel interface)에 주입되고 그 반무한 매질로 추출되는 것처럼 필름 적층물이 모델링된다. 이와 관련하여, 광학적으로 침적된 다층 광학 필름(1054)을 포함하는 간단한 필름 구조체(1050)의 개략 단면 또는 측면도를 나타낸 도 10c를 참조한다. 구조체는 반무한 층(semi-infinite layer)(1058)을 포함하며, 이 층으로부터 각각 광이 필름(1054)에 들어가고 그로부터 빠져나간다. 필름(1054) 내로 주입될 수 있는 초임계광의 경사짐 정도를 제한하기 위해 층(1058)과 필름(1054) 사이의 선택적인 층(1056)이 제공될 수 있다. 예를 들어, 층(1056)은 반무한 층(1058)의 굴절률 미만의 굴절률을 갖는 ULI 물질의 광학적으로 두꺼운 층일 수 있다. 이하의 모델링된 결과의 경우, 달리 언급하지 않는 한, 다층 광학 필름의 양측에 있는 반무한 매질은 1.494의 굴절률(이는 633 nm에서의 폴리메틸 메타크릴레이트(PMMA)의 굴절률에 대응함)를 갖는 것으로 가정된다. 어떤 경우에, 이하에서 더 설명하는 바와 같이, 흡수 편광기도 역시 모델링된 필름 구조체에 포함되는 것으로 가정되었으며, 이러한 흡수 편광기는 또한 필름(1054)과 평면 평행 방식으로 침적되어 있다.

[0092] 프리즘과 같은 추출 특징부가 필름 표면에 결합되어 있지 않는 한, 상당한 색을 발생하는 광선은 관찰자가 측정하도록 공기 내로 투과될 수 없다. 도 10b의 프리즘과 같은 비평면 표면을 사용하여 편광된 광의 추출을 모델링하는 것은 부가적인 분석을 필요로 한다. 이것은 여기서 행해지지 않는데, 그 이유는 사용될 수 있는 많은 유형의 추출 특징부가 있기 때문이다. 그 대신에, 얇은 광학 층의 층 배열의 효과와 관련하여 색을 강화하거나 축소시킬 수 있는 기본적인 광학 효과만을 설명하고자 한다. 실험 관찰은 명백하고 틀림없으며, 색의 출처를 이해하는 데 도움을 주기 위해 모델링이 수행되었다.

[0093] 상이한 마이크로층에서 사용되는 물질에 대한 이하의 굴절률 값은 제조된 다음에 게시된 필름 구조체에 침적되어 사용될 수 있는 비대칭 다층 광학 필름을 예시한 것이다.

[0094] 굴절률 세트 1:

	nx	ny	nz
물질 "A"	1.80	1.65 내지 1.68	1.50
물질 "B"	1.57	1.57	1.57
차이( $\Delta n$ )	0.37	0.08 내지 0.11	-0.07

[0095] 굴절률 세트 2:

	nx	ny	nz
물질 "A"	1.83	1.62 내지 1.65	1.50
물질 "B"	1.56 내지 1.59	1.56 내지 1.59	1.56 내지 1.59
차이( $\Delta n$ )	0.24 내지 0.27	0.05 내지 0.07	-0.06 내지 -0.09

[0096] 굴절률 세트 3:

	nx	ny	nz
물질 "A"	1.83	1.620	1.50
물질 "B"	1.59	1.59	1.59
차이( $\Delta n$ )	0.24	0.03	-0.09

[0097] 이들 굴절률 세트 각각은, 적당한 수의 층을 갖고 적당한 층 두께 프로파일을 갖는 다층 광학 필름에서 이용되는 경우, 한 편광(x-축을 따라 편광됨)의 수직 입사 광에 대한 반사율이 직교 편광(y-축을 따라 편광됨)의 수직 입사 광에 대한 그의 반사율보다 실질적으로 더 큰 반사 편광-유형 다층 광학 필름을 제공할 수 있다. 이들 굴절률 세트가 마이너스  $\Delta n_z$  값을 갖는다는 사실은 통과 평면(통과축 및 z-축을 포함하는 평면)에 입사하는 p-편광된 광에 대한 반사율이 입사각이 증가함에 따라 증가할 수 있다는 것을 의미하고, 영이 아닌  $\Delta n_y$  값은 통과 평면에 입사하는 s-편광된 광에 대한 반사율도 역시 입사각이 증가함에 따라 증가한다는 것을 의미한다. 이러한 필름에 관한 추가의 정보는 이상에서 참조된 미국 특허 출원 제61/254,691호(대리인 사건 번호 65809US002), 및 2009년 10월 24일자로 출원된, 발명의 명칭이 "선택된 입사 평면에서 각도 제한을 갖는 침적된 반사 편광기 (Immersed Reflective Polarizer with Angular Confinement in Selected Planes of Incidence)"인 미국 특허 출원 제61/XXX,XXX호(대리인 사건 번호 65900US002)에서 찾아볼 수 있다.

- [0098] 달리 언급하지 않는 한, 모델링된 일례는 상기 굴절률 세트 3의 굴절률 - 이는 이하에서 논의되는 실제의 실시 형태에서 사용되는 실제의 다층 광학 필름을 잘 나타내는 것으로 생각됨 - 을 사용한다.
- [0099] 도 9b의 것과 유사한 1-패킷 층 프로파일 및 도 9a의 것과 유사한 2-패킷 층 프로파일 둘다(각각이 약 550개의 전체 마이크로층을 가짐)에 대한 모델링된 투과 스펙트럼이 도 10c의 침적된 실시 형태에 대해 계산되었고, 여기서 반무한 층(1052, 1058)은 1.494의 굴절률을 갖는 것으로 가정되었으며, 층(1056)은 생략되었다. 마이크로 층은 굴절률 세트 3에 기술된 바와 같이 물질 A 및 물질 B 굴절률을 갖는 교번하는 배열로 있는 것으로 가정되었다.
- [0100] 도 11a는 이러한 침적된 다층 광학 필름에 대한 투과율 대 파장(즉, 스펙트럼 투과율)의 얻어진 모델링된 그래프이며, 여기서 다층 광학 필름은 도 9b의 것과 유사한 551 마이크로층(275.5 ORU) 1-패킷 설계를 사용한다. 수직축에 나타난 투과율 값은 100을 곱함으로써 퍼센트 투과율 값으로 변환될 수 있고, 퍼센트 반사율은 공칭상 100% - 퍼센트 투과율인 것으로 가정될 수 있다. 반무한 층(1058)에서의 전파 방향이 극각  $\theta = 49^\circ$  및 방위각  $\phi = 0^\circ$ 를 갖는 광에 대한 투과율이 계산된다. 방위각  $\phi = 0^\circ$ 는 광이 x-z 평면에 입사한다는 것을 나타낸다. 1.494 굴절률 매질에서의 극각  $\theta = 49^\circ$ 는 광이 초임계각으로 전파하고 있다는 것을 나타낸다. 이 각도는 굴절률 1.2의 ULI 층에서 70도의 극각에 대응하고 공기에서 90도 초과에 대응한다 - 광이 즉, 필름 출구 표면에 평행한 공기와의 계면에서 내부 전반사를 겪을 것이다 -. p-편광된 광(곡선 1110), s-편광된 광(곡선 1112), 및 s-편광된 광과 p-편광된 광의 평균(곡선 1114) - 이는 비편광된 광의 투과율을 나타냄 - 에 대해 투과율이 계산되었다. 투과율 계산은 다층 광학 필름의 두꺼운 측면 바깥쪽 배향 - 가장 두꺼운 ORU(예컨대, 도 9b의 층 번호 550 참조)가 반무한 출구 층(1052)에 가장 가깝게 있음 -, 및 얇은 측면 바깥쪽 배향 - 가장 얇은 ORU(예컨대, 도 9b의 층 번호 1 참조)가 반무한 출구 층(1052)에 가장 가깝게 있음 - 둘다에 대해 행해졌다. 이 모델링된 일례에서, 곡선(1110, 1112, 1114) 모두는 다층 광학 필름의 측면성-배향에 민감하지 않다. 즉, 필름이 두꺼운 측면 바깥쪽이든 얇은 측면 바깥쪽이든 간에, 계산된 투과율 곡선이 본질적으로 동일하였다. 이것은 도 10면에서 간략화된 예시(1113)로 나타내어져 있다.
- [0101] 곡선(1114)이 스펙트럼의 가시 부분에 걸친 변동성에서 알 수 있는 바와 같이 무색(color-free)은 아니지만, 이 실시 형태에서 색에 대한 가장 큰 기여자는 단지 층 두께 프로파일의 모양 - 스펙트럼을 보다 균일하게 만들기 위해 수정될 수 있음 - 이다.
- [0102] 바로 그 (모델링된) 침적된 다층 광학 필름이 이어서 약간 다른 입사 평면에 대한 투과율을 얻기 위해 평가되었다. 상세하게는, 방위각  $\phi$ 가 10도로 변경된 반면, 극각  $\theta$ 는 변하지 않은 채로 49도로 두었다. 침적된 필름의 투과율이 이어서 이전과 동일한 방식으로 계산되었으며, 한 경우에 다층 광학 필름은 두꺼운 측면 바깥쪽으로 배향되어 있고(도 11b), 다른 경우에 필름은 얇은 측면 바깥쪽으로 배향되어 있다(도 11c). 따라서, 도 11b에서, 곡선(1120)은 p-편광된 광의 투과율을 나타내고, 곡선(1122)은 s-편광된 광의 투과율을 나타내며, 곡선(1124)은 곡선(1120)과 곡선(1122)의 평균을 나타낸다. 이와 유사하게, 도 11c에서, 곡선(1130)은 p-편광된 광의 투과율을 나타내고, 곡선(1132)은 s-편광된 광의 투과율을 나타내며, 곡선(1134)은 곡선(1130)과 곡선(1132)의 평균을 나타낸다. 간단화된 예시(1123, 1133)는 각자의 도면에서의 침적된 다층 광학 필름의 배향을 알려주는 것으로서 역할한다.
- [0103] 도 11a, 도 11b 및 도 11c의 비교는, 다층 광학 필름의 측면성이 x-z 평면에 입사하는 광에 대한 투과율에는 아무런 영향도 미치지 않지만, (동일한 초임계 극각을 유지하면서) 입사 평면을 약간 변경하면 필름의 측면성이 투과율 특성에 큰 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여준다. 따라서, 다층 광학 필름의 주축(x-축 또는 y-축)을 포함하지 않는 평면( $f = 10^\circ$  등)에 입사하는 광의 경우, s-편광된 광 및 p-편광된 광에 대해 도 11a의 것과 아주 상이한 스펙트럼이 계산된다. 두꺼운 측면 바깥쪽 배향에 대해, 광의 p-편광된 성분 및 s-편광된 성분에 대한 곡선(1120, 1122)에서의 극도의 진동에 주목한다. 필름의 배향을 얇은 측면 바깥쪽으로 정반대로 함으로써, 광이 먼저 마이크로층 적층물의 보다 두꺼운 ORU에 입사하도록 하면, 바로 그 광선 방향( $f = 10^\circ, \theta = 49^\circ$ )에 대해, 도 11c는 도 11b의 평균 투과율(1124)과 실질적으로 동일한 평균 투과율(1134)을 제공하지만, 개별적인 s-편광된 성분 및 p-편광된 성분의 곡선(1130, 1132)은 이제 도 11b의 대응하는 곡선에 비해 파장에 따라 투과율 변동을 거의 나타내지 않는다.
- [0104] 도 11b 및 도 11c의 결과는 광이 가장 얇은 ORU를 마지막으로 통과하도록 필름 적층물을 배열하는 것의 바람직함을 이해하는 데 실마리를 제공한다. s-편광된 광 및 p-편광된 광에 대한 결합된 스펙트럼이 이들 2개의 그래프에서 동일하지만(곡선(1124)과 곡선(1134)을 비교), 후속 광학 층이 s-편광된 광 또는 p-편광된 광 중 어느 하나를 덜 투과시키는 광 경로에 추가되면, 도 11b의 개별적으로 화려한 편광된 성분의 미묘한 균형이 무너질

것이고 전체 스펙트럼(s-스펙트럼과 p-스펙트럼이 결합된 것)이 덜 균일하게 될 것임을 쉽게 알 수 있다.

[0105] 이러한 효과는 간단히 흡수 편광기를 침적된 다층 광학 필름의 출구 표면에 부착하는 것 - 즉, 도 10c의 층 (1052)과 층(1054) 사이에 흡수 편광기를 삽입하는 것 - 에 의해 증명될 수 있다. 이러한 배열이 이어서 다층 광학 필름의 설계 특성을 도 11a 내지 도 11c에서와 동일하게 유지하고 동일한 입사 광선 방향을 사용하면서 모델링되었다. 흡수 편광기의 통과축이 다층 광학 필름의 통과축(y-축)과 평행한 것으로 가정되었다. 도 12a 및 도 12b의 간단화된 예시(1213, 1223)에 나타난 바와 같이, 필름 구조체는 따라서 이제 흡수 편광기에 부착되는 동일한 550 층 단일 패킷 다층 광학 필름이다. 도 12a는 다층 광학 필름이 두꺼운 측면 바깥쪽으로 배향되는 실시 형태에 대한 계산된 투과율을 나타낸 것이고, 여기서 곡선(1210)은 p-편광된 광에 대한 것이고, 곡선(1212)은 s-편광된 광에 대한 것이며, 곡선(1214)은 곡선(1210)과 곡선(1212)의 평균이다. 도 12b는 필름이 얇은 측면 바깥쪽으로 되어 있는 경우의 계산된 투과율을 나타낸 것이고, 여기서 곡선(1220)은 p-편광된 광에 대한 것이고, 곡선(1222)은 s-편광된 광에 대한 것이며, 곡선(1224)은 곡선(1220)과 곡선(1222)의 평균이다. 전체 투과율 스펙트럼의 모양(흡수 편광기의 출력에서 측정됨)은 필름 적층물의 얇은 ORU 및 두꺼운 ORU의 순서에 따라 아주 상이하다.

[0106] 도 12a의 상당히 변조된 스펙트럼(곡선 1214)은 대부분의 조명 시스템에서 강한 색을 생성할 수 있다. 이 스펙트럼은 광이 가장 얇은 층에 먼저 입사하고 가장 두꺼운 층에 마지막으로 입사하는 시스템에 대한 것이고, 다층 광학 필름을 빠져나가는 s-편광된 광 성분 및 p-편광된 광 성분의 미묘한 균형이 부가의 광학 필름에 의해 수정된다. 이 경우에, 부가의 필름은 침적된 흡수 편광기였다. 앞서 논의된 바와 같이, 프리즘 모양의 추출 층과 같은 다른 광학 디바이스가 다층 필름의 출구 측면에 위치될 수 있다. 실험 관찰로부터, 이러한 프리즘 모양의 구조물은 도 12a 및 도 12b의 스펙트럼과 유사한 스펙트럼 - 즉, 다층 광학 필름 내에서의 층 배열에 따라 파장과 관련하여 상당히 변조되거나 비교적 균일함 - 을 발생하는 것처럼 보인다.

[0107] 주목할 점은, 얇은 층이 다른 편광기와 마주하고 있는 도 12b의 전체 시스템이 광학계의 기본 정리에 따라 정반대로 될 수 있고, 이 정반대로 된 경우에 광이 얇은 층에 먼저 들어가지만, 여전히 동일한 비교적 평탄한 전체 투과율 스펙트럼(s-편광된 광 + p-편광된 광, 곡선(1224) 참조)을 가질 수 있다는 것이다. 정반대로 된 경우가 도 13의 간단한 예시(1313)에 나타내어져 있다. 따라서, 도 13은 도 12b의 구조체에 대한 스펙트럼 투과율의 모델링된 그래프이지만, 여기서 광 방향은 정반대로 되어 있음으로써 이제는 흡수 편광기가 다층 광학 필름의 입력 표면(도 12b에서 출력 표면으로 간주됨)인 것으로 이제 생각되는 표면과 광학 접촉되어 있다. 입사 광선의 방향 특성( $f = 10$ ,  $\theta = 49$ )은 그렇지 않고 다층 광학 필름의 설계 특성처럼 변하지 않은 채로 있다. 곡선(1310)은 p-편광된 광에 대한 계산된 투과율이고, 곡선(1312)은 s-편광된 광에 대한 것이며, 곡선(1314)은 곡선(1310)과 곡선(1312)의 평균이다.

