



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년10월23일
(11) 등록번호 10-1789367
(24) 등록일자 2017년10월17일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 5/08 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2014-7021145(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2007년03월28일
심사청구일자 2014년08월27일
- (85) 번역문제출일자 2014년07월28일
- (65) 공개번호 10-2014-0107642
- (43) 공개일자 2014년09월04일
- (62) 원출원 특허 10-2008-7023708
원출원일자(국제) 2007년03월28일
심사청구일자 2012년03월27일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2007/065366
- (87) 국제공개번호 WO 2007/115040
국제공개일자 2007년10월11일
- (30) 우선권주장
60/744,112 2006년03월31일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
KR1020010093109 A*
(뒷면에 계속)
- 전체 청구항 수 : 총 1 항

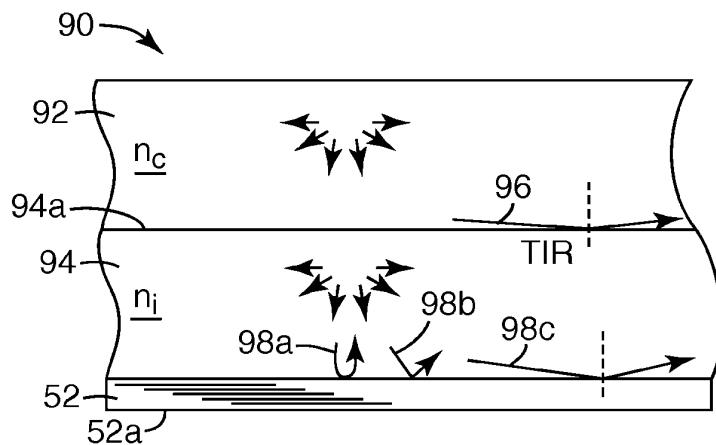
- (73) 특허권자
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박
스 33427 쓰리엠 센터
- (72) 발명자
웨버 마이클 에프.
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427 쓰리엠 센터
- (74) 대리인
양영준, 안국찬, 김영

(54) 발명의 명칭 **광각 거울 시스템**

(57) 요약

복합 거울 시스템은 복수의 미세총을 갖는 광대역 박막 간섭 스택과, 공기보다는 크지만 스택의 최소 굴절률보다는 작은 굴절률을 갖는 광학적으로 두꺼운 층을 포함한다. 거울 시스템은 먼지 또는 흡수 재료와 같은 다른 방해물이 예를 들어 지지 구조와의 접촉으로 인해 거울 후방면에 존재하는 경우 반사율의 저하를 피하면서 초임계 각도로 스택 및 광학적으로 두꺼운 층 내에서 진행하는 광에 대해 높은 반사율을 제공할 수 있다.

대 표 도 - 도9



(56) 선행기술조사문현

KR1020050051642 A*

JP2001135122 A

JP2005535938 A

KR100407210 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

명세서

청구범위

청구항 1

기준 축에 일반적으로 수직으로 놓여 있고, 400 nm 내지 800 nm의 관심 파장 범위에 걸쳐 그리고 미세층의 관심 각도 범위에 걸쳐 90% 초파의 광을 반사시키도록 선택된 굴절률 및 두께를 갖는 복수의 미세층을 포함하는 박막 스택;

박막 스택의 외측 표면에서 미세층에 결합되고 공기의 굴절률보다는 크지만 미세층의 굴절률보다는 작은 굴절률 (n_i)을 가지며, 관심 파장 범위의 평균 파장 이상의 광학적 두께를 갖는 광학적으로 두꺼운 층; 및

광학적으로 두꺼운 층 내에서 기준 축에 대해 실질적으로 90° 의 각도로 진행하는 광을 포함하는, 광을 광학적으로 두꺼운 층 및 미세층 내로 도입하는 구조를 포함하고,

관심 각도 범위는 미세층들 중 하나의 관심 각도 범위에 대응하는 기준 매체("a") 내에서 측정된 각도 Θ_{amax} 까지 연장하고, 상기 n_i 는 광학적으로 두꺼운 층 내에서 기준 축에 대해 실질적으로 90° 의 각도로 진행하는 광이 Θ_{amax} 의 각도로 상기 기준 매체 내로 굴절하도록 선택되고, 상기 Θ_{amax} 는 박막 스택이 관심 파장 범위에 걸쳐 선택된 반사율을 제공하는 상기 기준 매체 내에서 측정된 최대 광 진행 각도이고, 상기 광학적으로 두꺼운 층이 상기 복수의 미세층으로 도입되는 광을 상기 미세층의 관심 각도 범위로 제한하여 상기 관심 파장 범위에 걸쳐 비-누설 거울을 제공하도록 하는, 거울 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 거울 시스템, 및 박막 간섭 스택(thin film interference stack)을 이용한 거울 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

고반사율 거울을 필요로 하는 많은 광학 제품 및 장치는 그러한 목적으로 박막 간섭 스택을 사용한다. 그러한 스택은 경제적으로 제작될 수 있고, 사람의 가시 파장 스펙트럼 또는 특정 광원의 출력 스펙트럼 또는 특정 검출기의 감도 스펙트럼과 같은 원하는 파장 대역에 걸쳐 높은 반사율을 제공하도록 설계될 수 있다. 스택은 또한 입사 광의 각도 범위에 걸쳐 반사율을 제공할 수 있다. 우수한 반사율은 수직 입사 광 및 적정한 입사 각도에 대해, 특정 파장에서 또는 심지어는 전체 관심 파장 범위에 걸쳐 보통 달성될 수 있다. 이러한 성능은 보통 의도된 최종 사용 용도에 대해 완벽하게 적절하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003]

그러나, 용도 또는 시스템이 또한 극한의 입사 각도에서 높은 반사율을 필요로 하면, 그러한 스택은 이러한 성능을 도출하지 못할 수도 있다. 특정 파장에서의 간섭 스택의 반사율은 이하의 2개의 인자 때문에 그러한 극한 각도에서 저하될 수 있다. 즉, (1) 광의 p-편광 성분에 대한 스택 내의 인접한 미세층들 사이의 유전체 / 유전체 계면의 반사율이 입사 각도 증가에 따라 감소하며 브루스터(Brewster) 각도에서 0의 최소값으로 감소하고; (2) 기하학적 관점에서, 스택 내의 인접한 계면들에 의해 생성된 광의 웨이블렛(wavelet)들 사이의 광로차 (optical path difference)로 인한 위상 변이가 $\pi/2$ 라디안(radian)에 가까워져서, 많은 수의 미세층 및 확장된 두께 구배의 누적 효과로도 허용 가능한 반사를 생성하기에 보강 간섭이 불충분함. 인자 (2)는 입사 각도가 증가함에 따라 스택의 반사 대역이 더 짧은 광학 파장을 향해 변이하고, 극한의 입사 각도에서 반사 대역이 전체 관심 파장 범위를 더 이상 커버하지 못하게 멀리 또는 심지어 관심 파장 범위의 어떠한 부분도 커버하지 못하게 멀리 변이하는 것으로 다르게 표현될 수 있다. 인자 (1)에 관해, 미국 특허 제5,882,774호(존자(Jonza)

등) 및 학술지 간행물["Giant Birefringent Optics" by Weber et al., Science 287, 2365 (31 March 2000)]은 입사 각도 증가에 따라 p-편광된 광의 반사율을 감소시키는 (동방성 미세층에서 나타나는) 통상적인 거동을 감소, 제거 또는 심지어 역전시키기 위해 스택 내에서 적어도 일부의 복굴절성 미세층을 이용함으로써 그리고 인접한 미세층들의 굴절률을 선택함으로써 이러한 문제점이 어떻게 해결될 수 있는지를 교시한다. 예를 들어, 이들 참조 문헌은 브루스터 각도가 굴절률의 적절한 선택에 의해 어떻게 제거될 수 있는지를 교시한다. 그러나, 그러한 접근법은 인자 (2)를 해결하지 않는다. 많은 경우에, 인자 (2)는 반사 대역을 연장하기 위해 더 많은 층을 단순히 추가함으로써 해결될 수 없다.

