



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0086164
(43) 공개일자 2011년07월27일

- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(51) Int. Cl.
G02B 5/30 (2006.01) G02F 1/1335 (2006.01)
B32B 27/00 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2011-7013672</p> <p>(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년11월16일
심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2011년06월15일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/US2009/064616</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2010/059566
국제공개일자 2010년05월27일</p> <p>(30) 우선권주장
61/116,291 2008년11월19일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427 쓰리엠 센터</p> <p>(72) 발명자
웨버 마이클 에프
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터
네비트 티모시 제이
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터
베노이트 길레스 제이
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터</p> <p>(74) 대리인
양영준, 김영</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

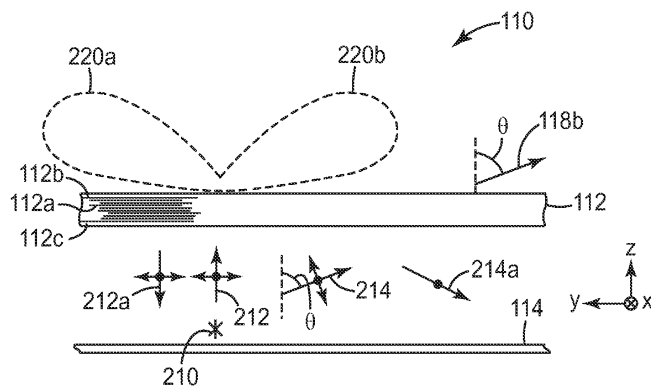
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 극 방향과 방위각 방향 둘 모두에서 출력 구속을 갖는 다층 광학 필름 및 관련 구조체

(57) 요약

필름은 광학 반복 단위로 배열되는 미세층들을 포함한다. 인접한 미세층들은 미리와 유사한 축상 특성을 제공하도록 조정된 평면내 굴절률 부정합 Δn_x , Δn_y 를 가져서, 필름은 임의의 편광에 대하여 광범위한 파장 대역의 수직 입사광에 대해 적어도 75%의 반사율을 갖는다. 인접한 미세층들은 또한 제1 입사 평면에서 각도 θ oblique로 필름에 입사하는 광범위한 파장 대역의 p-편광된 광에 대하여 필름에 감소된 반사율 R1 및 증가된 투과율을 제공하는 굴절률 부정합 Δn_z 를 가지며, 여기서 R1은 축상 반사율의 최소값의 절반 이하이다. 또한, Δn_x 및 Δn_y 는, 제1 평면에 직교하는 제2 입사 평면에서 필름에 입사하는 광에 대하여, 필름이 p-편광되고 임의의 각도로 입사하는 광에 대해 적어도 75%의 반사율 R2를 갖도록 충분히 상이하다.

대표도 - 도2a



특허청구의 범위

청구항 1

실질적으로 평평한 외측 표면을 갖는 반사 필름으로서,

광범위한 파장 대역에 걸쳐 광을 반사하기 위해 광학 반복 단위로 배열되는 복수의 미세층(microlayer)을 포함하며, 인접한 미세층들은 x-축을 따른 Δnx 및 y-축을 따른 Δny 의 상당한 평면내(in-plane) 굴절률 부정합을 나타내어, 광범위한 파장 대역의 수직 입사광에 대하여, 필름은 x-축을 따라 편광된 그러한 광에 대해 반사율 $R_{normalx}$ 및 y-축을 따라 편광된 그러한 광에 대해 반사율 $R_{normaly}$ 를 가지며, $R_{normalx}$ 및 $R_{normaly}$ 둘 모두는 적어도 75%이고,

인접한 미세층들은 또한 평면의(out-of-plane) z-축을 따른 상당한 굴절률 부정합 Δnz 를 나타내어, 제1 입사 평면에서 필름에 입사하는 광범위한 파장 대역의 광에 대하여, 필름은 p-편광되고 각도 $\theta_{oblique}$ 로 입사하는 그러한 광에 대해 $R_{normalmin}$ 의 절반 이하의 반사율 $R1$ 을 가지며, 여기서 $R_{normalmin}$ 은 $R_{normalx}$ 및 $R_{normaly}$ 중 더 작은 것이고,

Δnx 및 Δny 는, 제1 평면에 직교하는 제2 입사 평면에서 필름에 입사하는 광범위한 파장 대역의 광에 대하여, 필름이 모든 입사각에 대해서 p-편광된 그러한 광에 대해 적어도 75%의 반사율 $R2$ 를 갖도록 충분히 상이한 필름.

청구항 2

제1항에 있어서, $R_{normalx}$, $R_{normaly}$, $R_{normalmin}$, $R1$ 및 $R2$ 는 각각 2개의 필름/공기 계면의 효과를 포함하는 필름.

청구항 3

제1항에 있어서, $R_{normalx}$, $R_{normaly}$, $R_{normalmin}$, $R1$ 및 $R2$ 는 각각 어떠한 필름/공기 계면의 효과도 포함하지 않는 필름.

청구항 4

제1항에 있어서, 광범위한 파장 대역은 400 내지 700 nm의 가시광선 스펙트럼을 포함하며, $R_{normalx}$, $R_{normaly}$, $R_{normalmin}$, $R1$ 및 $R2$ 는 각각 가시광선 스펙트럼에 걸친 평균값인 필름.

청구항 5

제1항에 있어서, 필름은 광범위한 파장 대역의 광에 대해 각도의 함수로서, 2개의 투과율 로브(lobe)에 의해 특성화되는 투과율을 나타내며, 각각의 로브는 극각 θ 에서의 각방향 폭 $\Delta \theta_e$ 및 방위각 ϕ 에서의 각방향 폭 $\Delta \phi_e$ 를 갖는 필름.

청구항 6

제5항에 있어서, $\Delta \phi_e$ 는 투과율 반치 각방향 전폭(full angular width at half-maximum transmission, FWHM)이며, 140도 이하인 필름.

청구항 7

제6항에 있어서, $\Delta \phi_e$ 는 130도 이하인 필름.

청구항 8

제6항에 있어서, $\Delta \phi_e$ 는 80도 이하인 필름.

청구항 9

제1항에 있어서, Δnx 및 Δny 는 반대 부호를 갖는 필름.

청구항 10

제1항에 있어서, 각각의 광학 반복 단위는 음의 복굴절성 재료로 구성되는 제1 미세층 및 양의 복굴절성 재료로 구성되는 제2 미세층을 포함하는 필름.

청구항 11

제1항에 있어서, 필름은 제1 입사 평면에서 내부 브루스터 각(Brewster angle)을 나타내지만, 제2 입사 평면에서 내부 브루스터 각을 나타내지 않는 필름.

청구항 12

제1항에 있어서, Δn_x 및 Δn_y 는 동일한 부호를 갖는 필름.

청구항 13

제1항에 있어서, 필름은 제1 입사 평면과 제2 입사 평면 둘 모두에서 내부 브루스터 각을 나타내는 필름.

청구항 14

제1항의 반사 필름을 포함하는 조명 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서,

반사 필름과 함께 재순환 공동(recycling cavity)을 형성하도록 배치되는 후방 반사기를 추가로 포함하는 시스템.

청구항 16

제14항에 있어서,

길이 축을 따라 연장하며 반사 필름의 뒤에 배치되는 광원을 추가로 포함하며,

반사 필름은 길이 축이 제1 입사 평면에 실질적으로 수직하게 되도록 배향되는 시스템.

청구항 17

확산기와 조합되는 제1항의 반사 필름.

청구항 18

제17항에 있어서, 공기(air gap)이 개재됨이 없이 반사 필름이 확산기에 부착되는 조합체.

청구항 19

제17항에 있어서, 확산기는 편광을 실질적으로 뒤섞는(scramble) 조합체.

청구항 20

제17항에 있어서, 확산기는 체적 확산기(volume diffuser)를 포함하는 조합체.

청구항 21

선형 프리즘 필름이 결합되어 이 선형 프리즘 필름과 조합되는 제1항의 반사 필름으로서,

프리즘은 프리즘 축에 평행하게 연장하며, 프리즘 필름의 프리즘 축은 반사 필름의 제1 입사 평면에 실질적으로 수직한 반사 필름.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 광학 필름에 관한 것으로, 특정 응용으로는 반사 특성이 필름 내의 미세층(microlayer)들 사이의 계면(interface)들로부터 반사된 광의 보강 간섭 및 상쇄 간섭(constructive and destructive interference)에 의해 주로 결정되는 그러한 필름에 관한 것이다. 본 발명은 또한 관련 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반사 및 투과 특성이 필름 내의 복수의 또는 스택(stack)을 이루는 광학적으로 얇은 층("미세층")들 사이의 계면들로부터 반사된 광의 보강 간섭 및 상쇄 간섭에 전적으로 또는 지배적으로 기초하는 다층 광학 필름이 알려져 있다. 예를 들어, 이산화티타늄(TiO₂) 및 이산화규소(SiO₂)와 같은 무기 광학 재료의 교번하는 층들을 기재(substrate) 상에 진공 증착함으로써 고 반사율 미러 필름을 제조하는 것이 오랫동안 알려져 있다.

[0003] 복수의 교번하는 중합체 층들을 공압출하고 캐스트 층(cast layer)들을 얇게 하는 데 적합한 조건 하에서 캐스트 웨브를 신장시킴으로써 다층 광학 필름에 상당한 평면내(in-plane) 복굴절을 제공하고, 생성되는 미세층들 중 일부에 응력-유도 복굴절을 제공하는 것이 또한 알려져 있다. 예를 들어, 미국 특허 제3,610,729호(로저스(Rogers)), 제4,446,305호(로저스 등) 및 제5,486,949호(슈렌크(Schrenk) 등)를 참조한다. 재료 특성 및 공정 조건은 응력-유도 복굴절이 하나의 평면내 축을 따라 인접한 미세층들 사이에 굴절률 부정합을 제공하고 평면내 축에 직교하는 축을 따라 실질적인 굴절률 정합을 제공하도록 선택된다. 굴절률 부정합은 제1 축(차단축(block axis))을 따라 편광된 광에 고 반사율을 제공하며, 굴절률 정합은 직교축(통과축(pass axis))을 따라 편광된 광에 저 반사율 및 고 투과율을 제공하여, 편리한 반사 편광기 물품을 형성한다.

[0004] 최근에, 쓰리엠 컴퍼니(3M Company)의 연구원은 필름에 수직인 방향, 즉 z-축을 따르는 그러한 필름의 층-대-층 굴절률 특성의 중요성을 지적하고, 어떻게 이 특성이 경사진 입사각에서 필름의 반사율 및 투과율에서 중요한 역할을 하는지를 보여주었다. 예를 들어, 미국 특허 제5,882,774호(존자(Jonza) 등)를 참조한다. 존자 등은 특히, 인접한 미세층들 사이의 굴절률의 z-축 부정합, 더 간단히 말해 z-굴절률 부정합 또는 Δn_z 가 브루스터 각(Brewster angle)(계면에서 p-편광된 광의 반사율이 0이 되는 각도)이 매우 크거나 존재하지 않는 다층 스택의 구성을 허용하도록 조정될 수 있는 방법을 교시한다. 이것은 다음에는 p-편광된 광에 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

[0005] 우리는 이전에 증명된 적이 없는, 반사율 및 투과율 특성을 방향 및 편광의 함수로서 나타내는 다층 광학 필름을 제공하는 데에 사용될 수 있는 재료 특성들의 신규한 조합을 발견하였다. 예를 들어, 임의의 편광에 대해 그리고 가시광선 범위 또는 다른 광범위한 파장 범위에 걸쳐 고 반사율(예를 들어, 적어도 75%, 80%, 85% 또는 90%)을 유지하는, 수직 입사광에 대해 미러와 유사한 특성을 나타내는 다층 필름이 본 명세서에 설명된다. 그러나, 소정의 경사진 각도에서, 이 동일한 필름은 광범위한 파장 범위에 걸쳐 p-편광된 광에 대해 고도로 투과성이 되지만, 이 선택적인 투과는 하나의 입사 평면에서는 발생하지만 직교하는 입사 평면에서는 발생하지 않는다는 점에서 방향적으로 비대칭적이다. 결과는, 임의의 프리즘 또는 홀로그래픽 층 또는 필름, 또는 임의의 유사한 표면 구조체가 필요 없이 그리고 임의의 추가의 광 관리 필름 또는 구성요소가 필요 없이, 단일의 평평한 그리고 바람직하게는 공압출가능한 다층 광학 필름에서 수직 입사 미러와 유사한 특성을 갖는, 방위각적으로 비대칭의 "박쥐 날개형(batwing)" 투과율 특성이다. 달리 말하면, 그 투과율 및 반사율의 방향 의존성에 의해, 투과된 광을 각각이 극각과 방위각 둘 모두에서 유한의 각방향 폭을 갖는 2개의 방향성 로브(lobe)로 실질적으로 구속하는 단일의 평평한, 공압출가능한 다층 광학 필름이 설명된다.

[0006] 모든 편광의 광을 강하게 반사하는, 수직 입사에서 양호한 미러인 다층 광학 필름이 z-축에 관해 실질적으로 회전적으로 불변인 비축(off-axis) 반사 및 투과 특성을 가질 것이라고 보통 예상할 것이기 때문에, 이 특성들의 조합은 직관에 어긋난다. 예를 들어, 그러한 필름이 제1 방위각 또는 방향에 의해 특성화된 하나의 평면에 입사하는 광에 대하여 경사진 극각들에서 강한 반사율을 유지하는 경우, 입사 평면이 임의의 다른 방위각으로 회전될 때 그 동일한 경사진 극각들에서 실질적으로 동일한 강한 반사율을 예상할 것이다. 유사하게, 필름이 제1 방위각에 의해 특성화된 하나의 평면에 입사하는 광에 대하여 경사진 극각들에서 반사율이 감소하는 경우, 입사 평면이 임의의 다른 방위각으로 회전될 때 그 동일한 경사진 극각들에서 실질적으로 동일한 반사율의 감소를 예

상할 것이다.

[0007] 우리는 본 명세서에, 특히 광학 반복 단위로 배열되어 400 내지 700 nm의 인간-가시 스펙트럼과 같은 광범위한 파장 대역에 걸쳐 광을 반사하는 미세층을 포함하는 다층 광학 필름을 설명한다. 인접한 미세층들은 x-축을 따른 Δn_x 및 y-축을 따른 Δn_y 의 상당한 평면내 굴절률 부정합을 나타낸다. 이 부정합들은, 광범위한 파장 대역의 수직 입사광에 대해서, 필름이 x-축을 따라 편광된 그러한 광에 대해 반사율 $R_{normalx}$ 를 갖고 y-축을 따라 편광된 그러한 광에 대해 반사율 $R_{normaly}$ 를 가지며, $R_{normalx}$ 와 $R_{normaly}$ 둘 모두 적어도 75%, 80%, 85% 또는 90%이도록 크기가 충분히 크다. 그러나 인접한 미세층들은 또한 평면외(out-of-plane) z-축을 따라 상당한 굴절률 부정합 Δn_z 를 나타낸다. 이 부정합은, 제1 입사 평면에서 필름에 입사하는 광범위한 파장 대역의 광에 대하여, 필름이 p-편광되고 각도 $\theta_{oblique}$ 로 입사하는 그러한 광에 대해 $R_{normalx}$ 및 $R_{normaly}$ 중 더 작은 것 (" $R_{normalmin}$ "으로 지칭됨)의 절반 이하의 반사율 R_1 을 갖도록 크기가 충분히 크며 적절한 극성을 갖는다. 그러나, 평면내 굴절률 부정합 Δn_x 및 Δn_y 는, 제1 입사 평면에 직교하는 제2 입사 평면에서 필름에 입사하는 광범위한 파장 대역의 광에 대해서, 필름이 p-편광된 그러한 광에 대해 그리고 모든 입사각에 대해 적어도 75%의 반사율 R_2 를 갖도록 충분히 상이하다. 따라서, 경사진 극각에서 제1 입사 평면에서 관찰되는 p-편광 반사율의 큰 감소 - 및 수반되는 투과율의 큰 증가 - 는 제2 입사 평면에서 관찰되지 않는다.

[0008] 그러한 필름은 전형적으로, 각각이 제1 입사 평면에 놓여 있고 각각이 z-축에 대해 극각 $\theta_{oblique}$ 를 이루며 그 각도의 2배, 즉 $2*\theta_{oblique}$ 만큼 각방향으로 서로 이격된, 별개의 두 방향에서 저 반사율 R_1 을 나타낸다. 이 고유의 방향들의 각각과 연관된 저 반사율 및 고 투과율은, 그것을 넘어서는 수직 입사광 또는 제2 입사 평면에 입사하는 광과 연관된 고 반사율 및 저 투과율이 우세해지는 방향의 제한된 원추(cone)에 걸쳐 유지되며, 그러한 원추는 투과율 로브로 지칭된다. 따라서, 그러한 필름은 박쥐 날개형 분포를 형성하는 2개의 비축 투과율 로브로 광을 선택적으로 투과시키고 투과되지 않은 광을 반사시킴으로써 광을 "구속"할 수 있다. 박쥐 날개의 각각의 로브는 극각 θ 에서의 유한의 각방향 폭 $\Delta\theta$ 및 방위각 ϕ 에서의 유한의 각방향 폭 $\Delta\phi$ 에 의해 특성화될 수 있다.

[0009] 비축 광 누출은 필름을, 더 나은 공간적 균일성을 위해 램프(들)에 의해 방출된 광을 분산시키는 것을 돕기 위해 그리고 램프(들)를 은폐하거나 감추는 것을 돕기 위해, 다른 중간 광학 필름 또는 물체를 갖거나 갖지 않고서, 필름이 램프(들)의 전방에 배치될 수 있는 직하형(direct-lit) 백라이트 및 유사한 조명 시스템에서 사용하기에 적합하게 만든다. 필름은 또한 감소된 눈부심 또는 다른 원하는 설계 목적을 위해 출력광의 각방향 분포를 넓히는 것을 돕도록 축상(on-axis) 조명과 비축 조명의 균형을 제공하는 조명 기구(luminaire) 및 작업 조명과 같은 일반적인 조명 시스템에 사용될 수 있다. 프리즘 필름 및 유사한 광 관리 필름이 또한 다층 광학 필름으로부터 출사하는 크게 경사진 광을 시스템의 관찰축을 향해 또는 원하는 대로 다른 방향으로 방향전환시키기 위해 포함될 수 있다.

[0010] 광 누출의 비대칭 성질 및 투과율 로브와 연관된 방위각의 제한된 범위 때문에, 필름은 선형 광원, 즉 광원축을 따라 물리적으로 연장하며 광원축에 수직한 다른 축을 따라 훨씬 더 짧거나 구속되는 광원과 함께 사용하기에 매우 적합하다. 직선 관형 형광등은 그러한 광원의 일례이며, 일렬로 배열되는 복수의 개별 LED는 다른 예이다. 필름은 투과율 로브가 그것을 따라 정렬되는 제1 입사 평면이 광원축에 실질적으로 수직하게 되도록 유익하게 배향될 수 있다. 제1 입사 평면은 대안적으로 광원축에 평행하게 정렬될 수 있다. 이 대안 구성에서, 광의 대부분이 약축(weak axis)을 따라 출사하도록 방향전환되기 위해 다중 반사를 겪어, 필름을 통해 출사하기 전에 광의 혼합이 더 균일해진다. 저 흡수 시스템이 이 경우 고 효율 시스템을 유지하기 위해 중요하다.

[0011] 개시된 반사 필름은 가시광선 영역 또는 관심 대상의 다른 파장 영역에서 저 흡수 손실을 갖도록 제조될 수 있어, 필름에 의해 투과되지 않은 그러한 광의 거의 전부는 필름에 의해 반사되고 역으로도 성립하거나, $R_{hemi} + T_{hemi} \approx 100\%$ 이며, 여기서 R_{hemi} 는 필름의 전체 반구 평균 반사율(total hemispherical averaged reflectivity)을 지칭하며, T_{hemi} 는 필름의 전체 반구 평균 투과율을 지칭한다. 그러한 것으로서, 개시된 필름은 광 재순환을 사용하는 조명 시스템에 유리하게 사용될 수 있다. 개시된 필름은 예를 들어 후방 반사기 및 후방 반사기와 필름 사이에 배치되는 하나 이상의 램프와 함께 직하형 시스템에 배치될 수 있다. 필름에 의해 처음에 투과되지 않은 광은 투과될 다른 기회를 갖도록 후방 반사기에 의해 다시 필름을 향해 반사될 수 있다.

[0012] 본 명세서에서 다층 광학 필름과 연관되는 것으로 언급되는 반사율 및 투과율 값은, 달리 기재되지 않는 한, 2개 또는 1개의 필름/공기 계면의 효과를 포함하거나 필름/공기 계면의 효과를 포함하지 않는 것으로 해석될 수 있다. 얼마나 많은 그러한 필름/공기 계면이 포함되는지에 대한 문제는 개시된 반사 필름의 의도된 응용에 좌

우될 수 있다. 예를 들어, 필름이 기존의 백라이트, 조명 기구 또는 다른 조명 시스템에 배치되어야 한다면, 그리고 필름의 외측 주 표면이 다른 광학 요소와 (예를 들어, 라미네이션(lamination)에 의해) 밀접하게 광학적으로 접촉하기 보다는 공기에 노출되어 유지될 것이라면, 시스템 설계자는 시스템에 대한 반사 필름의 영향을 평가하기 위해 반사율 및 투과율에 둘 모두의 필름/공기 계면의 효과를 포함시키기를 원할 수 있다. 반면에, 프리즘 필름이 먼저 반사 필름의 하나의 주 표면에 라미네이팅되고 그 다음에 그 조합체가 기존의 조명 시스템에 배치된다면, 시스템 설계자는 하나의 필름/공기 계면만의 효과 - 반사 필름의 라미네이팅되지 않은 주 표면의 효과 - 를 포함시키기를 원할 수 있다. 마지막으로, 반사 필름이 필름의 외측 표면의 것과 유사한 굴절률을 갖는 조명 시스템의 기존의 구성요소에 라미네이팅되어야 한다면, 시스템 설계자는 시스템에 반사 필름을 추가하는 것이 시스템 내의 중합체/공기 계면의 전체 수를 실질적으로 변화시키지 않는다는 사실을 고려하여 반사율 및 투과율 값에 필름/공기 계면을 포함시키지 않기를 원할 수 있다.

[0013] 관련 방법, 시스템 및 물품이 또한 논의된다.

[0014] 본 출원의 이들 태양 및 다른 태양이 이하의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다. 그러나, 어떠한 경우에도 상기 개요는 청구된 요지에 대한 제한으로서 해석되어서는 안 되며, 그 요지는 절차의 수행 동안 보정될 수 있는 첨부된 특허청구범위에 의해서만 한정된다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 명세서에 설명된 박쥐 날개형 투과율 특성을 갖는 다층 광학 필름을 포함하는 조명 시스템의 개략 사시도.

도 2a 및 도 2b는 직교하는 관찰 방향을 따르는 도 1의 조명 시스템의 개략 측면도.

도 2c는 도 1의 조명 시스템의 개략 평면도.

도 3은 다층 광학 필름의 일부의 사시도.

도 3a 및 도 3b는 다층 광학 필름의 원하는 반사 및 투과 특성을 달성하는 것을 돕기 위해 사용될 수 있는 예시적인 굴절률 관계를 도시하는 도면.

도 4는 한편으로는 고정된 x , y , z 직교 좌표계(Cartesian coordinate system) 그리고 다른 한편으로는 s -편광 방향과 p -편광 방향 사이의 차이를 증명하는 이상적인 편광 필름의 사시도로서, s -편광 방향 및 p -편광 방향은 광의 입사 평면에 종속하고 따라서 광의 입사 평면을 특정하지 않는 한 x , y 및 z 축에 대해 특정되지 않음.

도 4a는 직교 좌표 축 x , y , z 의 사시도로서, 임의의 점 또는 벡터의 극각 θ 및 방위각 ϕ 를 직교 좌표 축 x , y , z 에 대해서 도시함.