[0108] 도 13과 도 12b를 비교하면, 평균 투과율(1314)이 평균 투과율(1224)에 대해 변하지 않은 채로 있지만, s-편광된 광 및 p-편광된 광에 대한 개별적인 투과 스펙트럼(1312, 1310)이, 도 11b에서 앞서 본 바와 같이, 또다시 파장의 함수로서 상당히 변조된다는 것을 알 수 있다. 광이 s-편광된 광 및 p-편광된 광에 대한 투과 스펙트럼의 미묘한 균형을 무너뜨리지 않고 도 13의 구조체로부터 추출될 수 있지 않는 한, 또는 구조체가 이 형태로 침적된 시스템 내에서 사용되지 않는 한, 이 정반대 배열은 여전히 상당한 색을 발생할 수 있고 바람직하지 않을 수 있다.

[0109] 요약하면, 상기 광학 모델링은 광이 얇은 층에 먼저 들어갈 때(두꺼운 측면 바깥쪽 배향) s-편광된 광 및 p-편광된 광에 대한 개별적인 투과 스펙트럼이 실질적으로 변조된다는 것과 광이 두꺼운 층에 먼저 들어가도록 적층물이 정반대로 될 때(얇은 측면 바깥쪽 배향) 이들 투과 스펙트럼이 파장에 대해 실질적으로 작은 변조를 나타낸다는 것을 보여준다.

[0110] 도 9a의 2-패킷 배열과 관련하여 앞서 논의된 바와 같이, 광학 모델링은 이어서 다층 광학 필름의 마이크로층이 다수의 상이한 마이크로층 패킷 - 이들 사이에 광학적으로 두꺼운 층이 있음 - 으로 분리되어 있는 실시 형태로 확장되었다. 이하에서 기술되는 결과는, 이들 경우에도 역시, 바람직하지 않은 색을 감소시키는 측면에서 볼 때, 보다 얇은 광학 반복 단위가, 평균적으로, 보다 두꺼운 광학 반복 단위보다 다층 광학 필름의 출력 표면에 더 가깝도록 다층 광학 필름을 배열하는 것이 바람직하다는 것을 보여준다.

[0111] 제1 모델링된 2-적층물 실시 형태에서, 다층 광학 필름은 2개의 마이크로층 패킷을 갖도록 설계되었고, 각각의 마이크로층 패킷은 교번하는 A, B 배열로 275개 마이크로층을 포함하였고, 그의 굴절률은 상기의 굴절률 세트 3에 나타내어져 있다. 2개의 패킷은 보호 경계층(PBL)과 유사하고 등방성층과 동일한 굴절률을 갖는 광학적으로 두꺼운 층(15 마이크로미터 두께)에 의해 분리되었다. 역시 50 마이크로미터 두께의 스킨층인 것으로 가정된

모델이 복수의 마이크로층의 양측에 존재하였으며, 스킨층은 또한 등방성층과 동일한 굴절률을 가졌다. (보통, 스킨층 및 PBL 층과 같은 다층 광학 필름의 광학적으로 두꺼운 층이 등방성이거나 상당히 복굴절성이라기 보다는 최소한으로 복굴절성인 것이 바람직하다.) 필름 내의 마이크로층의 총수는 따라서 550이었다. 마이크로층의 두께 기울기가 도 9a에 도시된 것과 유사하도록 모델링되었다 - 예컨대, 각각의 275-층 패킷은 보다 얇은 마이크로층부터 보다 두꺼운 마이크로층까지 및 보다 얇은 ORU로부터 보다 두꺼운 ORU까지 단조 기울기를 가졌다 -.

[0112] 도 10c에 도시된 바와 같이 광학적으로 침적될 때, 이 2-적층물 다층 광학 필름의 투과율이 이전과 동일한 방식으로 계산되었지만, 이 경우에, 필름 구조체는 반무한 광 주입 층(1058)과 다층 광학 필름의 입사 측면 사이에 광학적으로 두꺼운 ULI 층(1056)을 포함하는 것으로 가정되었다. 반무한 층(1052, 1058)은 또다시 1.494의 굴절률을 갖는 것으로 가정되었다. ULI 층(1056)은 1.2의 굴절률과 100 마이크로미터의 물리적 두께를 갖는 것으로 가정되었다. 입사 광선의 방향이 또다시 1.494 굴절률 물질에서  $f = 10$ 도,  $\theta = 49$ 도로 특징지어졌다.

[0113] 도 14a는, 간단한 예시(1413)로 나타낸 바와 같이, 두꺼운 측면 바깥쪽 배향에서 침적된 다층 광학 필름의 얻어진 계산된 투과 스펙트럼을 나타낸 것이다. 이 도면에서, 곡선(1410)은 p-편광된 광에 대한 계산된 투과율이고, 곡선(1412)은 s-편광된 광에 대한 것이며, 곡선(1414)은 곡선(1410)과 곡선(1412)의 평균이다. 도 14b는, 간단한 예시(1423)로 나타낸 바와 같이, 얇은 측면 바깥쪽 배향에서 침적된 다층 광학 필름의 계산된 투과 스펙트럼을 나타낸 것이다. 이 도면에서, 곡선(1420)은 p-편광된 광에 대한 계산된 투과율이고, 곡선(1422)은 s-편광된 광에 대한 것이며, 곡선(1424)은 곡선(1420)과 곡선(1422)의 평균이다.

[0114] 도 14a와 도 14b의 비교는, 얇은 측면 바깥쪽 배향(도 14b)의 보다 작은 변조와 비교하여, 두꺼운 측면 바깥쪽 배향(도 14a)의 경우 s-편광된 광 및 p-편광된 광에 대한 투과 스펙트럼이 파장의 함수로서 상당히 변조된다는 것을 보여준다. 이것은 1-패킷 다층 광학 필름에 대한 모델링 결과와 정성적으로 동일하지만, 도 14a의 s-편광된 및 p-편광된 광 투과 스펙트럼의 변조(두꺼운 측면 바깥쪽 배향의 2-패킷 필름에 대한 곡선(1410, 1412))와 도 11b의 s-편광된 및 p-편광된 광 투과 스펙트럼의 변조(두꺼운 측면 바깥쪽 배향의 1-패킷 필름에 대한 곡선(1120, 1122)) 사이의 차이도 역시 알 수 있다.

[0115] 입사광이 보다 얇은 ORU보다 먼저 각각의 패킷의 보다 두꺼운 ORU에 들어가도록 필름이 배향될 때(즉, 얇은 측면 바깥쪽) 침적된 2-패킷 다층 광학 필름의 s-편광된 및 p-편광된 광 투과 스펙트럼이 더 균일하다. 언급한 바와 같이, 2-패킷 다층 광학 필름을 포함하는 필름 구조체가 다층 광학 필름의 입력 표면에 굴절률 1.20의 광학적으로 두꺼운 ULI 층을 갖는 것으로 가정되었다. 2-패킷 필름의 양쪽 배향에 대해, ULI 층은 변화되지 않았다 - 즉, ULI 층은 다층 광학 필름의 입사 측면에 항상 위치되었음 -. 이 때문에, 도 14a의 전체 투과 스펙트럼(곡선 1414)은 도 14b의 전체 투과 스펙트럼(곡선 1424)과 약간 상이하다.

[0116] 실험실에서 제조되고 관찰되었던 실제의 다층 광학 필름의 경우, 필름이 광학적으로 침적되어 있지 않을 때(예컨대, 필름이 편광된 광 테이블 상에 놓여진 후의 투과에서 보았을 때) 두꺼운 측면 바깥쪽 배향과 얇은 측면 바깥쪽 배향 사이에 분간할 수 있는 차이가 거의 없었다. 이 거동을 모델링하려는 시도에서, 도 14a 및 도 14b와 관련하여 기술된 2-패킷 다층 광학 필름이 비침적된 공기 환경에서 모델링되었으며, 결과가 도 15a 및 도 15b에 도시되어 있다.

[0117] 도 15a 및 도 15b는 따라서 도 14a 및 도 14b의 2-패킷 다층 광학 필름에 대한 전체 스펙트럼 투과율의 모델링된 그래프로서, 이 경우 필름은 1.494 굴절률 매질에 더 이상 광학적으로 침적되어 있지 않다. 도 15a 및 도 15b는 그 대신에 다층 광학 필름이 공기에 침적되어 있는 것으로 가정하고, 필름은 다층 광학 필름의 통과축(y-축)에 평행한 통과축을 갖는 평면 평행 비확산 흡수 편광기의 출력 측면 상에 배치되어 있다. 광은 공기에서 흡수 편광기의 아래쪽으로부터 방위각  $\phi = 20$ 도를 갖는 입사 평면에 입사한다. 공기에서 측정된 극각  $\theta$ 는 0도(수직 입사) 내지 70도의 범위에 있었으며, 따라서 초임계각이 아니었다. 도 15a에서, 간단화된 예시(1513)에서 나타낸 바와 같이, 다층 광학 필름은 얇은 측면 바깥쪽으로 배향되었다 - 즉, 필름의 두꺼운 측면이 흡수 편광기와 마주하고 있음 -. 도 15b에서, 간단화된 예시(1523)에서 나타낸 바와 같이, 필름은 두꺼운 측면 바깥쪽으로 배향되었다 - 즉, 필름의 얇은 측면이 흡수 편광기와 마주하고 있음 -. 0도(도 15a의 곡선(1510), 도 15b의 곡선(1520)), 50도(도 15a의 곡선(1512), 도 15b의 곡선(1522)), 60도(도 15a의 곡선(1514), 도 15b의 곡선(1524)), 및 70도(도 15a의 곡선(1516), 도 15b의 곡선(1526))의 극각  $\theta$ (공기 중에서 측정됨)에 대해 투과율이 계산되었다.

[0118] 도 15a와 도 15b의 비교는, 흡수 편광기의 존재 시에도, 파장의 함수로서의 투과율 곡선의 변조가 적당하고 두꺼운 측면 바깥쪽 배향의 변조도와 얇은 측면 바깥쪽 배향의 변조도 사이에 알아볼 수 있는 차이가 거의 없다는

것을 보여준다. 이것은 다층 광학 필름이 광학적으로 침적되어 있는 필름 구조체와 아주 상이하다.

[0119] 제조된 다층 광학 필름 구조체

[0120] 이제부터 실험실 환경에서 제조되고 관찰되었던 다층 광학 필름 구조체에 대해 기술한다. 이들 구조체는 다층 광학 필름 및 기타 광학 필름을 디스플레이 백라이트에 사용하기에 적합한 중실 도광체에 라미네이션하는 것을 포함하였다. 대표적인 언어진 필름 구조체(1610)의 개략 측면도가 도 16에 도시되어 있다. 필름 구조체(1610)는, 구조체(1610)의 입력 표면(1610a, 1610b)에 배치된 광원(1642a, 1642b) 및 구조체(1610)의 후방에 배치된 백색 후방 반사체(1640)와 함께, 디스플레이 응용에서 백라이트로서 사용하기에 적합한 넓은 면적의 백색 광원을 구성하였다. 광원 구조체(1610)의 출력 표면(1610c)에 있는 백라이트로부터 디스플레이 패널 및/또는 관찰자(도시 생략) 쪽으로 빠져나간다.

[0121] 도광체 상 라미네이트 구조체(1610)에서, BEF 프리즘 필름에서 사용되는 것과 같은 프리즘 구조물(1612)은 다층 광학 필름(1614) - 제조된 실시 형태에서, 반사 편광 필름이었음 - 에 도포되어 있다. 프리즘은 공기에 노출되어 있고, 편광 필름(1614)을 통과한 광을 일반적으로 디스플레이 패널 또는 관찰자 쪽으로 위로 투과시킨다. 이러한 광은 중실 도광체(1636)의 가장자리에 엷지형 구성으로 도시되어 있는 광원(1642a, 1642b)으로부터 나온다. 도광체(1636)는 종래의 추출기(1638)의 패턴을 구비하고 있다. 도광체(1636)의 하부로부터 빠져나온 광은 백색 후방 반사체(1640)에 의해 반사된다. 감압 접착제 층(1634, 1628, 1622, 1616)은 도광체(1636)를 라미네이트 내의 다른 구성요소 - PET 필름(1618, 1630)에 각각 도포된 저탁도 ULI 층(1620, 1632), 및 PET 필름(1624)에 도포된 체적 확산기 층(1626)을 포함함 - 에 부착시킨다.

[0122] 광 주입의 엷지형 기하형태, 체적 확산기 층(1626), ULI 층(1620) 및 프리즘 구조물(1612)의 결과로서, 구조체(1610)에서의 다층 광학 필름(1614)은 층들(1620, 1632)의 ULI 매질에 효과적으로 광학적으로 침적되고, 초입 계광이 필름(1614)을 통해 전파하여 출력 표면(1610c)을 빠져나간다. 2개의 필름 구조체(1610)가 제조되었다. 제1 구조체에서, 제1 다층 광학 필름은 두꺼운 측면 바깥쪽으로 배향되었다. 제2 구조체에서, 제1 다층 광학 필름과 아주 유사한 제2 다층 광학 필름은 얇은 측면 바깥쪽으로 배향되었다. 다층 광학 필름의 상이한 배향 이외에, 제1 및 제2 구조체는 실질적으로 유사한 설계를 가졌다.

[0123] 이제부터, 구조체의 다양한 구성요소에 대해 더 상세히 기술할 것이다.

[0124] 다층 광학 필름(1614)

[0125] 각각의 필름 구조체에 대해 하나씩, 유사한 설계의 2개의 다층 광학 필름이 사용되었다. 다층 광학 필름은 본 명세서에서 MOF1 및 MOF2라고 한다. 이들 필름은 반사 편광 필름으로서, 각각은 도 9a에 도시된 패킷과 유사한 2개의 패킷으로 분산되어 있는 총 550개의 마이크로층을 가지며, 광학적으로 두꺼운 보호 경계 층이 패킷들 사이에 있고 광학적으로 두꺼운 스킨층이 각각의 다층 광학 필름의 가장 바깥쪽 부분을 형성하였다. 보다 얇은 마이크로층/보다 얇은 ORU에 가장 가까이 있었던 필름의 가장 바깥쪽 표면(예컨대, 도 9a의 층 번호 1 참조)은 필름의 얇은 측면이라고 하고, 보다 두꺼운 마이크로층/보다 두꺼운 ORU에 가장 가까이 있었던 필름의 가장 바깥쪽 표면(예컨대, 도 9a의 층 번호 550 참조)은 필름의 두꺼운 측면이라고 한다.

[0126] 피드블록(feedblock) 방법(예컨대, 미국 특허 제6,783,349호(Neavin 등))을 사용하여, 교번하는 저굴절률 및 고굴절률 중합체 층을 갖는 반사 편광기(MOF1, MOF2) 각각은 교번하는 저굴절률 및 고굴절률 중합체 물질의 275개 층의 2개의 유사한 패킷을 공압출하고 이어서 층들의 2개의 패킷을 결합함으로써 제조되었다. 각각의 275층 패킷에 대해, 고굴절률층이 90/10 coPEN(90% 에틸렌 나프탈레이트 반복 단위 및 10% 에틸렌 테라프탈레이트 반복 단위를 함유하는 코폴리에스테르)으로 제조되었다. 55 중량%의 PETG(Eastman Chemicals로부터 입수가가능)와 45 중량%의 90/10 coPEN의 혼합물을 압출기에서 혼합함으로써 저굴절률층이 제조되었다. 공압출 공정 동안 보호 경계 층을 형성하기 위해 저굴절률 물질의 일부가 멜트 트레인(melt train)으로부터 전환되었다. PETG 중합체의 스킨층이 멜트 플로우(melt flow)에, 압출 다이 직전에서 필름의 양측에 도포되었다.

[0127] 각각의 경우에, 주조 웹(cast web)가 연속적인 동작에서 표준 필름-제조 텐터(film-making tenter)에 배향되었다. 주조 웹가 텐터에서 예열되었다. 필름은 이어서 약 60%/초의 초기 속도로 약 4.5초 동안 뒤이어서 약 15%/초의 속도로 약 18초 동안 적당한 온도(MOF1에 대해 154°C; MOF2에 대해 132°C)에서 연신되었다. x 방향에서의 전체 연신 비는 약 5.5:1이었다. MOF1 및 MOF2 각각에 대해, 필름은 이어서 폭의 약 1%를 끌고 들어가면서 약 18초 동안 227°C에서 열 경화되었다. 많은 경우에, 보다 강하게 배향된(즉, 초기에 복굴절성이 보다 많은) 마이크로층의 복굴절성을 증가시키면서 보다 약하게 배향된(즉, 초기에 복굴절성이 보다 적은) 마이크로층의 복굴절성을 감소시키거나 제거하기 위해 열 경화가 사용될 수 있다.