과제의 해결 수단

[0004] 발명의 개요

본 출원인은 인자 (1) 및 (2)가 반사율을 부적절하게 저하시키는 것을 방지하기 위해, 더 넓은 입사 각도 범위에 걸쳐 광을 반사시킬 수 있는 거울 시스템에 대한 필요성을 확인하였다. 그러한 거울 시스템은 예를 들어 다층 간섭 스택이 확산 입자 또는 다른 확산 요소를 포함하는 전방 표면 코팅과 같은 전방 표면 확산 구조와 조합된 경우에 바람직할 수 있다. 확산 요소들은 인자 (1) 및/또는 (2)로 인해 다층 스택의 후방 주 표면 또는 후방면(backside)으로 진행하는 극한의 입사 각도를 비롯한 다층 스택 내의 모든 방향으로 광을 산란시킬 수 있다. 후방면이 평평하고, 매끄럽고, 깨끗하고, 공기에 노출되면, 그러한 광은 다층 스택의 전방 표면을 향해 내부 전반사(TIR: Total Internal Reflection)에 의해 반사되어, 거울 시스템의 높은 반사율을 유지한다. 반면에, 후방면이 긁혔거나 흡수 재료(예를 들어, 지지 부재, 체결구, 그리스, 잉크, 또는 면지)와 접촉하면, 그러한 광은 흡수되어, 시스템 반사율을 떨어뜨린다. 예를 들어, 다층 간섭 스택의 전방이 광 확산 층으로 코팅된 거울 시스템 내에서 다층 간섭 스택의 후방면에 대해 일 조각의 양면 접착 테이프를 바르면 스택에 대한 테이프 조각의 접촉 영역에 대해 그 크기 및 형상 면에서 대응하는 회색 또는 달리 어두운 영역이 거울 시스템의 전방에서 보이게 할 수 있다. 테이프가 불투명한 플라스틱 지지체 또는 흡수 잉크와 같은 더 강한 흡수성 재료와 접촉하거나 또는 이로 대체되면, 영역은 전방 관찰자의 입장에서 보면 훨씬 더 어두워질 수 있다.

[0006] 다층 간섭 스택에 기초한 복합 거울이 국소적으로 감소된 후방면 반사율을 나타낼 때 전방에서 보이는 어두운 영역은 인자 (2)와 거울 후방면에서의 내부 전반사의 국소화된 손실의 조합으로 인해 발생한다. 확산 요소는 (예를 들어, 큰 입사 각도에서의 거울 반사 대역의 변이로 인해) 광이 관심 파장에서 적절하게 반사되지 않도록 충분히 큰 입사 각도로 산란된 광의 일부가 거울로 진입하게 한다. 이러한 광은 대신에 거울 후방면에 도달하고, 국소화된 덜 반사성인 영역(들)을 통해 거울 외부로 나간다. 한편, 평평하고, 매끄럽고, 깨끗하고, 공기에 노출된 거울 후방면의 인접한 영역들에 도달한 광은 내부 전반사를 받는다. 이들 인접 영역들에서의 상이한 반사율은 거울을 그 전방면으로부터 볼 때 어두운 영역이 보일 수 있게 한다.

[0007] 그러므로, 더 넓은 입사 각도 범위에 걸쳐 광을 반사시킬 수 있는 거울 시스템에 대한 필요성이 존재한다. 또한, 거울 후방면 영역에서 국소적으로 감소된 반사율에도 불구하고 전방으로부터 입사한 광을 균일하게 반사시킬 수 있는 거울 시스템에 대한 필요성이 존재한다. 이러한 필요성은 가시 파장 거울로 제한되지 않고, 다른 관심 파장 범위에 대해 생길 수 있다.

[0008] 그러므로, 본 출원은 무엇보다도 박막 간섭 스택을 형성하거나 복수의 스택을 형성하는 복수의 미세층을 포함하는 복합 거울 시스템을 개시한다. 이러한 미세층은 관심 파장 범위에 걸쳐 그리고 미세층들 중 하나에 대응하는 기준 매체 내에서 측정되는 바와 같은 관심 각도 범위에 걸쳐 광을 반사시키도록 선택된 굴절률 및 두께를 갖는다. 이러한 후자의 범위는 본 명세서에서 관심 미세층 각도 범위로서 지정된다. 본 시스템은 미세층에 결합되는 광학적으로 두꺼운 층을 또한 포함한다. 광학적으로 두꺼운 층은 공기보다는 더 크지만 미세층의 굴절률보다는 더 작은 중간 굴절률을 갖는다. 거울 시스템은 "초임계 진행 각도"(supercritical propagation angle)로 광을 거울 시스템 내로, 예를 들어 광학적으로 두꺼운 층 내로 그리고 미세층 내로, 또는 광학적으로 두꺼운 층 내에서 미세층 내로 도입하는 구성요소를 또한 포함한다. 초임계 진행 각도의 개념은 이하에서 더 설명되지만, 일반적으로는 평평하고 층에 대해 평행한 표면을 통해 공기로부터 층 내로 광을 도입함으로써 달성될 수 있는 것보다 비스듬한 (광학적으로 두꺼운 층 또는 미세층과 같은) 임의의 비-공기 매체(non-air medium)의 층 내에서의 진행 각도를 지칭한다. 광학적으로 두꺼운 층은 관심 파장 범위 내의 도입된 광을 관심 미세층 각도 범위로 제한하는 역할을 하거나 또는 관심 파장 범위 내이며 관심 미세층 각도 범위 밖의 도입된 광을 광학적으로 두꺼운 층의 매립된 계면에서 내부 전반사되게 한다. 이러한 개시된 거울 시스템은 전형적으로 박막 간섭 스택, 중간 굴절률의 광학적으로 두꺼운 층 및 초임계 진행 각도로 광을 도입하기 위한 구성요소의 조합을 통해, 수직 입사 광뿐만 아니라, 초임계 입사 각도를 포함한 극한의 입사 각도로 진행하는 광에 대해 높은

반사율을 제공할 수 있다.

[0009] 본 출원은 또한 복수의 미세층, 미세층에 결합된 광학적으로 두꺼운 층, 및 실질적으로 90° 의 각도로 광학적으로 두꺼운 층 내에서 진행하는 광을 포함하는 광을 광학적으로 두꺼운 층 및 미세층 내로 도입하는 구조(들)를 포함하는 거울 시스템을 개시한다. 미세층은 기준 축에 대해 대체로 수직하고, 관심 파장 범위에 걸쳐 그리고 관심 미세층 각도 범위에 걸쳐 광을 실질적으로 반사시키도록 선택된 굴절률 및 두께를 갖는다. 광학적으로 두꺼운 층은 공기의 굴절률보다는 더 크지만 미세층의 굴절률보다는 더 작은 굴절률을 갖는다. 관심 각도 범위는 미세층들 중 하나의 관심 각도 범위에 대응하는 기준 매체 내에서 측정된 각도(Θ_{amax})까지 연장하고, 기준 매체 내의 Θ_{amax} 는 광학적으로 두꺼운 층 내에서의 실질적인 90° 진행 각도에 대응한다.