도 5는 2개의 내부 브루스터 각을 갖는 다층 광학 필름에 대한 반사율 대 입사각의 그래프이며, 도 5a 및 도 5b는 상이한 극각(또는 입사각)들 θ 에 대해 방위각 ϕ 의 함수로서의 필름의 투과율 특성의 그래프.

도 6은 2개의 내부 브루스터 각을 또한 갖는 다른 다층 광학 필름에 대한 반사율 대 입사각의 그래프이며, 도 6a는 얼마나 많은 필름/공기 계면 표면 반사가 반사율 계산에 포함되는지에 의해 상이한 곡선군을 포함하고 있는 것을 제외하고는 도 6과 유사한 도면.

도 6b는 도 6과 연관된 것과 유사하지만 275개가 아닌 550개의 미세층을 갖는 다층 광학 필름에 대한 반사율 대 입사각의 그래프.

도 6c는 도 6의 것과 유사하지만 복굴절성 스킨층(skin layer)을 갖는 실시예에 대한, 상이한 극각들에 대한 투과율 대 방위각의 그래프.

도 6d는 도 6c와 유사하지만 다층 광학 필름의 스킨층이 등방성인 그래프.

도 7은 또 다른 다층 광학 필름에 대한 반사율 대 입사각의 그래프이지만, 이 다층 광학 필름은 1개의 내부 브루스터 각만을 가지며 양의 복굴절성 재료 및 음의 복굴절성 재료의 조합을 사용함.

도 7a 및 도 7b는 상이한 극각들에 대해 방위각 ϕ 의 함수로서의 이 필름의 투과율 특성의 그래프.

도 8은 선형 프리즘 필름과 조합된 본 명세서에 개시된 다층 광학 필름의 개략 측면도로서, 프리즘 필름은 다층 필름으로부터 출사하는 크게 경사진 광을 다른 방향으로 방향 전환시키도록 배향됨.

도 9a 및 도 10a는 대면적 광원, 다층 광학 필름 및 상이한 프리즘 필름들을 포함하는 상이한 조명 시스템들의 개략 측면도이며, 도 9b 및 도 10b는 각각의 광 출력의 결과적인 각방향 분포를 도시하는 도면.

도 11 및 도 12는 개시된 다층 광학 필름을 이용할 수 있는 상이한 저 프로파일(low profile) 조명 시스템들의 개략 측면도.

도 13은 확산 반사 전방 반사기 및 확산 반사 후방 반사기를 포함하는 백라이트의 일 실시예의 일부의 개략 단면도.

도 14는 경면 반사 전방 반사기 및 반-경면 후방 반사기를 포함하는 백라이트의 일 실시예의 일부의 개략 단면도.

도 15는 직교 평면에 상이한 출력 발산 또는 시준(collimation)을 갖는 조명 기구의 사시도.

이들 도면에서, 동일한 도면 부호는 동일한 요소를 가리킨다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 도 1은 박쥐 날개형 투과율 특성을 갖는 반사성 다층 광학 필름(112)을 이용하는 조명 시스템(110)의 단순화된 사시도이다. 시스템(110)은 또한 다층 광학 필름(112)에 대향하여 실질적으로 동일한 공간에 걸쳐 있어 그 사이에 광 재순환 공동(116)을 형성하는 고 반사율 후방 반사기(114)를 포함한다. 따라서, 필름(112)에 의해 반사된 광은 개선된 시스템 효율 및 감소된 손실을 위해 투과될 다른 기회를 갖도록 후방 반사기(114)에 의해 필름(112)을 향해 다시 반사될 수 있다.

[0017] 다층 광학 필름(112)은 큰 경사각의 광만을 투과시키는 것으로 도시되어 있는데, 광선(118a, 118b)을 참조한다. 이 광선(118a, 118b)들은 아래에 추가로 설명되는 실제 다층 광학 필름의 실제 투과를 과도하게 단순화한 것이지만, 필름의 중요 특성들을 설명하는 데에 유용하다. 작은 양쪽 화살표가 도시된 광선에 포함되어 각각의 편광 상태를 나타낸다. 또한, 직교 x-y-z 좌표계가 참고 목적으로 도시되어 있다. 필름(112)은 실질적으로 평평하고 평면이며, x-y 평면에 평행하게 연장하며, z-축에 평행한 표면 법선을 갖는 것으로 도시되어 있다. 필름(112)이 원하는 형상에 일치하도록 만족되거나 구부러질 수 있는 조명 시스템도 고려되지만, 이 경우에도 필름(112)은 작은 영역에 걸쳐 국부적으로 평평하고 평면인 것으로 고려될 수 있다. 그러한 경우에, 도 1은 더 큰 조명 시스템의 작은 국부적인 부분을 나타내는 것으로 고려될 수 있다.

[0018] 다층 광학 필름(112)은 좌표계의 y-축 및 x-축과 각각 정렬한 2개의 특성 평면내 축(120, 122)을 갖지만, 다른 규약이 가능함은 물론이다. 축(120)은 "약"축(weak axis)으로 지칭될 수 있으며, 축(122)은 "강"축(strong axis)으로 지칭될 수 있다. 약축 및 강축은, 크게 경사진 광을 제외하고 그리고 축상 광의 경우에 반드시 그렇지 않지만, 편광기의 "통과"축 및 "차단"축과 각각 유사하다. z-축에 평행하게 필름(112)에 충돌하는 축상 광은 편광에 무관하게 광범위한 파장 대역에 걸쳐 강하게 반사되어, 필름(112)은 실질적으로 고 반사성 광대역 미러로서 거동한다. x-축을 따라 편광된 그러한 광의 반사율 또는 $R_{normalx}$ 는 적어도 75%, 또는 적어도 80%, 85% 또는 90%이며, y-축을 따라 편광된 그러한 광의 반사율, $R_{normaly}$ 는 또한 적어도 75%, 80%, 85% 또는 90%이다. 실시예들 중 많은 경우에, 약축(120)의 축상 반사율은 강축(122)의 축상 반사율보다 약간 작지만, 이것은 모든 실시예에서 사실일 필요는 없으며, 어떤 경우에도 약축 반사율은 위에서 말한 바와 같이 적어도 75%이다. 달리 말해, $R_{normalmin}$ 이 $R_{normalx}$ 및 $R_{normaly}$ 중 더 작은 것이라면, $R_{normalmin}$ 은 모든 실시예는 아니지만 많은 실시예에서 약축에 대응할 것이며, $R_{normalmin}$ 은 적어도 75%, 80%, 85% 또는 90%이다. 수직 입사에서 필름(112)의 미러와 유사한 특성 때문에, 도 1은 z-축을 따라 필름을 통해 투과되는 광선을 도시하지 않고 있다.

[0019] 큰 경사각에서, 필름(112)은 강한 투과성이 되지만, 실질적으로 p-편광된 광에 대해서만 그리고 다음에 "약평면(weak plane)"(약축(120)을 포함하는 입사 평면)에 입사하는 그러한 p-편광된 광에 대해 선택적으로 강한 투과성이 되며, "강평면(strong plane)"(강축(122)을 포함하는 입사 평면)에 입사하는 p-편광된 광에 대해서는 그렇지 않다. 따라서, 경사진 광선(118a, 118b)은 도 1에 약(y-z)평면에 놓여 있는 것으로 도시되며, p-편광된 것으로 도시된다. 투과율의 증가는 수직 입사에 비해 반사율의 감소를 수반한다. 약평면에 입사하는 p-편광된 광에 대한 반사율은 적어도 몇몇의 입사각(들) $\theta_{oblique}$ 에서 최소 평면내 반사율 $R_{normalmin}$ 의 절반까지 감소하며, 바람직하게는 더욱 더 낮게 감소한다. 이것은 $R1 \leq R_{normalmin}/2$ 로 표현될 수 있으며, 여기서 R1은 각도 $\theta_{oblique}$ 로 약평면에 입사하는 p-편광된 광의 반사율을 지칭한다. $\theta_{oblique}$ 는 전형적으로 공기 중에서 50 내지 80도의 범위 내이다. 강평면에 입사하는 p-편광된 광에 대한 반사율은 모든 입사각에 대해 높게 유지된다. 이것은 $R2 \geq 75\%$ (또는 80%, 85%, 또는 90%)로 표현될 수 있으며, 여기서 R2는 (가능한 모든 입사각

에 걸쳐) 임의의 각도로 강평면에 입사하는 p-편광된 광의 반사율을 지칭한다. 대안적으로, R2는 모든 입사각 θ 에 대해 $R_{normalmin}$ 보다 크거나 같을 수 있다.

[0020] 0도보다 크지만 90도보다 작은 방위각에 대응하는 약평면과 차단 평면 중간의 입사 평면에서의 필름(112)의 반사율 및 투과율 성능은 투과된 광의 시준 또는 각방향 구속의 정도를 특성화하며 아래에서 추가로 논의된다.

[0021] 약평면 또는 y-z 평면에 입사하는 광에 대한 투과율의 증가는, 투과율의 대응하는 증가가 강평면 또는 x-z 평면에 입사하는 광에 대해서 일어나지 않는다는 사실과 조합되어, 전구-은폐 목적을 위해 또는 달리 광을 바람직한 방향 패턴 및 공간 패턴으로 분포시키기 위해, 백라이트, 조명 기구 등과 같은 여러 조명 시스템에 유익하게 사용될 수 있다. 그러한 광학적 특성에 의해, 다층 광학 필름은 한 방향, 즉 약축(120)만을 따라 균등한 플럭스(flux) 또는 휘도를 제공할 수 있으며, 이것은 형광등 또는 근접 이격된 LED 또는 인광체 코팅된 LED의 열(row)과 같은 선형 광원을 사용하는 조명 시스템에 유익하게 사용될 수 있다. 그러한 경우, 필름의 플럭스-균등 방향은 바람직하게는 축 또는 선형 광원의 긴 치수에 실질적으로 수직하도록 배향된다. 필름의 각도-종속 반사율 및 투과율은, 예를 들어 백라이트 또는 조명 기구의 전방 확산기 플레이트에 더 균일한 광 세기의 전달을 제공하는 것을 도울 수 있다.

[0022] 다층 광학 필름(112)의 전술한 특성은 아래에 더 상세하게 설명되는 바와 같이 많은 복수의 미세층의 적절한 선택 및 설계에 의해 달성될 수 있다. 바람직하게는, 필름의 미세층 및 다른 구성요소는 저 손실 광 투과성 중합체 또는 다른 저 손실 재료와 같은 저 흡수 재료를 사용하여 제조되어, 필름에 대한 단일 통과 흡수 손실이 매우 낮게, 예를 들어 가시광선 파장에 대해 평균 1% 미만으로 유지된다. 따라서, 달리 기재되지 않는 한, 주어진 파장, 편광 상태 및 입사 방향에 대해 다층 광학 필름의 퍼센트 반사율(percent reflection) 및 퍼센트 투과율(percent transmission)의 합은 거의 100% 또는 적어도 99%인 것으로 간주될 수 있다. 다시 말하면, 반사율(%) + 투과율(%) = 100%이다. 이러한 이유 때문에, 필름의 반사율의 감소는 또한 투과율의 증가로서 해석될 수 있으며, 역으로도 성립한다.

[0023] 다층 광학 필름의 근본적인 특징을 잘 알고 있는 본 명세서를 읽는 사람은 다층 광학 필름 내의 미세층의 소정의 쌍이 광의 입사각의 함수로서 광의 상이한 파장들을 반사할 것이고, 이것은 또한 본 명세서에 설명된 다층 광학 필름에 대해서도 사실임을 알 것이다. 일부 경우에, 이 특성은 상이한 파장들을 입사각의 함수로서 의도적으로 투과시키거나 반사하는 "변색(color-shifting)" 필름을 구성하기 위해 이용된다. 그러나, 본 명세서에 설명된 다층 광학 필름은 400 내지 700 nm의 인간 가시 영역과 같은 광범위한 파장 대역에 걸쳐 실질적으로 균일하게 광을 반사 및 투과시키도록 설계되며, 넓은 범위의 입사각에 걸쳐 그러하도록 설계된다. 이것은 아래에서 추가로 논의되는 바와 같이 필름(112)에 충분한 수의 미세층 및 적합한 층 두께 구배(thickness gradient)를 제공하여 넓고 실질적으로 평평한 반사 밴드(reflection band)를 제공함으로써 달성될 수 있다. 반사 밴드는 바람직하게는 입사각 및 편광에 따라 이동할 때 비교적 평평하거나 균일한 스펙트럼 투과율 및 반사율이 광범위한 파장 대역에 걸쳐 유지되도록 하기에 충분히 넓고 충분히 평평하다. 평평한 스펙트럼 특성은 백색 광이 균일하게 반사 또는 투과되는 것을 보장하여, 반사 및 투과된 광의 인지되는 색상이 광원의 색상으로부터 너무 많이 벗어나지 않게 된다. 관심 대상의 광범위한 파장 대역이 가시광선 스펙트럼인 경우, 필름이 공기에 노출된 평평한 주 표면을 갖는 것을 가정하면, 400 내지 900 nm의 수직 입사에서 다층 광학 필름에 평평한 반사 밴드를 제공하는 것이 종종 모든 사용가능한 각도에 걸쳐 400 내지 700 nm의 균일한 반사율을 보장하기 위해 적합하다.

[0024] 시스템(110)은 또한 후방 반사기(114)를 포함하지만, 본 명세서를 읽는 사람은 다층 광학 필름(112)이 또한 후방 반사기(114) 및 재순환 공동(116)을 포함하지 않는 조명 시스템에 사용될 수 있음을 이해할 것이다. 그러나, 포함될 때 후방 반사기(114)는 의도된 응용에 따라 다양한 형태를 취할 수 있다. 상대적으로 값싼 조명 기구 설계의 경우, 후방 반사기는 시트 금속의 단편과 같은 구조 부재에 적용된 백색 페인트의 간단한 코팅일 수 있거나 그것을 포함할 수 있다. LCD TV 또는 유사한 디스플레이용 백라이트와 같이 더 까다로운 응용에서, 후방 반사기(114)는 임의의 편광의 가시광에 대해 적어도 90%, 95%, 98%, 99% 또는 그 이상의 축상 평균 반사율을 가질 수 있다. 이러한 반사율 값은 반구 내로 반사되는 모든 가시광을 포괄하는데, 즉 이러한 값은 경면 반사와 확산 반사 둘 모두를 포함한다. 이 점에 관해서, 후방 반사기(114)는 공간적으로 균일하든지 패턴화되든지 간에 현저한 경면 반사기, 확산 반사기, 또는 조합된 경면/확산 반사기일 수 있다. 후방 반사기(114)는 또한 2008년 5월 19일자로 출원되고 본 명세서에 참고로 포함되는 PCT 특허 출원 공개 WO 2008/144644호, "반-경면 구성요소를 갖는 재순환 백라이트(Recycling Backlights With Semi-Specular Components)"(대리인 문서 번호 63032W0003)에 기재된 바와 같은 반-경면 반사기일 수 있거나 그것을 포함할 수 있다.

[0025] 일부 경우에, 후방 반사기(114)는 고 반사율 코팅을 갖는 강성 금속 기재, 또는 지지 기재에 라미네이팅된 고

반사율 필름으로부터 제조될 수 있다. 적합한 고 반사율 재료는 쓰리엠 컴퍼니로부터 입수가 가능한 비퀴티(Vikuiti™) 인헨스드 스펙칼러 리플렉터(Enhanced Specular Reflector, ESR) 다층 중합체 필름; 10.2 마이크로미터(0.4 밀(mil)) 두께의 아이소옥틸아크릴레이트 아크릴산 감압 접착제를 사용하여 비퀴티™ ESR 필름에 황산 바륨이 함유된 폴리에틸렌 테레프탈레이트 필름(50.8 마이크로미터(2 밀) 두께)을 라미네이팅함으로써 제조된 필름으로서, 생성된 라미네이트 필름이 본 명세서에서 "EDR II" 필름으로 지칭되는 필름; 토레이 인더스트리즈, 인크.(Toray Industries, Inc.)로부터 입수가 가능한 E-60 시리즈 루미러(Lumirror™) 폴리에스테르 필름; 더블유. 엘. 고어 앤드 어소시에이츠, 인크.(W. L. Gore & Associates, Inc.)로부터 입수가 가능한 것과 같은 다공성 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE) 필름; 랩스피어, 인크.(Labsphere, Inc.)로부터 입수가 가능한 스펙트랄론(Spectralon™) 반사성 재료; 알라노드 알루미늄-베레드룽 게엠베하 운트 코.(Alanod Aluminum-Veredlung GmbH & Co.)로부터 입수가 가능한 (미로(Miro™) 2 필름을 비롯한) 미로™ 양극산화 알루미늄 필름; 후루카와 일렉트릭 코., 엘티디.(Furukawa Electric Co., Ltd.)로부터의 MCPET 고 반사율 발포형 시트류; 미쯔이 케미칼즈, 인크.(Mitsui Chemicals, Inc.)로부터 입수가 가능한 화이트 레프스타(White Refstar™) 필름 및 MT 필름; 및 미국 특허 제5,976,686호(케이터(Kaytor) 등)에 기재된 열 유도 상 분리(thermally induced phase separation, "TIPS")를 이용하여 제조된 하나 이상의 다공성 폴리프로필렌 필름을 포함한다.

[0026] 후방 반사기(114)는 실질적으로 평평하고 매끄러울 수 있거나, 광 산란 또는 혼합을 향상시키기 위해 그와 연관된 구조화된 표면을 가질 수 있다. 그러한 구조화된 표면은 (a) 후방 반사기(114)의 표면 상에, 또는 (b) 표면에 적용된 투명 코팅 상에 부여될 수 있다. 전자의 경우에, 구조화된 표면이 이미 형성된 기재에 고 반사 필름이 라미네이팅될 수 있거나, 고 반사 필름이 (쓰리엠 컴퍼니로부터 입수가 가능한 비퀴티™ 듀라블 인헨스드 스펙칼러 리플렉터-메탈(Durable Enhanced Specular Reflector-Metal, DESR-M) 반사기에서와 같이 얇은 금속 시트와 같은) 평평한 기재에 라미네이팅되고 이어서 예를 들어 스탬핑(stamping) 작업에 의해 구조화된 표면이 형성될 수 있다. 후자의 경우에, 구조화된 표면을 갖는 투명 필름이 평평한 반사 표면에 라미네이팅될 수 있거나, 투명 필름이 반사기에 적용될 수 있고 이어서 후에 구조화된 표면이 투명 필름의 상부에 부여될 수 있다.

[0027] 직하형 구성, 즉 하나 이상의 광원이 조명 시스템(110)의 출력 또는 방출 영역의 바로 뒤에 배치되는 구성을 포함하는 실시예들의 경우, 후방 반사기는 광원(들)이 그 위에 장착되는 연속적인 일체의 중단되지 않은 층일 수 있거나, 후방 반사기는 별개의 단편들로 불연속적으로, 또는 그렇지 않을 경우 연속적인 층에 광원이 그를 통해 돌출할 수 있는 격리된 개구들을 포함하는 한 불연속적으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 반사성 재료의 스트립이 광원의 열이 그 위에 장착되는 기재에 적용될 수 있으며, 각각의 스트립은 광원의 하나의 열로부터 다른 열로 연장하기에 충분한 폭을 가지며 백라이트의 출력 영역의 대향하는 가장자리들 사이에 걸치기에 충분한 길이 치수를 갖는다.

[0028] 조명 시스템(110)은 또한 재순환 공동 내로 광을 방출하도록 배치되는, 도 1의 도면에는 도시되지 않은 하나 이상의 광원을 포함한다. 광원은 전형적으로 가시광선 스펙트럼인 관심 대상의 광범위한 파장 대역에 걸쳐 광을 방출할 수 있거나, 예를 들어 LED 또는 레이저로부터 자외선 광, 가시 유색광(visibly colored light) 또는 적외선 광의 좁은 대역을 방출할 수 있다. 예를 들어 냉음극 형광 램프(cold cathode fluorescent lamp, CCFL)는 그것의 길고 좁은 방출 영역에 걸쳐 백색광 방출을 제공하며, 그 방출 영역들은 또한 재순환 공동 내에서 일어나는 것과 같이 CCFL에 충돌하는 일부 광을 산란시키도록 작동할 수 있다. CCFL로부터의 전형적인 방출은 실질적으로 램버시안(Lambertian)인 각방향 분포를 가지며, 이것은 일부 초저 손실 백라이트 설계에서 비효율적이거나 그렇지 않으면 바람직하지 않을 수 있다. 또한, CCFL의 방출 표면은 다소 확산 반사성이지만, 전형적으로 그러한 응용에서 과도할 수 있는 흡수 손실을 또한 갖는다. 반면에, 형광 광원은 오버헤드형 조명 기구 또는 작업 조명과 같은 더 높은 손실의 시스템에 완벽하게 적합하다.

[0029] 발광 다이오드(LED)가 또한 광원(들)으로서 사용하기에 적합하다. LED 다이는 거의 램버시안 방식으로 광을 방출하지만, CCFL에 비해 훨씬 더 작은 크기 때문에, LED 광 분포는 예를 들어 일체형 봉지재 렌즈(encapsulant lens), 반사기 또는 추출기에 의해 용이하게 변경되어 생성되는 패키징된 LED를 전방 이미터(emitter), 측면 이미터 또는 다른 비-램버시안 프로파일로 되게 할 수 있으며, 이것은 일부 응용에서 유익할 수 있다. 그러나, LED 광원이 CCFL에 비해 크기가 더 작고 세기가 더 높은 것은 또한 LED를 사용하여 공간적으로 균일한 백라이트 출력을 생성하는 것을 더 어렵게 만들 수 있다. 적색/녹색/청색(RGB) LED의 배열과 같은 개별 색상의 LED가 백색광을 생성하는 데 사용되는 경우에 이는 특히 사실인데, 그 이유는 그러한 광의 적절한 측방향 전달 또는 혼합을 제공하지 못하여 바람직하지 않은 색상 밴드 또는 영역이 생길 수 있기 때문이다. LED 다이 정도의 작은 면적 또는 체적으로부터 강한 백색광을 생성하기 위해 인광체가 청색 또는 UV 방출 LED 다이에 의해 여기되는 백색 발광 LED가 그러한 색상 불균일도를 감소시키는 데 사용될 수 있다. 그러나, 백색 LED는 현재 개별 색상

의 LED 배열로 달성가능한 만큼의 넓은 LCD 색역(color gamut)을 제공하지 못하며 따라서 모든 최종 용도의 응용에 바람직하지 않을 수 있다.

[0030] 대안적으로, 방향성 광 제어 또는 광 혼합을 위해 본 발명의 필름을 이용하는 광 재순환 공동 내에 또는 광 재순환 공동 상에 LED로부터 이격된 위치에 인광체를 추가함으로써 백색광이 청색 또는 UV LED로부터 발생될 수 있거나, 일반적으로 임의의 더 긴 파장의 광이 더 짧은 파장의 광원으로부터 발생될 수 있다. 이 배열은 때때로 "원격 인광체"로 지칭된다.