- [0128] 나무리된 필름에서의 인접한 물질 층 각각이 대략 동일한 광학 두께를 가지도록 층들의 각각의 패킷에서의 저굴절률 및 고굴절률 물질의 상대 압출 속도가 조정되었다. 열거된 물질 및 배향 조건은 약  $nx1 = 1.82$ ,  $ny1 = 1.62$ ,  $nz1 = 1.505$  및  $nx2 = ny2 = nz2 = 1.595$ 의 굴절률 세트를 산출하기 위한 것이었으며, 저굴절률 층 및 고굴절률 층 둘다는 차단축(x-축)에 대해 1/4 파 광학 두께를 가지며, 이는 가장 얇은 ORU에 대해 약 425 nm부터 반사하고 멱함수 프로파일(power law profile)에서 단조적으로 두께가 증가되어 각각의 패킷의 가장 두꺼운 ORU에 대해 약 1150 nm 광을 반사하도록 조정된다. 얻어진 반사 대역이 이 파장 범위에 걸쳐 있도록 압출 주조 휠 속도가 조절되었다. 얻어지는 스펙트럼이 각각의 패킷에 대한 대부분의 스펙트럼에 걸쳐 비교적 편평하도록 멱함수 프로파일의 형상이 선택되었다. 미국 특허 제6,783,349호(Neavin 등)에 개략적으로 기술된 축방향 막대(axial rod) 기법을 사용하여 스펙트럼 모양이 미세 조정되었다. 최종적인 배향된 필름에서, 스킨층 각각은 약 11 마이크로미터 두께였다. 나무리된 필름의 총 두께는, MOF1 및 MOF2 각각에 대해, 약 90 마이크로미터였다. MOF1 및 MOF2는 따라서 광대역 반사 편광기 필름이었으며, 차단축은 x-축을 따라 있고 통과축은 y-축을 따라 있다.
- [0129] 프리즘 구조물(1612)이 다층 광학 필름 상에 코팅되었다.
- [0130] 경화성 수지층이 다층 광학 필름(1614) 상에 코팅되었고, 적당한 몰드를 사용하여 프리즘을 형성하도록 정형되었으며, 경화되었다. 수지의 조성은 CN120(미국 펜실베이니아주 엑스턴 소재의 Sartomer로부터 입수가가능함)로서 판매되는 75%(w/w) 에폭시 아크릴레이트, SR-339 (미국 펜실베이니아주 엑스턴 소재의 Sartomer로부터 입수가가능함)로서 판매되는 25%(w/w) 2-페녹시에틸 아크릴레이트, 그리고 Darocur<sup>TM</sup> TPO로서 판매되는 0.5%(pph) 2,4,6-트라이메틸벤조일-다이페닐-산화포스핀 및 Darocur<sup>®</sup> 1173로서 판매되는 0.5%(pph) 2-하이드록시-2-메틸-1-페닐-프로판-1-원(둘다 스위스 소재의 Ciba Specialty Chemicals Inc.로부터 입수가가능함)이었다. 이 수지는 비경화된 상태에서 1.55 초과의 굴절률을 가진다. 프리즘 몰드는 Vikuiti<sup>TM</sup> BEF III(휘도 향상 필름)(미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 3M Company로부터 입수가가능함)의 프리즘 모양의 구조화된 표면과 실질적으로 비슷한 선형 프리즘 구조물을 이 수지를 사용하여 생성하였다. 그에 따라, 프리즘은 90도 끼인각, 50 마이크로미터 피치, 및 7 마이크로미터의 선단 반경을 가졌다. 또한, 각각의 프리즘의 높이는 프리즘의 길이 또는 축을 따라 변화하였다. 각각의 프리즘의 길이 또는 축이 필름(1614)의 통과축에 평행하도록 프리즘이 다층 반사 편광기 필름(1614)에 대해 배향되었다.
- [0131] 감압 접착제 층(1634, 1628, 1622, 1616)
- [0132] 0.1% 비스아미드 가교제가 SK Dyne 2003K 습식 접착제(일본 도쿄 소재의 Soken Chemicals로부터 입수가가능함)에 첨가되었고, 혼합물이 종래의 슬롯 다이를 사용하여 0.051 mm(2 밀) 폴리에스테르 실리콘 이형 라이너(미국 미주리주 세인트 루이스 소재의 CP Films로부터 입수가가능한 T50)에 코팅되었으며, 용매가 건조되어 0.025 mm(1 밀) 두께의 접착제 코팅을 남겨두었다. 제2 이형 라이너가 건조된 접착제의 표면에 라미네이트되었다: 차별 이형(differential release)을 갖는 0.051 mm(2 밀) 폴리에스테르 실리콘 이형 라이너(역시 CP Films로부터 입수가가능한 T10).
- [0133] PET 필름(1618, 1630, 1624) 상의 저탁도 ULI 층(1620, 1632) 및 체적 확산기(1626)
- [0134] 체적 확산기 코팅 용액(A)이 준비되었다. 먼저, 982 g의 메탄올, 301.3 g의 포토머 6010(미국 뉴저지주 우드랜드 파크 소재의 Cytec Industries), 133.9 g의 SR833S 및 154 g의 SR9003(미국 펜실베이니아주 엑스턴 소재의 Sartomer)가 균질 용액이 될 때까지 초음파 하에서 함께 혼합되었다. 그 후에, 720 g의 KSR-3A(일본 도쿄 소재의 Soken Chemical & Engineering Co., Ltd로부터 입수가가능한 3.0 μm 폴리스티렌 비드)가 빠르게 교반하면서 첨가되었다. 유백색 용액이 밤새도록 교반되었고, 이어서 982 g의 1-메톡시-2-프로판올 및 15.1 g의 Darocur<sup>TM</sup> 4265(미국 노스캐롤라이나주 하이 포인트 소재의 Ciba Specialty Chemicals)가 빠르게 교반하면서 상기 용액에 첨가되어, 균질 체적 확산기 용액을 형성하였다.
- [0135] 코팅 용액(B)이 만들어졌다. 응축기 및 온도계를 갖춘 2 리터 삼구 플라스크에서, 960 g의 IPA-ST-UP 오가노실리카 긴 입자, 19.2 g의 탈이온수, 및 350 g의 1-메톡시-2-프로판올이 빠르게 교반하면서 혼합되었다. 긴 입자는 약 9 nm 내지 약 15 nm 범위의 직경 및 약 40 nm 내지 약 100 nm 범위의 길이를 가졌다. 입자가 15.2 중량% IPA로 분산되었고, 22.8 그램의 Silquest A-174 실란이 플라스크에 첨가되었다. 얻어진 혼합물이 30분 동안 교반되었다. 혼합물을 81° C에서 16시간 동안 유지하였다. 그 다음에, 용액이 실온으로 냉각될 수 있었으며, 용액 중의 약 950 그램의 용매가 40° C 수조 하에서 회전 증발기를 사용하여 제거되었으며, 그 결과 1-메톡시-2-프로판올에 분산된 41.7 중량% A-174-개질된 긴 실리카를 갖는 투명한 A-174-개질된 긴 실리카 용액이 얻어졌다. 상기 공정이 4번 반복되어 보다 표면 개질된 나노입자를 제조하였다. 그 다음에, 1500 kg의 투명한 A-174-개질

된 긴 실리카 용액, 610.5 그램의 SR 444, 12.0 g의 TEGO Rad 2250, 3.13 g의 Irgacure 819, 7.8 그램의 Irgacure 184, 및 1900 그램의 이소프로필 알코올이 함께 혼합되고 교반되어, 31 중량% 고체를 갖는 균질 코팅 용액(B)이 얻어졌다.

[0136] 코팅 절차(C)가 개발되었다. 먼저, 코팅 용액이 지정된 속도로 슬롯형 코팅 다이 내로 펌핑되었다. 슬롯 코팅 다이는 지정된 속도로 움직이는 기관 상에 31.75 cm(12.5 인치) 폭의 코팅을 균일하게 분포시켰다. 다음에, UV 방사선의 통과를 허용하도록 석영 창을 포함한 UV-LED 경화 챔버를 통해 코팅된 기재를 통과시킴으로써 코팅을 중합시켰다. 수냉식 UV-LED 뱅크는 832개 UV-LED의 직사각형 어레이, 즉 16개 다운-웹 x 22개 교차-웹(대략 22.8 cm × 45.7 cm 면적에 걸쳐 있음)를 포함하였다. LED(미국 캘리포니아주 95054 산타클라라 소재의 LedEngin, Inc.로부터 입수가 가능함, Part # LZ1-00UA05)는 395 nm의 공칭 파장에서 동작하였다. UV-LED 어레이는 2개의 TDK-Lambda 전원 공급 장치(미국 캘리포니아주 산디아고 소재의 TDK-Lambda로부터 입수가 가능함, PN: 00507229)를 사용하여 전원을 공급받았다. UV-LED를 기재로부터 대략 2.54 cm의 거리에서 경화 챔버의 석영 창 위에 위치시켰다. UV-LED 경화 챔버는 경화 챔버에서의 원하는 산소 농도를 달성하기 위해 지정된 흐름 속도로 질소 및 공기의 혼합물의 흐름을 공급받았다. 산소 농도가 UV-LED 노출 위치 직전의 이동하는 기관의 코팅된 표면보다 대략 0.635 cm 위쪽의 위치에서 감지되었다. 질소/공기 혼합물이 UV-LED 노출 위치 직후에 기관의 폭에 걸쳐 균일하게 공급되었다.

[0137] 코팅 용액(B)이 코팅 절차(C)에 따라 "Melinex 617" 프라임된 50 μm PET 필름(DuPont Teijin Films로부터 입수가 가능함) 상에 코팅되었으며, UV-LED는 13 암페어, 47 cc/분의 흐름 속도, 및 0.152 m/s(30 피트/분)의 웹 속도에서 동작되었다. UV-LED 챔버에서 전체 산소 레벨을 2350 ppm으로 제어하기 위해 부가의 산소 흐름이 공급되었다.. 코팅된 기관을 66°C의 건조 오븐으로 이송시킴으로써 경화된 코팅에 있는 용매가 제거되었다. 그 다음에, 건조된 코팅이 H-전구로 구성된 Fusion System Model I300P(미국 메릴랜드주 게이더스버그 소재의 Fusion UV Systems로부터 입수가 가능함) - 질소 및 100% UV 전력 하에서 동작함 - 를 사용하여 후경화(post-cure)되었다. 이것은 PET 필름 상에 초저탁도 저굴절률 코팅을 발생한다. 얻어지는 초저탁도 저굴절률 코팅은 93.7% 투과율 및 2.3% 탁도 - Haze-Gard Plus(미국 메릴랜드주 콜럼비아 소재의 BYK-Gardner USA)를 사용하여 측정됨 - 를 가진다. 굴절률이 Metricon 2010 굴절률 측정 기기(미국 뉴저지주 패닝턴 소재의 Metricon Corp.로부터 입수가 가능함)를 사용하여 코팅 측면으로부터는 1/25로서 측정되었고 TM 모드 하에서 PET 측면으로부터는 1.196으로서 측정되었다.

[0138] 코팅 용액(A)이 100 μm 크기 필터를 통해 펌핑되었고, 이어서 "Melinex 617" 프라임된 50 μm PET 필름(DuPont Teijin Films로부터 입수가 가능함) 상에 코팅되었다. 코팅 용액(A)이 코팅 절차(C)에 따라, UV-LED가 오픈 상태에서, 109 cc/분의 흐름 속도, 및 0.102 m/s(20 피트/분)로 100 μm 크기 필터를 통해 펌핑되었다. 코팅된 기관을 66°C의 건조 오븐으로 이송시킴으로써 경화된 코팅에 있는 용매가 제거되었다. 그 다음에, 건조된 코팅이 H-전구로 구성된 Fusion System Model I300P(미국 메릴랜드주 게이더스버그 소재의 Fusion UV Systems로부터 입수가 가능함) - 질소 및 100% UV 전력 하에서 동작함 - 를 사용하여 후경화(post-cure)되었다. 이것은 PET 필름 상에 체적 확산기 코팅을 발생한다. 얻어지는 체적 확산기 코팅은 93.2% 투과율, 96.8% 탁도, 및 3.7% 투명도 - Haze-Gard Plus(미국 메릴랜드주 콜럼비아 소재의 BYK-Gardner USA)를 사용하여 측정됨 - 를 가진다.

[0139] 주목할 점은, 체적 확산기 및 ULI 층이 여기에서 PET 기관 상에 코팅되고 이어서 다른 구성요소에 라미네이트되는 것으로 기술되어 있지만, 대안의 실시 형태에서, 이들 층이, 별도의 라미네이션 단계 없이, (하나 이상의 층에서) 다층 광학 필름 상에 직접 코팅될 수 있다는 것이다.

[0140] 중실 도광체(1636)

[0141] 도광체 플레이트는 Coretronic Company(Hsinchu, Taiwan 300, R.O.C.) 모델 AUT1982T32로부터 획득되었다. 도광체는 폴리(메틸 메타크릴레이트)로 이루어져 있고, 백색 인쇄 도트가 하부 표면 상에 있으며, 그의 치수는 두께가 6 mm이고, 횡방향 치수가 385 mm × 306 mm였다.

[0142] 백색 후방 반사체(1640)

[0143] 백색 후방 반사체가 AOC 55.88 cm(22 인치) 모니터(모델#: V22)(AOC LCD Company(www.aocdisplay.com)로부터 입수가 가능함)로부터 획득되었다.

[0144] 광원(1642a, 1642b) 및 백라이트 공동

[0145] 패널로부터 백라이트를 분리시키기 위해 55.88 cm(22 인치) AOC 모니터 모델#V22가 해체되었다. 백라이트는 크기가 대략 473 mm × 306 mm였다. 백라이트는 백라이트의 각각의 473 mm 가장자리를 따라 114개 LED의 행, 및

후방 벽을 라이닝하고 있는 백색 후방 반사체를 포함하였다. 각각의 가장자리 상의 93개 LED만이 본 특허 출원에 기술된 필름 구조체(1610)에 사용되었다. (93개 LED는 이어서 도광체 플레이트(1636)의 각각의 385 mm 가장자리를 따라 규칙적으로 배열되었다.) 각각의 제조된 구조체에서, 도 16의 라미네이트된 구조체에서, 반사 편광기 필름(1614)의 통과축이 또한 385 mm 가장자리를 따라 정렬되었다. 편광된 도광체 플레이트가 이어서, 다층 반사 편광기의 통과축(y-축)이 LED의 행에 평행하고 도광체(1636)의 385 mm 가장자리가 백라이트의 473 mm 가장자리에 평행하도록, 백색 후방 반사체의 상부에서 백라이트에 고정된다.

[0146] 다층 광학 필름 구조체(1610)

[0147] 상기 구성요소들이 코팅 및 라미네이션 동작을 통해 결합되어 다층 광학 필름 구조체(1610) - 즉, 실질적으로 도 16에 도시된 바와 같은 도광체 상 라미네이트 구조체 - 를 형성하였다. 2개의 이러한 구조체가 제조되었다: 제1 구조체에서, MOF1이 다층 광학 필름(1614)에 대해 사용되었고, MOF1이 두꺼운 측면 바깥쪽(필름의 보다 두꺼운 ORU가 출력 표면(1610c)에 더 가깝게 배치됨)으로 배향되었으며, 제2 구조체에서, MOF2가 다층 광학 필름(1614)에 대해 사용되었고, MOF2가 얇은 측면 바깥쪽(필름의 보다 얇은 ORU가 출력 표면(1610c)에 더 가깝게 배치됨)으로 배향되었다. 이하에서 더 설명하는 바와 같이, 이들 2개의 구조체 사이에서 인지된 색의 상당한 차이가 관찰되었고, 보다 약한 색은 제2 구조체(얇은 측면 바깥쪽 배향)와 연관되어 있다.

[0148] 제1 및 제2 구조체의 색 균일성이 300 mm 렌즈를 갖는 Prometric Camera(모델#PM-9913e-1, 미국 워싱턴주 98053 레드몬드 소재의 Radiant Imaging로부터 입수가가능함)를 사용하여 측정되었다. 각각의 구조체는 측정 동안 카메라로부터 3 미터 떨어져 탑재되었다. 측정을 하기 전에, 도 16에 명확히 도시되지 않은 선형 흡수 편광기가 도광체(1636)의 장면에 평행한 통과축을 갖는 백라이트 구조체의 상부에 위치되었다. 카메라의 광축이 백라이트 표면 법선으로부터 70° (극각)이고 도광체의 장면에 수직인 방향으로부터 22° (방위각) - 즉, 방위각의 22도는 다층 반사 편광기(1614)의 차단축(x-축)에 대한 것임 - 이도록 측정이 설정되었다. 측정 장치는 구조체의 출력 표면 상의 임의의 주어진 지점 또는 샘플 영역에 대한 x 및 y 색 좌표(CIE 1931) 형태의 색 정보를 제공하였다. 측정 결과가 도 17a, 도 17b, 도 18a, 및 도 18b에 나타내어져 있다.