[0010] 본 출원은 또한 굴절률 및 두께가 관심 파장 범위에 걸쳐 그리고 관심 미세층 각도 범위에 걸쳐 광을 반사시키는 복수의 미세층과, 미세층에 결합되고 공기보다는 크지만 미세층의 굴절률보다는 작은 굴절률을 갖는 광학적으로 두꺼운 층과, 광학적으로 두꺼운 층 내의 또는 이에 결합된 하나 이상의 확산 요소를 포함하는 거울 시스템을 개시하며, 미세층의 반사 대역은 거울 시스템이 거울 후방면 영역에서의 국소적으로 감소된 반사율에도 불구하고 관찰자에게 가지 광을 균일하게 반사시키는 것으로 보이도록 균적외선 내로 충분히 멀리 연장된다.

[0011] 본 출원의 이들 및 다른 태양이 이하의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다. 그러나, 어떠한 경우에도 상기의 개요는 청구된 기술적 요지를 한정하는 것으로 해석되어서는 아니되며, 그 기술적 요지는 절차를 수행하는 동안 보정될 수도 있는 첨부된 청구의 범위에 의해서만 한정된다.

도면의 간단한 설명

[0012] 본 명세서 전반에 걸쳐, 유사한 도면 부호가 유사한 요소를 지시하는 첨부 도면을 참조한다.

도 1은 재료의 교호 미세층("a", "b")들을 갖는 박막 간섭 스택 상에 공기로부터 비스듬히 입사하는 광의 개략적인 단면도.

도 2a 내지 도 2c는 도 1의 다양한 매체 내에서 진행하는 광에 대한 가능한 진행 각도의 범위를 도시하는 각도 플롯(angular plot)이고, 도 2a는 공기 매체 내에서의 광에 대한 도면이고, 도 2b는 스택의 "a" 미세층 내에서의 광에 대한 도면이고, 도 2c는 스택의 "b" 미세층 내에서의 광에 대한 도면.

도 3은 도시된 여러 이상화된 곡선이 수직 입사각 및 여러 경사 입사 각도에서의 등방성 박막 스택의 반사 대역을 나타내는 반사율 대 파장의 그래프.

도 4는 반사율이 관심 파장(또는 관심 파장 범위에 걸쳐 평균화됨)에서의 광에 대한 것이고 모든 편광 상태에 걸쳐 평균화된, 다양한 거울 시스템 구성들에 대한 스택의 "a" 미세층 내에서의 평균 반사율 대 진행 각도(Θ_a)의 이상화된 그래프.

도 5는 스택 내에 초임계 각도로 광을 도입할 수 있는 구조에 결합된 박막 스택을 갖는 거울 시스템의 개략적인 측면도.

도 6 내지 도 8은 스택 내에 초임계 각도로 광을 도입할 수 있는 대안적인 구조를 갖는 거울 시스템을 도시하는 도면.

도 9는 박막 스택과, 스택 내에서의 광의 진행 각도를 제한하는 중간 굴절률의 광학적으로 두꺼운 층을 포함하고 또한 스택의 용량을 넘는 극한의 입사 각도로 진행하는 광이 광학적으로 두꺼운 층의 매립된 계면에서 내부 전반사되게 하는 광각 거울 시스템의 개략적인 단면도.

도 9a 내지 도 9c는 도 9의 다양한 매체 내에서 이동하는 광에 대한 진행 각도의 범위를 도시하는 각도 플롯이고, 도 9a는 도입 층("c") 내에서의 광에 대한 도면이고, 도 9b는 광학적으로 두꺼운 중간 굴절률 층("i") 내에서의 광에 대한 도면이고, 도 9c는 스택의 최저 굴절률 "a" 미세층 내에서의 광에 대한 도면.

도 10은 다른 광각 거울 시스템의 개략적인 단면도이고, 도 10a 내지 도 10c는 도 10의 다양한 매체 내에서 이동하는 광에 대한 진행 각도의 범위를 도시하는 각도 플롯.

도 11은 또 다른 광각 거울 시스템의 개략적인 단면도이고, 도 11a 및 도 11b는 도 11의 다양한 매체 내에서 이동하는 광에 대한 진행 각도의 범위를 도시하는 각도 플롯.

도 12 내지 도 16은 실시예에서 논의되는 다양한 거울 시스템에 대한 분광 투과율 또는 반사율을 도시하는

풀롯.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 이러한 상세한 설명을 위해, "공기"라는 용어는 표준 온도 및 압력의 또는 다른 온도 또는 압력의 지표 대기를 지칭할 수 있고, 심지어 진공도 지칭할 수 있다. 그러한 매체의 굴절률들 사이의 미세한 차이는 본 명세서에서 무시되고, 굴절률은 본질적으로 1.0으로 추정된다. 또한, 이러한 상세한 설명을 위해, 다음의 용어가 사용된다:
- [0014] n_{min} - 관심 파장 또는 파장 범위에서의 임의의 축을 따른 스택 내의 임의의 미세층의 최소 굴절률.
- [0015] a, b - 박막 스택 내에서 사용되는 광학 재료, 또는 그러한 재료로 구성된 미세층. 여기서, a는 적어도 하나의 축을 따른 굴절률(n_{min})를 갖고, b는 n_{min} 보다 큰 적어도 하나의 축을 따른 굴절률을 갖고, b 재료는 통상 스택 내의 (임의의 축을 따른) 최대 굴절률을 또한 갖는다. 이는 필름 스택이 단지 2개의 상이한 유형의 미세층으로 제한된다는 것을 의미하지는 않으며, 스택은 "a" 및 "b" 외의 광학 재료를 또한 포함할 수 있다.
- [0016] i - 공기의 굴절률($n = 1$)과 스택의 최소 굴절률($n = n_{min}$) 사이의 중간 굴절률(n_i)을 갖는 다른 광학 재료, 또는 그러한 재료로 구성된 층 또는 다른 광학체.
- [0017] c - 임의의 축을 따른 굴절률이 n_i 보다 크고, 통상 n_i 및 n_{min} 보다 실질적으로 더 큰 다른 광학 재료, 또는 그러한 재료로 구성된 층 또는 다른 광학체. 몇몇 경우에, "c" 재료는 "a" 재료 또는 "b" 재료일 수 있다.
- [0018] n_x - 관심 파장 또는 파장 범위에서의 주어진 재료 또는 층($x; x = a, b, c$ 또는 i)의 굴절률. 재료가 복굴절성이면, n_x 는 특정 축(예를 들어, x, y, 또는 z 축)을 따른 굴절률일 수 있거나, 또는 주어진 방향으로 진행하는 특정 편광 상태(예를 들어, s 또는 p-편광된 광, 또는 좌선성 또는 우선성 원편광된 광)에 대한 유효 굴절률일 수 있다.
- [0019] 관심 파장 범위 - 통상 가시광 또는 근가시광(예를 들어, 400 - 700 nm 파장), 근적외광(예를 들어, 700 - 1000 nm, 700 - 1400 nm 또는 700 - 5000 nm, 이러한 범위들 중 하나를 선택하는 것은 때때로 사용된 검출기 또는 투과 매체에 따름), 또는 가시광 및 근적외광 둘 모두. 다른 범위가 관심 파장으로서 또한 사용될 수도 있다. 예를 들어, 거울 시스템을 LED 또는 레이저와 같은 협대역 발광기(emitter)를 구비한 시스템 내에 사용하고자 한다면, 관심 파장 범위는 상대적으로 좁을 수 있다(예를 들어, 100 nm, 50 nm, 10 nm, 또는 그 미만). 거울 시스템을 액정 디스플레이(LCD) 장치 또는 다른 디스플레이용 백라이트와 같은 조명 시스템 내에 사용하고자 한다면, 관심 파장 범위는 더 넓을 수 있고(예를 들어, 400 - 800 nm, 400 - 900 nm, 400 - 1000 nm, 400 - 1200 nm, 400 - 1400 nm, 400 - 1600 nm 또는 400 - 1700 nm), 이러한 범위는 이하에서 더욱 상세하게 설명되는 이유로 인해 가시광을 넘어 연장된다.
- [0020] Θ_x - 매체(x) 또는 매체(x)의 표면에 수직한 축에 대해 매체(x) 내에서 측정된, 매체(x) 내에서 진행하는 광선의 각도.
- [0021] Θ_{xc} - 매체(x)에 대한 임계 각도, 즉 광이 그레이징 각도(90°)로 인접한 공기 매체 내로 굴절하는 매체(x) 내에서 측정된 입사 각도. 두번째 아래 첨자 "c"는 "임계"를 나타내고, 첫번째 아래 첨자로 나타날 수 있는 광학 재료("c")와 혼동되지 않아야 한다는 것을 알아야 한다.
- [0022] Θ_{xlim} - 임계 각도와 유사하지만 인접 매체가 공기가 아닌 경우에 매체(x)에 대한 한계 각도. 따라서, Θ_{xlim} 은 광이 그레이징 각도(90°)로 인접한 비-공기 매체 내로 굴절하는 매체(x) 내에서 측정된 입사 각도.
- [0023] Θ_{amax} - 박막 스택에 관심 파장 범위에 걸쳐 적절한 반사율을 제공하는 매체("a") 내에서 측정된 최대 광 진행 각도. 이러한 각도는 의도된 적용예에서의 요망 또는 목표 반사율과 같은 많은 인자, 그리고 미세층의 총 개수, 미세층 스택의 두께 구배, 미세층들 사이의 굴절률 차이 등과 같은 스택 설계의 세부 사항의 함수이다.
- [0024] 이제 도 1을 참조하면, 굴절률($n_0 = 1$)의 공기 매체 내에 침지된 박막 간접 스택(10)이 개략 단면도로 도시된다. 직교 x-y-z 좌표계도 또한 참고를 위해 도시되어 있다. 특정 파장의 광(12)이 일정 각도(Θ_0)로 스택에 입사하여, 스택과 상호 작용하여 반사 빔(12a) 및 투과 빔(12b)을 생성한다.