[0031] 어떤 광원이 사용되더라도, 그 광원은 시스템(110)의 넓은 출력 표면의 바로 뒤에, 즉 다층 광학 필름(112)의 바로 뒤에 배치될 수 있거나, 출력 표면의 에지를 따라 배치될 수 있다. 전자의 경우는 "직하형" 시스템으로 지칭되며, 후자의 경우는 "에지형(edge-lit)" 시스템으로 지칭된다. 일부 경우에, 직하형 시스템이 또한 장치의 주변부에 1개 또는 몇 개의 광원을 포함할 수 있거나, 에지형 시스템이 출력 영역의 바로 뒤에 1개 또는 몇 개의 광원을 포함할 수 있다. 그러한 경우에, 시스템은 대부분의 광이 출력 영역의 바로 뒤로부터 나오는 경우에는 "직하형"으로, 그리고 대부분의 광이 출력 영역의 주변부로부터 나오는 경우에는 "에지형"으로 고려될 수 있다. 직하형 시스템은 밝은 점(spot)이 각 광원 위의 출력 영역에서 보이는 "펀치스투(punchthrough)" 현상에 민감하다. 에지형 시스템은 전형적으로 에지 장착된 광원으로부터의 광을 출력 영역의 모든 부분으로 운반 또는 안내하는 증실형 도광체(solid light guide)를 포함하며, 도광체는 또한 도광체로부터의 광을 관찰자(130)를 향해 지향시키는 광 추출 특징부를 갖는다. 시스템(110)이 액정 디스플레이(LCD) 장치용 백라이트인 경우, (흡수 편광기 및 반사 편광기를 비롯한) 하나 이상의 편광기, 확산기, (쓰리엠 컴퍼니로부터 입수가능한 휘도 향상 필름(Brightness Enhancement Film, BEF) 중 임의의 것과 입수가능한 터닝 필름(turning film)을 비롯한) 프리즘 필름 및 액정 패널과 같은 추가의 구성요소가 전형적으로 필름(112)과 관찰자(130) 사이에 포함될 것이다. 시스템이 오버헤드형 조명 기구 또는 작업 조명과 같이 더 간단한 경우, 추가의 구성요소는 확산기 필름 또는 패널, 및/또는 개시된 다층 광학 필름이 그것에 라미네이팅될 수 있거나 개시된 다층 광학 필름이 그것에 맞대어져 배치될 수 있는 다른 강성의 광-투과성 패널을 포함할 수 있다.

[0032] 다시 도 1로 돌아가면, 다층 광학 필름(112)의 기본적인 광학 특성을 추가로 설명하기 위해 참고의 목적으로 관찰자(132, 134)가 또한 도시되어 있다. 관찰자(132)는 강축(122)을 따라 바라보며, 도 2a의 부분 개략 측면도에 도시된 바와 같은 조명 시스템(110)을 본다. 관찰자(134)는 약축(120)을 따라 바라보며, 도 2b의 부분 개략 측면도에 도시된 바와 같은 조명 시스템(110)을 본다.

[0033] 도 2a에서, 일반적인 광원(210)이 조명 시스템의 출력 표면의 바로 뒤에, 직하형 구성으로 필름(112)과 후방 반사기(114) 사이에 배치되는 것으로 도시되어 있다. 광원(210)은 2개의 비편광된 광선: 수직 입사하는 광선(212), 및 y-z (약)평면에 놓여 있고 표면 법선 또는 z-축에 대해 극각 θ 를 이루는 경사져서 입사하는 광선(214)을 방출하는 것으로 도시되어 있다. 이 광선들은 다층 광학 필름(112)의 후방 주 표면에 충돌하며, 이 필름은 현재 미세층(112a)의 스택 및 (선택적인) 광학적으로 두꺼운 외측 스킨층(112b, 112c)을 비롯한 그것의 구성 요소들 중 일부와 함께 도시되어 있으며, 이 구성 요소들은 축척대로 도시되도록 의도되지는 않는다. 이 구성 요소들은 편의를 위해 필름(112)의 일부에 걸쳐서만 도시되지만, 필름(112)의 전체 길이 및 폭에 걸쳐 연장하는 것으로 이해될 것이다. 필름(112)의 적절한 설계에 의해, 필름은 양 직교 편광을 강하게 반사함으로써 그것을 다시 후방 반사기(114)를 향해 광선(212a)으로서 반사하는 축상 미러로서 작동한다. 필름(112)은 또한 y-z 또는 약평면에서 편광된 광에 선택적인 비축 누출(off-axis leak)을 제공하도록 조정되며, 이에 의해 필름에 수직으로 충돌하는 그러한 광은 강하게 반사되지만(광선(212, 212a) 참조), 크게 경사진 극각 θ 로 충돌하는 그러한 광(도면의 평면에서 편광된 광선(214)의 부분 참조)은 도 1에 이전에 도시된 광선(118b)으로서 강하게 투과된다. x- 또는 강축(122)을 따라 편광된 경사진 광선(214)의 부분은 필름(112)에 의해 강하게 반사되어 광선(214a)을 생성한다.

[0034] y-z 또는 약평면에 입사하는 p-편광된 광에 대한 필름(112)의 투과율의 각도 의존성을 정성적으로 도시하기 위해 극각 플럭스 포락선(polar angle flux envelope)(220)(별개의 반부 또는 로브(220a, 220b)로 표시됨)이 도 2a에 제공된다. 이 포락선은 특정된 입사 평면에서 특정된 편광의 광에 대해 극각 θ 의 함수로서, 필름(112)에 의해 투과된 광의 플럭스 또는 휘도, 또는 대안적으로 필름(112)의 퍼센트 투과율을 나타내는 것으로 고려될 수 있다. 약평면에 입사하는 직교 편광의 s-편광된 광에 대한 유사한 플럭스 포락선은 도시되지 않는데, 왜냐하면 모든 각도에서의 그러한 광의 매우 작은 투과율이 그러한 포락선을 흥미 없고 불필요하게 만들기 때문이다. 그러나, p-편광 포락선(220)은 p-편광된 광이 수직 입사에서 작은 또는 무시할 수 있는 투과율을 가지며 이것은 큰 경사각 θ oblique에서 최대값을 증가시킴을 보여준다. 이 최대 투과율의 각도는 또한 전술된 반사율(R1)의 최소값에 대응한다. 투과율 및 반사율 값이 1개 또는 2개의 필름/공기 표면 반사의 효과를 포함하는 경우, p-

편광된 광의 투과율은 전형적으로 플릭스 포락선(220)에 의해 도시된 바와 같이 각도 θ oblique와 스침 입사 (grazing incidence)($\theta = 90^\circ$) 사이에서 급속하게 감소할 것이다. 결과는 모든 편광에 대해 측상 미러와 유사한 특성(높은 측상 반사율)을 갖는, 약평면에 입사하는 p-편광된 광에 대한 박쥐 날개형 투과율 특성이다. 로브(220a, 220b)는 전형적으로 z-축에 대해 축 대칭을 나타내며, y-z 평면에 대해 거울 대칭을 나타낸다.

[0035] 도 2b는 y-축 또는 약축(120)을 따라 바라보는 관찰자(134)를 제외하고 도 2a와 유사하다. 이 관찰자는 또한 수직으로 입사하는 광선(212)을 방출하는 광원(210)을 보고 있으며, 수직으로 입사하는 광선은 양 직교 편광에 대해 다시 강하게 반사되어 전술된 바와 같은 반사 광선(212a)을 생성한다. 광원(210)은 또한, 도 2a의 광선(214)과 유사하게 표면 법선 또는 z-축에 대해 각도 θ 를 이루지만 그와 달리 "강"평면인 직교 x-z 평면에 배치되는 다른 경사진 광선(230)을 방출한다. 이 입사 평면에서, 광선(230)의 두 편광 상태는 경사진 각도로 강하게 반사되어 반사 광선(230a)을 생성한다. 이 도면에는 극 플릭스 포락선이 도시되지 않는데, 왜냐하면 양 직교 편광에 대해 그리고 모든 입사각에서 강평면에 입사하는 광의 매우 작은 투과율이 그러한 포락선을 흥미 없고 불필요하게 만들기 때문이다.

[0036] 도 2c는 관찰자(130)의 시점으로부터의 조명 시스템(110)의 평면도 또는 정면도이다. p-편광된 광에 대한 방위각 플릭스 포락선(240)이 이 도면에 겹쳐 놓여져 있으며, 플릭스 포락선은 별개의 반부 또는 로브(240a, 240b)에 의해 나타나 있다. 플릭스 포락선(240)은 가능한 모든 입사 평면에 대해, 그러나 $\theta = 60^\circ$ 또는 다른 선택된 값과 같이 특정 입사각 θ 로 입사하는 p-편광된 광의 휘도 또는 플릭스(또는 퍼센트 투과율까지도)를 나타낸다. s-편광된 광에 대한 상응하는 플릭스 포락선은 s-편광된 광에 대해 이 다층 광학 필름들에서 전형적인 매우 작은 플릭스 또는 투과율 때문에 흥미가 없고 불필요하며, 따라서 도시되지 않는다. 필름(112)의 경우 p-편광된 광의 투과율이 입사각의 강한 함수이기 때문에, $\theta = 50^\circ$ 또는 $\theta = 70^\circ$ 와 같이 상이한 입사각 θ 를 선택하는 것은 전형적으로 아래의 예들 중 일부에 도시된 바와 같이 약간 상이한 형상의 플릭스 포락선을 생성할 것임에 유의한다. 로브(240a, 240b)는 전형적으로 z-축에 대해 축 대칭을 나타내며, x-z 평면에 대해 거울 대칭을 나타낸다.

[0037] 주어진 방위각 플릭스 포락선 또는 그러한 포락선의 주어진 로브의 시준의 정도를 정량화하는 것이 유용하다. 최대 플릭스의 주 방향(또는 방위각)이 확인되고, 그 다음에 부 방향(또는 방위각)이 주 방향의 대향 측들에서 확인되며, 플릭스는 최대 플릭스의 $1/e$ 이고 여기서 e는 오일러의 상수(Euler's constant)($e \approx 2.718$)인 접근법을 채택한다. 본 명세서에서 $\Delta\Phi = \Delta\Phi_e$ 로 지칭되며 여기서 $\Delta\Phi_e$ 의 "e"는 $1/e$ 상태를 지칭하는 시준의 정도는, 그렇다면 2개의 부 방향들 사이에서 이루는 방위각 Φ 이다. 도 2c에서, 로브(240a)의 경우 최대 플릭스의 주 방향은 점(242)에 대응하고, 부 방향은 점(244, 246)에 대응한다. 따라서, 점(244, 246)들 사이의 각도 $\Delta\Phi_e$ 는 설명된 바와 같은 $1/e$ 플릭스 기준을 사용하여 로브(240b)의 시준의 정도 - 그리고 또한 대칭성으로 인해 로브(240a)의 시준의 정도 - 로 고려될 수 있다.

[0038] 극 플릭스 포락선(예를 들어, 도 2a의 극각 플릭스 포락선(220) 참조)의 시준의 정도를 정량화하는 극 파라미터 $\Delta\theta_e$ 는 방위각 파라미터 $\Delta\Phi_e$ 와 완전히 유사한 방식으로 계산될 수 있음에 유의한다. 극 시준 또는 각방향 확산 $\Delta\theta_e$ 는 도 5 및 도 6에 도시된 것과 같은 반사율 대 입사각 θ 의 그래프로부터, 또는 투과율 대 입사각 θ 의 대응 그래프로부터 용이하게 계산될 수 있다. 투과율이 경사각 θ oblique에서 최대값의 $1/e$ 까지 감소하는 θ 의 두 값의 위치를 찾아내고, θ 의 이 두 값들 간의 차를 계산하여, $\Delta\theta_e$ 를 산출한다.

[0039] 물론, 광원(210)은 예를 들어 CCFL 광원에 의해 모든 방향으로, 또는 예를 들어 후방 반사기(114)에 장착된 LED의 경우 입체각의 반구에 걸쳐, 또는 예를 들어 소정의 "측면-방출" 패키징된 LED의 경우 반구 내의 제한된 세트의 각도에 걸쳐 광을 방출할 수 있음을 이해하여야 한다. 필름(112)이 그의 전체 표면 영역에 걸쳐 광을 투과시키도록 조명되는 경우, 플릭스 포락선(220, 240)은 필름의 표면 영역의 모든 부분에 걸쳐 또는 임의의 부분에 걸쳐 방출된 광을 나타내는 것으로 고려될 수 있음을 또한 이해하여야 한다.

[0040] 이제 반사성 다층 광학 필름(112)의 더 상세한 설명으로 화제를 바꾸어, 반사성 다층 광학 필름이 전술한 반사 및 투과 특성을 나타내도록 설계될 수 있는 방법을 설명한다.

[0041] 전술한 바와 같이, 다층 광학 필름은 일부 광이 인접한 미세층들 사이의 계면에서 반사되도록 상이한 굴절률 특성을 갖는 개별 미세층들을 포함한다. 미세층들은 복수의 계면에서 반사된 광이 보강 간섭 또는 상쇄 간섭을 받아서 다층 광학 필름에 원하는 반사 특성 또는 투과 특성을 제공하도록 충분히 얇다. 자외선, 가시광선 또는 근적외선 파장의 광을 반사하도록 설계된 다층 광학 필름의 경우, 각각의 미세층은 일반적으로 약 $1 \mu\text{m}$ 미만의 광학 두께(물리적 두께에 굴절률을 곱함)를 갖는다. 그러나, 다층 광학 필름의 외측 표면에 있는 스킨층, 또는 미세층들의 상호 밀착군("스택(stack)" 또는 "패킷(packet)"으로 알려짐)들을 분리하는 다층 광학 필름 내에 배

치된 보호 경계층(protective boundary layer, PBL)과 같은 더 두꺼운 층이 또한 포함될 수 있다. 원한다면, 2개 이상의 별개의 다층 광학 필름이 라미네이트를 형성하도록 하나 이상의 두꺼운 접착층으로 함께 라미네이팅 될 수 있다.

[0042] 간단한 실시예에서, 미세층들은 $\frac{1}{4}$ -파 스택($\frac{1}{4}$ -wave stack)에 대응하는 두께 및 굴절률 값을 가질 수 있는데, 즉 동일한 광학 두께(f-비(f-ratio) = 50%)의 2개의 인접한 미세층을 각각 갖는 광학 반복 단위 또는 단위 셀(unit cell)로 배열될 수 있으며, 그러한 광학 반복 단위는 그것의 파장 λ 가 광학 반복 단위의 전체 광학 두께의 2배인 보강 간섭 광에 의해 반사하는 데 효과적이고, 여기서 물체의 "광학 두께"는 그의 물리적 두께에 그의 굴절률을 곱한 것을 말한다. 필름의 두께 축(z-축)을 따른 두께 구배는 관심 대상의 광범위한 파장 대역에 걸쳐 그리고 또한 관심 대상의 모든 각도에 걸쳐 실질적으로 스펙트럼적으로 평평한 광의 투과 및 반사를 제공하는 광범위한 반사 밴드를 제공하기 위해 사용된다. 미국 특허 제6,157,490호(휘틀리(Wheatley) 등)에 논의된 바와 같이, 고 반사와 고 투과 사이의 파장 전이에서의 밴드 에지를 예리하게 하도록 조정된 두께 구배가 또한 사용될 수 있다. 중합체 다층 광학 필름의 경우, 반사 밴드는 예리해진 밴드 에지는 물론, 반사 특성이 응용의 파장 범위를 가로질러 본질적으로 일정한 "평평한 상부" 반사 밴드를 갖도록 설계될 수 있다. 스펙트럼적으로 평평한 넓은 반사 밴드는 본 명세서에 설명된 다층 광학 필름에 특히 중요하다. 그것의 f-비가 50%와 상이한 2-미세층 광학 반복 단위를 갖는 다층 광학 필름 또는 그것의 광학 반복 단위가 2개 초과인 미세층을 포함하는 필름과 같은 다른 층 배열이 또한 고려된다. 이 대안적인 광학 반복 단위 설계들은 원하는 광범위한 파장 대역이 근적외선 파장까지 연장한다면 유용할 수 있는, 소정의 높은 차수(higher-order)의 반사를 감소 또는 여기서 키도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 미국 특허 제5,360,659호(아렌즈(Arends) 등) 및 제5,103,337호(슈링크 등)를 참조한다.

[0043] 적합한 다층 광학 필름 및 관련 설계와 구성의 추가 상세 사항이 미국 특허 제5,882,774호(존자 등), 제 6,531,230호(웨버(Weber) 등), PCT 공개 WO 95/17303호(오더커크(Ouderkerk) 등), WO 99/39224호(오더커크 등), 및 문헌["Giant Birefringent Optics in Multilayer Polymer Mirrors", Science, Vol. 287, March 2000 (Weber et al.)]에서 확인될 수 있다.

[0044] 다층 광학 필름 및 필름 본체는 그의 광학적, 기계적 및/또는 화학적 특성을 위해 선택된 추가의 층 및 코팅을 포함할 수 있다. 예를 들어, UV 흡수층이 구성요소를 UV광으로 인한 열화로부터 보호하기 위해 광학 요소의 입사측에 추가될 수 있다. 추가의 층 및 코팅은 또한 굽힘 방지층, 인열 방지층 및 경화제(stiffening agent)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 미국 특허 제6,368,699호(길버트(Gilbert) 등)를 참조한다.

[0045] 도 3은 다층 광학 필름(300)의, 하나의 광학 반복 단위를 구성하는 2개의 인접한 미세층(302, 304)을 도시한다. 필름(300)은 전형적으로 수십, 수백 또는 수천의 그러한 미세층은 물론, 위에서 설명된 바와 같은 선택적인 스킨층 및 보호 경계층을 포함하며, 도면에는 미세층의 단일 쌍을 제외하고는 어떤 것도 도시되어 있지 않다. 미세층은 복수의 계면에서 반사된 광이 보강 간섭 또는 상쇄 간섭을 받아서 필름에 설명된 반사 또는 투과 특성을 제공하도록 충분히 얇다. 각각의 미세층은, 적어도 필름의 국부적인 위치에서, 평면내 굴절률 n_x , n_y , 및 필름의 두께 또는 z-축과 연관된 굴절률 n_z 에 의해 특성화될 수 있다. 이 굴절률들은 각각 서로 직교하는 x-축, y-축 및 z-축을 따라 편광된 광에 대한 대상 재료의 굴절률을 나타낸다. 다층 광학 필름(300)의 반사 및 투과 특성은 각각의 미세층의 이 굴절률들의 함수이다. 특히 중요한 것은, x-축, y-축 및 z-축을 따라 편광된 광에 대한 인접한 미세층들 사이의 굴절률 차(Δn_x , Δn_y , Δn_z)이다. 다른 중요한 설계 파라미터는 사용된 미세층의 층 수, 및 필름의 z-축을 따른 미세층들의 층 두께 분포이다.

[0046] 우리는 위에서 설명된 바와 같은 다층 광학 필름의 원하는 반사율 및 투과율 특성을 달성하는 것을 돕는 데에 유용한 이하의 설계 지침을 발견하였다. 일반적으로, 평면내 굴절률 차 Δn_x , Δn_y 는 둘 모두가 실질적으로 부정합되어야 하는데, 즉 평면내 굴절률 차는 각각 상대적으로 큰 크기를 가져야 하지만, 또한 아래에 추가로 설명되는 바와 같이 서로 상이하야 한다. 이 평면내 굴절률 부정합을 고려하면, 미세층의 층 수는 x-축을 따라 편광된 수직 입사광에 대해 그리고 y-축을 따라 편광된 그러한 광에 대해, 예를 들어 적어도 75%, 80%, 85% 또는 90%의 고 반사율을 제공하기에 충분히 크도록 선택될 수 있다.

[0047] 평면외 굴절률 차에 관해서, 우리는 본 발명의 다층 광학 필름의 목적을 위해 큰, 바람직하게는 적어도 하나의 평면내 굴절률 차 Δn_y 정도이거나 그보다 큰 Δn_z 를 선택하며, 이러한 선택은 Δn_z 를 다루는 다층 광학 필름에서의 종래 방법의 중점과 대부분 반대이다. 우리는 또한 Δn_y 와 동일한 부호 또는 극성을 갖는 Δn_z 를

선택한다. 이 점에 관해서, 두 굴절률 차 Δn_y , Δn_z 는 z-방향에서 더 높은 굴절률 n_z 를 갖는 미세층이 또한 y-방향을 따라 더 높은 굴절률 n_y 를 갖는 경우, 그리고 역으로도, 즉 z-방향에서 더 낮은 굴절률 n_z 를 갖는 미세층이 또한 y-방향에서 더 낮은 굴절률 n_y 를 갖는 경우 동일한 극성 또는 부호를 갖는다. Δn_y 정도 또는 그보다 크고 동일한 부호의 평면의 굴절률 차 Δn_z 를 선택함으로써, 우리는 필름이 적어도 하나의 내부 브루스터 각, 즉 약평면으로 지칭되는 y-z 평면 내의 브루스터 각을 갖고, 일부 경우에 브루스터 각이 심지어 평평한 필름 표면과 함께 공기로부터 얻어질 수 있는 것을 보장한다. 우리는 이 y-z 평면 브루스터 각의 효과가 공기 매질로부터 필름에 그리고 y-z 평면에 입사하는 p-편광된 광의 비축 반사율을 대폭 감소시키기에 충분히 강하게 되는 것을 허용하여, y-축은 위에서 설명한 약축이 된다.

[0048] 브루스터 각은 상이한 굴절률을 갖는 두 영역들 사이의 평면 경계에 입사하는 광의 반사율이 전파 방향 및 표면에 대한 법선에 의해 한정되는 평면에서 전기장 벡터를 갖는 그러한 광에 대해 0인 입사각이다. 다시 말하면, 상이한 굴절률을 갖는 두 영역들 사이의 평면 경계에 입사하는 광에 대해서, 브루스터 각은 p-편광된 광에 대해 반사율이 0인 입사각이다. 굴절률 n_1 의 제1 등방성 매질로부터 굴절률 n_2 의 제2 등방성 매질의 전파의 경우, 브루스터 각은 아크 탄젠트(arc tan)(n_2/n_1)로 주어진다. "내부 브루스터 각"은, 광이 내부 브루스터 각으로 전파되도록 외부 공기 매질로부터 필름 내로 광을 주입하는 것이 가능하든지 아니든지 간에, 필름에 대해 내부에 있는 그리고 공기 또는 시스템 내의 다른 구성요소와의 계면에 있지 않은 계면에서의 브루스터 각을 지칭한다. 내부 브루스터 각은 2개의 상이한 굴절률을 갖는 인접한 부분들 사이에서 구조체 내에 계면이 존재할 때 광학 구조체에 존재할 수 있다. 일반적으로, 주어진 다층 광학 필름은 내부 브루스터 각을 갖거나 갖지 않을 수 있다. 예를 들어, 다층 광학 미러 필름 내의 교번하는 층들 중 하나 또는 둘 모두가 복굴절성이고, 층들의 z-굴절률이 평면내 굴절률에 대해 소정의 차 Δn_z 를 갖는다면, 내부 브루스터 각은 존재하지 않을 것이다. 그러나, 굴절률은 평면내 굴절률 차와 협력하여 내부 브루스터 각을 생성하는 차 Δn_z 를 제공하도록 대안적으로 선택될 수 있다. 주어진 계면은 일반적으로 2개, 1개 또는 0개의 내부 브루스터 각, 즉 x-z 평면에 입사하는 광에 대한 제1 내부 브루스터 각, 및 y-z 평면에 입사하는 광에 대한 제2 내부 브루스터 각; 오직 y-z 평면에서의 광에 대한 내부 브루스터 각을 갖거나; x-z 평면 또는 y-z 평면 중 어느 평면에도 내부 브루스터 각이 존재하지 않을 수 있음에 유의한다.

[0049] 이제 원하는 반사율 및 투과율 특성을 달성하는 데에 유용한 우리의 설계 지침의 논의로 되돌아가, Δn_x 및 Δn_y 를 둘 모두가 실질적으로 부정함되도록 선택하는 것 이외에, 그리고 Δn_z 를 Δn_y 에 비해 크고 동일한 부호를 갖도록 선택하는 것 이외에, 우리는 또한 미세층의 선택된 층 수에 대해 Δn_x 및 Δn_z 의 조합이 크게 경사진 각도에서 p-편광된 광의 임의의 강한 투과율로 이어지지 않도록 다른 평면내 굴절률 차 Δn_x 가 Δn_y 와 충분히 상이한 것을 보장한다. 이러한 방식으로, x-축이 위에서 설명된 약축이 된다. 이를 행하는 하나의 방법은 Δn_x 를 Δn_y 와 동일한 부호 또는 극성이지만 더 큰 크기를 갖도록 선택하는 것에 의한다. 이 경우, Δn_x , Δn_y 및 Δn_z 는 모두 동일한 극성 또는 부호를 가질 것이다. (주어진 Δn_z 의 크기에 대해 그리고 주어진 미세층의 수에 대해) Δn_y 에 비해 Δn_x 의 더 큰 크기는 y-z 평면의 내부 브루스터 각보다 더 경사진 x-z 평면의 내부 브루스터 각을 생성한다. 이것은, 반사율이 x-z 평면 브루스터 각으로 인해 법선에 대해 약간 경사진 각도에서 약간 감소하더라도, x-z 평면에서의 p-편광된 광의 그러한 반사율이 공기 중에서의 모든 입사각에 걸쳐 높게(예를 들어, 적어도 75%) 유지되는 것을 허용한다.