[0149] 도 17a는 측정된 색을 제1 구조체(즉, 두꺼운 측면 바깥쪽)의 수평축(도광체(1636)의 385 mm 가장자리 및 다층 필름의 통과축(y-축)에 대응함)을 따른 위치의 함수로서 나타낸 것이다. 이 도면에서, 곡선(1710)은 "x" 색 좌표("Cx")에 대한 것이고, 곡선(1712)은 "y" 색 좌표("Cy")에 대한 것이다. 도 17b는 제2 구조체(즉, 얇은 측면 바깥쪽)의 동일한 수평축을 따라 측정된 색을 나타낸 것이다. 이 도면에서, 곡선(1720)은 Cx에 대한 것이고, 곡선(1722)은 Cy에 대한 것이다.

[0150] 도 18a는 측정된 색을 제1 구조체(즉, 두꺼운 측면 바깥쪽)의 수직축(도광체(1636)의 306 mm 가장자리 및 다층 필름의 차단축(x-축)에 대응함)을 따른 위치의 함수로서 나타낸 것이다. 이 도면에서, 곡선(1810)은 Cx에 대한 것이고, 곡선(1812)은 Cy에 대한 것이다. 도 18b는 제2 구조체(즉, 얇은 측면 바깥쪽)의 동일한 수직축을 따라 측정된 색을 나타낸 것이다. 이 도면에서, 곡선(1820)은 Cx에 대한 것이고, 곡선(1822)은 Cy에 대한 것이다.

[0151] 읽는 사람은 프리즘 모양의 구조물(1612)을 만드는 데 사용된 물질의 분산의 결과로서 이들 구조체 둘다에서 어떤 양의 색이 보일 수 있었다는 것을 잘 알 것이다. 그렇지만, 이 분산으로 인한 색은 구조체의 전체 출력 표면에 걸쳐 프리즘 모양의 미세구조화된 표면의 높은 품질로 인해 공간 변동성이 거의 없다. 한편, 도 17a 및 도 18a에서 알 수 있는 바와 같이, (특히 제1 구조체에서의) 다층 광학 필름과 연관된 색이 상당한 공간 변동성을 나타내었다. 이들 도면을 도 17b 및 도 18b와 각각 비교하면 얇은 측면 바깥쪽으로 배향된 침적된 다층 광학 필름을 갖는 실시 형태가 두꺼운 측면 바깥쪽 실시 형태보다 상당히 더 나은 색 균일성을 가진다는 것을 보여준다. 다층 광학 필름으로부터의 공간 색 불균일은 제1 구조체에서 우세한 반면, 프리즘 물질 분산으로 인한 전형적인 무지개 색은 제2 구조체에서 우세하다. 전체적으로 도 9b의 프로파일보다 5% 더 두껍고 5% 더 얇은 층 프로파일을 사용하여 부가의 광학 모델링이 수행되었으며, 도 12a의 것과 같은 스펙트럼 특징부가 그에 대응하여, 각각, 더 큰 파장 및 더 작은 파장으로 이동되었다. 이것은 필름 구조체에 의해 투과된 광의 관찰된 색이 두께 의존적이라는 것을 확인해주며, 두꺼운 측면 바깥쪽 구조체에서의 관찰된 색이 전형적으로 아주 공간적으로 불균일한 이유를 설명해준다 - 이러한 공간 색 변동은 필름에서의 작은 캘리퍼 변동(caliper variation)에 대응함 -.

[0152] 추가 광학 모델링

[0153] 광학적으로 침적된 다층 반사 필름에 의해 야기되는 관찰된 색에 관련이 있을 수 있는 설계 파라미터를 추가적으로 조사하기 위해 부가의 광학 모델링이 수행되었다. 관찰된 색에 대한 완벽한 y-굴절을 일치의 효과를 조사

하기 위해 모델링이 수행되었다. 필름이 1.494 굴절률 매질에 광학적으로 침적되고 굴절률 세트 3의 굴절률을 가지는, 도 11b와 연관된 551-마이크로층 단일 패킷 다층 광학 필름으로부터 시작하였다. 광학 모델링 소프트웨어를 사용하여, 주로 물질 "B"의 굴절률을 약간 상승시킴으로써 y-방향에서의 층간 굴절률 차이를 0으로 만들기 위해 굴절률을 변경할 수 있다. 수정된 굴절률이 굴절률 세트 4에 제공되어 있다:

굴절률 세트 4:

	nx	ny	nz
물질 "A"	1.826	1.62	1.50
물질 "B"	1.62	1.62	1.62
차이( $\Delta n$ )	0.206	0	-0.12

[0154]

이들 굴절률의 551개 마이크로층을 가지는 얻어진 광학적으로 침적된 다층 광학 필름의 투과율이 이어서 도 11b에서와 동일한 방식으로 계산될 수 있고, 여기서 투과율을 계산하는 동일한 광선 방향( $f = 10$ ,  $\theta = 49$ )을 또다시 선택하며, 다층 광학 필름은 또다시 두꺼운 측면 바깥쪽으로 배향되어 있다. 얻어지는 계산된 투과율이 도 19b에 제공되어 있으며, 곡선(1910)은 p-편광된 광의 투과율을 나타내고, 곡선(1912)은 s-편광된 광의 투과율을 나타내며, 곡선(1914)은 곡선(1910)과 곡선(1912)의 평균을 나타낸다. 도 19a와 도 11b를 비교하면,  $\Delta n_y = 0$ 로 하기 위해 물질 B 굴절률을 변화시키는 것에 의해 p-편광 및 s-편광 투과율(곡선 1910, 1912)에서의 스펙트럼 진동의 진폭이 증가한다는 것을 보여준다.

[0155]

[0156]

그 다음에, 인접한 마이크로층의 z-굴절률을 일치시키는 것의 효과를 조사한다. 도 19a의 다층 광학 필름(및 굴절률 세트 4)을 시작점으로 사용하여, z-굴절률을 일치시키기 위해 등방성 물질의 굴절률을  $n = 1.50$ 의 값으로 낮추면 x-축 및 y-축 둘다에 대한 아주 강한 차단 반사체를 생성하며, 따라서 어떤 각도에서도 광이 거의 투과되지 않는다. 얻어지는 굴절률이 굴절률 세트 5에 제공되어 있다:

굴절률 세트 5:

	nx	ny	nz
물질 "A"	1.826	1.62	1.50
물질 "B"	1.50	1.50	1.50
차이( $\Delta n$ )	0.326	0.12	0

[0157]

투과율을 증가(및 반사율을 감소)시키기 위해, 동일한 대역폭을 유지하도록 단조 두께 프로파일을 제어하면서 층의 수를 551개에서 221개로 축소시킨다. 굴절률 세트 5를 사용하고 여전히 1.494 굴절률 매질에 광학적으로 침적되어 있으며 여전히 두꺼운 측면 바깥쪽으로 배향되어 있는 얻어진 필름에 대한 계산된 투과율이 도 19b 및 도 19c에 제공되어 있으며, 이들 도면 둘다도 역시 흡수 편광기(그의 통과축이 다층 광학 필름의 통과축과 평행함)가 다층 광학 필름의 출력 표면에 부착되어 있는 것으로 가정하고 있다. 도 19b는 이전과 동일한 입사 광선 방향(1.494 굴절률 물질에서  $f = 10$ ,  $\theta = 49$ )에 대한 투과율을 나타내는 반면, 도 19c는 1.494 굴절률 물질에서 극각  $\theta$ 가 여전히 49도이지만 방위각  $\phi$ 가 x-축에 대해 45도로 변경된 광선에 대한 투과율을 나타내고 있다. 도 19b에서, 곡선(1920)은 p-편광된 광의 투과율을 나타내고, 곡선(1922)은 s-편광된 광의 투과율을 나타내며, 곡선(1924)은 곡선(1920)과 곡선(1922)의 평균을 나타낸다. 도 19c에서, 곡선(1930)은 p-편광된 광의 투과율을 나타내고, 곡선(1932)은 s-편광된 광의 투과율을 나타내며, 곡선(1934)은 곡선(1930)과 곡선(1932)의 평균을 나타낸다. 도 19a 및 도 11b와의 더 나은 비교를 제공하기 위해 다층 광학 필름의 출력 표면으로부터 흡수 편광기를 제거함으로써 대응하는 곡선(도시 생략)을 나타내었으며, 그 결과 얼마간 더 높은 레벨의 투과율이 얻어졌지만, 도 19b 및 도 19c에 나타난 곡선과 거의 동일한 변동성(파장의 함수임)이 있었다.

[0158]

[0159]

따라서, s-편광 및 p-편광 투과율의 스펙트럼 진동의 진폭이 큰  $\Delta n_z$ 를 갖는 물질에 대해서보다 일치된 z-굴절률( $\Delta n_z = 0$ )에 대해 훨씬 더 낮다는 것을 알았다. 작은  $\Delta n_z$  값이 개별적인 s-편광 및 p-편광 투과 스펙트럼의 진동 성질을 억제한다는 것이 명백하지만, p-편광된 광에 대한 이러한 필름의 반사율이 입사각에 따라 증가하지 않는다는 것을 염두에 두어야만 한다. 한편, 이러한 필름에 대한 s-편광된 광의 반사율은,  $\Delta n_y$ 의 값이 클 때, 큰 증가를 나타낸다.

[0160]

그 다음에, 단축 복굴절성 필름 - 즉, 각각의 ORU에서의 마이크로층들 중 하나가 적어도 대략 단축 복굴절성인 다층 광학 필름 - 을 조사한다. 221개 마이크로층의 단일 패킷인 도 19b의 침적된 다층 광학 필름을 사용하여, 복굴절 물질이 단축 복굴절성이도록 그의 굴절률을 조정한다. 이어서, 등방성 물질의 굴절률의 효과를 조사한다. 교번하는 A 및 B 마이크로층의 얻어진 굴절률이 이하에서 굴절률 세트 6, 7 및 8에 제공되어 있다:

굴절률 세트 6:

	nx	ny	nz
물질 "A"	1.826	1.57	1.57
물질 "B"	1.52	1.52	1.52
차이( $\Delta n$ )	0.306	0.05	0.05

[0161]

굴절률 세트 7:

	nx	ny	nz
물질 "A"	1.826	1.57	1.57
물질 "B"	1.57	1.57	1.57
차이( $\Delta n$ )	0.256	0	0

[0162]

굴절률 세트 8:

	nx	ny	nz
물질 "A"	1.826	1.57	1.57
물질 "B"	1.62	1.62	1.62
차이( $\Delta n$ )	0.206	-0.05	-0.05

[0163]

[0164]

여전히 221개 마이크로층의 단일 패킷을 가지며 여전히 1.494 굴절률 매질에 광학적으로 침적되어 있고 여전히 두꺼운 측면 바깥쪽으로 배향되어 있는 얻어진 필름의 투과율을 계산한다. 도 19b 및 도 19c와 달리, 다층 광학 필름의 출력 표면과 굴절률 1.494의 반무한 매질 사이에 흡수 편광기가 없는 것으로 가정된다. 이전과 동일한 입사 광선 방향(1.494 굴절률 물질에서  $f = 10$ ,  $\theta = 49$ )에 대해 투과율이 계산된다. 도 20a는 굴절률 세트 6에 나타난 바와 같은 굴절률을 갖는 마이크로층을 갖는 이러한 침적된 필름의 계산된 투과율을 나타낸 것이다. 이 도면에서, 곡선(2010)은 p-편광된 광의 투과율을 나타내고, 곡선(2012)은 s-편광된 광의 투과율을 나타내며, 곡선(2014)은 곡선(2010)과 곡선(2012)의 평균을 나타낸다. 도 20b는 굴절률 세트 7에 나타난 바와 같은 굴절률을 갖는 마이크로층을 갖는 유사한 침적된 필름의 계산된 투과율을 나타낸 것이다. 이 도면에서, 곡선(2020)은 p-편광된 광의 투과율을 나타내고, 곡선(2022)은 s-편광된 광의 투과율을 나타내며, 곡선(2024)은 곡선(2020)과 곡선(2022)의 평균을 나타낸다. 도 20c는 굴절률 세트 8에 나타난 바와 같은 굴절률을 갖는 마이크로층을 갖는 유사한 침적된 필름의 계산된 투과율을 나타낸 것이다. 이 도면에서, 곡선(2030)은 p-편광된 광의 투과율을 나타내고, 곡선(2032)은 s-편광된 광의 투과율을 나타내며, 곡선(2034)은 곡선(2030)과 곡선(2032)의 평균을 나타낸다.

[0165]

도 20a, 도 20b 및 도 20c를 검토하면, 광학 반복 단위의 상당히 복굴절성인 층이 대략적으로 단축인 경우, 초임계각의 s-편광 및 p-편광 성분의 투과율 진동이 작을 수 있지만, 그의 진폭이 z-굴절률 불일치  $\Delta n_z$ 에 아주 의존적이라는 것을 알 수 있다.  $\Delta n_z = 0$ 임과 동시에  $(n_{1y} - n_{1z}) = 0$ 인 경우, 가장 약한 색이 얻어진다.

[0166]

그 다음에, 비교적 작은 수직 입사 비대칭성을 갖는 - 즉, 차단축 반사율이 통과축 반사율보다 단지 약간 더 큰 - 침적된 다층 광학 필름의 색을 조사한다. 비대칭성의 정도에 따라, 이러한 다층 광학 필름은, 일부 응용에서, 편광기보다는 거울 또는 부분 거울로서 사용가능할 수 있다. 도 20a 내지 도 20c의 221개 마이크로층의 단일 패킷인 침적된 다층 광학 필름을 시작점으로서 사용하여, y-축을 따른 층간 굴절률 불일치가 x-축을 따른 불일치와 비슷하도록 물질의 굴절률을 조정한다. 교번하는 A 및 B 마이크로층의 얻어진 굴절률이 이하에서 굴절률 세트 9에 제공되어 있다:

굴절률 세트 9:

	nx	ny	nz
물질 "A"	1.766	1.738	1.492
물질 "B"	1.592	1.592	1.592
차이( $\Delta n$ )	0.174	0.146	-0.100

[0167]

[0168]

여전히 221개 마이크로층의 단일 패킷을 가지며 여전히 1.494 굴절률 매질에 광학적으로 침적되어 있고 여전히 두꺼운 측면 바깥쪽으로 배향되어 있는 얻어진 필름의 투과율을 계산한다. 다층 광학 필름의 출력 표면에 흡수 편광기가 존재하지 않는 것으로 가정된다. 방위각  $\phi$ 가 20도이고 극각  $\theta$ 가 1.494 굴절률 물질에서 38도로 측정된 입사 광선에 대한 투과율이 계산된다. (49도보다는 초임계각이 아니라 공기에서의 많이 경사진 각도에 대응하는 38도의 극각이 사용되는데, 그 이유는 49도에서 침적된 필름의 투과율이  $\Delta n_y$ 의 큰 값 및  $\Delta n_z$ 의 큰 마이너스 값의 결과로서 사실상 0이었기 때문이다.) 도 21은 굴절률 세트 9에 나타난 바와 같은 굴절률을 갖는 마이크로층을 갖는 이러한 침적된 필름의 계산된 투과율을 나타낸 것이다. 이 도면에서, 곡선(2110)은 p-편광된 광의 투과율을 나타내고, 곡선(2112)은 s-편광된 광의 투과율을 나타내며, 곡선(2114)은 곡선(2110)과 곡선(2112)의 평균을 나타낸다.