[0025]

스택은 간접 스택, 예를 들어 1/4 파장 스택 내에 배열된 광학 재료(a, b)들로 각각 구성된 전형적으로 수십, 수백, 또는 수천 개의 미세층(14a, 14b)을 포함한다. 광학 재료(a, b)는 (TiO_2 , SiO_2 , CaF , 또는 다른 종래의 재료와 같은) 무기 재료이든지 또는 유기 재료, 예를 들어 중합체 재료(폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN), 폴리메틸 메타크릴레이트(PMMA), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 아크릴, 및 다른 종래의 재료)이든지간에, 간접 스택 내에서 유용한 것으로 알려진 임의의 적합한 재료일 수 있다. 스택은 전부가 무기인 구성, 전부가 유기인 구성, 또는 혼합된 무기/유기 구성을 가질 수 있다. 먼저, 쉽게 설명하기 위해, 미세층이 등방성인 경우를 설명하지만, 그 결과는 복굴절성 미세층으로 쉽게 확장될 수 있다. 복굴절성 미세층은 임의의 편광의 수직 입사 광을 실질적으로 동일하게 반사시키는 대칭 반사 시스템에, 또는 하나의 편광의 수직 입사 광에 대해서는 높은 반사율을 갖고 직교 편광의 수직 입사 광에 대해서는 낮은 반사율을 갖는 비대칭 반사 시스템에 이용될 수 있다.

[0026]

미세층은 광의 파장의 분수인 광학 두께(굴절률이 곱해진 물리적 두께)를 갖는다. 미세층들은 광학 반복 유닛(ORU: optical repeat unit)으로 불리는 반복 패턴으로 배열되고, 예를 들어 ORU의 광학 두께는 관심 파장 범위 내의 광의 파장의 절반이다. 그러한 얇은 층들은 스택의 파장 의존 반사 및 투과 특성의 원인이 되는 광의 보강 또는 상쇄 간섭을 가능케 한다. 스택(10)에 대한 ORU는 층들의 쌍(ab)이지만, 미국 특허 제5,103,337호(쉬렌크(Schrenk) 등), 제3,247,392호(텔렌(Thelen)), 제5,360,659호(아렌즈(Arends) 등) 및 제7,019,905호(웨버(Weber))에 논의된 배열과 같은 다른 공지된 배열도 또한 가능하다. ORU의 광학 두께가 스택의 두께 치수를 따라 변하는 두께 구배는, 필요하다면, 반사 대역을 넓히기 위해 스택 내로 통합될 수 있다. 스택(10)은 그의 전체 크기에 걸쳐 평평하거나 평탄할 필요는 없지만, 필요에 따라 비평탄 형상으로 성형, 주조 또는 엠보싱될 수 있다. 그러나, 적어도 국소적으로, 도 1에 도시된 스택의 일부에서와 같이, 미세층은 국소 x-y 좌표 평면에 대해 실질적으로 평행하게 놓이거나 연장된다고 말할 수 있다. 따라서, 국소 z 축은 미세층에 수직하고, 인접한 미세층들 사이의 각각의 계면에 수직하다.

[0027]

도시를 간단히 하기 위해, 입사 광(12)의 굴절 부분만이 도 1에 도시되어 있지만, 반사 광의 웨이블렛이 미세층의 계면에 또한 생성되고, 그러한 웨이블렛들의 간섭성 합산(coherent summation)이 반사 빔(12a)을 생성한다는 것을 이해할 것이다. 입사 광(12)이 스택(10)과 마주치면, 이 광은 공기 중의 Θ_0 의 각도로부터 미세층(14a) 내의 Θ_a 의 각도로 굴절한다. 그로부터, 광은 미세층(14b)으로 진입할 때 (z 축에 대해 평행한) 표면 범선을 향해 훨씬 더 꺾여, 진행 각도(Θ_b)를 얻는다. 교호하는 a, b 층들 내에서의 더 많은 굴절 후에, 광은 투과 빔(12b)으로서 빠져 나오는데, 이는 또한 스택(10)을 통해 투과된 모든 웨이블렛들의 간섭성 합산으로 이해된다.

[0028]

이제 입사 광의 방향을 변화시키는 효과를 고찰한다. 입사 광의 방향에 대해 아무런 제한이 가해지지 않으면, 예를 들어 공기 중에서 모든 방향으로 스택을 조명하면, 입사 각도(Θ_0)는 0 내지 90° , 또는 0 내지 $\pi/2$ 라디안의 범위이다. 미세층 내에서의 광 진행 각도도 또한 변하지만, 상이한 굴절률들 때문에 이들은 $\pi/2$ 반각(half-angle)을 스위핑(sweep)하지 않는다. 오히려, 이들은 (층(14a)에 대해) Θ_{ac} 의 반각 및 (층(14b)에 대해) Θ_{bc} 의 반각을 스위핑한다. 이는 도 2a 내지 도 2c의 각도 플롯에 도식적으로 도시되어 있다. 도 2a에서, $\pi/2$ 의 반각을 갖는 원호(20)는 공기 매체로부터의 모든 진행 방향을 나타낸다. 그러한 진행 방향은 실제로 3차원에서는 반구를 형성하고, 도 2a는 y-z 평면에서의 반구의 단면을 도시한다. 굴절을 통해, 공기 중에서의 입사 각도의 이러한 범위는 도 2b에 도시된 광학 재료(a) 내의 입사 각도의 더 좁은 범위로 변환된다. 그 도면에서, 반각이 임계 각도(Θ_{ac})인 실선 원호(22a)는 층(14a) 내의 도입된 광의 모든 진행 방향을 나타낸다.