[0050] Δn_x 및 Δn_z 의 조합이 크게 경사진 각도에서 p-편광된 광의 임의의 강한 투과율로 이어지지 않도록 Δn_x 가 Δn_y 와 충분히 상이한 것을 보장하는 다른 방법은, Δn_y (및 Δn_z)와 상이한 부호 또는 극성을 갖도록 Δn_x 를 선택하는 것이다. 이것은, 양의 복굴절성 재료 및 음의 복굴절성 재료의 모든 조합이 원하는 반사율 및 투과율 특성을 허용하는 전술된 다른 지침들을 충족시키지는 않을지라도, 다층 스택 내에 양의 복굴절성 재료 및 음의 복굴절성 재료의 조합에 의해 행해질 수 있다. 이 접근법은 x-z 평면에 내부 브루스터 각이 존재하지 않은 것으로 이어진다. 따라서 그러한 다층 필름은 y-z 평면에 있는 하나의 내부 브루스터 각만을 갖는다. 이러한 접근법에 의해, "강축" 굴절률 차 Δn_x 가 "약축" 굴절률 차 Δn_y 의 크기보다 더 작은 크기를 갖는 것이 가능하며, 여전히 위에서 설명된 원하는 반사율 및 투과율 특성을 유지하는 것이 가능하다.

[0051] 전술한 논의에서, 각각의 평면내 축에 기호를 할당하는 것은 임의적이며, 임의의 규약이 사용될 수 있음에 유의

한다. 예를 들어, 강축을 y-축과 연관시키고 약축을 x-축과 연관시키도록 선택할 수 있다.

[0052] 도 3a 및 도 3b는 위에서 논의된 지침을 충족시킬 수 있으며 적절한 재료 선택 및 처리 조건을 통해 기존의 공압출가능한 중합체 재료 및 알려져 있는 처리 설비에 의해 달성될 수 있는 예시적인 굴절률 관계를 도시한다. 이 도면들에서, 다층 광학 필름 내의 2개의 인접한 미세층에 대응하는 두 재료의 상대 굴절률이 x-방향, y-방향 및 z-방향에서의 각 재료의 굴절률에 대응하는 3개의 칼럼으로 도시되며, 여기에서 실선은 하나의 재료에 대해 사용되며 점선은 다른 하나의 재료에 대해 사용된다. 도면 각각의 수직축은 기호로 표시되지 않지만 굴절률에 대응하며, 이때 더 높은 곳의 선은 더 높은 굴절률에 대응한다. 물론, 소정의 축에 관한 굴절률 차는 적절한 칼럼에 관해 실선의 높이와 점선의 높이를 비교함으로써 용이하게 결정될 수 있다.

[0053] 도 3a는 더 높은 굴절률 재료가 양의 복굴절성이고 더 낮은 굴절률 재료가 등방성인 층 쌍들에 대한 예시적인 굴절률을 나타낸다. 이 도면에서, 복굴절성 재료의 z-굴절률은 Δn_z 가 Δn_y 정도이거나 그보다 더 크며 동일한 부호를 가질 수 있음을 증명하는 일련의 실선으로 도시된다. Δn_z 는 Δn_x 의 값 및 사용된 미세층의 수에 따라 Δn_y 보다 약간 더 작지만 그럼에도 Δn_y "정도"일 수 있음에 유의한다. 적절한 조건 하에서의 양의 복굴절성 재료의 신장은 x-방향을 그것의 굴절률 n_x 가 증가하게 하고, y-방향 및 z-방향을 그것의 굴절률 n_y 및 n_z 가 감소하게 한다.

[0054] 도 3b는 하나의 재료는 양의 복굴절성(실선)이고 다른 재료는 음의 복굴절성(점선)인 층 쌍들에 대한 예시적인 굴절률을 나타낸다. 도시된 굴절률은 신디오타틱 폴리스티렌(syndiotactic polystyrene, sPS)이 음의 복굴절성 재료로서 사용되고 30/70 coPEN이 양의 복굴절성 재료로서 사용된, 아래에 설명되는 실시예를 나타낸다. 도시된 굴절률은 적절한 조건 하에서 (최초 등방성의) 공압출된 층을 x-방향으로 신장시키므로써 달성될 수 있다. 대부분의 다층 스택과 대조적으로, x-방향에서 더 높은 굴절률을 갖는 재료가 y-방향에서 더 낮은 굴절률을 가지며 역으로도 성립하기 때문에, 도 3b의 실시예의 어느 재료도 "고 굴절률" 층 또는 "저 굴절률" 층으로서 인정될 수 없다.

[0055] 설명된 다층 광학 필름을 생성하도록 공압출가능하고 그렇지 않으면 알려져 있는 공압출 및 텐터링(tentering) 설비로 처리가능하며, 위에서 논의된 원하는 굴절률 관계를 달성할 수 있는 재료의 쌍들을 선택할 수 있는 다양한 중합체 재료가 현재 입수가 가능하다. 추가의 적합한 재료가 어찌면 미래에 또한 입수가 가능하게 될 것이다. 현재 입수가 가능한 예시적인 음의 복굴절성 재료는 신디오타틱 폴리스티렌(sPS)이다. 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)는 물론 다른 폴리에스테르 및 코폴리에스테르와 같이, "coPEN"으로 지칭되는, 폴리에스테르의 제조에 사용되는 나프탈렌 다이카복실산 및 다양한 다른 단량체에 기반한 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN)의 소정의 공중합체 또는 블렌드가 양의 복굴절성 중합체로서 유용하다. 특히 적합한 coPEN은 "90/10 coPEN"으로 지칭되는 90% PEN 및 10% PET의 공중합체이다. coPEN은 별개의 중합체들을 제조하는 데에 사용되는 성분 단량체들의 혼합물로부터 직접 중합될 수 있거나, 공중합체는 충분한 온도 및 시간 동안 압출기 및 용융물 트레이(melt train) 내에서 블렌딩(blending)함으로써 제조될 수 있다. 적합한 저 굴절률 등방성 재료에는 미국 테네시주 킹스포트 소재의 이스트만 케미칼 컴퍼니(Eastman Chemical Company)로부터 입수가 가능한 코폴리에스테르인 네오스타 엘라스토머(Neostar Elastomer) FN007; 크라톤 폴리머스(Kraton Polymers)로부터 입수가 가능한 스티렌 에틸렌/부타디엔 스티렌 블록 공중합체인 크라톤(Kraton) G1657; 폴리에틸렌; 폴리프로필렌 및 폴리에틸렌의 공중합체; 폴리메틸 메타크릴레이트("PMMA"); PMMA의 공중합체("coPMMA"); 폴리비닐 부티랄("PVB"); 폴리비닐 알코올("PVA"); 에틸렌/옥텐 공중합체; 폴리락트산(polylactic acid)("PLA"); 미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니로부터 입수가 가능한 THV™ 플루오로중합체; 및 실리콘 폴리-옥사미드(SPOx), 또는 더 정확하게는 발명의 명칭이 "열가소성 실리콘 블록 공중합체를 포함하는 다층 필름"(대리인 문서 번호 61494US007)인, 공히 양도된 미국 특허 출원 공개 제2007/0177272호(벤슨(Benson) 등)에 기재된 바와 같은 "폴리다이오가노실록산 폴리옥사미드 블록 공중합체"가 포함된다. 다른 실리콘 및 플루오로중합체가 또한 저 굴절률 재료로서 유용하다. 예시적인 양의 복굴절성 재료는 "30/70 coPEN"으로 지칭되는 70% PET 및 30% PEN의 공중합체를 포함한다.

[0056] 반사성 다층 광학 필름에서의 색상의 제어는 백라이트형 디스플레이(backlit display)에서와 같이 투과된 광이 직접 관찰될 때 또는 일반적인 조명에서와 같이 투과된 광이 다른 물체를 관찰하기 위한 목적으로 사용될 때 중요할 수 있다. 이러한 용법은 반사로 관찰되는 전형적인 미러, 즉 반사된 광만이 관찰되는 때와는 대조적이다. 저 투과율을 갖는 부분 반사기의 경우, 예를 들어 일부 파장에서 5% 투과율을 그리고 다른 파장에서 10% 투과율을 갖는 미러와 같이 상이한 파장들에서의 투과율의 작은 변화는 다소 다채로운 색상의 필름을 생성할 수 있다. 색상은 반사율 스펙트럼의 형상에 의해 제어된다. 진공 증착과 같은 알려져 있는 공정은 층 스택 내의 각각의 개별 층의 층 두께 값을 정밀하게 제어하여 중간 반사율을 갖는 미러의 색상을 제어할 수 있다. 그러나, 개별

층 제어는 수백개의 개별 중합체 층으로 인해 중합체 공압출 기술을 사용하면 더 어렵다.

- [0057] 미국 특허 제5,126,880호(휘틀리 등) 및 제5,568,316호(슈링크 등)는 다층 간섭 반사기의 혼색(iridescence)을 감소시키기 위해 얇은 층 및 매우 두꺼운 층의 조합의 사용을 교시한다. 예를 들어 수직 입사와 같은 일부 각도에서 고 반사율이 요구되는 경우, 이 접근법에 관해서는 많은 수의 층이 필요하며, 이것은 필름에서의 광 손실을 증가시키는 매우 두꺼운 필름으로 이어진다.
- [0058] 바람직한 접근법은 전부 또는 대부분의 1/4-파장 필름 스택을 사용하는 것이다. 이 경우에, 스펙트럼의 제어는 필름 스택에서의 층 두께 프로파일의 제어를 필요로 한다. 공기 중에서 큰 각도 범위에 걸쳐 가시광을 반사하는 데 필요한 것과 같은 광대역 스펙트럼은, 무기물 필름에 비해 중합체 필름으로 달성가능한 상대적으로 작은 굴절률 차로 인해, 층이 중합체인 경우 여전히 많은 수의 층을 필요로 한다. 그러한 필름의 층 두께 프로파일은 현미경 기술로 얻어진 층 프로파일 정보와 조합된, 미국 특허 제6,783,349호(니빈(Neavin) 등)에 교시된 측방향 로드 장치를 사용하여 개선된 스펙트럼 특성을 제공하도록 조정될 수 있다.
- [0059] (약 250개의 층을 초과하는) 높은 층 층수(layer count)를 갖는 중합체 다층 광학 필름은 전통적으로 층 다중화기를 사용하여 제조되는데, 즉 피드블록 내의 슬롯 형성된 층들의 단일 세트로부터 생성된 다수의 층 패킷으로 구성된다. 이 방법은 미국 특허 제6,783,349호(니빈 등)에 개요가 기재되어 있다. 그러한 층 다중화기 장치가 많은 수의 광학층의 생성을 크게 간단하게 하지만, 층 다중화기 장치가 각각의 생성된 층 패킷에 부여하는 왜곡은 각각의 패킷에 대해 동일하지 않다. 이러한 이유 때문에, 피드블록에 생성된 층들의 층 두께 프로파일에서의 임의의 조정은 각각의 패킷에 대해 동일하지 않으며, 이것은 모든 패킷이 스펙트럼 중단(spectral disruption) 없는 균일하고 매끄러운 스펙트럼을 생성하도록 동시에 최적화될 수 없음을 의미한다. 따라서, 최적의 프로파일 및 저 투과율 색상 반사기는 다중화기를 사용하여 멀티패킷 필름으로 제조하기가 어렵다. 피드블록에 직접 생성된 단일 패킷 내의 층들의 수가 충분한 반사율을 제공하지 않는 경우, 2개 이상의 그러한 필름이 반사율을 증가시키기 위해 라미네이팅될 수 있지만, 이것은 일반적으로 미러에서의 손실을 증가시킬 것이다.
- [0060] 따라서 담색(low color) 또는 제어된 색상 스펙트럼을 갖는 다층 광학 필름을 제공하기 위한 바람직한 기술은 다음과 같다:
- [0061] 1) 미국 특허 제6,783,349호(니빈 등)에 교시된 바와 같은 공압출된 중합체 층의 층 두께 값의 측방향 로드 히터 제어의 사용.
- [0062] 2) 스택 내의 모든 층이 층 형성 동안에 측방향 로드 히터 구역에 의해 직접 제어되도록 하는, 즉 층 다중화기를 사용하지 않는 피드블록 설계.
- [0063] 3) 예를 들어 원자힘 현미경(atomic force microscope, AFM), 투과 전자 현미경(transmission electron microscope) 또는 주사 전자 현미경(scanning electron microscope)과 같은 층 두께 측정 도구로부터의 산출 동안에 적시의 층 두께 프로파일 피드백.
- [0064] 4) 원하는 층 두께 프로파일을 생성하기 위한 광학적 모델링.
- [0065] 5) 측정된 층 프로파일과 원하는 층 프로파일 사이의 차에 기초하여 측방향 로드 조정을 반복.
- [0066] 일반적으로 AFM만큼 정확하지는 않지만, 층 프로파일은 또한 광학 스펙트럼을 적분(-Log(1-R)) 대 파장 스펙트럼을 적분)함으로써 신속하게 평가될 수 있다. 이것은, 층 두께 프로파일이 층 수에 관해서 단조 증가 또는 감소한다면, 반사기의 스펙트럼 형상이 층 두께 프로파일의 도함수로부터 얻어질 수 있다는 일반 원리로부터 당연하다.
- [0067] 층 두께 프로파일 제어를 위한 기본 프로세스는 목표 층 두께 프로파일과 측정된 층 프로파일의 차에 기초한 측방향 로드 구역 전원 세팅의 조정을 포함한다. 주어진 피드블록 구역 내의 층 두께 값을 조정하기 위해 필요한 측방향 로드 전력 증가는, 먼저 그 히터 구역 내에서 발생하는 층의 결과적인 두께 변화의 나노미터당 열 공급의 와트에 있어서 보정될 수 있다. 275개의 층에 대해 24개의 측방향 로드 구역을 사용하여 스펙트럼의 미세한 제어가 가능하다. 일단 보정된 후, 필요한 전력 조정은 목표 프로파일 및 측정된 프로파일이 주어지기만 하면 계산될 수 있다. 이러한 절차는 두 프로파일이 수렴할 때까지 반복된다.
- [0068] 이제 필름 또는 물체에 관해서 입사하는 광 및 반사되는 광의 다양한 각도 및 방향을 논의할 때 소정의 기하학적 고려 사항 및 규약을 다루는 도 4 및 도 4a를 참조한다. 도 4는, 필름에 의한 광의 투과 또는 반사에 관한 결론을 내릴 수 있기 전에 s-편광된 광 및 p-편광된 광의 입사 방향을 특정하여야 함을 강조하기 위해, "이상적인" 편광 필름에 입사하는 광의 거동을 살펴본다. 광선(410)은 입사각 θ 로 이상적인 편광 필름(402)에 입사하

여, 입사 평면(412)을 형성한다. 필름(402)은 x-축에 평행한 통과축(406) 및 y-축에 평행한 차단축(404)을 포함한다. 광선(420)의 입사 평면(422)은 차단축(404)에 평행하다. 광선(420)은 입사 평면(422)에 있는 p-편광된 성분, 및 입사 평면(422)에 직교하는 s-편광된 성분을 갖는다. 광선(420)의 p-편광된 광은 편광기(402)의 차단축(404)에 적어도 부분적으로 평행하고 따라서 입사각에 따라 편광기에 의해 반사될 수 있는 반면, 광선(420)의 s-편광된 광은 편광기(402)의 통과축(406)에 평행하며 적어도 일부 투과된다.

[0069] 또한, 도 4는 편광기(402)의 통과축(406)에 평행한 입사 평면(412)에서 편광기(402)에 입사하는 광선(410)을 도시한다. 따라서, 광선(410)의 p-편광된 광은 편광기(402)의 통과축(406)에 평행한 반면, 광선(410)의 s-편광된 광은 편광기(402)의 차단축(404)에 평행하다. 그 결과, 편광기(402)가 차단축에서 편광된 광에 대해 입사광의 모든 각도에서 100%의 반사율을 갖고 통과축에서 편광된 광에 대해 입사광의 모든 각도에서 0%의 반사율을 갖는 "이상적인" 편광기라면, 편광기는 광선(420)의 s-편광된 광 및 광선(410)의 p-편광된 광을 투과시키는 한편, 광선(420)의 p-편광된 광 및 광선(410)의 s-편광된 광을 반사시킨다. 다시 말하면, 편광기(402)는 p-편광된 광 및 s-편광된 광의 조합을 투과시킬 것이다.

[0070] 도 4a는 x-y-z 좌표계의 원점을 통과하는 그리고 또한 점(p)을 통과하는 임의의 방향 벡터를 도시한다. 점(p)은 x-y 평면에 투영(p')을 갖는다. 입사, 반사 또는 투과의 방향에 대응할 수 있는 방향 벡터는 z-축에 관해서 극각 θ 를 이룬다. x-y 평면에서의 벡터의 투영은 x-축에 대해서 또는 x-y 평면 내의 다른 일부 지정축에 대해서 방위각 ϕ 를 형성한다. 따라서 방향 벡터는 각 쌍 θ, ϕ 에 의해 고유하게 특성화될 수 있으며, 여기서 예를 들어 θ 는 0 내지 90도의 범위이고 ϕ 는 0 내지 360도, 또는 -180 내지 +180도의 범위이다. x-y 평면에 배치된 필름에 입사하는 광에 대한 입사 평면은 방위각 ϕ 에 의해 특정될 수 있으며, 이때 x-z 평면은 $\phi = 0$ 또는 180도에 의해 특정되고 y-z 평면은 $\phi = 90$ 또는 -90 또는 270도에 의해 특정됨에 또한 유의한다.

[0071] 이제 위에서 논의된 원하는 반사 및 투과 특성을 갖는 고 투과율 플렉스 균등 필름으로서 사용하기에 적합한 몇몇의 구체적인 다층 광학 필름 실시예를 설명한다.

[0072] 제1 경우에, 교번하는 스택 내의 중합체들 중 하나로서 90/10 coPEN을 그리고 다른 중합체로서 실리콘 폴리-옥사미드(SPOx)를 선택한다. 이 중합체들은 공압출에 대해 상용성이며 신장될 때 허용가능한 층간 점착성을 나타낸다. 이 재료들의 교번하는 층들의 압출물은 이하의 굴절률을 갖는 다층 광학 필름을 제공하도록 적합한 조건 하에서 배향될 수 있다:

	n_x	n_y	n_z
90/10 coPEN 미세층	1.820	1.570	1.550
SPOx 미세층	1.410	1.410	1.410
스킨 1	1.564	1.564	1.564
스킨 2	1.564	1.564	1.564
외층	1.0	1.0	1.0

[0073] 이 굴절률들은 하나는 x-z 평면에 있고 하나는 y-z 평면에 있는 2개의 내부 브루스터 각을 갖는 각각의 미세층 계면을 제공한다. 굴절률은 또한 y-축이 약축이고 x-축이 강축임을 나타낸다. 이 실시예는 보호 경계층이 개재됨이 없이 단일 스택 또는 패킷 내에 배열된 550개의 개별 미세층을 취하며, 미세층의 절반은 90/10 coPEN으로 그리고 나머지 절반은 SPOx로, 교번하는 배열로 구성된다. 따라서 스택은 본질적으로 275개의 광학 반복 단위로 이루어지며, 각각의 반복 단위는 90/10 coPEN의 하나의 미세층 및 SPOx의 하나의 미세층을 포함한다. 스택은 또한 필름의 두께 방향에 걸쳐 단조로운 층 두께 구배를 포함하며, 이때 스택의 일 단부에 위치하는 가장 얇은 광학 반복 단위는 200 nm의 광학 두께를 가지며, 스택의 대향 단부에 위치하는 가장 두꺼운 광학 반복 단위는 475 nm의 광학 두께를 갖는다. 이러한 층 분포는 400 nm 내지 950 nm에 걸치는 실질적으로 평평하고 넓은 반사 밴드를 제공한다. 마지막으로, 이 실시예는 스택의 대향 면들 상에 광학적으로 두꺼운 스킨층을 포함하며, 이 스킨층은 위의 표에 나타난 바와 같은 등방성 굴절률을 갖고 이스트만 케미칼스(Eastman Chemicals)로부터 입사가능한 PETg를 나타낸다. 각각의 스킨층은 일 면에서 미세층 스택과 접촉하고 타 면에서 공기(위의 표에서 "외층")와 접촉한다.

[0075] 이 제1 실시예는 컴퓨터를 이용하여 모델링하였으며, 그 반사율은 공기 중에서의 입사 방향, 편광 및 파장의 함수로서 계산하였다. 각각의 입사 방향 및 편광에 대해, 스펙트럼적으로 평균된 반사율 값을 제공하기 위해 전형적으로 420 내지 680 nm인 관심 대상의 파장 범위에 걸쳐 계산된 반사율을 평균하였다. 그렇게 획득되고, 스

킨층들 중 하나의 외측 표면에서의 하나의 필름/공기 계면만의 효과를 포함하는 결과가 도 5에 도시된다.

[0076] 도 5에서, 곡선(510)은 약(y-z)평면에 입사하는 p-편광된 광에 대한 것이며, 곡선(512)은 강(x-z)평면에 입사하는 s-편광된 광에 대한 것이며, 곡선(514)(삼각형 데이터 점들)은 강평면에 입사하는 p-편광된 광에 대한 것이며, 약평면에 입사하는 s-편광된 광의 반사율은 (그래프의 스케일에서) 반사율 = 100% 선과 구별할 수 없고 따라서 나타내지 않는다. 모든 편광의 수직 입사광에 대한 고 반사율에 주목한다. 약 70 내지 80도의 입사각에서 측정 값의 절반 미만까지 감소하는, 약평면에 입사하는 p-편광된 광에 대한 반사율의 큰 하락에 또한 주목한다. 마지막으로, 강평면에 입사하는 p-편광된 광에 대해 모든 입사각에 걸쳐 고 반사율이 유지됨에 주목한다.

[0077] 도 5a는 방위각 Φ 의 함수로서 제1 실시예의 계산된 평균 투과율(100% - 퍼센트 평균 반사율과 같음)의 선도를 도시하며, 이때 각각의 개별 곡선은 특정 입사각 θ 에 대해 계산되었다. 각도 Φ 는 강축 또는 x-축에 관해서 측정되어, $\Phi = 0, 180$ 또는 360 은 강축에 대응하며 $\Phi = 90$ 또는 270 은 약축(y)축에 대응한다. "평균 투과율"은 여기서 각각의 계산된 데이터 점에 대하여, 직교하는 양 편광(s-편광 및 p-편광)에 대한 투과율을 평균한 것을 지칭한다. 곡선(520)은 $\theta = 0$ 도(수직 입사, 이것은 물론 방위각의 함수로서 변화가 없음을 나타냄)에 대한 것이며, 곡선(522)은 $\theta = 30$ 도에 대한 것이며, 곡선(524)은 $\theta = 50$ 도에 대한 것이며, 곡선(526)은 $\theta = 60$ 도에 대한 것이며, 곡선(528)은 $\theta = 70$ 도에 대한 것이다. 이 동일한 투과율 데이터의 일부가 도 5b에 극좌표 형식(polar form)으로 플로팅된다. 이 도면에서, 선도의 중심으로부터의 반경방향 거리는 투과율 값을 나타내며, 방위각 Φ 는 원주 둘레에 표시되어 있으며, 여기서 역시 $\Phi = 0$ 은 강축(x)축에 대응한다. 곡선(530)은 $\theta = 40$ 도에 대한 것이며, 곡선(532)은 $\theta = 50$ 도에 대한 것이며, 곡선(534)은 $\theta = 60$ 도에 대한 것이며, 곡선(536)은 $\theta = 70$ 도에 대한 것이다.