- [0169] 이상의 실험 및 모델링 조사를 바탕으로 행해질 수 있는 일부 관찰 결과는 다음과 같다:
- [0170] 보다 큰 층간  $z$  굴절률 불일치는 개별적인  $s$ -편광 및  $p$ -편광 투과 스펙트럼의 진동의 진폭을 증가시키는 경향이 있다;
- [0171] 층간  $z$ -굴절률 불일치가 0이거나 0에 가깝도록 등방성 물질의 굴절률을 선택하는 것은 진동 거동을 크게 감소시킨다;
- [0172] 복굴절성 마이크로층이 대략적으로 단축인 경우,  $s$ -편광 및  $p$ -편광 광 둘다의 진동이 작을 수 있지만, 그의 진폭이  $z$ -굴절률 불일치에 아주 의존한다;
- [0173] 면내 굴절률 차이  $\Delta n_x$  및  $\Delta n_y$ 는 거의 같지만 크기가  $\Delta n_z$ 보다 더 큰, 거의 대칭적인 다층 광학 필름(예컨대, 거울과 같은 필름)은 침적된 시스템에서 색에 대한 잠재성이 많은 것으로 보이지 않는다;
- [0174] 전체적으로 볼 때, 층간  $z$ -굴절률 차이  $\Delta n_z$ 가 침적된 시스템에서의 스펙트럼 진동 및 얻어진 색의 가장 큰 요인인 것처럼 보인다.
- [0175] 추가 논의
- [0176] 본 출원의 개시 내용은 이하의 조건들 중 일부 또는 전부가 동시에 일어날 때 봉착되는 상황에 고유한 문제를 해결하기 위해 시스템 설계자에 의해 사용될 수 있다: 다층 광학 필름이 광학적으로 침적되어 있는 것; 많이 경사진 광이 침적된 다층 광학 필름에 입사하는 것; 및 다층 광학 필름으로부터의 광이 구조화된 표면 또는 다른 적당한 수단을 통해 관찰자 쪽으로 추출되는 것. 이 상황이 발생하는 상업적으로 중요한 몇가지 경우가 있고, 이들 중 일부가 도 22 내지 도 26a에 나타내어져 있다. 모든 경우에서, 상부 광 추출 구조물(예컨대, 프리즘) 및 다층 광학 필름은 원하는 경우 동일할 수 있지만, 많이 경사진 광이 다층 광학 필름에 도달하는 방식은 상이할 수 있다.
- [0177] 도 22에서, 필름 구조체(2210)는 프리즘 모양의 광 추출 층(2212), 본 명세서에 개시된 다층 광학 필름(2214), 및 중실 도광체(2216)를 포함한다. 필름(2214)이 광학적으로 침적되도록 이들 구성요소가 공기 갭 없이 직접 또는 간접적으로 서로 결합된다. 광원(2218)이 가장자리 주입을 위해 구조체의 입력 표면(2210a)에 근접하여 배치되고, 이는 초임계광이 필름(2214) 내로 전파할 수 있게 해준다. 광이 층(2212)에서의 프리즘의 면에 대응하는 출력 표면(2210b)으로부터 구조체(2210)로부터 빠져나간다. 도 22의 변형에서, 필름 구조체(2220)(도 22a)는 프리즘 모양의 광 추출 층(2222)(층(2212)과 동일하거나 유사할 수 있음), 다층 광학 필름(2224)(필름(2214)과 동일하거나 유사할 수 있음), 및 중실 도광체(2226)를 포함한다. 광원(2228)은 도광체의 가장자리보다 도광체의 후방에 배치되었고, 입력 표면(2220a)을 통해 주입된 광이 도광체를 따라 전파하도록 내부 전반사(TIR)에 의해 또는 반사 표면에 의해 조정된다. 초임계광은 필름(2224) 내에서 전파할 수 있고, 광은 출력 표면(2220b)으로부터 빠져나간다. 도 22 및 도 22a의 실시 형태에서, 다층 광학 필름은 유리하게도 시스템에서의 바람직하지 않은 색을 감소시키기 위해 얇은 측면 바깥쪽으로 배향될 수 있다.
- [0178] 도 23에서, 필름 구조체(2310)는 프리즘 모양의 광 추출 층(2312), 본 명세서에 개시된 바와 같은 다층 광학 필름(2314), 중실 도광체(2316), 및 도광체(2316)의 하부 부분 또는 별도의 층일 수 있는 구조화된 표면 층(2318)을 포함한다. 필름(2314)이 광학적으로 침적되도록 구성요소들이 공기 갭 없이 직접 또는 간접적으로 서로 결합된다. 광원(2319)이 구조체의 입력 표면(2310a)에 근접하여 배치되고, 이는 초임계광이 필름(2314) 내에서 전파할 수 있게 해준다. 광이 층(2312)에서의 프리즘의 면에 대응하는 출력 표면(2310b)으로부터 구조체(2310)로부터 빠져나간다. 입력 표면(2310a)에 대응하는 층(2318)의 구조화된 표면이, 예를 들어, 미세복제되거나 비드 코팅될 수 있다.
- [0179] 이 실시 형태 및 기타 개시된 실시 형태에서, 구조화된 표면(대안적으로, 미세구조화된 표면이라고 함)은 규칙적인 반복 패턴, 랜덤한 패턴, 또는 그 조합을 가질 수 있다. 미세구조화된 표면은 면가공(faceted)될 수 있거나 - 인접한 면(facet) 또는 기타 특징부 사이에 식별가능한 가장자리 또는 경계가 있음 -, 이러한 가장자리 또는 경계 없이 기복이 있을 수 있다. 미세구조화된 표면은 몰드를 수반하는 미세복제 기법에 의해 형성, 주조, 코팅, 제조될 수 있거나, 비드 또는 기타 입자를 다른 방식으로 평탄한 층 내에 포함시키는 것과 같은 임의의 다른 적당한 기법에 의해 제조될 수 있다. 어떤 경우에, 미세구조화된 표면은 복수의 선형 프리즘을 포함할 수 있고, 각각의 프리즘은 프리즘 축에 평행하게 뻗어 있다. 프리즘 축은, 예를 들어, 필름 구조체의 제2 축에 실질적으로 평행할 수 있지만, 원하는 바에 따라, 프리즘 축의 다른 배향도 역시 사용될 수 있다. 3면 프리즘 또는 4면 프리즘(이들로 제한되지 않음)을 비롯한 다른 유형의 프리즘도 역시 사용될 수 있다. 어떤 경우에, 미

세구조화된 표면은 렌티큘러 구조물의 규칙적인 또는 불규칙적인 어레이를 포함할 수 있다. 적당한 미세구조화된 표면의 추가적인 일례에 대해 미국 특허 제6,752,505호(Parker)를 참조한다.

- [0180] 도 23의 제1 변형에서, 필름 구조체(2320)(도 23a)는 프리즘 모양의 광 추출 층(2322)(층(2312)과 동일하거나 유사할 수 있음), 다층 광학 필름(2324)(필름(2314)과 동일하거나 유사할 수 있음), 중실 도광체(2326)(도광체(2316)와 동일하거나 유사할 수 있음), 및 프리즘 모양의 광 주입 층(2328)을 포함한다. 광원(2319)은 도 23에서와 같이 도광체의 후방에 배치되고, 입력 표면(2320a)을 통해 주입된 광은 층(2328)에 의해 도광체 내로 반사되어, 초임계광이 필름(2324) 내로 전파할 수 있게 해준다. 광이 출력 표면(2320b)으로부터 빠져나간다.
- [0181] 도 23의 다른 변형에서, 필름 구조체(2330)(도 23b)는 프리즘 모양의 광 추출 층(2332)(층(2312)과 동일하거나 유사할 수 있음), 다층 광학 필름(2334)(필름(2314)과 동일하거나 유사할 수 있음), 중실 도광체(2336)(도광체(2316)와 동일하거나 유사할 수 있음), 및 광 주입 층(2338)(층(2318)과 동일하거나 유사할 수 있음)을 포함한다. 도광체 바로 후방에 배치되기 보다는, 광원(2339)은 도광체의 후방이지만 도광체의 가장자리를 따라 배치된다. 입력 표면(2330a)을 통해 주입된 광은 층(2338)에 의해 도광체 내로 굴절되어, 초임계광이 필름(2324) 내에서 전파할 수 있게 해준다. 광이 출력 표면(2330b)으로부터 빠져나간다.
- [0182] 도 23 및 도 23a는 "직하형" 구성을 나타낸 것이며, 여기서 광은 광의 적어도 일부분을 큰 각도로 굴절 또는 산란시키는 필름 또는 플레이트의 아래쪽으로부터 구조화된 표면에 도달한다. 도 23b에서, 광원(2339) - 예를 들어, 하나 이상의 LED일 수 있음 - 은 백라이트의 가장자리 근방에 탑재되고, 중공 백라이트 설계와 호환된다. 이들 및 기타 도면에서 중실 도광체는 중합체 플레이트이거나 이를 포함할 수 있거나, 도광체가 생략될 수 있고, 구조화된 표면이 다층 광학 필름 상에 코팅되거나 그 바로 위에 주조될 수 있다. 도 23, 도 23a 및 도 23b의 실시 형태에서, 다층 광학 필름은 유리하게도 시스템에서의 바람직하지 않은 색을 감소시키기 위해 얇은 측면 바깥쪽으로 배향될 수 있다.
- [0183] 도 24에서, 복수의 함몰부가 그의 상부 표면에 형성되어 있는 중실 도광체(2416)를 포함하는 디바이스(2410)가 도시되어 있다. 도광체(2416)의 후방에 배치된 광원은 광을 입력 표면(2410a)을 통해 주입시키고, 이 광의 일부는 도광체를 통과하여 함몰부에 도달하고, TIR을 위해 임계각 내로 방향 전환된다. 함몰부는 TIR에 의해 광을 반사시킬 수 있거나(그렇게 설계되어 있는 경우), 은과 같은 반사 물질로 코팅되어 있을 수 있다. 도광체 위쪽에 배치된 뷰어 또는 디스플레이에 대한 흑점을 방지하기 위해 함몰부를 통한 적은 양의 투과가 바람직할 수 있다. 이것은 함몰부의 형상 및/또는 반사 코팅(사용되는 경우)으로 엔지니어링될 수 있다.
- [0184] 도 24a는 도 24보다 더 완전한 필름 구조체를 나타낸 것이다. 도 24a에서, 필름 구조체(2420)는 프리즘 모양의 광 추출 층(2422), 본 명세서에 개시된 바와 같은 다층 광학 필름(2424), 및 중실 도광체(2426)(도 24의 도광체(2416)와 동일하거나 유사할 수 있음)를 포함한다. 필름(2424)이 광학적으로 침적되도록 구성요소들이 공기 갭 없이 직접 또는 간접적으로 서로 결합된다. 광원이 구조체의 입력 표면(2420a)에 근접하여 배치되고, 이는 초임계광이 필름(2424) 내에서 전파할 수 있게 해준다. 광이 층(2422)에서의 프리즘의 면에 대응하는 출력 표면(2420b)으로부터 구조체(2420)로부터 빠져나간다. 다층 광학 필름(2424)은 유리하게도 시스템에서의 바람직하지 않은 색을 감소시키기 위해 얇은 측면 바깥쪽으로 배향될 수 있다.
- [0185] 도 25에서, 필름 구조체(2510)는 프리즘 모양의 광 추출 층(2512), 본 명세서에 개시된 다층 광학 필름(2514), 및 중실 도광체(2516)를 포함한다. 필름(2514)이 광학적으로 침적되도록 구성요소들이 공기 갭 없이 직접 또는 간접적으로 서로 결합된다. 광원(2519)이, 도시된 바와 같이, 도광체의 하부 표면 - 구조체의 입력 표면(2510a)으로서 역할함 - 에 형성된 슬롯에 근접하여 배치되어, 초임계광이 필름(2514) 내에서 전파할 수 있게 해준다. 광이 층(2512)에서의 프리즘의 면에 대응하는 출력 표면(2510b)으로부터 구조체(2510)로부터 빠져나간다. 이 실시 형태에서, 도광체 내로의 광 주입은 도광체의 가장자리 이외의 위치에서 일어난다. 광원(2519)은 도광체 내로 광을 주입시키기 위해 2개의 슬롯 내에서 도광체 아래쪽에 배치된 측면 방출 LED일 수 있다. 수십 또는 수백개의 이들 주입 지점은 LCD TV의 동적으로 조광되는 백라이트와 같은 응용을 위해 사용될 수 있다. 동적 조광은 상당한 콘트라스트 향상 및 전력 절감을 제공한다.
- [0186] 도 26에서, 필름 구조체(2610)는 프리즘 모양의 광 추출 층(2612), 본 명세서에 개시된 다층 광학 필름(2614), 및 중실 도광체(2616)를 포함한다. 필름(2614)이 광학적으로 침적되도록 구성요소들이 공기 갭 없이 직접 또는 간접적으로 서로 결합된다. 도광체(2616)는 시스템 내로 많이 경사진 광을 유입시키는 동작을 하는 하향-변환 물질 - 인광체(들) 및/또는 형광 물질(들) 등 - 을 구비하고 있다. 광원(2619)으로부터의 광은 청색 또는 자외선(UV)과 같은 비교적 짧은 파장일 수 있고, 구조체의 입력 표면(2610)을 통과한 후에, 이 광은 하향-변환 물질(들)에 의해 흡수되고 보다 긴 파장으로 그리고 도광체에서 모든 방향으로 재방출될 수 있다. 초임계광은 따라

서 또다시 필름(2614) 내에서 전파할 수 있다. 광이 층(2612)에서의 프리즘의 면에 대응하는 출력 표면(2610 b)으로부터 구조체(2610)로부터 빠져나간다. 도 26은 또한 도광체 플레이트(2626)가, 하향-변환 물질(들) 대신에 또는 그에 부가하여, 내부 산란 물질 또는 구조물을 포함하는 시스템을 나타낼 수 있다. 이와 관련하여, 도광체 플레이트(2616)는 확산 도광체, 또는 대안적으로 광을 측방으로 그다지 안내하지 않는 확산 플레이트 - 즉, 도광체 플레이트가 아닌 확산기 플레이트 - 를 나타낼 수 있다.

[0187] 도 26의 변형에서, 필름 구조체(2620)(도 26a)는 프리즘 모양의 광 추출 층(2622)(층(2612)과 동일하거나 유사할 수 있음), 다층 광학 필름(2624)(필름(2614)과 동일하거나 유사할 수 있음), 중실 도광체(2626), 및 도광체의 가장자리(또는 임의의 다른 원하는 부분)에 부착된 하향-변환 구성요소(2628)를 포함한다. 광원(2629)이 구성요소(2628)의 표면과 일치하는 입력 표면(2620a)에 근접하여 배치된다. 광원(2619)에서와 같이, 광원(2629)은 청색 또는 UV와 같은 비교적 짧은 파장의 광을 방출할 수 있다. 이 광은 입력 표면(2620a)을 통과하고, 구성요소(2628)에서의 하향-변환 물질(들)에 의해 흡수되며, 보다 긴 파장으로 그리고 모든 방향으로 재방출된다. 이 재방출된 광은 이어서 도 26에서와 같이 도광체에서 많이 경사진 각도로 전파하고, 일부는 초임계각으로 다층 광학 필름(2624) 내로 전파한다. 광이 출력 표면(2620b)로부터 빠져나간다.

[0188] 본 명세서에 기술된 단일 제품 구조체의 중요한 최종 용도는 액정 디스플레이(LCD) 패널과 같은 다른 광학 요소에 통합되는 것이다. 도 27은, 그 중에서도 특히, 광학적으로 침적된 다층 광학 필름(2716) 및 편광된 초저굴절률(ULI) 코팅(2714)을 이용하는 이러한 디바이스(2710)를 나타낸 것이다. 디바이스(2710)는 LCD 패널(2712), 평탄화된 ULI 코팅(2714), 프리즘 모양의 광 추출 층(2715), 다층 광학 필름(2716), 및 도광체(2716)의 하부 부분 또는 별도의 층일 수 있는 구조화된 표면 층(2718)을 포함한다. 필름(2716)이 광학적으로 침적되도록 구성요소들이 공기 갭 없이 직접 또는 간접적으로 서로 결합된다. 광원(2719)이 구조체의 입력 표면(2710a)에 근접하여 배치되고, 이는 초임계각이 필름(2716)에서 전파할 수 있게 해준다. 광이 LCD 패널의 출력 표면에 대응하는 출력 표면(2710b)으로부터 디바이스(2710)로부터 빠져나간다. 입력 표면(2710a)에 대응하는 층(2718)의 구조화된 표면이, 예를 들어, 미세복제되거나 비드 코팅될 수 있다. 이 도면에서, ULI 코팅(2714)과 패널(2712) 사이의 접촉제가 도시되어 있지 않지만, 포함될 수 있다.

[0189] 도 22 내지 도 26a와 관련하여 기술된 구조체들 중 일부 또는 전부는 또한, 도 27과 유사한 방식으로, LCD 패널에 통합될 수 있다. 개시된 실시 형태의 추가적인 변형은 후방 반사체(예컨대, 도 16의 요소(1640) 참조)를 도광체 플레이트(예컨대, 도 16의 요소(1636) 참조)의 후방 또는 배면 표면에 부착하는 것을 포함한다.