임계 각도(Θ_{ac})는 $\sin^{-1}(1/n_a)$ 로 계산될 수 있다. 점선 원호(22b)는 본 명세서에서 초임계 진행 각도로 불리는, Θ_{ac} 보다 큰 진행 각도(Θ_a)를 나타낸다. 따라서, 초임계 진행 방향 또는 각도는, 평평하고 층에 대해 평행한 표면을 통해 공기로부터 층 내로 광을 도입함으로써 달성될 수 있는 것보다 비스듬한 (광학적으로 두꺼운 층 또는 미세층과 같은) 임의의 비-공기 매체의 층 내에서의 진행 각도를 대체로 지칭한다. 이것이 정확하게 도 1의 경우이므로, 즉 광이 평평하며 해당 미세층(14a)에 대해 평행한 표면을 통해 공기 중의 모든 각도로 스택(10) 내로 도입되므로, 광이 이러한 초임계 각도로 미세층(14a) 내에서 진행하지 않고, 따라서 원호(22b)는 실선이 아닌 점선으로서 도시되어 있다.

[0029]

도 2c의 각도 플롯은 도 2b의 각도 플롯과 유사하지만, 더 높은 굴절률 미세층(14b) 내에서 진행하는 광에 대한 것이다. 반각이 ($\sin^{-1}(1/n_b)$ 와 동일한) 임계 각도(Θ_{bc})인 실선 원호(24a)는 층(14b) 내의 도입된 광의 모든

진행 방향을 나타낸다. 점선(24b)은 Θ_{bc} 보다 큰 진행 각도, 즉 미세층(14b) 내의 초임계 각도를 나타낸다. 도 1의 공기 도입 배열을 사용하면, 광은 이러한 초임계 각도로 진행하지 않는다.

[0030] 도 3은 도 1의 스택(10)과 같은 박막 스택의 이상화된 반사율 특성의 그래프를 도시한다. 곡선(30)은 수직 입사각, 즉 $\Theta_0 = \Theta_a = \Theta_b = 0$ 에서의 스택의 반사율을 나타낸다. 박막 설계의 기술 분야의 숙련자는 도시된 특성을 갖는, 즉 예리한 좌측 및 우측 대역 에지를 가지며 적어도 가시 영역 전반에 걸쳐 (그리고 몇몇 적용 예의 경우, 또한 균적외선 전반에 걸쳐) 적어도 70%, 80%, 또는 90% 또는 그 이상의 높은 평균 반사율을 갖는, 가시 영역(31) 전반에 걸쳐 연장하며 균적외선 내로 연장되는 반사 대역을 갖는 스택을 제공하기 위해, 적합한 굴절률의 교호하는 재료들, 스택을 가로지르는 미세층 두께 프로파일, 및 미세층의 총 개수를 쉽게 선택할 수 있다. 예를 들어, 복굴절성 다층 스택을 이용하는 쓰리엠(3M) 컴퍼니에 의해 판매되는 비퀴티(Vikuiti)™ 인핸스트 스페클라 리플렉터(Enhanced Specular Reflector; ESR) 필름을 참조한다. 이하 실시예에서 논의되는 바와 같이, 반사 대역이 적외선 내로 더 연장되는 박막 스택에 비퀴티™ ESR 필름과 같은 복굴절성 다층 스택을 적층함으로써 제작될 수 있는 변형된 필름을 또한 참조한다.

[0031] 입사 각도가 0° 로부터 증가함에 따라, 전술한 인자 (1) 및 (2)에 관련된 2가지 효과가 발생하기 시작한다. 첫째로, 미세층들 사이의 계면의 반사율이 (입사 평면에 대해 수직하게 편광된) s-편광된 광에 비해 (입사 평면 내에서 편광된) p-편광된 광의 경우가 상이하여, 수직 입사 반사 대역을 p-편광된 광에 대한 제1 반사 대역(32a) 및 s-편광된 광에 대한 별개의 제2 반사 대역(32b)으로 분할한다. 등방성 재료만이 박막 스택 내에서 사용되는 경우에, p-편광된 광에 대한 반사 대역의 피크 반사율은 브루스터 각도에 도달되어 p-편광된 광의 반사율이 0이 될 때까지 입사 각도 증가에 따라 단조 감소한다. 둘째로, 반사 대역(32a, 32b) 둘 모두는 인자 (2)와 관련하여 전술한 위상 변이의 효과로 인해 더 짧은 파장으로 변이한다. 입사 각도가 더욱 증가함에 따라, p-편광된 광에 대한 제1 반사 대역(34a) 및 s-편광된 광에 대한 제2 반사 대역(34b)에 의해 도시된 반사 대역은 더 짧은 파장으로 계속 변이한다. p-편광된 광에 대한 피크 반사율이 입사 각도가 브루스터 각도에 접근함에 따라 감소하지만, s-편광된 광에 대한 피크 반사율은 입사 각도 증가에 따라 증가한다는 것을 알아야 한다.

[0032] 인자 (1)에 관하여, 미국 특허 제5,882,774호(존자 등)는 입사 각도 증가에 따른 p-편광된 광에 대한 반사율의 저하가 어떻게 감소, 제거 또는 역전되는지를 도시한다. 요컨대, 복굴절성 재료는 인접한 미세층들 사이의 z 축을 따른 굴절률 부정합이 작거나 (예를 들어, 1/2 또는 1/4 이하) 0이 되거나 또는 평면내 (x 또는 y) 축을 따른 굴절률 부정합에 대해 부호가 반대가 되게 제어되도록 필름 스택에 사용된다. 0 또는 거의 0인 크기의 z-굴절률 부정합은 p-편광된 광에 대한 반사율이 입사 각도의 함수로서 일정하거나 거의 일정한 미세층들 사이의 계면을 생성한다. 평면내 굴절률 차이에 대한 반대 극성의 z-굴절률 부정합은 p-편광된 광에 대한 반사율이 입사 각도 증가에 따라 증가하는 계면을 생성하고, 이는 s-편광된 광에 대해서도 마찬가지이다. 이와 같은 교시를 이용하면, s- 및 p-편광된 광 둘 모두에 대한 높은 피크 반사율을 유지하는 박막 스택이 쉽게 제작될 수 있다.

[0033] 그러나, 전술한 바와 같이, 모든 편광에 대해 고반사를 계면을 유지하는 것은 입사 각도가 증가함에 따라 점점 더 짧은 파장으로의 반사 대역의 변이, 즉 인자 (2)의 현상을 정지시키는 데 거의 또는 전혀 역할하지 못한다. 실제로, 브루스터 각도를 늘리거나 제거하기 위한 복굴절성 재료의 사용은 각도에 따른 파장 변이를 가속화할 수 있다. 결과적으로, 몇몇 각도에서, 반사 대역은 관심 파장 범위를 더 이상 커버하지 않고, 그러한 스펙트럼 범위 내의 반사율은 허용 가능한 수준 또는 목표 아래로 하락한다. 이러한 각도는 Θ_{amax} 로 불린다. 이는 스택 매체(a) 내에서 평가되거나 측정된다.