[0078] 제2 다층 광학 필름 실시예에서, 교번하는 스택 내의 중합체들 중 하나로서 90/10 coPEN을 다시 선택하지만, 이번에는 저 굴절률 등방성 중합체로서 THV를 선택한다. 이 중합체들은 공압출에 대해 상용성이며 신장될 때 허용가능한 층간 접착성을 나타낸다. 이 재료들의 교번하는 층들의 압출물은 이하의 굴절률을 갖는 다층 광학 필름을 제공하도록 적합한 조건 하에서 배향될 수 있다:

	n_x	n_y	n_z
90/10 coPEN 미세층	1.82	1.57	1.56
THV 미세층	1.35	1.35	1.35
스킨 1	1.564	1.564	1.564
스킨 2	1.564	1.564	1.564
외측	1.0	1.0	1.0

[0079] 여기에 나타난 굴절률은 역시 하나는 x-z 평면에 있고 하나는 y-z 평면에 있는 2개의 내부 브루스터 각을 갖는 각각의 미세층 계면을 제공하며, 이때 y-축은 역시 필름의 약축에 대응하고 x-축은 필름의 강축에 대응한다. 이 제2 실시예는 보호 경계층이 개재됨이 없이 단일 스택 또는 패킷 내에 배열된 275개의 개별 미세층만을 취하며, 미세층의 약 절반은 90/10 coPEN으로 그리고 나머지 미세층은 THV로, 교번하는 배열로 구성된다. 따라서 스택은 본질적으로 약 137개의 광학 반복 단위로 이루어지며, 각각의 반복 단위는 90/10 coPEN의 하나의 미세층 및 THV의 하나의 미세층을 포함한다. 스택은 또한 필름의 두께 방향에 걸쳐 단조로운 층 두께 구배를 포함하며, 이때 스택의 일 단부에 위치하는 가장 얇은 광학 반복 단위는 200 nm의 광학 두께를 가지며, 스택의 대향 단부에 위치하는 가장 두꺼운 광학 반복 단위는 475 nm의 광학 두께를 갖는다. 이러한 층 분포는 400 nm 내지 950 nm에 걸치는 실질적으로 평평하고 넓은 반사 밴드를 제공한다. 마지막으로, 이 실시예는 스택의 대향 면들 상에 광학적으로 두꺼운 스킨층을 포함하며, 이 스킨층은 위의 표에 나타난 바와 같은 등방성 굴절률을 갖고 이스트만 케미칼스로부터 입수가 가능한 PETg를 나타낸다. 각각의 스킨층은 일 면에서 미세층 스택과 접촉하고 타 면에서 공기(위의 표에서 "외측")와 접촉한다.

[0081] 이 제2 실시예는 제1 실시예와 유사한 방법으로 컴퓨터를 이용하여 모델링하였다. 전형적으로 420 내지 680 nm 인 파장 평균을 역시 사용하였으며, 이 제2 실시예의 경우 2개의 필름/공기 계면(양 스킨층의 외측 표면들)의 효과를 반사율 및 투과율 계산에 포함시켰다.

[0082] 도 6은 제2 실시예에 대한, 계산된 반사율 대 입사각 θ 의 선도를 도시한다. 곡선(610)은 강(x-z)평면에 입사하는 s-편광된 광에 대한 것이며, 곡선(612)은 강평면에 입사하는 p-편광된 광에 대한 것이며, 곡선(614)은 약(y-z)평면에 입사하는 p-편광된 광에 대한 것이며, 약평면에 입사하는 s-편광된 광의 반사율은 (그래프의 스케일에서) 반사율 = 100% 선과 구별할 수 없고 따라서 나타내지 않는다. 그래프는 또한 다층 스택에만 기인하는

(필름/공기 계면 효과가 포함되지 않음) 곡선(614)의 성분인 곡선(616), 및 2개의 필름/공기 계면에 기인하는 (다층 스택 효과가 포함되지 않음) 곡선(614)의 성분인 곡선(618)을 포함한다.

[0083] 이 제2 실시예의 경우 모든 편광의 수직 입사광에 대한 고 반사율에 역시 주목한다. 약 65 내지 80도의 입사각에서 측상 값의 절반 미만까지 감소하는, 약평면에 입사하는 p-편광된 광에 대한 반사율의 큰 하락에 또한 주목한다. 마지막으로, 강평면에 입사하는 p-편광된 광에 대해 모든 입사각에 걸쳐 고 반사율이 유지됨에 주목한다.

[0084] 도 6a는 얼마나 많은 필름/공기 계면 표면 반사가 반사율 계산에 포함되는지에 의해 구별되는 곡선군을 포함하는 점을 제외하고는 도 6과 유사한 그래프이다. 곡선(614, 616, 618)은 도 6으로부터 재현된다. 4개의 공기/필름 표면 반사의 효과를 포함하는, 약평면에서의 광에 대한 제2 실시예의 p-편광 반사율인 곡선(622), 및 이와 유사하지만 하나의 공기/필름 표면 반사만의 효과를 포함하는 곡선(620)이 그 곡선들에 추가된다. 각각의 공기/필름 표면을 위한 필름은 굴절률이 약 1.35인 THV이다.

[0085] 도 6b는 다층 광학 필름에 사용되는 미세층의 수의 효과를 탐구한다. 이 도 6b를 위해, 표시된 굴절률을 갖는 동일한 90/10 coPEN 및 THV 재료를 사용하여 제2 실시예와 동일하지만, 이번에는 총 275개의 미세층 대신에 550개의 미세층을 사용하고, 스킨층은 복굴절성 90/10 coPEN인 제3 실시예를 모델링하였다. 제2 실시예에서와 같이 동일한 단조로운 층 두께 구배를 사용하였지만, 역시 스택의 일 단부에 위치하는 가장 얇은 광학 반복 단위가 200 nm의 광학 두께를 갖고, 스택의 대향 단부에 위치하는 가장 두꺼운 광학 반복 단위가 475 nm의 광학 두께를 가져서, 역시 400 nm 내지 950 nm에 걸치는 실질적으로 평평하고 넓은 반사 밴드를 제공하도록 550개의 층(275개의 광학 반복 단위)에 대해 리스케일링(rescaled)하였다. 이 제3 실시예에 대해 계산된 반사율은 역시 전형적으로 420 내지 680 nm인 파장 평균을 사용하였으며, 2개의 필름/공기 계면의 효과를 반사율 및 투과율 계산에 포함시켰다. 곡선(630)은 입사각 θ 의 함수로서, 약(y-z)평면에 입사하는 p-편광된 광에 대한 반사율의 선도를 도시한다. 곡선(632)은 다층 스택에만 기인하는(필름/공기 계면 효과가 포함되지 않음) 곡선(630)의 성분이며, 곡선(634)은 2개의 필름/공기 계면에 기인하는(다층 스택 효과가 포함되지 않음) 곡선(630)의 성분이다.

[0086] 도 6c 및 도 6d를 위해, 총 275개의 미세층이 90/10 coPEN 및 THV를 사용하는 제2 다층 광학 필름 실시예로 되돌아가지만, 이번에는 스킨층을 상이한 재료들로 대체하는 효과를 탐구함으로써 새로운 실시예를 구성하였다. 제4 실시예는 양 스킨층을 위한 재료로서 복굴절성 90/10 coPEN을 사용하여, 이하의 굴절률 세트를 산출하였다.

	n_x	n_y	n_z
90/10 coPEN 미세층	1.82	1.57	1.57
THV 미세층	1.35	1.35	1.35
스킨 1	1.82	1.57	1.57
스킨 2	1.82	1.57	1.57
외층	1.0	1.0	1.0

[0087] 층의 물리적 두께에 어떠한 변화도 가하지 않고 coPEN 층 전부를 THV로 그리고 역으로 교환함으로써 제5 실시예를 구성하였다. 또한, 광학적으로 두꺼운 스킨층의 재료를 THV로 변경하였다. 이는 이하의 굴절률 세트를 산출하였다.

	n_x	n_y	n_z
90/10 coPEN 미세층	1.82	1.57	1.57
THV 미세층	1.35	1.35	1.35
스킨 1	1.35	1.35	1.35
스킨 2	1.35	1.35	1.35
외층	1.0	1.0	1.0

[0089] 이 실시예들의 반사율을 파장 평균을 사용하여 그리고 2개의 필름/공기 표면 반사의 효과를 포함하여 이전과 같이 계산하였다. 제4 실시예에 대한 결과적인 계산된 투과율이 도 6c에 도시되며, 여기서 퍼센트 투과율은 다양한 입사각 θ 에 대해 방위각 ϕ 에 대해서 플로팅되며, 제5 실시예의 퍼센트 투과율이 도 6d에 유사하게 플로팅된다. 도 6c에서 곡선(640)은 $\theta = 0$ 도에 대한 것이며, 곡선(642)은 $\theta = 30$ 도에 대한 것이며, 곡선(644)은 θ

= 50도에 대한 것이며, 곡선(646)은 $\theta = 60$ 도에 대한 것이며, 곡선(648)은 $\theta = 70$ 도에 대한 것이다. 도 6d에서, 곡선(650)은 $\theta = 0$ 도에 대한 것이며, 곡선(652)은 $\theta = 30$ 도에 대한 것이며, 곡선(654)은 $\theta = 50$ 도에 대한 것이며, 곡선(656)은 $\theta = 60$ 도에 대한 것이며, 곡선(658)은 $\theta = 70$ 도에 대한 것이다.

[0091] 제5 실시예에 대하여 그 두께를 변화시키지 않고 미세층을 위한 광학 재료의 교환과 조합되어, 제4 실시예에 비해 제5 실시예에 대한 상이한 스킨층 재료가, 제4 실시예에 비해 제5 실시예에 대하여 약간 상이한 전체 투과율 값을 산출하였음에 주목한다.

[0092] 제6 다층 광학 필름 실시예에서, 교번하는 스택 내의 중합체들 중 하나로서 신디오택틱 폴리스티렌(sPS)을 선택하고, 다른 중합체로서 coPEN을 선택한다. 이 중합체들은 공압출에 대해 상용성이며 신장될 때 허용가능한 층간 점착성을 나타낸다. 이 재료들의 교번하는 층들의 압출물은 이하의 굴절률을 갖는 다층 광학 필름을 제공하도록 적합한 조건 하에서 배향될 수 있다:

	n_x	n_y	n_z
sPS 미세층	1.52	1.62	1.62
coPEN 미세층	1.76	1.56	1.53
스킨 1	1.76	1.56	1.53
스킨 2	1.76	1.56	1.53
외층	1.0	1.0	1.0

[0093]

[0094] 신장 후에 sPS는 음의 복굴절성이 되고 coPEN은 양의 복굴절성이 됨에 주목한다. 여기에 나타난 굴절률은 y-z 평면에 하나가 존재하고 x-z 평면에는 존재하지 않는, 하나의 내부 브루스터 각만을 갖는 각각의 미세층 계면을 제공한다. y-축은 필름의 약축에 대응하며, x-축은 필름의 강축에 대응한다. 이 제6 실시예는 보호 경계층이 개재됨이 없이 단일 스택 또는 패킷 내에 배열된 2000개의 개별 미세층을 취하며, 미세층의 절반은 sPS로 그리고 나머지 미세층은 coPEN으로, 교번하는 배열로 구성된다. 따라서 스택은 본질적으로 1000개의 광학 반복 단위로 이루어지며, 각각의 반복 단위는 sPS의 하나의 미세층 및 coPEN의 하나의 미세층을 포함한다. 스택은 또한 필름의 두께 방향에 걸쳐 단조로운 층 두께 구배를 포함하며, 이때 스택의 일 단부에 위치하는 가장 얇은 광학 반복 단위는 213 nm의 광학 두께를 가지며, 스택의 대향 단부에 위치하는 가장 두꺼운 광학 반복 단위는 425 nm의 광학 두께를 갖는다. 이러한 층 분포는 425 nm 내지 850 nm에 걸치는 실질적으로 평평하고 넓은 반사 밴드를 제공한다. 마지막으로, 이 실시예는 스택의 대향 면들 상에 광학적으로 두꺼운 스킨층을 포함하며, 이 스킨층은 coPEN 미세층의 복굴절성 굴절률을 갖는다. 각각의 스킨층은 일 면에서 미세층 스택과 접촉하고 타 면에서 공기(위의 표에서 "외층")와 접촉한다.

[0095] 이 제6 실시예는 다른 실시예와 유사한 방법으로 컴퓨터를 이용하여 모델링하였다. 전형적으로 420 내지 680 nm인 파장 평균을 역시 사용하였으며, 이 제6 실시예의 경우 2개의 필름/공기 계면(양 스킨층의 외층 표면들)의 효과를 반사율 및 투과율 계산에 포함시켰다.

[0096] 도 7은 제6 실시예에 대한, 계산된 반사율 대 입사각 θ 를 도시한다. 곡선(710)은 강(x-z)평면에 입사하는 s-편광된 광에 대한 것이며, 곡선(712)은 약(y-z)평면에 입사하는 p-편광된 광에 대한 것이며, 약평면에 입사하는 s-편광된 광의 반사율 그리고 또한 강평면에 입사하는 p-편광된 광의 반사율은 둘 모두 (그래프의 스케일에서) 반사율 = 100% 선과 구별할 수 없고 따라서 나타내지 않는다.

[0097] 이 제6 실시예의 경우 모든 편광의 수직 입사광에 대한 고 반사율에 역시 주목한다. 약 50 내지 80도의 입사각에서 측정 값의 절반 미만까지 감소하는, 약평면에 입사하는 p-편광된 광에 대한 반사율의 큰 하락에 또한 주목한다. 마지막으로, 강평면에 입사하는 p-편광된 광에 대해 모든 입사각에 걸쳐 고 반사율이 유지됨에 주목한다.

[0098] 도 7a는 극좌표 형식으로 방위각 Φ 의 함수로서 제6 실시예의 계산된 평균 투과율(100% - 퍼센트 평균 반사율과 같음)의 선도를 도시하며, 여기서 Φ 는 강축 또는 x-축에 대해서 측정된다. "평균 투과율"은 역시 각각의 계산된 데이터 점에 대하여, 직교하는 양 편광(s-편광 및 p-편광)에 대한 투과율을 평균한 것을 지칭한다. 곡선(720)은 $\theta = 40$ 도에 대한 것이며, 곡선(722)은 $\theta = 50$ 도에 대한 것이며, 곡선(724)은 $\theta = 60$ 도에 대한 것이며, 곡선(726)은 $\theta = 70$ 도에 대한 것이다. 이 동일한 투과율 데이터가 도 7b에 직교 좌표 형식(Cartesian form)으로 플로팅된다. 이 도면에서, 곡선(730)은 $\theta = 0$ 도에 대한 것이며, 곡선(732)은 $\theta = 30$ 도에 대한 것이며, 곡선(734)은 $\theta = 40$ 도에 대한 것이며, 곡선(736)은 $\theta = 50$ 도에 대한 것이며, 곡선(738)은 $\theta = 60$ 도에

대한 것이며, 곡선(740)은 $\theta = 70^\circ$ 에 대한 것이다.

- [0099] 도 5b 및 도 7a를 비교하거나, 도 5a, 도 6c, 도 6d 및 도 7b를 비교하면, 제1, 제4, 제5 및 제6 실시예는 모두 그 방위각 방향에서 투과된 광의 실질적인 구속 또는 방향성을 달성함을 쉽게 알 수 있다. 전술된 $1/e$ 기준을 사용하여 계산된, 이 실시예들에 대한 방위각 시준 $\Delta\Phi_e$ 은 다음과 같다: 126도(제1 실시예); 142도(제4 실시예); 126도(제5 실시예); 80도(제6 실시예). 제6 실시예는 분명하게 다른 실시예보다 더 좁은 방위각 시준 또는 더 양호한 방향성을 제공한다.
- [0100] 넓은지 좁든지 간에, 이 다층 광학 필름들에 의해 제공되는 방위각 시준의 정도는 효율적인 광 관리 필름 조합의 구성에 선형 프리즘 구조체와 함께 유익하게 사용될 수 있다. 예를 들어, 선형 프리즘 필름(810)은 경사져서 투과된 광을 실질적으로 수직인 방향으로 또는 원하는 대로 다른 방향으로 지향시키는 것을 돕기 위해 본 명세서에 개시된 바와 같은 다층 광학 필름(812)에 적용될 수 있다. 그러한 배열이 도 8에 도시된다. 프리즘 필름은 경사진 광선을 법선 방향을 향해 굴절시킬 수 있으며 또한 투과되는 각도의 범위를 압축할 수 있다. 프리즘 필름(810)을 다층 필름(812)에 라미네이팅함으로써, 2개의 중합체/공기 계면이 제거될 수 있다. 최적의 효율을 위해, 다층 필름(812)의 약축은 프리즘의 길이 축에 수직하게 되도록 배향된다. 제6 실시예에서와 같이 좁은 방위각 시준을 유지하는 것은, 프리즘 구조체와 조합하여 사용될 때 x - z 평면 내의 z -축에 관한 시준을 제공할 수 있다.
- [0101] 프리즘 어레이의 형상은 종래의 BEF 구조체와 매우 상이할 수 있다. 개시된 다층 광학 필름에 있어서, 수직 입사광 및 거의 수직인 입사광에 제공되는 반사율의 수준은 프리즘 어레이에 의해서라기보다는 다층 필름에 의해 결정될 수 있다. 프리즘 어레이는 단지, 대체로 30 내지 90도 범위의 높은 입사각에서 다층 필름에 의해 투과되는 광을 방향전환시키기 위해 사용될 수 있다. 프리즘의 정점부(apex)에서의 끼인각은 원한다면 약 40 내지 거의 180도의 범위일 수 있다. 비교하면, 종래의 BEF 필름은 약 90도의 끼인각을 갖는다. 일부 시스템의 경우, 다층 필름은 약 50 내지 80도의 대부분의 광을 전달할 수 있다. 프리즘 끼인각의 선택은 x - z 평면에 관한 굴절된 광의 원하는 방향에 좌우된다. 프리즘이 없으면(예를 들어, 180도 끼인각), 넓은 각도의 박쥐 날개형 분포가 다층 필름 및 광 재순환 공동에 의해 생성된다. 프리즘이 도 8에서와 같이 필름 위에 추가되면, 박쥐 날개 로브는 수직(z -축 방향)을 향해 지향된다. 프리즘 끼인각이 작을수록(그리고 프리즘 굴절률이 클수록), 박쥐 날개 로브는 x - z 평면에 더 근접하게 굴절된다. 큰 끼인각, 예를 들어 약 90 내지 180도의 경우, 다양한 조명 응용의 조명 기구에 대해 박쥐 날개형 분포의 유용한 변화가 이루어질 수 있다. 더 작은 끼인각, 예를 들어 약 90도 내지 약 40도의 경우, 박쥐 날개 로브는 x - z 평면에 더 근접하게 굴절되어, 작은 끼인각의 한계 내에서 시준된 출력을 형성한다. 최대 시준을 위한 실제의 프리즘 각은 필름의 브루스터 최소 각 및 프리즘 굴절률에 좌우된다. y - z 평면에서의 시준은 다층 필름 설계에 좌우되는 투과된 광의 방위각 시준 $\Delta\Phi_e$ 에 좌우된다.
- [0102] 추가의 구조체가 또한 프리즘의 일부 또는 전부의 소면(facet)에 추가될 수 있다. 이 추가의 구조체는 회절성이거나 굴절성일 수 있다. 확산성 입자가 또한 프리즘 필름의 대부분에 추가될 수 있다. 대안적으로, 굴절성 프리즘 필름보다는 완전 회절성의 필름이 사용될 수 있다. 프리즘 필름의 프리즘들은 모두 동일한 형상 및 크기일 수 있거나, 프리즘마다 질서 있게 또는 랜덤한 방식으로 다를 수 있다. 프리즘 소면은 하위-구조체(sub-structure)를 포함할 수 있고, 또한 만곡될 수 있으며, 프리즘 정점부는 둥글거나 평평할 수 있다.
- [0103] 도 9a는 모든 방향으로 또는 선택된 방향으로 광을 방출하는, 중실형 또는 중공형 도광체와 같은 대면적 광원(912)을 포함하는 조명 시스템(910)의 개략 측면도를 도시한다. 본 명세서에 개시된 바와 같은 다층 광학 필름(914)은 광을 박쥐 날개형 분포로 선택적으로 투과시키며, 다른 광은 재순환을 위해 다시 광원(912)으로 반사한다. 프리즘 필름(916)은 경사져서 방출된 광을 법선 방향을 향해, 예를 들어 +/- 15도와 같이 좁은 원추 내로 지향시킨다. 도 9b에 도시된 결과적인 방출된 광 분포는 "스포트라이트(spot light)" 분포와 유사하지만, 훨씬 더 얇고 더 낮은 프로파일의 물리적 구조체를 사용하여 달성된다.
- [0104] 도 10a는 도 9a의 조명 시스템과 유사한 조명 시스템(1010)을 도시하며, 유사한 도면 부호는 유사한 요소를 위해 사용되었지만, 대칭 프리즘 필름(916)은 비대칭 프리즘 필름(1012)으로 교체된다. 비대칭 프리즘의 적절한 설계에 의해, 프리즘의 경사에 따라 광의 대부분이 예를 들어 좌측 또는 우측과 같이 일측으로 지향될 수 있다. 이러한 효과는 도 10a에 도시된 바와 같이 프리즘의 거의 수직인 면에 충돌하는 광의 내부 전반사(total internal reflection, TIR)로부터 기인한다. 결과적인 광 분포 패턴의 일반적인 형태가 도 10b에 도시된다.
- [0105] 따라서 개시된 다층 광학 필름은 프리즘 필름 또는 유사한 프리즘 표면 코팅과 조합되어 얇고 평평하며 비교적 잘 시준된 조명 시스템을 형성할 수 있거나, 대안적으로 박쥐 날개의 대향 로브들 사이의 극 분리가 예를 들어

160도 내지 0도와 같은 넓은 범위에서 선택가능한 박쥐 날개형 분포를 나타내는 조명 시스템을 형성할 수 있다. 이 시스템들은 LED를 갖는 에지형 또는 직하형일 수 있으며, 필름의 표면 위에 비교적 균일한 광 출력을 여전히 제공할 수 있다. 조명 시스템은 종래의 스포트라이트 또는 심지어 플래시라이트(flashlight)와 유사한 방향 특성을 가질 수 있지만, 태블릿 노트북 또는 매거진과 유사한 폼 팩터(form factor)를 갖는다. 이 폼 및 결과적인 광선 패턴이 도 11에 도시된다.

[0106] 이 시준된 조명 시스템과 종래의 시준된 시스템 사이의 주요 차이점은, 고 휘도 LED와 같은 몇 개의 밝은 내부 광원만이 있을 수 있더라도, 이 시스템의 표면으로부터의 광 방출은 균일하게 보이도록 될 수 있다는 것이다. 이러한 방식으로, 매력적인 심미감 및 높은 루멘(lumen) 출력을 갖는, 눈부심이 적고 대면적의 "스포트라이트"가 제조될 수 있다.

[0107] 이 구조체는 또한 도 12에 도시된 오목한 형상과 같이 만곡된 형태로, 또는 구조체가 원형 단면의 기둥 주위에 감긴 경우와 같이 볼록한 형상으로 제조될 수 있다. 도 12의 오목한 구조체는, 임의의 다른 설계의 얇은 에지형 조명 기구에 의해서는 달성하기 어려운 광 포커싱(light focusing) 특성을 가질 수 있다.