[0190] 개시된 실시 형태들 중 다수에서, 뷰어 및 광원이 광 관리 적층물의 동일한 측면 - 즉, 다층 광학 필름 구조체의 동일한 측면 - 에 배치되어 있지 않다. 그렇지만, 이것은 일부 응용에서 일어날 수 있으며, 그 중 하나가 도 28에 도시되어 있다. 이 도면은 조명 기구(2810)가 다층 광학 필름(2814)이 광학적으로 침적되어 있는 필름 구조체를 포함하는 배열의 개략 측면도이다. 필름 구조체는 프리즘 모양의 광 추출 층(2812), 다층 광학 필름(2814), 및 중실 도광체(2816)를 포함한다. 필름(2614)이 광학적으로 침적되도록 이들 구성요소가 공기 갭 없이 직접 또는 간접적으로 서로 결합된다. 광원(2819a)은 도광체의 측면 표면에 대응하는 구조체의 입력 표면(2810a)에 근접하여 배치된다. 따라서, 많이 경사진 광이 도광체 내로 유입되고, 필름(2814) 내에서 전파할 수 있다. 이러한 광은 추출 층(2812)의 면 가공된 표면에 대응하는 출력 표면(2810b)에서 구조체로부터 빠져나간다. 한 동작 모드에서, 표면(2810b)으로부터 빠져나가는 광은 광원(2819a)으로부터 나온 것이다. 그렇지만, 다른 동작 모드에서, 주변 광원(2819b)으로부터의 광이 표면(2810b)을 통해 구조체에 들어갈 수 있고, 다층 광학 필름(2814) 내에서 전파할 수 있으며, 표면(2810b)으로부터 다시 반사될 수 있다. 이 동작 모드에서, 표면(2810b)은 입력 표면 및 출력 표면 둘다로서 기능한다. 이 동작 모드는 반투과 LCD 디스플레이의 반사 모드와 유사하다. 조명 기구 응용에서든지 반투과 LCD 디스플레이에서든지 간에, 부적절하게 설치된 광학적으로 침적된 다층 광학 필름으로부터 생기는 색 불균일의 얼룩이 아주 거스릴 것이다. 투과 모드이든 반사 모드이든 간에, 다층 광학 필름의 얇은 측면은 바람직하게는 가장 약한 색을 위해 관찰자(2820) 또는 출력 표면(2810b)과 마주하고 있다. 따라서, 본 출원의 개시 내용은 또한 이들 응용에서 이러한 색을 최소화하는 방식으로 다층 광학 필름을 설계 및 배향하는 데 사용될 수 있다.

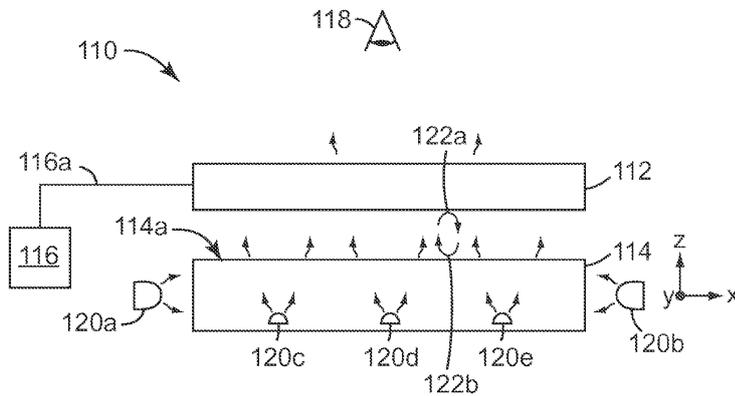
[0191] 달리 언급하지 않는 한, 본 명세서 및 특허청구범위에 사용되는 양, 특성의 측정치 등을 표현하는 모든 숫자는 "약"이라는 용어에 의해 수식되는 것으로 이해되어야 한다. 그에 따라, 달리 언급하지 않는 한, 명세서 및 특허청구범위에 기술되는 숫자 파라미터는 본 출원의 개시 내용을 이용하여 당업자가 달성하고자 하는 원하는 특성에 따라 다를 수 있는 근사치이다. 특허청구범위의 범주에 대한 등가물의 원칙의 적용을 제한하려고 시도함이 없이, 각각의 수치적 파라미터는 적어도 보고된 유효 숫자의 수의 관점에서 그리고 통상의 반올림 기법을 적용하여 해석되어야 한다. 본 발명의 넓은 범주를 기술하는 수치 범위 및 파라미터가 근사치임에도 불구하고,

임의의 수치 값이 본 명세서에 설명된 특정 예에 기술되는 한, 이들은 가능한 한 합리적으로 정확히 보고된다. 그러나, 임의의 수치 값은 시험 또는 측정 한계와 관련된 오차를 분명히 포함할 수 있다.

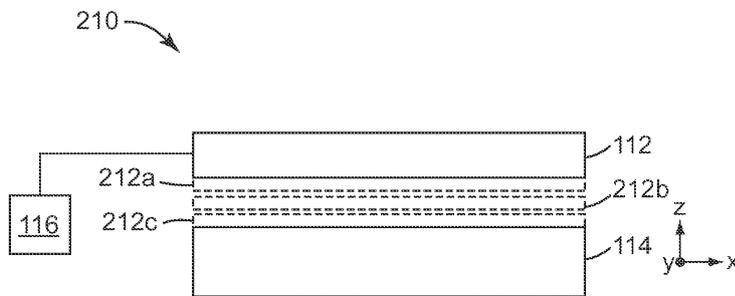
[0192] 본 발명의 다양한 수정 및 변경이 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 기술 분야의 당업자에게는 명백할 것이며, 본 발명이 본 명세서에 기술된 예시적인 실시 형태로 제한되지 않는다는 것을 잘 알 것이다. 예를 들어, 읽는 사람은, 달리 언급하지 않는 한, 하나의 개시된 실시 형태의 특징이 또한 모든 다른 개시된 실시 형태에도 적용될 수 있는 것으로 가정해야 한다. 또한, 본 명세서에서 언급된 모든 미국 특허, 특허 출원 공개, 및 기타 특허와 비특허 문서가, 이상의 개시 내용과 모순되지 않는 한, 참조 문헌으로서 포함된다는 것을 잘 알 것이다.