[0034] 설계 관점으로부터, Θ_{amax} 는 박막 스택 설계에 대해 점점 더 많은 미세층을 추가하고 더 큰 광학 두께의 총을 포함하도록 총 두께 프로파일을 연장시킴으로써 더 큰 각도로 증가될 수 있다. 그러나, 적당하게 큰 목표 반사율 값의 경우, Θ_{amax} 는 임의의 유한한 개수의 미세층을 이용하여 90° 에 도달할 수 없다.

[0035] 몇몇 경우에, 브루스터 각도를 완전히 제거하기 위해 z-굴절률 부정합을 맞추기보다는, (등방성 미세층만을 갖는 다층 스택에 대해) 대응하는 계면에서의 브루스터 각도를 90° 에 더 가깝게 되도록 단순히 늘리기 위해 다층 스택 내의 인접한 미세층들 사이의 z-굴절률 부정합을 맞추는 것이 충분할 수 있다. 예를 들어, 매체("a") 내에서 측정된 브루스터 각도가 Θ_{amax} 보다 큰 것이 충분할 수 있다.

[0036] 심지어 높은 계면 p-편광 반사율을 달성하기 위해 z-굴절률 정합 기술을 이용하는 박막 스택의 경우, 높은 입사 각도에서의 s- 및 p-반사 대역들이 그들의 좌측 및 우측 대역 에지가 입사 각도가 변함에 따라 동일한 양으로

변이하지 않기 때문에 상이한 형상을 갖고 상이한 대역폭을 갖는다는 것을 또한 알아야 한다. s- 및 p-반사 대역들 사이의 차이는 90° 에 접근하는 초임계 각도(Θ_a)에 대해 가장 두드러진다. 전형적으로, p-편광된 반사 대역은 s-반사 대역보다 좁고, Θ_a 가 증가함에 따라 p-반사 대역의 우측 대역 에지는 s-반사 대역 이전에 주어진 관심 파장을 가로질러 이동할 것이다. 확인하면, 스택이 p-편광된 광에 대한 높은 계면 반사율을 위해 설계되더라도, Θ_a 가 증가함에 따라, 관심 파장 또는 파장 범위에서의 반사율의 제1 주요 하락은 전형적으로 더 짧은 파장으로의 p-편광된 광에 대한 반사 대역의 변이에 의한 것이지만, 그러한 각도에서의 s-편광된 광의 반사율은 관심 파장 또는 파장 범위에서 높게 유지될 수 있다.

[0037]

하나의 모델링된 실시예에서, 550개의 미세층을 갖는 복굴절성 1/4 파장 박막 스택을 평가하였다. "a" 층은 633 nm에서 폴리메틸 메타크릴레이트(PMMA) 광학 재료를 나타내는, x, y, 및 z 축을 따라 각각 1.49, 1.49 및 1.49의 굴절률을 가졌다. 이러한 굴절률들은 약 42° 의 임계 각도(Θ_{ac})를 생성한다. "b" 층은 633 nm에서 배향성 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN) 광학 재료를 나타내는, x, y 및 z 축을 따라 각각 1.75, 1.75 및 1.49의 굴절률을 가졌다. 이 모델은 또한 PMMA 및 PEN 재료의 실제 분산을 고려하였다. 적합한 층 두께 구배를 이용하여, 스택의 수직 입사 반사 대역은 약 400 nm로부터 약 1600 nm까지 연장되도록 제조할 수 있었다. 반사 대역은 0 내지 약 65° 의 진행 각도(Θ_a)에 대해 가시 영역에 걸쳐 약 99% 평균 반사율을 유지하였다. 약 65° 를 넘어서는, p-반사 대역의 변이가 평균 반사율의 급격한 하락에 대한 원인이었다. 따라서, Θ_{amax} 는 99%의 목표 평균 반사율의 경우 약 65° 였다.

[0038]

도 4는 매체("a") 내에서의 평균 반사율 대 진행 각도(Θ_a)의 이상화된 그래프를 도시하고, 특정 유형의 스택에 대해 정확하다고 믿어지는 정성적 특징을 포함한다. 반사율은 모든 편광 상태에 걸쳐 그리고 관심 파장 범위에 걸쳐 평균된 것으로 추정된다. 곡선(40)은 전술한 550층 스택과 유사하게, 인접한 미세층들 사이의 실질적인 z-굴절률 정합을 갖는 복굴절성 스택의 반사율을 도시한다. 곡선(42)은 유사하게 많은 개수의 미세층 및 유사한 수직 입사 반사 대역을 갖는 완전 등방성 스택의 반사율을 도시한다. 곡선(40, 42) 둘 모두는 수직 입사에서 그리고 적정한 Θ_a 의 값에 대해 높은 반사율을 갖는다. 또한, 양 곡선은 초임계 각도($\Theta_{amax(2)}$) 부근에서 가파르게 하락한다. 바로 이러한 각도($\Theta_{amax(2)}$) 부근에서, 더 짧은 파장으로의 대역 변이가 반사 대역을 관심 파장 범위 밖으로 이동하게 한다. 곡선(40)은 그의 양호한 경사 각도 p-편광 반사율로 인해, 범위($0 \leq \Theta_a \leq \Theta_{amax(2)}$)에 걸쳐 비교적 높은 반사율을 유지한다. 대조적으로, 곡선(42)은 그러한 범위에 걸쳐 반사율이 저하되고, 브루스터 각도 효과로 인해 각도($\Theta_{amax(1)}$)에서 목표 평균 반사율(41) 아래로 떨어진다. 곡선(40)은 각도($\Theta_{amax(2)}$)에서 목표 반사율(41)과 교차한다. 목표 평균 반사율(41)이 박막 스택 설계의 변화 없이 더 높게 선택되면 $\Theta_{amax(1)}$ 및 $\Theta_{amax(2)}$ 는 더 작은 각도로 변이하고, 목표 평균 반사율(41)이 더 낮게 선택되면 $\Theta_{amax(1)}$ 및 $\Theta_{amin(2)}$ 는 더 높은 각도로 변이한다는 것을 알아야 한다. 목표 평균 반사율의 선택은 거울의 의도된 용도에 강하게 의존하지만, 전형적인 값은 90%, 95%, 96%, 97%, 98% 및 99%를 포함한다.

[0039]

이제 스택 내에 초임계 진행 광을 도입하기 위해 사용될 수 있는 다양한 구조, 및 설계자가 반사 기능을 달성하기 위해 종래의 박막 스택만을 사용하는 경우 발생할 수 있는 문제점에 대한 논의를 위해 도 5 내지 도 8을 참조한다. 프리즘, 도광체, 확산 입자(예를 들어, 산란체), 또는 조절화되거나 미세 구조화된 표면과 같은 구조는 통상적으로 스택 내로 초임계 광을 도입할 목적으로는 제공되지 않는다. 오히려, 초임계 광 도입은 상기 구조가 의도된 최종 사용 용도로 작용하는 기능의 결과이다.

[0040]

도 5에서, 굴절률(n_c)를 갖는 광학 재료("c")로 제작된 프리즘(50)이 광학 재료("a", "b")로 구성된 미세층을 포함하는 박막 스택(52)에 광학적으로 결합하고, 바람직하게는 그에 광학적으로 근접 접촉한다. 광학 재료(c)는 재료(a 또는 b)와 동일할 수 있지만, n_c 는 스택 내의 미세층의 최소 굴절률인 n_{min} 이상이다. 프리즘(50)은 물리적으로 대형 또는 소형일 수 있고, 도면에 수직한 축을 따라 선형으로 연장할 수 있고, 또는 피라미드형 형상일 수 있고, 유사하거나 상이한 프리즘들의 어레이 중 하나일 수 있다. 프리즘 표면은 평평하거나 고를 필요는 없고, 임의의 적합한 프리즘 각도가 사용될 수 있다. 예를 들어, 둘 모두 쓰리엠 컴퍼니에 의해 판매되는 비퀴티™ 브라이트니스 인핸스먼트 필름(Brightness Enhancement Film; BEF) 라인의 제품 또는 3M™ 스카치라이트(Scotchlite)™ 리플렉티브(Reflective) 재료 라인의 제품으로 구현된 임의의 프리즘 기하학적 형상이 사용될 수 있다.