[0108] 추가 논의

[0109] 전술한 브루스터 각 필름은 또한 다양한 조명 시스템에 사용될 수 있으며, 직하형 LCD 백라이트로 제한되지 않는다. 실내 및 공간 조명을 위한 조명 기구, 가로등, 백라이트형 표지(backlit signage) 및 다른 조명 목적이 고려된다. 본 명세서에 설명된 바와 같은 조명 시스템은, 여기에 나열되고 아래에서 더 상세하게 설명되는 몇몇의 주요 요소를 포함할 수 있다:

[0110] 1) 하나 이상의 광원 및 그 배치(위의 많은 예들);

[0111] 2) (2a) 고 효율 후방 반사기 및

[0112] (2b) 부분 투과성 전방 반사기(예를 들어, 본 명세서에 설명된 또는 참고로 포함되는 필름들 중 하나)

[0113] 에 의해 주로 한정되는 광 재순환 공동;

[0114] 3) 전방 반사기와 후방 반사기 사이에 위치되는 하나 이상의 확산 요소(요소 2의 일부이거나 요소 2와 별개의 것일 수 있음); 및

[0115] 4) 전방 반사기의 출사측 상에 위치되는 광 방향전환 층.

[0116] 공동의 에지는 에지로부터의 원하는 광 출력에 따라 전방 반사기 또는 후방 반사기 중 어느 하나의 일부가 되도록 설계될 수 있다.

[0117] 재순환 공동 및 확산기 요소의 주요 기능은 균일한 또는 다르게 설계된 광의 플럭스를 광 방향전환 층의 입력 표면에 제공하는 것이다. 광 방향전환 층은 그 다음에 시스템에 의해 방출되는 광에 원하는 방향성을 제공한다. 위의 4개의 요소는 얇은 대면적의 조명 시스템으로부터의 균일성 및 방향성에 관한 조명 업계의 매우 다양한 현재의 요구를 해결하도록 적절한 조합으로 선택될 수 있는 매우 다양한 특성을 갖는 것이 이용가능하다. 각 구성요소의 관련 태양이 아래에 더 상세하게 논의된다.

[0118] 1. 광원

[0119] 광원은 에지형 시스템의 경우 에지 상에 배치될 수 있거나, 위에서 논의된 바와 같이 직하형 방식으로 배치될 수 있다. 광원의 배치, 광원들로부터의 광 방출의 방향성, 그리고 어떻게 시스템 내의 반사기 및 확산기의 각 방향 성능과 관련되는지는, 조명 시스템의 효율 및 균일도에 큰 영향을 미칠 수 있다.

[0120] 이 특성들이 백라이트에 성공적으로 통합될 수 있는지의 여부는 부분적으로 백라이트를 조명하는 데 사용되는 광원의 유형에 좌우된다. 예를 들어, CCFL은 그것의 길고 좁은 방출 영역에 걸쳐 백색광 방출을 제공하며, 이 방출 영역들은 또한 재순환 공동에서 일어나는 것과 같이 CCFL에 충돌하는 일부 광을 산란시키도록 작동할 수 있다. 그러나, CCFL로부터의 전형적인 방출은 실질적으로 램버시안인 각방향 분포를 가지며, 이는 주어진 백라이트 설계에서 비효율적이거나 그렇지 않으면 바람직하지 않을 수 있다. 또한, CCFL의 방출 표면은, 다소 확산 반사성이지만, 전형적으로 고도의 재순환 공동이 요구되는 경우 상당할 수 있는 흡수 손실을 또한 갖는다. LED 다이는 또한 램버시안 방식으로 광을 방출하지만, CCFL에 비해 훨씬 더 작은 크기 때문에, LED 광 분포는 예를 들어 일체형 봉지재 렌즈 또는 반사기 또는 추출기에 의해 용이하게 변경되어 생성되는 패키징된 LED를 전방 이미터, 측면 이미터 또는 다른 비-램버시안 프로파일로 되게 할 수 있다. 그러한 비-램버시안 프로파일은 개시

된 백라이트에 중요한 이점을 제공할 수 있다. 그러나, LED 광원이 CCFL에 비해 크기가 더 작고 세기가 더 높은 것은 또한 LED를 사용하여 공간적으로 균일한 백라이트 출력 영역을 생성하는 것을 더 어렵게 할 수 있다. 이것은 특히 적색/녹색/청색(RGB) LED의 배열과 같은 개별 색상의 LED가 백색광을 생성하는 데 사용되는 경우에 그러한다. 그 이유는 그러한 광의 적절한 측방향 전달 또는 혼합을 제공하지 못하여 바람직하지 않은 색상 밴드 또는 영역이 쉽게 생길 수 있기 때문이다. LED 다이 정도의 작은 면적 또는 체적으로부터 강한 백색광을 생성하기 위해 인광체가 청색 또는 UV 발광 LED 다이에 의해 여기되는 백색광 방출 LED가 그러한 색상 불균일을 감소시키는 데 사용될 수 있지만, 백색 LED는 현재 개별 색상의 LED 배열로 달성가능한 만큼 넓은 LCD 색역을 제공할 수 없으며, 따라서 모든 최종 용도의 응용에 바람직하지 않을 수 있다. 인광체 기반 LED는 일반적으로 램버시안 방향성 출력을 생성한다. 인광체를 갖지 않는 LED는 시스템의 성능을 최적화하기 위해 사용될 수 있는 램버시안, 박쥐 날개형 또는 측면 방출 프로파일을 갖는 것이 이용가능하다.

[0121] 인광체 LED에 대한 대안으로서, 인광체 층이 공동 내의 또는 전방 반사기의 출사측 상의 다른 요소 상에 코팅되거나 달리 그것에 부착될 수 있다.

[0122] 2. 광 재순환 공동 및 확산기

[0123] 효율적인 광 재순환 공동은 공동 내로 주입된 또는 공동 내에서 재순환된 광의 방향성과 편광 방향 둘 모두를 효율적으로 혼합하도록 의도된다. 이것은 저 손실 반사기와, 2개의 반사기 사이에 위치된 광 방향전환 요소 둘 모두를 필요로 한다. 재순환 광학 공동 내에서, 광의 많은 비율이 부분적으로 투과성이고 부분적으로 반사성인 전방 반사기로부터 나오기 전에 실질적으로 동일 공간에 걸쳐 있는 전방 반사기와 후방 반사기 사이에서 다중 반사를 겪는다.

[0124] 전방 반사기는 그러한 사용가능한 광이 필요에 따라 광의 측방향 전달 또는 확산을 지원하기에 그리고 광선 각도 랜덤화가 백라이트 출력의 허용가능한 공간적 균일도를 달성하기에 충분히 높은 반사율을 갖지만, 조명 시스템의 응용 휘도(application brightness)가 허용가능한 것을 보장하기에 적절한 응용-사용가능한(application-useable) 각도로의 충분히 높은 투과율을 갖는다. 재순환 공동 내에서 전파되는 광에 대한 전체 손실은, 예를 들어 저 손실 전방 반사기 및 후방 반사기는 물론 측면 반사기를 포함하여 낮은 흡수 손실의 실질적으로 밀폐된 공동을 제공하는 것과, 예를 들어 모든 광원의 누적 방출 영역이 백라이트 출력 영역의 작은 일부인 것을 보장하는 것과 같이 광원과 연관된 손실을 매우 낮게 유지하는 것 둘 모두에 의해 극히 낮게 유지된다.

[0125] 제조 비용 또는 효율의 이유 때문에 램버시안 방출 LED가 직하형 백라이트에서 바람직한 경우가 있을 수 있다. 개개의 광 편향 장치는 유사한 이유로 바람직하지 않을 수 있다. 양호한 균일도 및 "편치스루"의 감소가 여전히 본 명세서에 설명된 필름의 사용으로 달성될 수 있다. 전방 반사기가 예를 들어 수직 입사에서 약 10% 미만 또는 5% 미만의 투과율을 갖는 고 반사성인 경우, LED는 시스템이 수직 입사에서 관찰될 때 덜 가시적일 것이다. 본 명세서에 설명된 필름이 경사진 각도에서 더 높은 투과율을 가질 수 있지만, LED와 같은 주어진 점 광원으로부터의 광의 세기는 $1/R^2$ 값에 의해 감소할 것이며, 여기서 R은 LED로부터 전방 반사기 상의 점까지의 거리이다. 따라서, 경사진 각도에서 관찰될 때, 편치스루는 세기에서의 이 거리 인자에 의해 감소된다. 심지어 경사진 각도에서 필름의 부분 반사율과 조합될 때, 편치스루는 더욱 더 감소된다. 추가로, 수직 각도에서 반사되는 광은, 아래에 설명되는 바와 같은 적절한 확산 요소에 의해 산란될 때, 시스템의 균일도를 추가로 증가시키도록 분포된다.

[0126] 3. 확산 요소

[0127] 재순환 광학 공동은 공동에 경면 특성 및 확산 특성의 균형을 제공하는 구성요소 또는 구성요소들을 포함하며, 구성요소는 원하는 정도의 측방향 광 전달을 지원하기에 충분한 경면성을 갖지만, 또한 공동 내에서의 안정 상태 광의 원하는 각방향 및 공간 분포를 실질적으로 제공하기에 충분한 확산성을 갖는다. 편광된 조명 시스템의 경우, 공동 내에서의 재순환은 바람직하게는 입사광 편광 상태에 대한 반사된 광 편광의 랜덤화의 정도를 포함하며, 이는 비-사용가능한 편광된 광이 그것에 의해 사용가능한 편광된 광으로 전환되는 메커니즘을 허용한다. 전방 반사기 및 후방 반사기와 확산 요소의 조합은 개별 광원으로부터 전방 반사기의 표면으로의 광의 전달을 제어하는 도광체를 형성한다. 이 프로세스를 제어하는 메커니즘이 이제 논의된다.

[0128] 때때로 미러로 지칭되는 순수 경면 반사기는 "입사각과 반사각이 같다"라는 광학 법칙에 따라 작동한다. 전방 반사기 및 후방 반사기 둘 모두를 순수 경면으로 하는 중공형 공동 설계는, 재순환된 광선이 공동의 측방향 전달시 방해받지 않기 때문에, 공동을 가로질러 광의 최대 측방향 전달을 제공한다. 그러나, 소정의 입사각으로 전파되는 광을 다른 입사각으로 전환시키는 메커니즘이 없기 때문에, 공동 내에서 어떠한 각방향 혼합도 일어나

지 않는다. 반면에, 순수 램버시안 반사기는 광선을 모든 방향으로 균등하게 방향전환시킨다. 이것은 전방 반사기 및 후방 반사기 둘 모두가 순수 램버시안인 도 13의 중공형 공동 설계에서 알 수 있다. 처음으로 시작되는 동일한 경사진 광선이 전방 반사기에 의해 모든 방향으로 즉시 산란되고, 산란된 광의 대부분은 다시 공동 내로 반사되지만 일부는 전방 반사기를 통해 투과된다. 반사된 광의 일부가 "전방으로"(도면에서 보았을 때 대체로 우측으로) 나아가지만, 동일한 양이 "후방으로"(대체로 좌측으로) 나아간다. 전방 산란이란, 반사된 광의 측방향 또는 평면내(당해 산란 표면에 평행한 평면) 전과 성분을 말한다. 이러한 프로세스가 반복될 때, 몇 번의 반사 후에 광선의 전방 지향 성분이 크게 감소된다. 빔은 신속하게 분산되어, 경면 시스템에 비해 크게 감소된 측방향 전달을 생성한다.

[0129] 반-경면 반사기는 경면 특성 및 확산 특성의 균형을 제공한다. 도 14의 중공형 공동 설계에서, 전방 반사기는 순수 경면이지만, 후방 반사기는 반-경면이다. 처음으로 시작되는 동일한 경사진 광선의 반사된 부분이 후방 반사기에 충돌하고, 제어된 양으로 실질적으로 전방-산란된다. 이어서, 반사된 광 원추는 부분적으로 투과되지만, 대부분 다시 후방 반사기로 (경면) 반사됨과 동시에, 모두 여전히 대부분 "전방" 방향으로 전과된다.

[0130] 따라서, 반-경면 반사기는 재순환 공동을 가로질러 광의 측방향 확산을 증진시키면서, 여전히 광선 방향 및 편광의 적절한 혼합을 제공한다는 것을 알 수 있다. 부분적으로 확산성이지만 실질적으로 전방 지향 성분을 갖는 반사기는 광선의 총 반사 횟수가 더 적은 상태에서 더 큰 거리를 가로질러 더 많은 광을 전달할 것이다. 정성적인 방법으로는, 반-경면 반사기를 후방 산란보다 실질적으로 더 많은 전방 산란을 제공하는 것으로서 설명할 수 있다. 반-경면 확산기는 실질적으로 입사광의 대다수에 대해 광선 방향의 수직 성분을 역으로 하지 않는 것으로서 정의될 수 있는데, 즉 광은 실질적으로 전방(z) 방향으로 투과되며 어느 정도 x 및 y 방향으로 산란된다. 반-경면의 더 정량적인 설명이 2008년 5월 19일자로 출원되고 발명의 명칭이 "반-경면 구성요소를 갖는 재순환 백라이트"(대리인 문서 번호 63032W0003)인, 공히 양도된 PCT 출원 공개 WO 2008/144644호에 제공된다.

[0131] 도 14의 2-구성요소 시스템에 대한 대안으로서, 추가의 광학 구성요소가 전방 반사기와 후방 반사기 사이의 재순환 공동 내로 삽입될 수 있으며, 그러한 추가의 구성요소는 공동에 원하는 정도의 반-경면성을 제공하도록 조정될 수 있다. 공동 내의 구성요소의 수를 최소로 하는 것이 종종 바람직하지만, 제3 구성요소의 사용은 때때로 전방 반사기 또는 후방 반사기의 최소 손실 설계를 가능하게 함으로써 더 높은 효율의 공동을 제공할 수 있다.

[0132] 산란 요소에 의한 공동 내에서의 광선의 혼합은 몇 가지 방식으로 달성될 수 있다. 이는 전방 반사기 또는 후방 반사기의 일체형 부분이거나 전방 반사기 또는 후방 반사기에 라미네이팅된 확산 요소에 의해 행해지거나, 이 둘 사이의 임의의 위치에 배치된 별도의 확산 시트를 사용하여 행해질 수 있다. 이 옵션들 중 임의의 것의 조합이 또한 가능하다. 선택은 광학 손실, 구성요소 비용 및 제조 편의성과 같은 문제들의 상대적 중요성에 좌우된다. 확산 요소는 전방 반사기 또는 후방 반사기에 부착되거나 그것의 일체형 부분일 수 있거나, 확산기와 반사기 사이에 공극(air gap)이 제공될 수 있다.

[0133] 확산기가 어느 하나의 반사기의 일체형 부분이든지, 어느 하나의 반사기에 라미네이팅되어 있든지, 별도의 구성요소로서 공동 내에 배치되어 있든지 간에, 전체적인 원하는 광학 성능은 후방 반사기로부터 전방 반사기로 그리고 다시 반대로의 한 번의 왕복 이동을 완료하는 광선에 대해 각방향 확산 기능을 제어하는 것이다. 반-경면 반사기는 경면 반사기와 램버시안 반사기 둘 모두의 특성을 가질 수 있거나, 경면 방향을 중심으로 잘 정의된 가우스 원추(Gaussian cone)일 수 있다. 대안적으로, 확산기는 예를 들어 재귀-반사성(retro-reflective) 필름 또는 코팅에 대해 상당한 후방산란(backscattering) 특성을 가질 수 있다. 확산기 구성요소는 또한 반사기와는 별개의 것일 수 있으며, 제어된 정도의 확산을 갖는 후방 반사기를 생성하기 위해 몇몇 가능한 구성이 존재함에 유의한다. :

- [0134] (1) 부분 투과성 경면 반사기가 고 반사율 확산 후방 반사기 상에 있는 구성;
- [0135] (2) 부분 램버시안 확산기가 고 반사율 경면 후방 반사기를 덮는 구성;
- [0136] (3) 전방 산란 확산기가 고 반사율 경면 후방 반사기 상에 있는 구성;
- [0137] (4) 부분 재귀반사성 코팅이 경면 후방 반사기 상에 있는 구성;
- [0138] (5) 주름진 고 반사율 경면 반사기로 하는 구성;
- [0139] (6) 확산 반사기로 하는 구성.

- [0140] 각각의 구성에 관해, 나열된 첫 번째 요소가 공동 내측을 향하도록 배열된다. 구성 (1) 내지 구성 (4)의 첫 번째 요소는 후방 반사기의 영역에 걸쳐 연속적이거나 불연속적일 수 있다. 추가로, 첫 번째 요소는 확산기 특성의 단계적 변화를 가질 수 있거나, 단계적으로 변하는 추가의 확산기 패턴으로 인쇄 또는 코팅될 수 있다. 단계적으로 변하는 확산기는 선택적이지만, 다양한 백라이트 시스템의 효율을 최적화하기 위해 바람직할 수 있다. "부분 램버시안"이라는 용어는 입사광의 일부를 산란시키지만 하는 요소를 지칭한다. 그러한 요소에 의해 산란되는 광의 일부는 모든 방향으로 거의 균일하게 지향된다. 구성 (1)에서, 부분 경면 반사기는 전방 반사기에 이용되는 것과 상이한 구성요소이다. 이 경우에 부분 반사기는 공간적으로 균일한 중간 반사율 필름일 수 있거나, 천공된 다층 또는 금속 반사기와 같은 공간적으로 불균일한 반사기일 수 있다. 경면성의 정도는 천공의 크기 및 수를 변경함으로써, 또는 필름의 기본 반사율을 변경함으로써, 또는 둘 모두에 의해 조정될 수 있다.
- [0141] 구성 (5)는 다층 중합체 미러 필름을 열 엠보싱(thermally embossing)함으로써 또는 그러한 필름을 물리적으로 주름지게 함으로써 제조될 수 있다. 추가로, 이 형상들을 갖는 임의의 표면이 금속 또는 보강된 금속 반사 필름으로 코팅될 수 있다. 게다가, (1) 내지 (4)의 반-경면 구성은 광 전달 특성을 최적화시키기 위해 주름지거나 엠보싱될 수 있다.
- [0142] 이 조합들 중 일부는 또한 (2), (3), (4) 및 (5)의 확산 요소 또는 이의 임의의 조합과 본 발명의 전방 반사기들 중 임의의 것과 같이 전방 (부분) 반사기에도 가능하다. 또, 나열된 첫 번째 요소는 재순환 공동 내측에 있도록 배열된다. 3가지 구성 전부의 첫 번째 요소는 부분 반사기의 영역에 걸쳐 연속적이거나 불연속적일 수 있으며, 첫 번째 요소는 확산기 특성의 단계적 변화를 가질 수 있거나, 단계적으로 변하는 추가의 확산기 패턴으로 인쇄 또는 코팅될 수 있다.
- [0143] 정량적으로는, 반-경면성의 정도(주어진 반사기 또는 다른 구성요소의 경면 대 램버시안 대 재귀반사 특성)는 F 및 B로 각각 지칭되는 전방-산란된 광 성분 및 후방-산란된 광 성분의 플럭스를 비교함으로써 효과적으로 특성화될 수 있다. 전방-산란된 플럭스 및 후방-산란된 플럭스는 모든 입체각에 걸쳐 적분된 반사 세기(또는 광학적으로 투과성의 구성요소의 경우에 적분된 투과 세기)로부터 획득될 수 있다. 그 다음에 반-경면성의 정도가 다음과 같이 주어지는 "전달비(transport ratio)" T에 의해 특성화될 수 있다:
- [0144]
$$T = (F - B)/(F + B).$$
- [0145] T는 순수 재귀-반사로부터 순수 경면 반사로 이동함에 따라 -1 내지 1의 범위이다. 완전한 재귀-반사에 의해 모든 광이 후방산란되어 F= 0 및 B =1이다. 순수 램버시안 반사기의 경우, 전방-산란된 플럭스 및 후방-산란된 플럭스는 동일하여(F = B), T = 0이다. 순수 경면 반사기의 경우, 후방-산란은 존재하지 않고(B = 0), 따라서 T = F/F = 1이다. 실험적으로 측정된 값을 갖는 예가 2008년 5월 19일자로 출원되고 발명의 명칭이 "반-경면 구성요소를 갖는 재순환 백라이트"(대리인 문서 번호 63032W0003)인, 공히 양도된 PCT 출원 공개 WO 2008/144644호에 제공된다. 임의의 실제의 반사성 또는 투과성 구성요소에 대한 전달비는 입사각의 함수이다. 이것은 논리적인데, 그 이유는 전방-산란된 광의 양이 예를 들어 거의 수직 입사 광선 및 스침-입사 광선에 대해 서로 다를 것으로 예상될 것이기 때문이다.
- [0146] 확산 반사기의 특성화가 독일 소재의 오토로닉-멜커스 게엠베하(autronic-MELCHERS GmbH)로부터 입수가 가능한 오토로닉스 코노스코프(Autronics Conoscope)에 의해 반사율 모드에서 이루어질 수 있다. 샘플이 코노스코프 렌즈로부터 약 2 mm 떨어져 초점에 배치된다. 샘플이 기기에 의해 선택된 입사각의 백색 시준된 광으로 조명된다. 샘플로부터 반사된 광은 코노스코프 렌즈로 집광되어 2차원 검출기 어레이(CCD 카메라) 상으로 이미징된다. 이 이미지는 보정 파일(calibration file)을 사용하여 각방향 분포 함수로 변환된다. 이 기기는 다양한 반-경면 및 확산 반사기의 각방향 반사 특성의 아주 유용한 비교를 제공한다. 반사기의 상당한 경면 성분이 경면 각도 근방에 있는 검출기를 포화시킬 수 있지만, 이 값은 더 낮은 감도의 기계 설비에서 별도로 측정될 수 있다.
- [0147] 광선이 하나의 각도에서 반사기 또는 확산기와 한 번 상호작용하는 것에 대해 전달비가 잘 정의되어 있다. 양호한 재순환 공동에서는 광선이 모든 각도에서 적어도 2개의 반사 또는 확산 구성요소, 그리고 아마도 3개 또는 그 이상의 그러한 구성요소와 여러 번 상호작용하게 된다. 한 번의 상호작용에 대한 전달비가 입사각의 함수이기 때문에, 그에 따라 전체적인 공동 전달비에 대한 설명은 하나의 구성요소에 대한 것보다 더 복잡하다. "유효 공동 전달비" 또는 보다 설명적으로 "공동 전달값"은, 얼마나 잘 공동이 주입된 광을 주입 지점으로부터 공동 내의 멀리 떨어진 지점으로 확산시킬 수 있고 여전히 광을 사용자를 향해 균일하게 지향시키기에 충분하게 주입된 광을 랜덤화시키는지의 척도일 것이다. 상대 공동 전달값을 측정하는 간단한 방법은 경면, 반-경면 및 램버시안 구성요소의 다양한 조합의 상대적 장점을 판단하는 데 유용하다. 이러한 목적을 위해, 다음과 같이

표현되는 각각의 구성요소에 대한 전방 전달수(forward transport number)(fT)를 정의한다:

[0148] $fT = F/(F+B)$

[0149] 여기서, F 및 B는 본 명세서에 기술된 바와 같이 정의되고 측정되지만, 이제 한 번의 상호작용의 모든 각도에 걸쳐 평균된다. 10 내지 80도 범위의 약 10도의 간격을 둔 측정은 적절한 평균을 제공하기에 충분하다. F 및 B는 전방 및 후방 산란된 광의 상대 비율이며, 정의에 의해 $F+B = 1$ 이어서, 간단히 전방 산란된 광의 비율인 $fT = F$ 를 제공한다. 그러면 공동 전달값(CT)은 공동의 전방 및 후방 반사기의 F 값의 곱이다:

[0150] $CT = F_{front} * F_{back}$

[0151] 예를 들어, 전방 반사기가 $F_{front} = 1$ 을 갖는 경면이고 반-경면 후방 반사기가 $F_{back} = 0.75$ 를 갖는 경우(전달비 $T = 0.5$), 전체 공동 전달값은 $CT = 1 * 0.75 = 0.75$ 로 주어진다.