도면

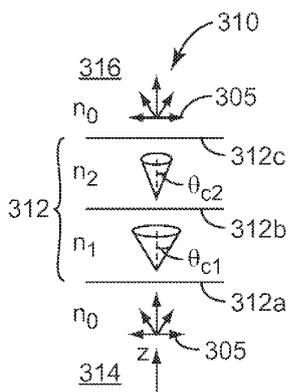
도면1



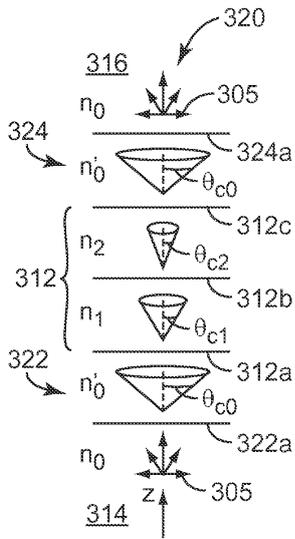
도면2



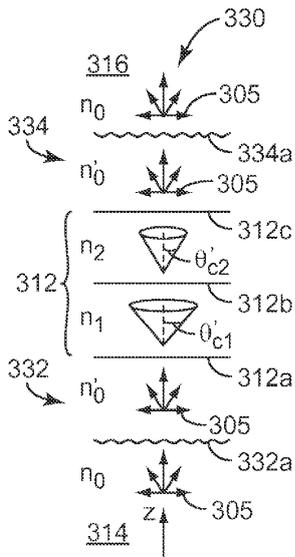
도면3a



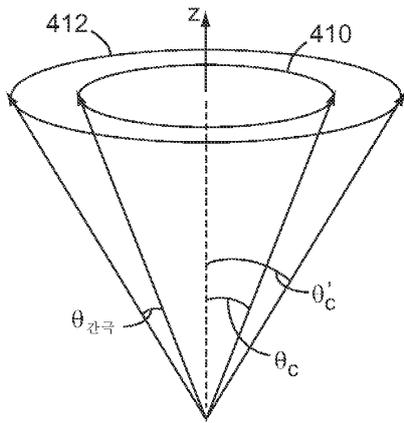
도면3b



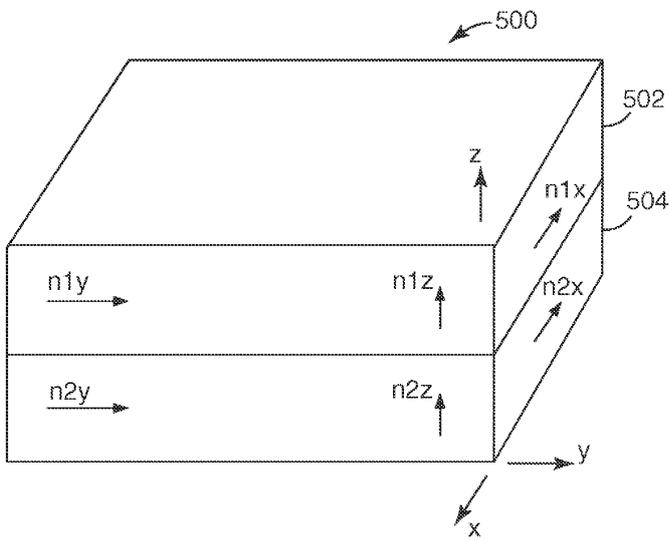
도면3c



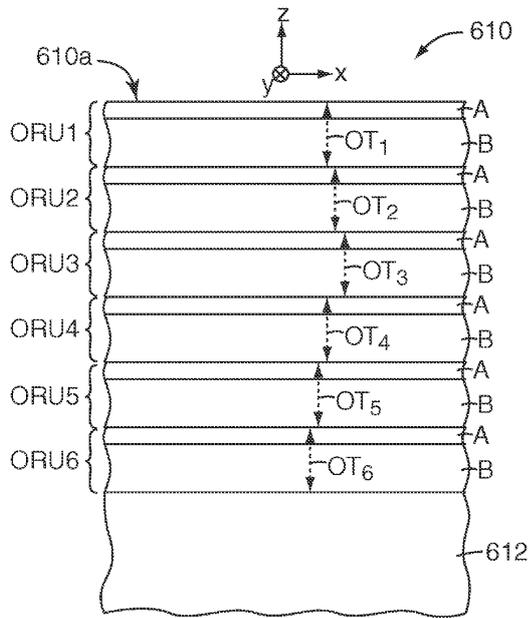
도면4



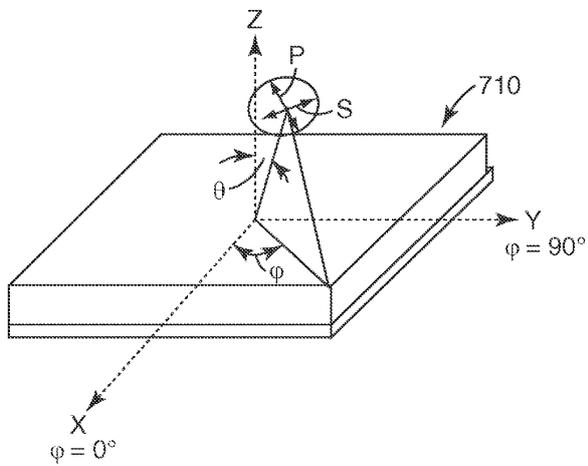
도면5



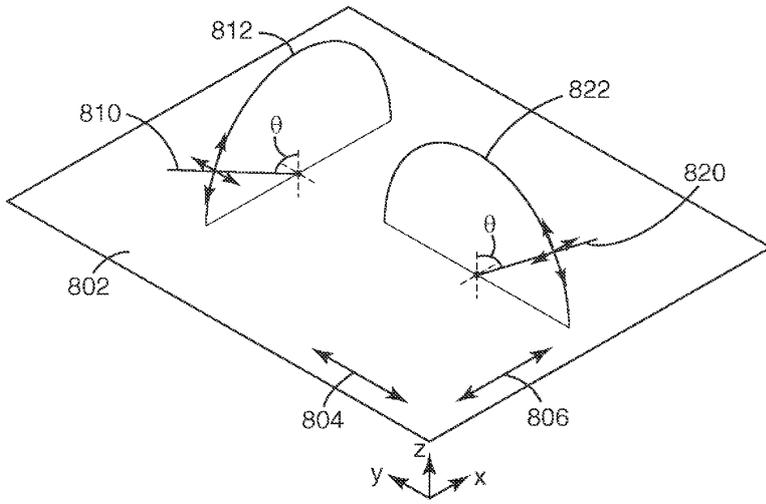
도면6



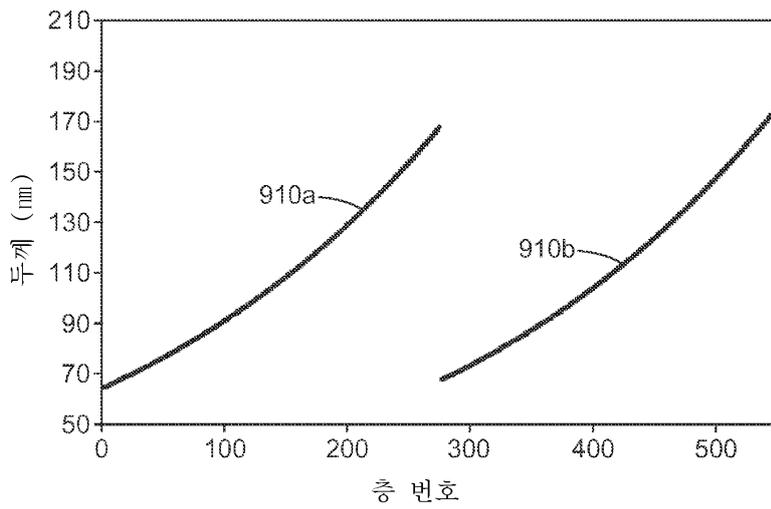
도면7



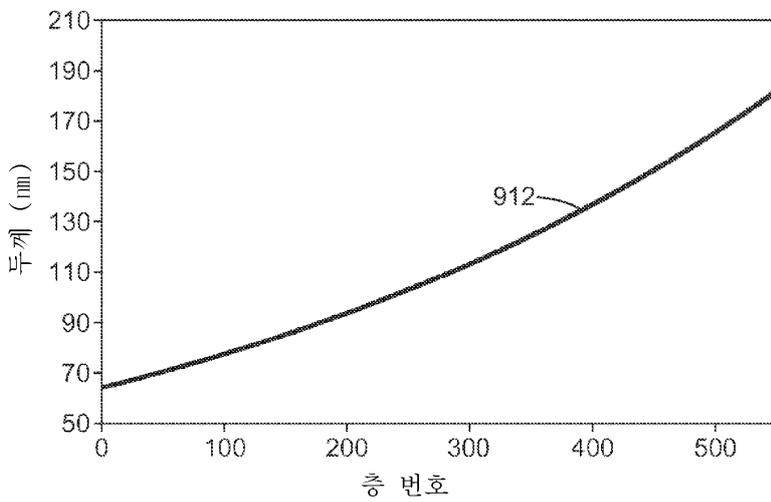
도면8



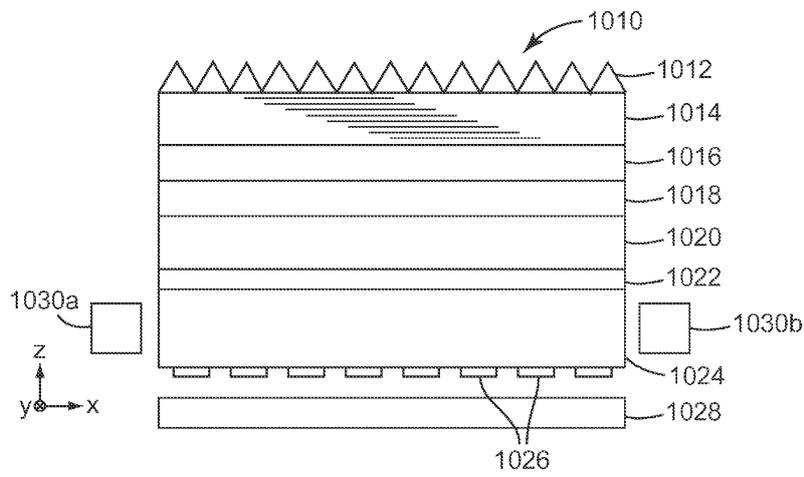
도면9a



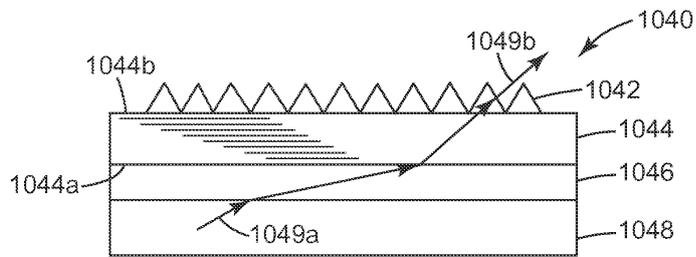
도면9b



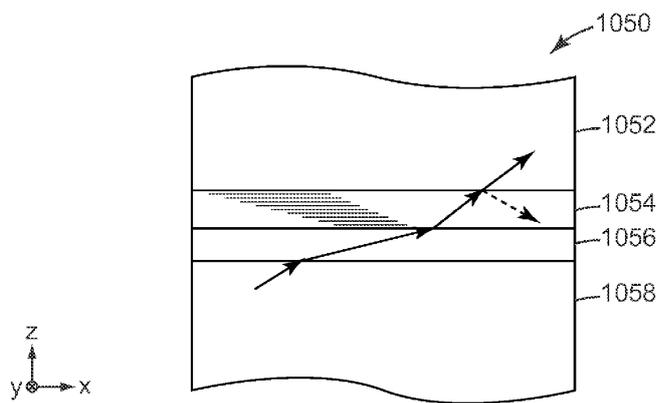
도면10a



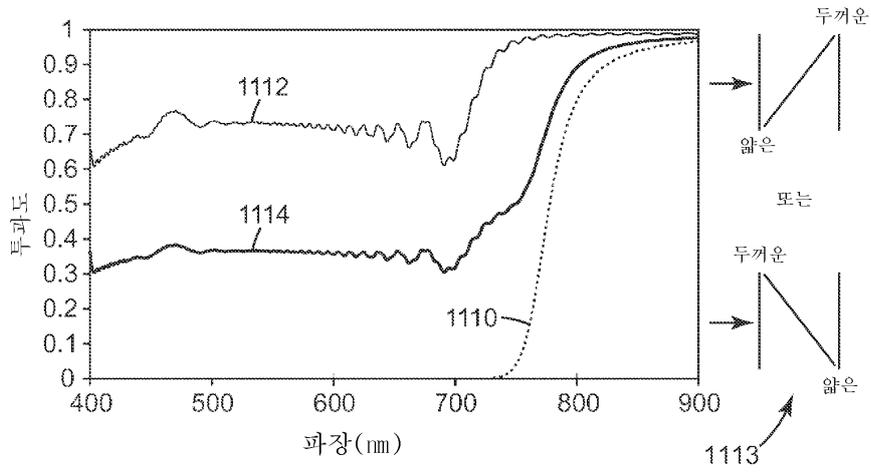
도면10b



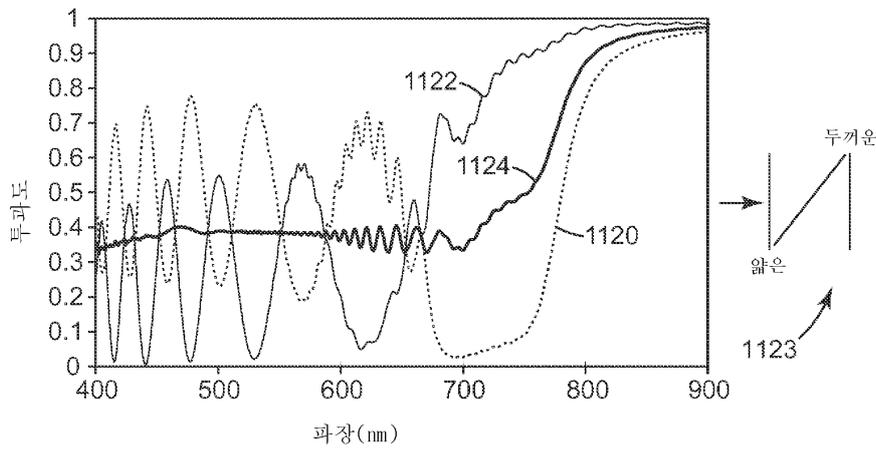
도면10c



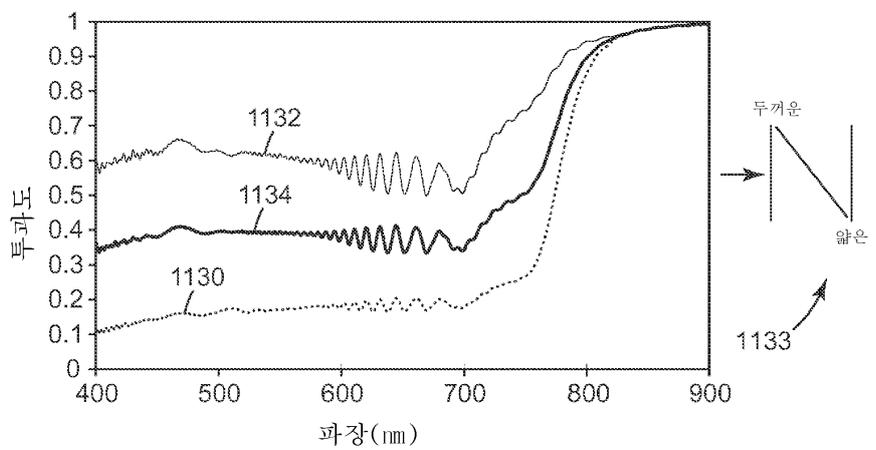
도면11a



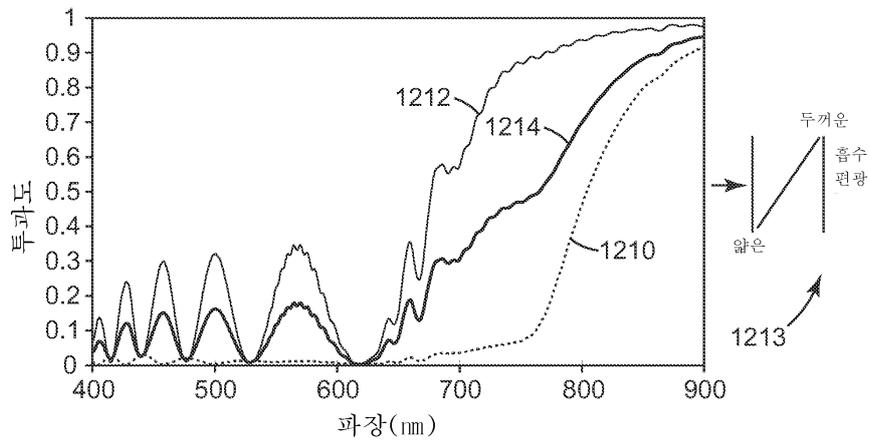
도면11b



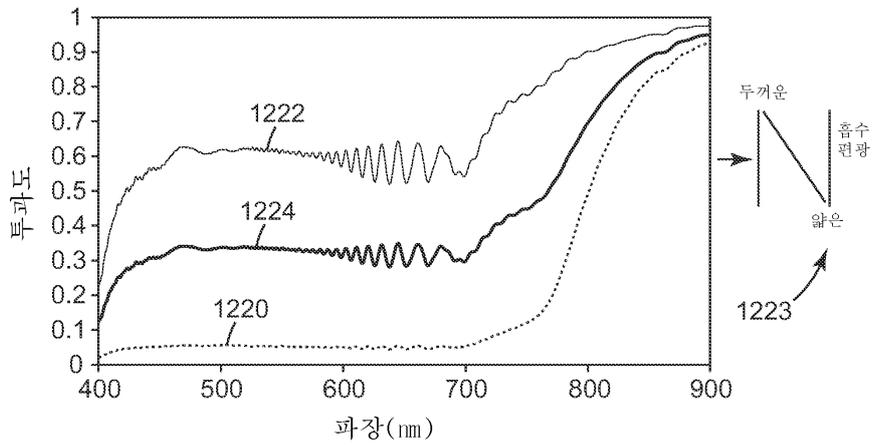
도면11c



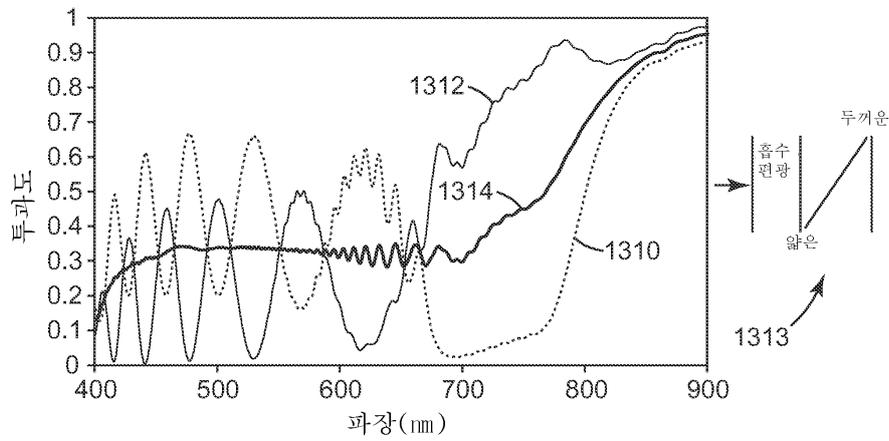
도면12a



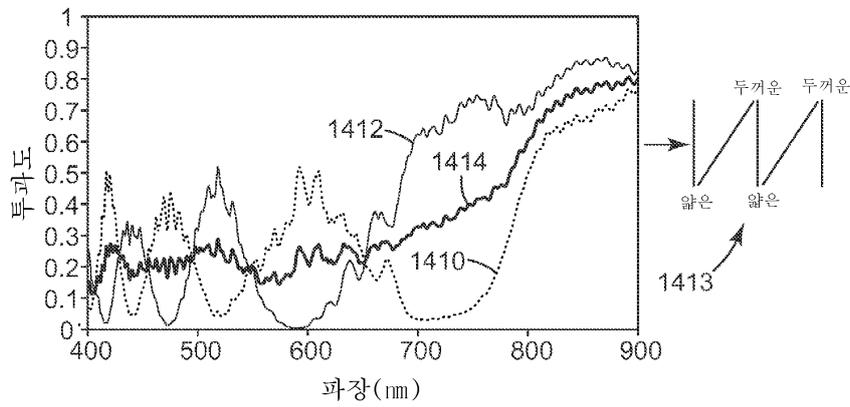
도면12b



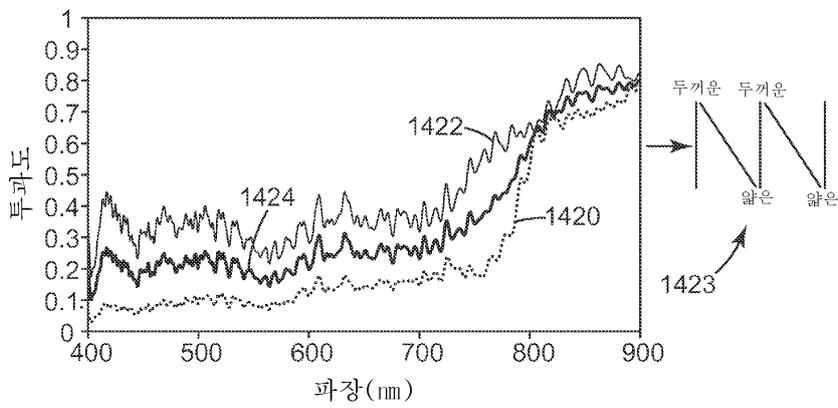
도면13



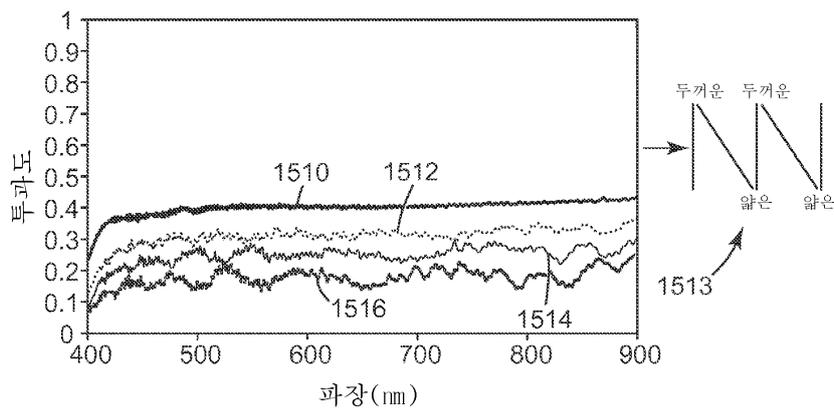
도면14a



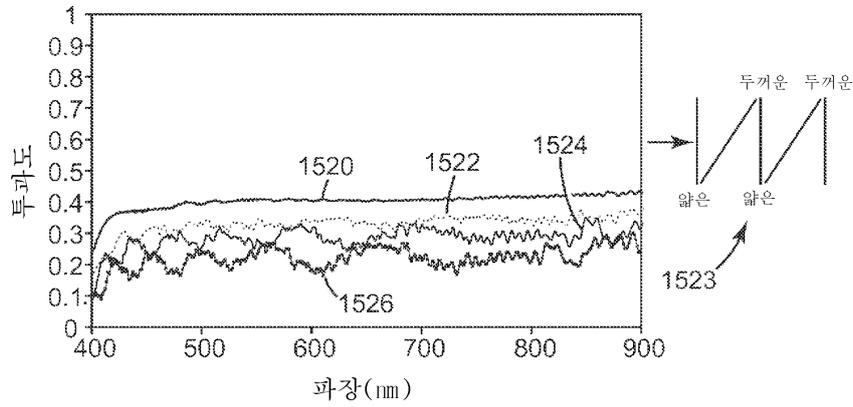
도면14b