[0041]

필름 스택(52)은 전술한 필름 스택(10)과 유사할 수 있다. 스택(52)은 바람직하게는 단일 스택 또는 패킷, 또는 광학적으로 두꺼운 보호 경계 층(PBL)에 의해 분리된 다중 스택 또는 패킷 내에 배열될 수 있는 수십, 수백 또는 수천 개의 미세층을 포함한다. 미세층의 개수와 그들의 두께 및 굴절률은 관심 파장 범위에 걸쳐 그리고 초임계 각도를 포함하며 최대 각도(Θ_{amax})까지 연장되는 진행 각도(Θ_a)의 범위에 걸쳐 목표 평균 반사율보다 큰 평균 반사율을 제공하도록 선택되고, 여기서 $0 \leq \Theta_{\text{ac}} \leq \Theta_{\text{amax}} \leq 90^\circ$ 이다. 스택(52)은 그의 외측 주 표면에 광학적으로 두꺼운 외피 층을 또한 포함할 수 있다. 이러한 점에 있어서, 층은 그의 광학 두께가 관심 파장 범위의 평균 파장 정도 또는 그 이상이면 광학적으로 두껍다고 한다. 바람직하게는, 광학 두께는 그러한 평균 파장의 적어도 10, 50 또는 100배이다. 또한, 임의의 외피 층 또는 PBL이 스택 내의 미세층의 최소 굴절률인 n_{min} 미만의 임의의 굴절률을 갖지 않는다면 박막 스택의 일부로 고려될 수 있다는 것을 알아야 한다. 대개, 임의의 외피 층 또는 PBL은 미세층에 사용되는 재료(a, b)들 중 하나로 구성된다. 필름 스택(52)은 전체가 종합체일 수 있고, 전술한 바와 같이 계면 p-편광 반사율을 향상시키기 위해 미세층 내에서 적절한 양의 복굴절성을 유도하도록 공압출 공정 및 또한 바람직하게는 신장 공정에 의해 제작될 수 있다. 대안적으로, 필름 스택(52)은 무기 재료를 포함하거나 그로 한정될 수 있고, 진공 증착 기술에 의해 제작될 수 있다. 무기 재료를 이용하여 복굴절성을 형성할 수 있는 복굴절성 박막 스택의 교시에 대해 미국 특허 제6,590,707(웨버)를 참조한다. 필름 스택(52)이 프리즘(50)과는 별도로 제조되면, 필름 스택은 광학 접착제 또는 다른 적합한 재료의 광학적으로 얇거나 두꺼운 층으로 프리즘에 적층될 수 있다.

[0042]

관심 파장 범위 내의 광을 발광하는 광원(54)으로부터의 광이 필름 스택(52)에 대해 실질적으로 경사진 프리즘 표면(56)에서 프리즘(50)과 부딪힌다. 광은 프리즘(50) 내로 굴절하고, 이어서 스택(52)에 충돌한다. 프리즘 표면(56)의 경사 및 프리즘의 굴절률(n_c)의 결과로서, 광은 임계 각도(Θ_{ac})보다 큰 각도, 즉 초임계 각도로 스택(52) 내에서 진행할 수 있다. 스택(52)은 전술한 바와 같이 몇몇 초임계 각도($\Theta_{\text{ac}} \leq \Theta_a \leq \Theta_{\text{amax}}$)를 포함하는, $\Theta_a = 0$ 과 $\Theta_a = \Theta_{\text{amax}}$ 사이의 각도에서 진행하는 관심 광을 만족스럽게 반사시킨다. 그러나, 스택(52)은 본 명세서에서 극한 진행 각도 또는 극한 입사 각도로 불리는 $\Theta_a > \Theta_{\text{amax}}$ 인 다른 초임계 각도로 진행하는 광은 만족스럽게 반사시키지 않는다. 그러한 광은 도 5에 도시된 스택의 외측 주 표면(52)에 도달할 때까지 전체 스택(52)을 통해 진행한다. 표면(52a)이 평평하고, 매끄럽고, 깨끗하고, 공기에 노출되면, 이러한 광은 표면(52a)에서 내부 전반사(TIR)를 겪어, 극한 미만의 입사 각도($0 \leq \Theta_a \leq \Theta_{\text{amax}}$)로 진행하는 다른 광과 같이 반사되는 것처럼 스택(52)을 통해 다시 진행하여 프리즘(50)으로 진입할 것이다. 그러나, 표면(52a) (또는 그 일부)는 번들거리거나, 더럽거나, 긁혔거나, 달리 예를 들어 장착 브라켓, 지지 부재, 기관, 또는 코팅이든지 간에 다른 재료와 접촉할 수 있다. 표면(52a)에 대한 그러한 방해물은 도 5에 방해물(58)로 개략적으로 도시되어 있고, 표면(52a) 내의 국소적으로 감소된 반사율을 갖는 영역을 나타낸다. 따라서, 방해물(58)이 어디에 위치되더라도, 극한 진행 각도의 광은 표면(52a)을 통해 스택(52)을 빠져 나오고 그 위치에서 반사율을 떨어뜨릴 것이다. 스택을 통해 투과되거나 누출된 광은 도면에서 59로 표시되어 있다.

[0043]

도 6에서, 프리즘(50)은 도광체(60)로 대체되고, 광원(54)은 광을 도광체의 측면(60a)을 통해 도광체(60) 내로 더 효율적으로 도입하는 것을 돋기 위해 반사기(54a)를 포함한다. 도광체는 전술한 광학 재료("c")로 제작되고, 또한 전술한 박막 스택(52)에 광학적으로 결합된다. 도광체는 임의의 원하는 크기 또는 형상일 수 있고, 균일한 두께이거나 테이퍼질 수 있다. 도광체는 예를 들어 휴대 전화, 랩탑 컴퓨터, 텔레비전 또는 다른 적용에 내의 액정 디스플레이(LCD)용 백라이트에 사용하기에 적합할 수 있다. 추출 특징부(62)는 광을 도광체로부터 액정 패널 또는 조명될 다른 구성요소를 향하게 하는 것으로 공지된 바와 같이 도광체 상의 전방 표면에 또는 도광체 내의 어느 곳이나 제공된다.

[0044]

광이 측면(60a)을 통해 도광체(60) 내로 도입되기 때문에, 광은 도광체 및 또한 스택(52) 내로 높은 입사 각도로 진행할 수 있다. 전술한 바와 같이, 스택은 $0 \leq \Theta_a \leq \Theta_{\text{amax}}$ 의 각도로 진행하는 관심 파장 범위 내의 임의의 광을 만족스럽게 반사시키지만, 극한 진행 각도의 광은 만족스럽게 반사시키지 않는다. 스택의 외측 주 표면(52a) 상의 국소화된 방해물(58)은 그러한 광(59)이 표면(52a)을 통해 스택(52)을 빠져나가게 하여, 다시 그 위치에서 반사율을 떨어뜨린다.