[0152] 가장 통상적인 확산기에 의하면, T는 위에서 설명된 바와 같이 0 내지 1의 범위이며 fT는 0.5 내지 1.0의 범위이다. 그러나, 약간의 재귀 반사 특성을 갖는 재료가 확산기로서 이용된다면, T는 음의 값일 수 있고 그러한 재료에 대해 0 내지 -1의 범위일 수 있으며 F는 0 내지 0.5의 범위일 것이다. 90도 또는 거의 90도 각도의 소면을 갖는 프리즘 구조체와 같이 재귀-반사형 유리 비드(bead)가 일례이다.

[0153] 다른 예로서, 전방 반사기는 $F_{front} = 0.5$ ($T = 0$)가 되도록 램버시안이고 후방 반사기는 $F_{back} = 0.75$ ($T = 0.5$)가 되도록 반-경면인 경우, 전체 공동 전달값은 $CT = 0.5 * 0.75 = 0.375$ 이다. 후자의 공동이 첫 번째 예의 공동보다 주입 지점으로부터 소정 거리까지 훨씬 더 적은 광을 전달할 것으로 예상된다. 이 예측은 본 명세서에 기술되는 바와 같은 실험으로 확인된다.

[0154] 몇몇 응용에서, 전방 반사기는, 경면 또는 반-경면 반사기와 그 다음에 오는 광 방향전환 층 또는 서로 라미네이팅되거나 그렇지 않을 수 있는 하나 이상의 확산기와 같이, 몇 개의 구성요소의 스택으로 이루어질 수 있다. 전방 및 후방 반사기 각각은 특정 순서로 조립되는 일련의 구성요소들로서 형성될 수 있다. 전방 반사기 또는 후방 반사기를 구성하고 있는 모든 구성요소들의 집합적 전달 특성은 한 번의 측정으로 결정될 수 있다. 구성요소들의 스택의 전달 특성에 대한 개개의 구성요소(예를 들어, 필름)의 영향은, 스택에서의 구성요소의 순서 및 배향과 스택에서의 다른 구성요소들의 특성에 좌우된다. 적어도 이들 이유로 인해, 스택이 전체로서 측정될 수 있다. 전방 반사기의 구성요소들은, 내부 공동 표면이 측정 광 빔을 향하는 상태로, 오토트로닉스(Autronics) 및 레이디언트 이미징(Radiant Imaging)(미국 워싱턴주 두발 소재)에 의해 제조된 것과 같은 측정 장치 내에 배치될 수 있다.

[0155] 반-경면 반사기에 대해 전술한 F 및 B의 측정은 반사 모드에서 행해지며, 이는 입사 빔의 일부가 확산 층을 두 번 통과하거나 확산 층으로부터 한 번 반사된다는 것을 의미한다. 확산기가 전방 반사기와 후방 반사기 사이의 공동 내의 어딘가에 배치된 중간 구성요소인 경우, 광선은 전달 프로세스 동안에 한 번의 전방-후방 사이클을 이룰 때 확산기를 두 번 통과한다. 이 때문에, 중간 구성요소의 F 및 B 값을 미리 상에 코팅된 확산기와 동일한 방식으로 측정된 것으로서 정의한다. 중간 구성요소는 전방 또는 후방 반사기와 그룹지어질 수 있으며, 중간 구성요소와 선택된 반사기의 조합된 전달 특성이 함께 측정될 수 있다. 광의 대부분이 중간 구성요소 위에서(또는 아래로부터 중간 구성요소의 구멍을 통해) 공동 내로 주입되는 경우, 중간 구성요소는 하부 반사기와 그룹지어질 수 있다. 대부분의 광이 중간 구성요소의 아래에서 주입되는 경우, 중간 구성요소는 전달 측정을 위해 전방 반사기와 그룹지어질 수 있다.

[0156] 4. 광 방향전환 층

[0157] 개시된 필름이 광 공동의 전방 반사기로서 이용될 때, 광 방향전환 층은 공동으로부터 광 플럭스를 받아들인다. 방향전환 층에 입사하는 광 플럭스는 필름의 최대 광 투과율의 극각 및 방위각인 θ_0 및 ϕ_0 의 소정의 값 주위에 집중된 각방향 분포를 가질 것이다. $\Delta\theta_e$ 및 $\Delta\phi_e$ 에 의해 주어진 각도 범위 $\Delta\theta$ 및 $\Delta\phi$ 는 광의 대부분을 원하는 각도 범위로 효율적으로 방향전환시킬 수 있는 미세구조체의 설계를 가능하게 한다. 광 방향전환 층은 램버시안 출력을 위한 벌크 확산기(bulk diffuser), 또는 특정 각도 제어를 위한 프리즘 또는 홀로그래픽 구조체일 수 있다.

[0158] 재순환 공동으로부터 출사하는 광을 방향전환시키기 위해, 소정의 구조화된 형태가, 광이 출사하는 전방 반사기의 표면 상에 또는 그 위에 배치될 수 있다. 이 구조체들은 프리즘형일 수 있거나, 구형 또는 부분 구 또는 다른 규칙 또는 불규칙 형상일 수 있다. 구조체는 또한 광을 굴절시키거나 광을 회절시키기 위해, 또는 굴절과

회절 둘 모두의 조합을 위해 크기가 제어될 수 있다. 상이한 평면들에 입사하는 광의 투과율에 대한 다층 광학 필름의 방향 대칭성의 정도는, 1차원 또는 2차원 구조체가 투과된 광을 방향전환시키기 위해 다층 필름에 추가되는지를 결정할 수 있다. 일부 필름은 실질적으로 필름의 일 측면을 따라 투과시키는데, 즉 방향성 광의 실질적으로 좁은 원추를 생성한다. 이 "1D" 반사기들은 예를 들어 선형의 1D 표면 구조체를 더 효과적으로 이용할 수 있으며, 여기서 선형 구조체는 이 투과축에 전형적으로 수직인 주 투과 평면에 대해 소정 각도로 배치된다. 다른 필름이 더 넓은 각도 범위에 걸쳐 투과시킬 수 있으며, 광을 방향전환시키기 위해 2차원 구조체를 더 잘 이용할 수 있다.

[0159] 위에서 설명된 필름 및 미세구조체의 조합이 실질적으로 랜덤한 방향성 광의 다양한 시준의 정도를 제공하기 위해 조명 시스템에 사용될 수 있다. 백라이트로부터 출사하는 광의 각도 범위를 압축하는 것은 균일도를 위해 종종 필요한 조건인, 광원 광이 매우 랜덤하거나 램버시안일 때 어렵다.

[0160] 2차원 구조체는 랜덤하거나 질서 있는 어레이일 수 있다. 비드, 구, 피라미드 등의 어레이와 같은 2차원 구조체가 대칭 반사기와 비대칭 반사기 둘 모두에 사용될 수 있다. 2차원 구조체는 결합제로 코팅되는 사전형성된 구조체일 수 있거나, 엠보싱될 수 있는데, 즉 고형 표면 층의 열 엠보싱에 의해 또는 캐스트 및 경화 공정에 의해 또는 압출 용융 코팅 및 엠보싱에 의해 복제될 수 있다. 이 구조체들은 밀집하여 패키징되거나 이격될 수 있다. 대안적으로, 그러한 표면 구조체를 포함하는 필름이 라미네이팅될 수 있다.

[0161] 2D 구조체는 둥글거나 피라미드형이거나, 또는 둘 모두의 조합일 수 있다. 특히 유용한 구조체는 "노우즈 콘(nose cone)"과 유사한 둥근 원추형 구조체이다. 이 구조체는 구형 구조체의 상부에서 생기는 평평한 영역을 감소시킨다. 개별 요소들은 회전 입체(solid of revolution)일 수 있거나 다면형(multi-faceted)일 수 있다.

[0162] 공동으로부터 출사하는 광의 시준의 정도는 구조체의 형상에 좌우되며, 형상은 일반적으로 표면에 대한 표면 법선 벡터의 분포에 의해 특성화된다.

[0163] 박쥐 날개형 분포를 생성하기 위해 사용되는 미국 특허 제3,829,680호(존스(Jones))에 개시된 구조체는 그 박쥐 날개형 분포를 변경하기 위해 개시된 필름 및 조합과 함께 사용될 수 있다. 이 구조체는 거의 수직 입사로 출사 평면에 충돌하는 소정 범위의 광선을 재귀-반사함으로써 박쥐 날개형 분포를 생성한다. 그러한 구조체는 개시된 필름과 함께 잘 작동할 것인데, 왜냐하면 개시된 필름이 거의 수직의 광선의 대부분을 이미 차단하고, 다음에 구조화된 표면에 의해 법선에 더 근접하게 구부러지는 더 높은 각도의 광선을 더 많이 전달하기 때문이다. 이러한 방식으로, 필름의 최대 출력 각도(거의 60도 또는 70도)는 더 작은 각도로 방향전환될 수 있다. 그러나, 다층 필름이 거의 수직 광선을 차단할 수 있기 때문에, 미세구조체는 더 이상 재귀반사될 필요가 없고 더 많은 경사진 광선의 굴절각을 증대시키기 위해 존스의 것으로부터 변경될 수 있다.

[0164] 일반적으로, 제한된 범위의 반구각(hemispherical angle)에 걸쳐 광을 선택적으로 투과시키는 본 명세서에 설명된 다층 필름과 같은 광학 요소는 미세구조화된 광 방향전환 층의 성능을 향상시키는 데에 유용하다. 구조화된 표면은 램버시안 광원으로부터의 광의 방향성을 제어함에 있어서 제한된 유용성을 갖는다. 그러나, 본 명세서의 필름은 램버시안 분포의 선택된 부분만을 투과시켜, 그 광을 더 효율적으로 방향전환시킬 수 있는 특수 표면 구조체의 설계를 가능하게 한다.

[0165] 예시적인 구조체는 다층 필름에 의해 투과된 높은 각도의 광선을 법선에 더 근접한 각도로 굴절시킬 표면 법선들의 분포를 갖는 것이다. 오직 하나의 표면 법선각 대신에, 프리즘 소면이 표면 법선들의 연속적인 범위에 의해 나타내어진다. 이 구조체는 만족된 소면을 갖는 프리즘의 선형 어레이일 수 있거나, "노우즈 콘" 구조체와 같은 회전 대칭 구조체일 수 있거나, 긴 2D 구조체일 수 있다.

[0166] 조명 시스템

[0167] 예시적인 조명 시스템의 개략도가 도 15에 도시된다. 전술된 원칙을 사용하여, 설계된 시준된 광 출력 각도 분포 2α 및 2β 를 갖는 얇고 효율적인 대면적의 조명 시스템이 구성될 수 있다. 각도 α 및 β 는 근본적인 필름 특성 출력 각도 $\Delta\theta_e$ 및 $\Delta\phi_e$ 로부터 각각 유도될 수 있으며, 광 방향전환 층은 표준 광학 설계 및 광선 추적 도구의 사용에 의해 설계될 수 있다. 광 분포 2α 및 2β 는 광 세기가 중심값의 $1/e$ 까지 떨어지는 각도의 범위로서 정의된다. 2α 가 θ_e 및 미세구조체에 의해 결정되는 각도 범위인 경우, 180도만큼 크거나 20도만큼 좁을 수 있다. 30도, 45도, 60도, 90도 및 120도의 중간값들이 또한 용이하게 달성된다. 2β 가 방위각 범위 $\Delta\phi_e$ 및 미세구조체에 의해 결정되는 각도 범위인 경우, 180도만큼 크거나 45도만큼 작을 수 있다. 60도, 90도 및 120도의 중간값들이 또한 용이하게 달성된다. 다층 필름 및 프리즘의 주축은 조명 기구 또는 다른 조명 장치의 예지에 대해 임의의 각도로 배향될 수 있다. 도 15에서, 축은 예시의 목적으로만 정렬되어 있다. 직선으로 된

형상에 추가하여, 조명 시스템은 임의의 형상일 수 있다. 두꺼운(깊은) 공동이 마찬가지로 용이하게 구성되지만, 프로파일은 매우 얇을 수 있다.

- [0168] 조명 시스템은 예지형, 직하형, 또는 둘 모두의 조합일 수 있다.
- [0169] 전방 반사기는 광 방향전환 층에 부착될 수 있거나, 둘 모두가 유리 또는 강성 중합체 플레이트와 같은 플레이트에 부착될 수 있다. 이 유리 또는 플레이트는, 전형적으로 조명 시스템에 의해 조명되는 시스템인 다른 시스템의 구성요소일 수 있다. 일례는 LCD 패널이다.
- [0170] 전구 은폐 및 구역 제어를 갖는 직하형 중공 조명 시스템
- [0171] 예지형 중공 공동 조명 시스템에서 향상된 광 전달을 위해, 공동 전달비 CT 및 그에 따른 전방 및 후방 반사기의 전방 전달비 FT는 균일도를 증진시키기 위해 공동 내에서 큰 거리를 가로질러 광을 효율적으로 확산시키도록 광 전달의 높은 값을 위해 선택된다. 그러나, LCD용의 직하형 구역화 백라이트(zoned backlight)의 경우, 예를 들어 국부적인 조명 구역 내의 1개 또는 몇 개의 LED로부터와 같이 소정의 소면적 광원으로부터 확산되는 광의 범위를 제한할 필요가 있다. 그러나, 구역 내의 균일도는 여전히 몇몇 수단에 의해 생성되어야 하며, 제조 비용과 용이함 둘 모두는 주요 고려사항이다. 이 후자의 이유들 때문에, 시스템 내의 다양한 구역들 사이에 벽 또는 다른 반사성 장벽을 사용함이 없이 소정의 국부적인 광원으로부터의 광을 구속하는 것이 바람직하다.
- [0172] 개방 시스템 내에서의 제한된 광 확산과 균일도 둘 모두를 달성하기 위해, 몇 개의 구성요소가 동시에 사용되어야 한다. 이 구성요소들은 다음과 같다:
 - [0173] (1) 전방 플레이트 상의 각도 선택 부분 투과성 반사기;
 - [0174] (2) 확산 구성요소;
 - [0175] (3) 낮은 또는 음의 공동 전달비를 제공하도록 조합되는 전방 및 후방 반사기;
 - [0176] (4) 전방 반사기의 각도 선택을 제공하도록 선택된 방출 패턴을 갖는 국부적인 광원; 및
 - [0177] (5) 광 방향전환 층.
- [0178] 추가로, 전방 반사기와 후방 반사기 둘 모두는 고도의 재순환 공동 내에서의 저 손실을 제공하도록 고 효율을 가져야 한다.
- [0179] 이 구성요소들은 위에서 어느 정도 상세하게 논의되어 있다. 첫 번째 구성요소는 본 발명의 각도 선택 반사기일 수 있다. 소면적 광원의 2차원(2D) 어레이의 경우, 시스템의 양 평면내 방향에서 광의 투과가 필요하다면, 직교하는 양 평면내 축을 따라 공기 중에서 90도 미만의 브루스터 각을 갖는 반사기가 선택될 수 있다. 광원의 1D 어레이(예를 들어 형광등 또는 예를 들어 LED들의 선형 어레이)의 경우, 또한 적어도 하나의 축이 공기 중에서 90도 미만의 브루스터 각을 갖는 방위각 선택 반사기가 선택될 수 있다. 전구 은폐는 직하형 시스템에서 주요 관심 대상이다. 소면적 광원의 밝음의 가시성(편치스루)을 감소 또는 제거하기 위해, 전방 반사기는 수직 입사에서 고 반사율을 갖고 이때 입사각이 증가함에 따라 투과율이 점진적으로 증가하도록 선택될 수 있다. R_{normal} 은 80%를 초과하거나, 90%를 초과하거나, 95%를 초과할 수 있다. 소면적 광원이 수직 방출된 광의 양을 대폭 감소시키는 변경된 출력 분포를 갖는 경우, 실질적인 광의 재순환을 제공하기에 충분히 낮은 전체 T_{Hemi} 를 갖는다면, 상부 반사기는 평평하거나 입사각에 따라 증가하는 반사율 대 각도를 갖도록 선택될 수 있다. 30%, 20%, 10% 그리고 심지어 5%의 T_{Hemi} 가 이 목적을 위해 유용하다. 브루스터 각이 공기 중에서 90도를 초과하여도, 반사에서 상당한 브루스터 최소값을 갖는 전방 반사기가 유용하다. 그러나, 브루스터 최소값에서의 반사율은 약 50%이거나 수직 입사에서의 반사율보다 작아야 한다. 첫 번째 구성요소는, LCD 패널과 같은 다른 시스템의 일부일 수 있는 강성 플레이트에 라미네이팅될 수 있다.
- [0180] 구성요소 (2) 및 (3)은 공동 전달에 관해서 위에서 논의되어 있다. 공동 전달비가 낮을수록, 광이 점 광원으로부터 멀리 확산하기 위해 더 많은 반사가 필요하다. 유의한 확산 메커니즘이 공급될 때 그러한 시스템은 광의 다중 반사를 통해 혼합을 제공할 것이지만, 광의 상당한 부분은 광이 상부 플레이트로부터 천천히 출사할 때 국부적인 기하학적 형상 내에서 앞뒤로 반사할 것이다. 그러나, 그 경면 특성을 변경하기 위해 전방 반사기 상에 배치된 임의의 코팅은 그 각도 선택 반사 특성을 지나치게 방해하지 않아야 한다. 대안적으로, 선택된 전달비를 갖는 광 산란층이 공극을 두고 전방 반사기에 대향하여 배치될 수 있다. 후방 반사기가 광의 전부를 바로 다시 광원으로 보내는 정도까지 고도로 재귀-반사하는 경우, 광이 흡수될 수 있는 광원으로 광의 대부분이 복귀하지 않도록 광을 확산시키기 위해 약간의 확산이 바람직하게 추가될 수 있다. 광을 소정 구역으로 구속하기

위해 상부의 경면 또는 반-경면 반사기와 조합된 재귀-반사기의 작용은, 광을 공동 내의 국부적인 광원 중 임의의 것으로부터 멀리 그리고 그 다음에 다시 그것을 향해 반복적으로 보내는 것이다. 고 굴절률 유리 비드와 같은 통상적인 재귀-반사기에 의해, 상당한 양의 확산이 일어날 것이며, 이는 반복된 반사의 결과로서 광원 근처의 영역에 더 균일한 광의 분포를 제공한다.

[0181] 전달비가 0.25 미만인 별개의 확산기 또는 확산 반사기가 이 응용에 유용하다. T가 0.1 미만 또는 0 미만인 확산 구성요소가 바람직하다. $CT < 0.5$ 의 공동 전달값이 바람직하다. 증대된 광 구속을 위해, $CT < 0.3$ 또는 심지어 < 0.2 의 공동 전달값이 사용될 수 있다.

[0182] 소면적 광원인 제4 구성요소는 전술된 바와 같이 전방 플레이트 상의 각도 선택 반사기의 각방향 투과율 특성을 제공하도록 임의로 선택되는 조정된 방출 패턴을 가져야 한다. 소면적 광원은 전방 또는 후방 반사기에 평행한 광의 상당한 양을 지향시킬 측방향 방출 패턴을 갖지 않아야 한다. 그러한 방출된 광은 큰 거리를 이동하여 국부적인 구역을 빠져나갈 것이다. 광원은 선택적으로 비대칭 방위각 출력을 가질 수 있는데, 말하자면 한쪽에서만 방출할 수 있다.

[0183] 향상된 균일도를 위해, 하나 이상의 광원이 개별 LED의 영향 구역 내에 있는 것이 가능하다. 시스템 설계 기준에 따라, 이웃하는 LED들의 영향 구역들 사이에 작은 또는 큰 정도의 겹침을 갖는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 작은 겹침을 갖는 것은 디스플레이의 일부를 상당히 어렵게 할 수 있는 능력을 제공한다. 이것은 구역화 시스템에서 콘트라스트(contrast) 및 에너지 절약을 최대화하는 이점을 제공하지만, 이것은 또한 시스템을 개별 LED의 고장에 취약하게 만든다. 시스템 강건성과 여전히 유용한 수준의 절전 및 콘트라스트의 더 양호한 균형을 달성하기 위해 일부 시스템이 의도적으로 겹치는 영향 구역들을 갖는 것이 아주 바람직할 수 있다.

[0184] 영향 구역은 국부적인 광원(즉, 단일 LED, 또는 국부적인 LED들의 클러스터(cluster))의 광 세기가 구역의 중심에서의 세기의 $1/e$ 까지 떨어지는 영역인 것으로 고려될 수 있다(클러스터 = 동일한 칩 또는 히트 싱크 상에 장착되어 있으며 서로 수 mm 내에 있는 다수의 LED). 국부적인 광원의 영향 구역은, 균일성의 정도 및 요구되는 구역 크기에 따라, 가장 가까운 이웃 구역 또는 두 번째로 가까운 이웃 구역 또는 심지어 세 번째로 가까운 이웃 구역과 겹칠 수 있다. 국부적인 광원은 랜덤한 어레이를 비롯하여 선형, 정사각형, 직사각형, 육각형 또는 다른 패턴으로 배열될 수 있다.

[0185] 백라이트의 특정 지점에서의 출력을 검출하는 하나 이상의 광학 센서를 갖고, 피드백 회로를 통해 제어 계획에 따라 개별 LED의 출력을 조정하는 것이 바람직할 것이다.

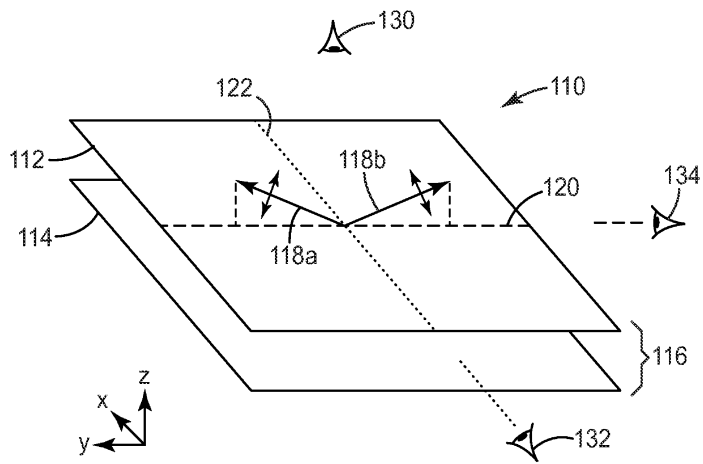
[0186] 공간적으로 불변의 해법이 바람직하지만, 공간적으로 다른 해법을 갖고 예를 들어 "편치스루"를 감소시키는 것을 돕기 위해 각 광원의 바로 위에 인쇄된 확산 또는 반사 도트 또는 패치를 갖는 것이 가능할 것이다.

[0187] 달리 지시되지 않는 한, 명세서 및 특허청구범위에서 사용되는 양, 특성의 측정치 등을 표현하는 모든 숫자는 "약"이라는 용어에 의해 수식되는 것으로 이해되어야 한다. 따라서, 반대로 지시되지 않는 한, 명세서 및 특허청구범위에 기술된 수치적 파라미터는 본 출원의 교시를 이용하는 당업자가 얻고자 하는 원하는 특성에 따라 변할 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.

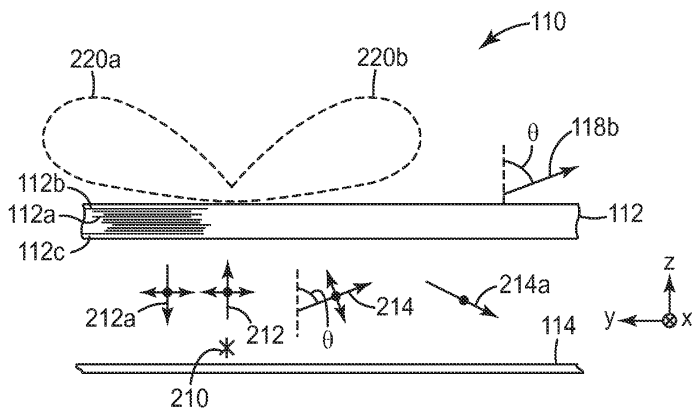
[0188] 본 발명의 다양한 변형 및 변경은 본 발명의 범주 및 사상으로부터 벗어남이 없이 당업자에게 자명하게 될 것이며, 본 발명이 본 명세서에 나타난 예시적인 실시예들로 제한되지 않음을 이해하여야 한다. 본 명세서에 언급된 모든 미국 특허, 특허 출원 공보와, 기타 특허 및 특허외 문헌은, 그들이 전술한 개시 내용과 상반되지 않는 한, 참고로 포함된다.