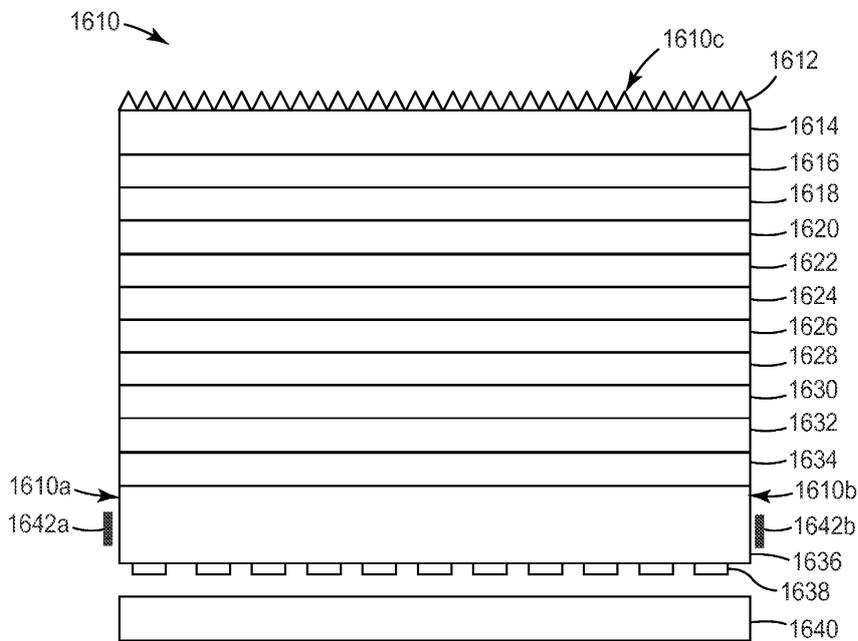
도면15a



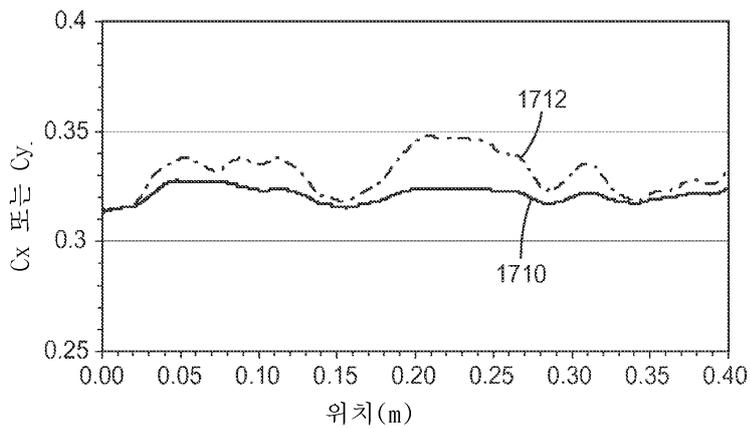
도면15b



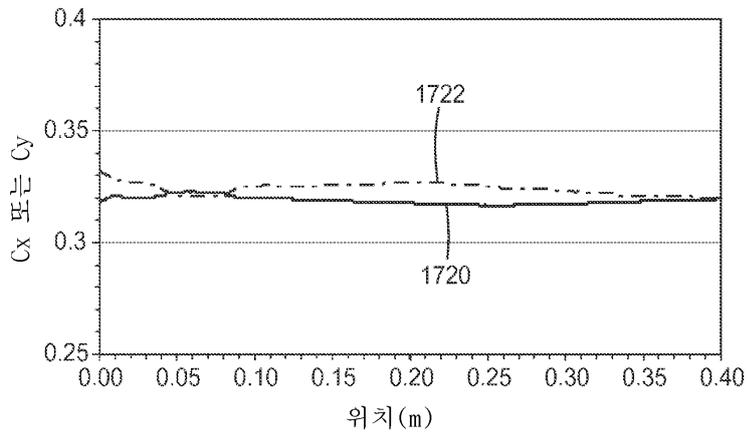
도면16



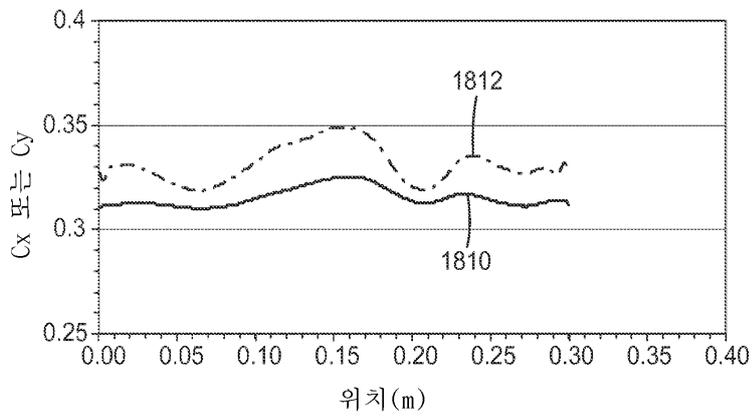
도면17a



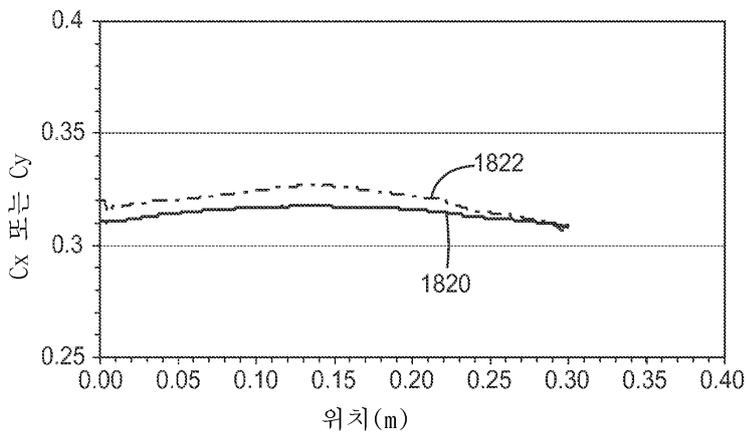
도면17b



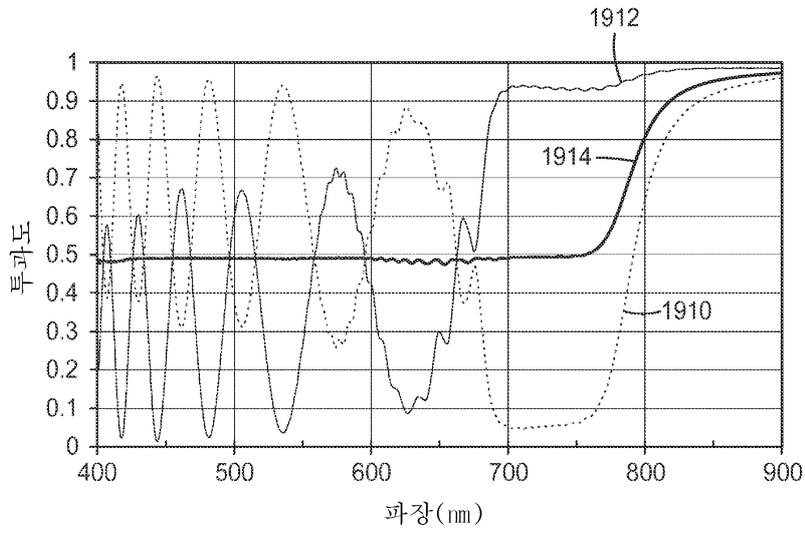
도면18a



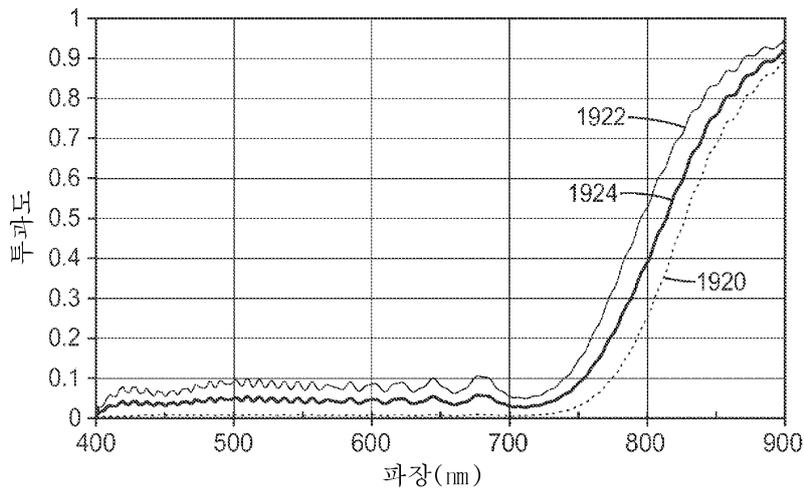
도면18b



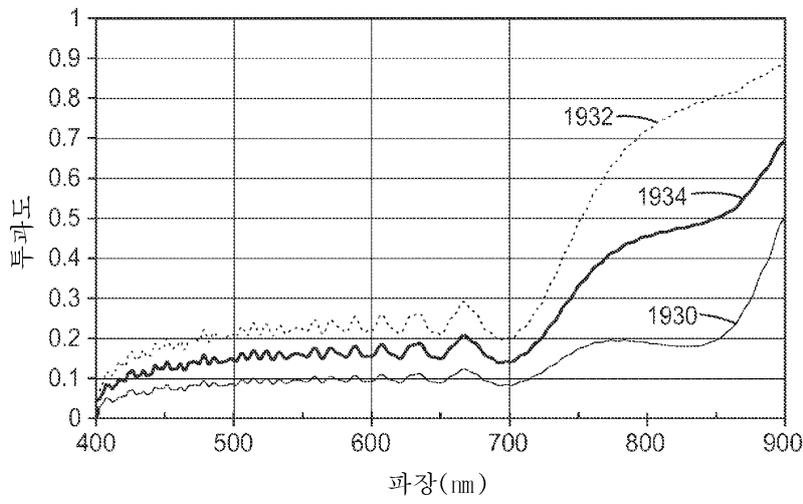
도면19a



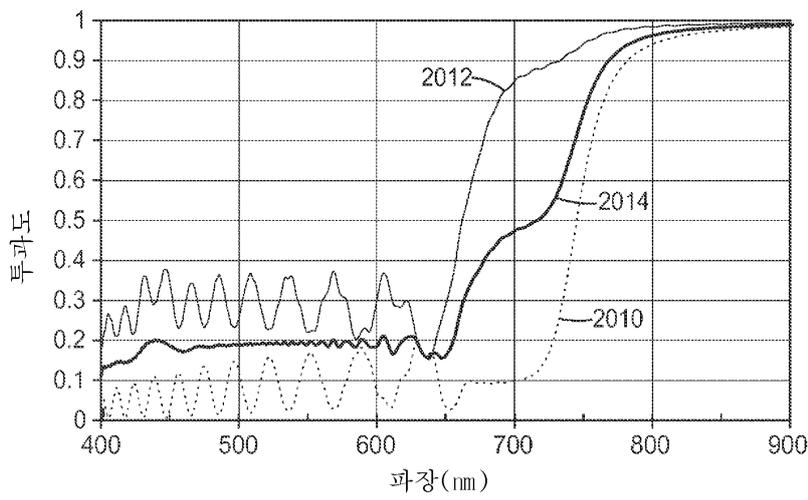
도면19b



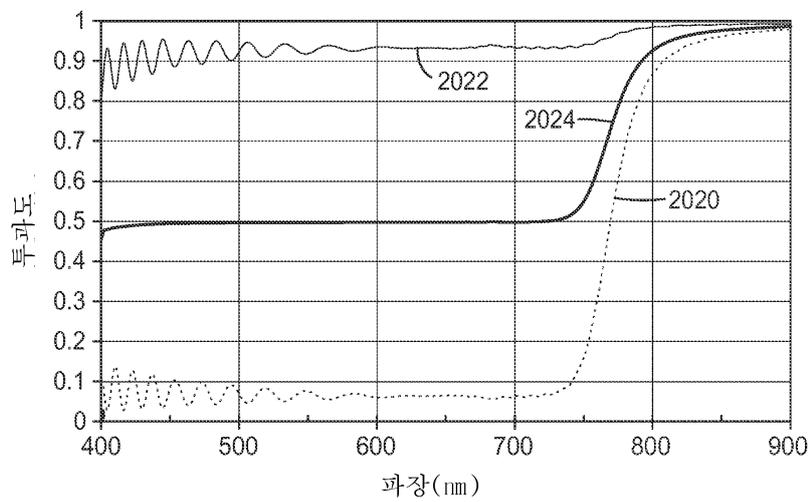
도면19c



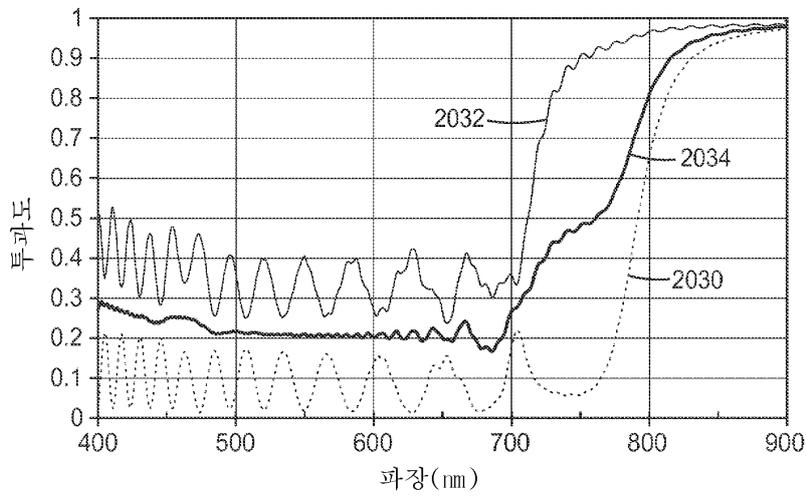
도면20a



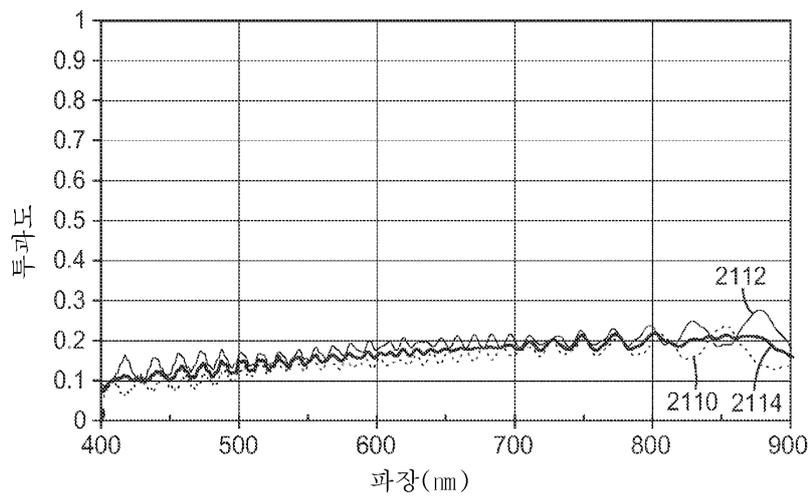
도면20b



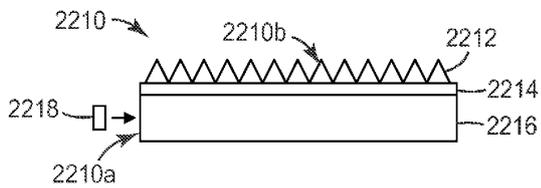
도면20c



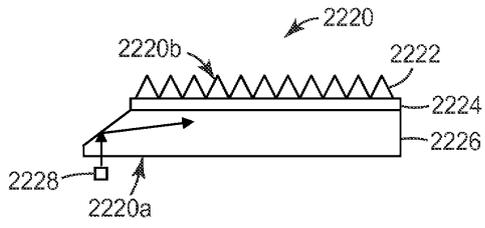
도면21



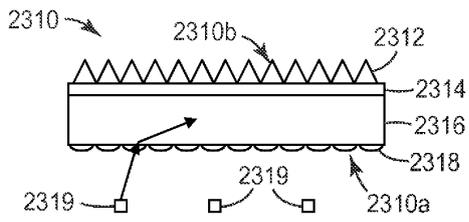
도면22



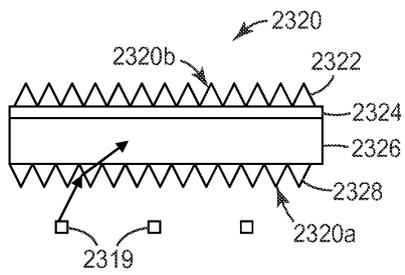
도면22a



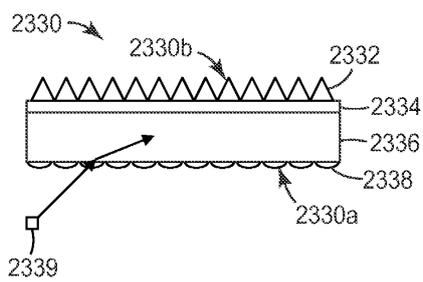
도면23



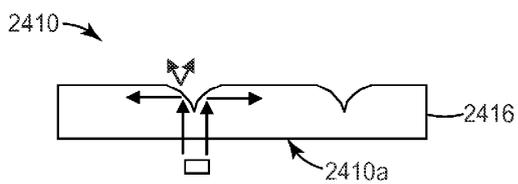
도면23a



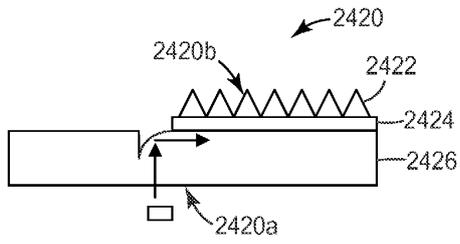
도면23b



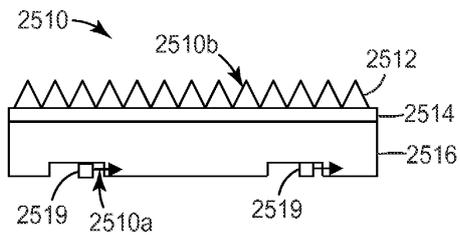
도면24



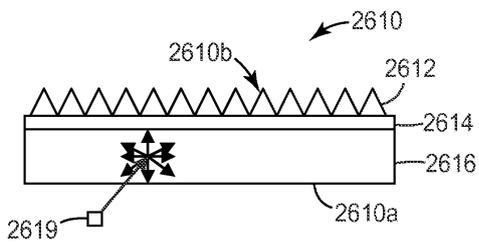
도면24a



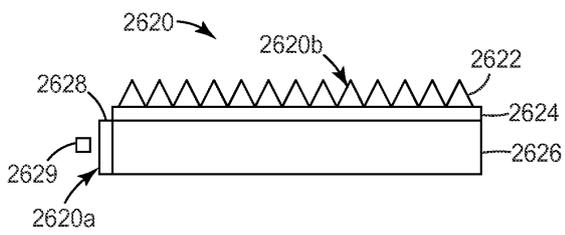
도면25



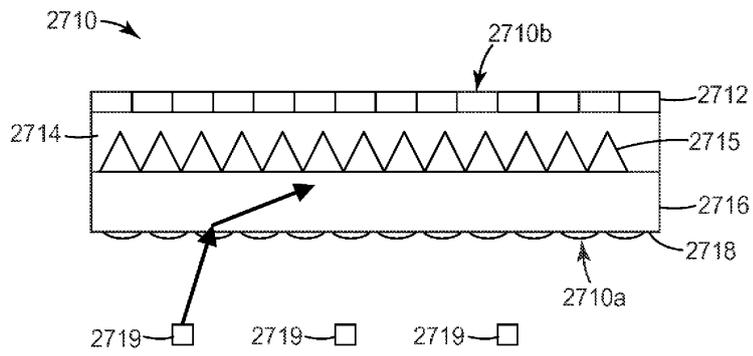
도면26



도면26a



도면27



도면28