도면

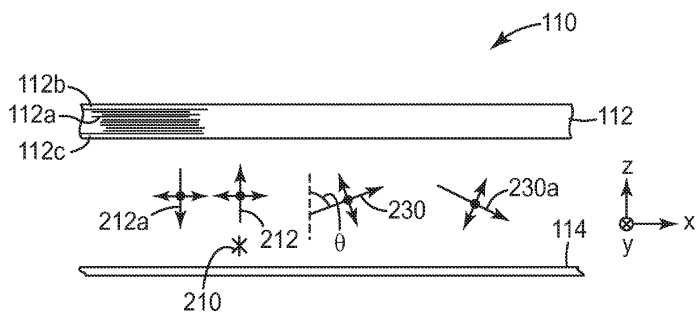
도면1



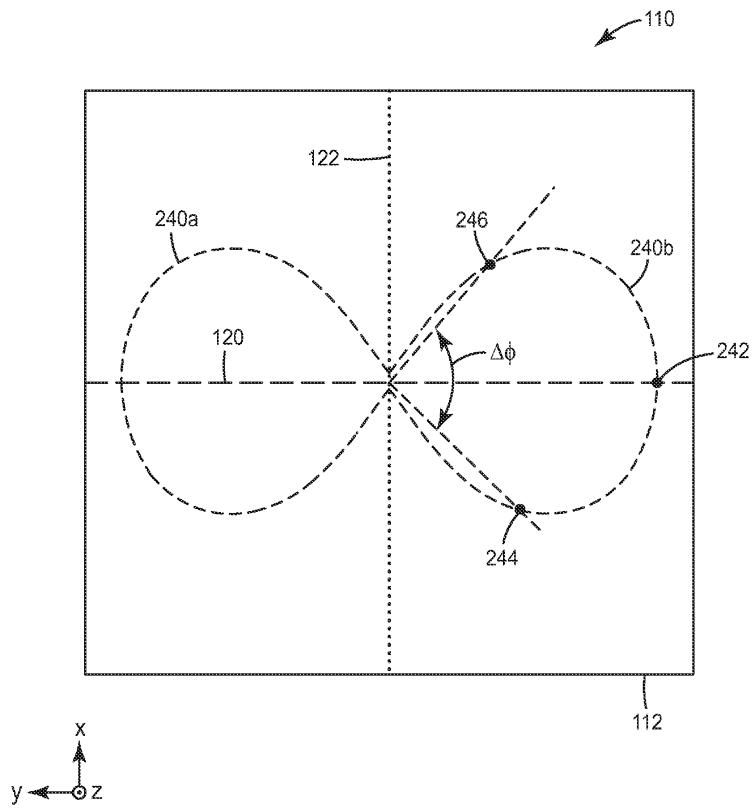
도면2a



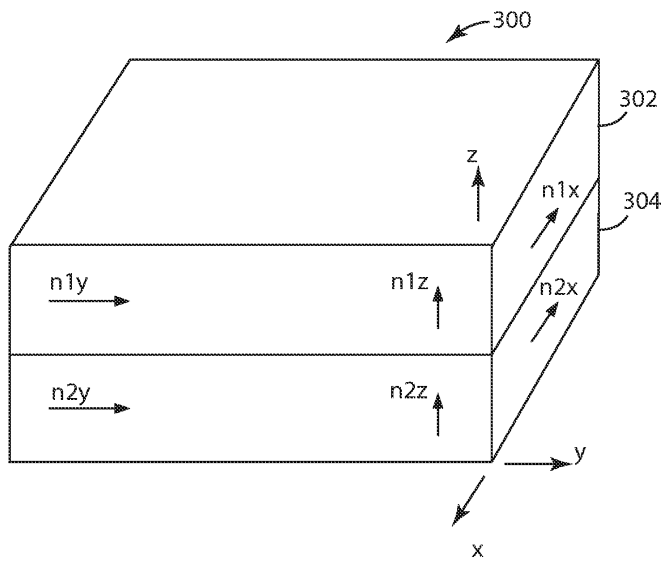
도면2b



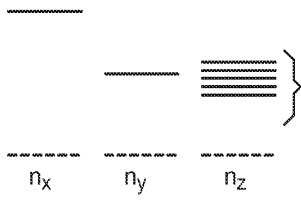
도면2c



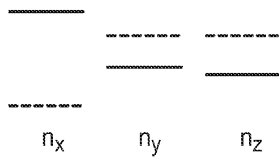
도면3



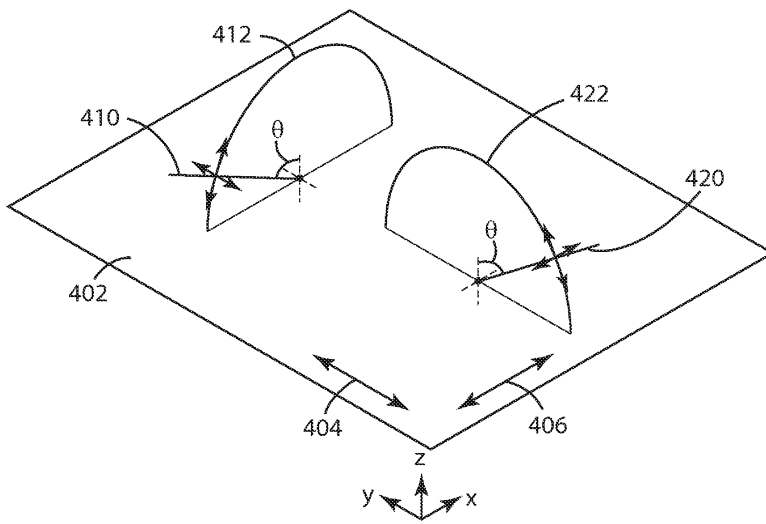
도면3a



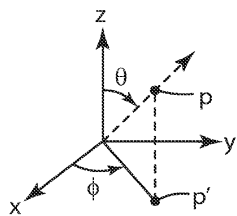
도면3b



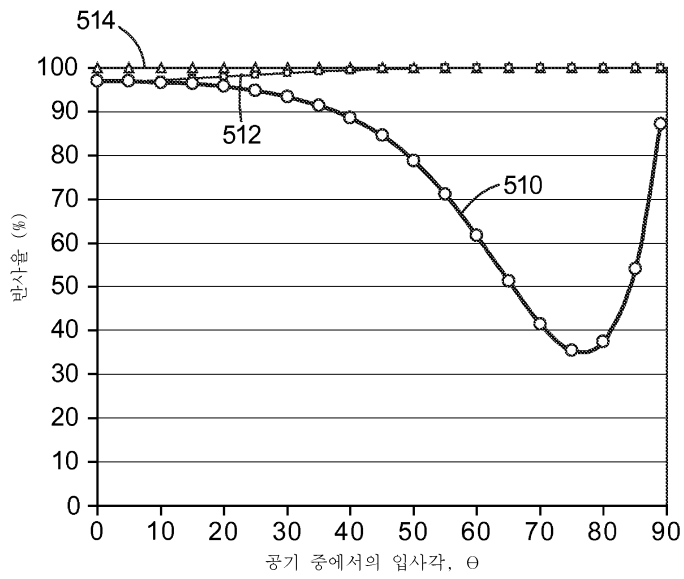
도면4



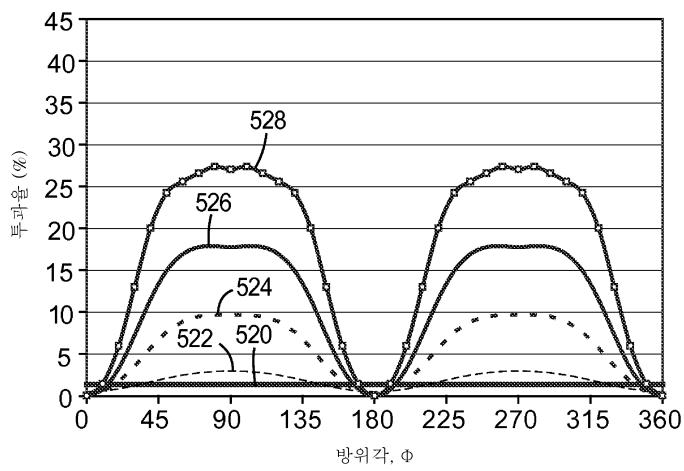
도면4a



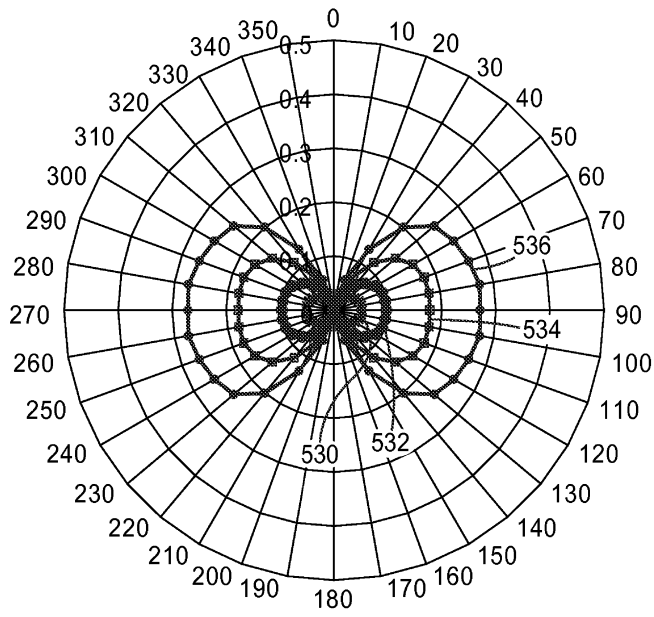
도면5



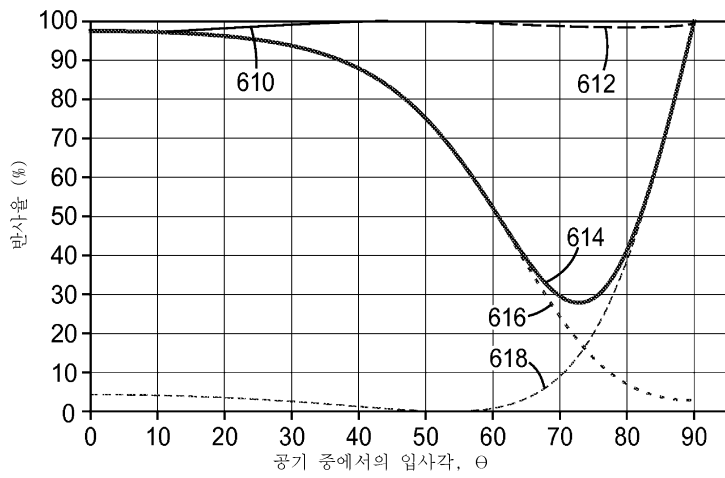
도면5a



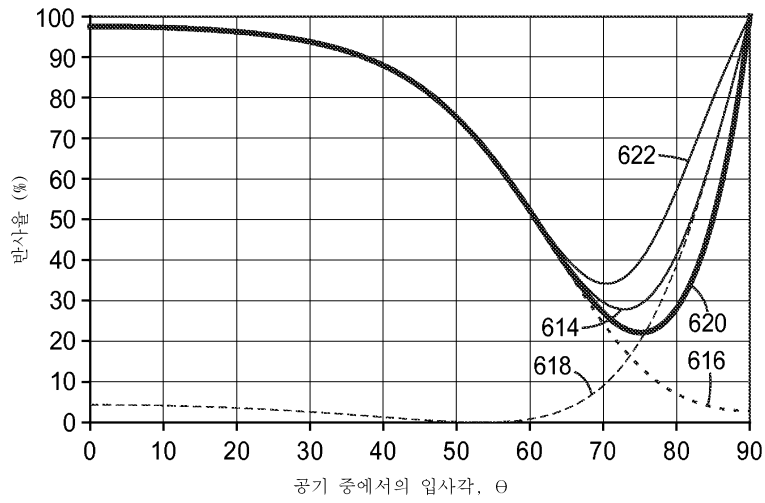
도면5b



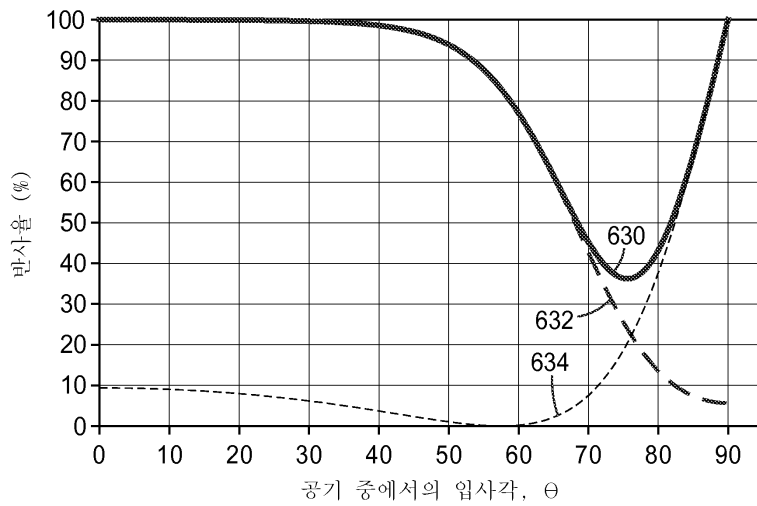
도면6



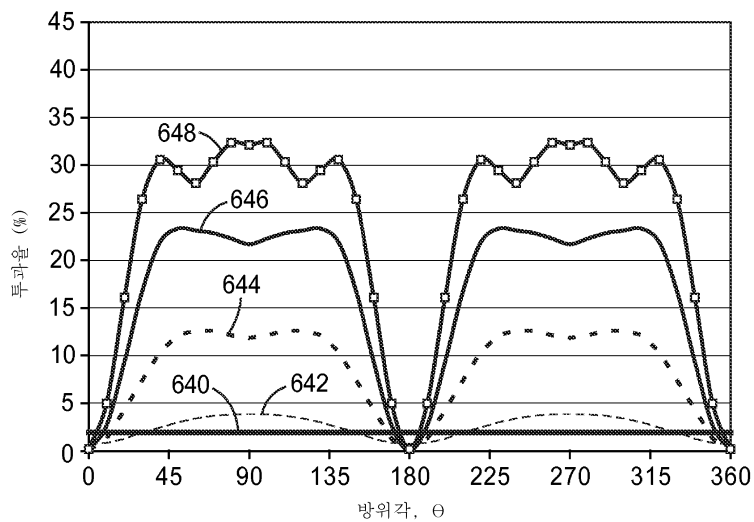
도면6a



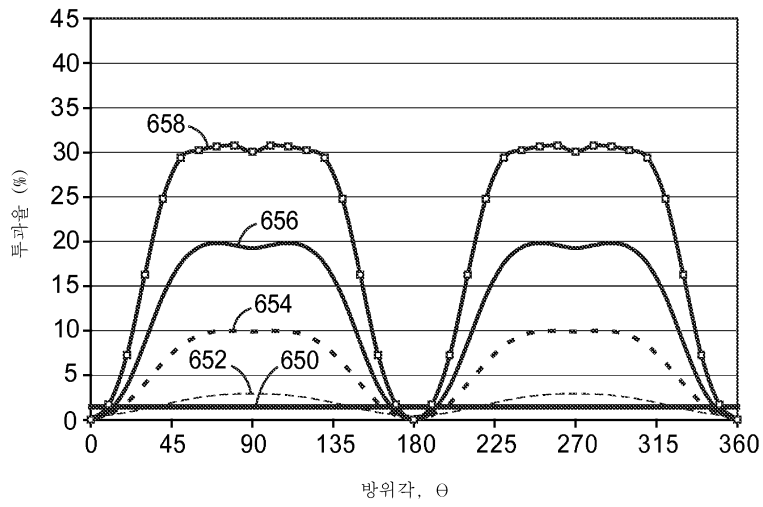
도면6b



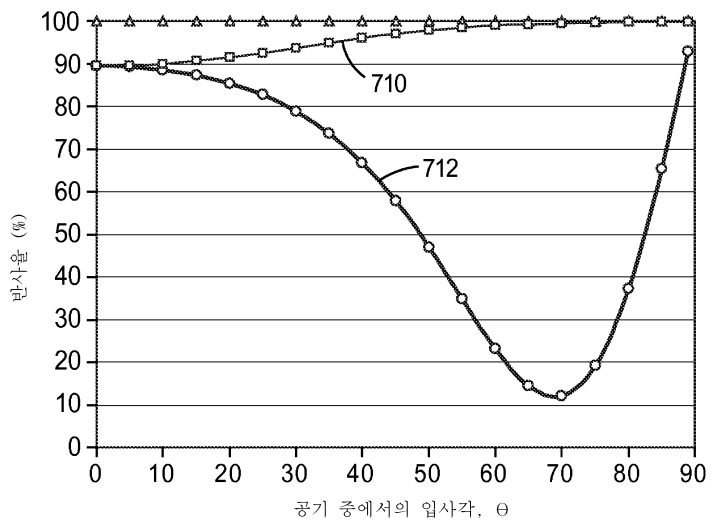
도면6c



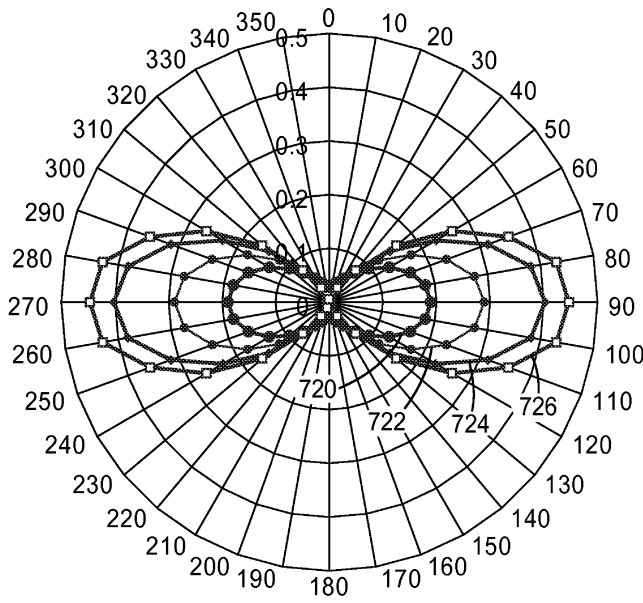
도면6d



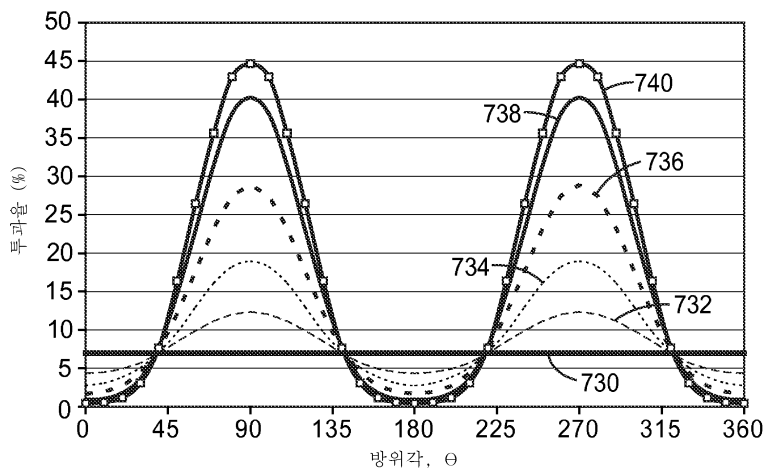
도면7



도면7a



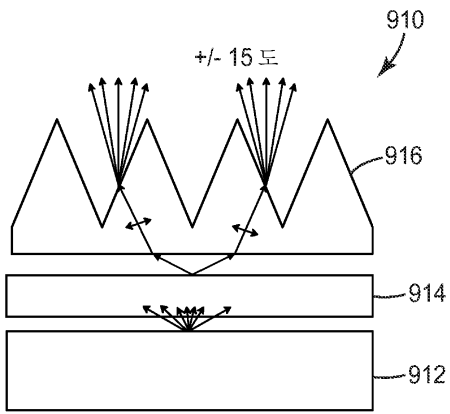
도면7b



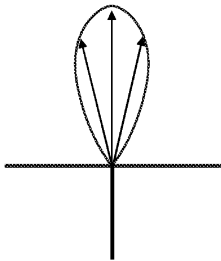
도면8



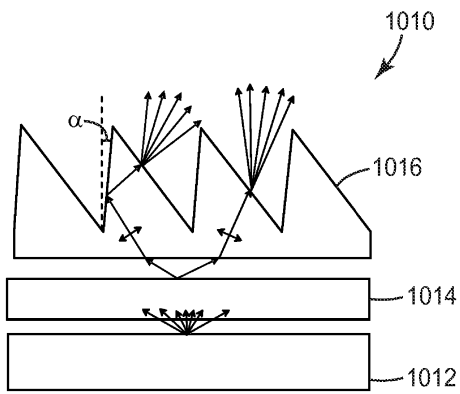
도면9a



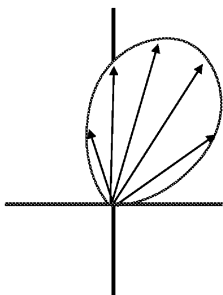
도면9b



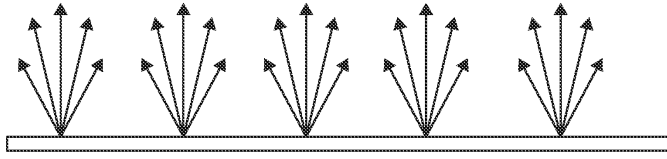
도면10a



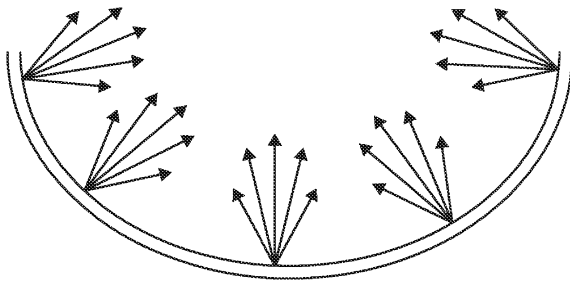
도면10b



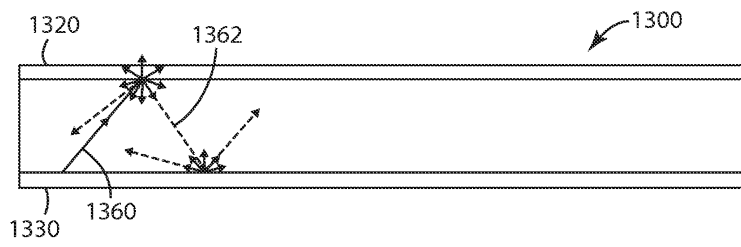
도면11



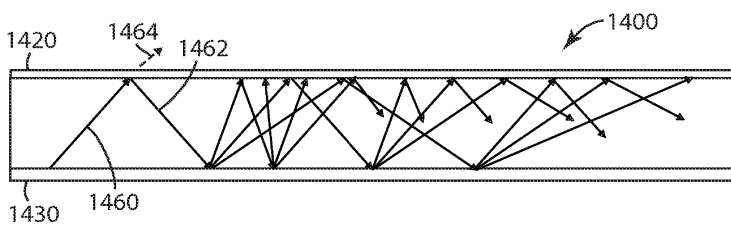
도면12



도면13



도면14



도면15