[0045]

도 7에서, 도광체(60)는 굴절률(n_c)의 매트릭스 재료 내에 분산된 확산 입자(72)를 함유하는 광학 요소(70)로 대체된다. 입자(72)는 광을 실질적으로 산란시키는 한, 조성, 크기, 분포 등에 있어서, 임의의 원하는 유형 또는 구성의 것일 수 있다. 요소(70)는 비교적 얇거나 두꺼운 층, 또는 더 복잡한 구조일 수 있다. 예를 들어,

요소(70)는 외피 층일 수 있다. 요소(70)는 또한 감압 접착제 또는 다른 접착제와 같은 접착 층일 수도 있다. 광원(54)으로부터의 광은 공기 매체로부터 요소(70)로 진입할 수 있지만, 입자(72)로 인해 광은 요소(70) 내에서 본질적으로 모든 방향으로 산란되어 진행한다. 이어서, 이러한 광은 모든 각도로부터 스택(52)에 충돌한다. 스택은 $0 \leq \Theta_a \leq \Theta_{amax}$ 의 각도로 진행하는 관심 파장 범위 내의 임의의 광을 만족스럽게 반사시키지만, 극한 진행 각도의 광은 만족스럽게 반사시키지 않는다. 스택의 외측 주 표면(52a) 상의 국소화된 방해물(58)은 그러한 광이 표면(52a)을 통해 스택(52)을 빠져나가게 하여, 그 위치에서 반사율을 떨어뜨린다.

[0046] 도 8에서, 광학 요소(70)는 조직화되거나, 조질화되거나, 미세 구조화되거나, 달리 평활하지 않은 표면(80a)을 갖는 광학 요소(80)로 대체된다. 표면(80a)은 단순히 무광택 마무리(matt finish)에서와 같이 조질화될 수 있거나, 정밀 기하학적 패턴으로 미세복제될 수 있거나, 홀로그램과 같은 회절 요소를 형성하는 미소면을 포함할 수 있다. 광학 요소(80)는 굴절률(n_c)의 광학 재료("c")로 구성된다. 비평활 표면(80a)은 공기 매체 내에 있을 수 있는 광원(54)으로부터의 광을 굴절, 회절, 또는 달리 산란시켜서, 광이 광학 요소(80) 내로 높은 입사각도로 진행하게 한다. 스택(52)은 요소(80)에 광학적으로 결합되고, 요소(80)로부터의 광은 모든 각도로 또는 적어도 초임계 각도의 범위에 걸쳐 스택에 충돌한다. 스택은 $0 \leq \Theta_a \leq \Theta_{amax}$ 의 각도로 진행하는 관심 파장 범위 내의 임의의 광을 만족스럽게 반사시키지만, 극한 진행 각도의 광은 만족스럽게 반사시키지 않는다. 스택의 외측 주 표면(52a) 상의 국소화된 방해물(58)은 그러한 광(59)이 표면(52a)을 통해 스택(52)을 빠져나가게 하여, 그 위치에서 반사율을 떨어뜨린다.

[0047] 스택 내에 초임계 진행 광을 도입하기 위한 도 5 내지 도 8에 도시된 구조가 단지 예시적이며 제한적으로 고려되지 않아야 한다는 것을 이해할 것이다. 또한, 구조들은 프리즘 내에 확산 입자를 포함시키거나 도광체 상에 비평활 표면을 포함시키는 것과 같은 임의의 방식으로 조합될 수 있다.

[0048] 스택의 외측 표면 상의 국소화된 방해물 또는 거울 시스템의 다른 외측 표면에서 광의 손실을 겪지 않으면서 극한 진행 각도의 광을 반사시킬 수 있는 거울 시스템을 제공하기 위해, 도 9 내지 도 11은 공기의 굴절률과 스택 내의 미세층의 최소 굴절률(n_{min}) 사이의 중간 굴절률(n_i)를 갖는 광학 재료("i")로 구성된 광학적으로 두꺼운 층(94)을 도입한다. 예시적인 낮은 굴절률 재료는 박막 스택 내의 재료의 선택에 따라 불화마그네슘, 불화칼슘, 실리카, 콜 젤과 같은 무기 재료, 및 플루오로중합체 및 실리콘과 같은 유기 필름 형성 재료를 포함한다. 에어로젤 재료가 특히 적합한데, 약 1.2 이하 또는 심지어 약 1.1 이하의 극도로 낮은 유효 굴절률을 달성할 수 있기 때문이다. 에어로젤은 용제로 충전된 콜로이드상 실리카 구조 단위로 구성된 젤의 높은 온도 및 압력 임계점 건조에 의해 제작된다. 생성된 재료는 저밀도 세공성 매체이다. 다층 스택 내의 미세층의 굴절률에 의존하여, 더 높은 굴절률, 예를 들어 약 1.5 이하, 1.4 이하, 또는 1.3 이하의 굴절률의 재료가 몇몇 경우에 광학적으로 두꺼운 층에 대해 사용될 수 있다. 광학적으로 두꺼운 층은 실패한 내부 전반사의 현상을 피하기 위해 두께가 바람직하게는 적어도 약 1 마이크로미터, 또는 적어도 약 2 마이크로미터이다.

[0049] 도 9에서, 거울 시스템(90)은 광학 재료("c")의 제1 층(92) 및 광학 재료("i")의 광학적으로 두꺼운 층(94)과 함께, 전술한 박막 스택(52)을 포함한다. 제1 층(92)은 요소(50, 60, 70 또는 80)들 중 임의의 하나 또는 이들의 조합일 수 있다. 이는 광학적으로 두껍거나, 광학적으로 얕거나, 미세하거나, 조대하거나, 유기(예를 들어, 중합체성)이거나, 무기일 수 있다. 전술한 메커니즘들 중 하나를 사용하여, 광은 층(92) 내에서 초임계 진행 각도로, 그리고 예시적인 실시 형태에서는 모든 진행 각도에 걸쳐 진행한다. 도 9a는 층(92) 내에서 진행하는 광의 각도 플롯을 도시하고, 여기서 완전한 반원 원호(100)는 재료(c) 내에서 모든 입사 각도(Θ_c)로 이동하는 광을 나타낸다. 도 9a는 또한 재료(c)에 대한 임계 각도(Θ_{cc}) 및 한계 각도(Θ_{clim})를 도시한다. 재료(c) 내에서 한계 각도(Θ_{clim})로 진행하는 광은 그레이징 입사각에서 층(94)의 더 낮은 굴절률 재료("i") 내로 굴절한다. 따라서, Θ_{clim} 보다 큰 각도로 층(92) 내에서 진행하는 광은 층(92)이 층(94)과 접촉하는 매립된 표면(94a)에서 내부 전반사된다. 이러한 광은 도 9에 광선(96)으로 도시되어 있다. 층(92) 내에서 진행하는 다른 광은 층(94) 내로 굴절하고, 층 내에서 도 9b의 반원 원호(102)로 도시된 전체 각도 범위에 걸쳐 진행한다. 층(94) 내에서 진행하는 광은 매체("i") 내의 임계 각도(Θ_{ic})보다 큰 각도의 광을 포함한다.

[0050] 바람직하게는, 층(94)의 굴절률(n_i)은 매체("i") 내에서 그레이징 입사각($\Theta_i = 90^\circ$)으로 진행하는 광이 각도($\Theta_a = \Theta_{amax}$)로 스택의 매체("a") 내로 굴절하도록 스택(52) 설계의 함수로 선택된다. 이러한 조건은 매체("i") 내에서 초임계 각도 및 심지어 극한 각도로 진행하는 광이 스택에 의해 (목표 평균 반사율 이상으로 그리고 관심 파장 범위 내에서) 만족스럽게 반사될 수 있는 각도로 재료("a")의 층 내로 굴절하는 것을 보장한다.

유사하게는, 각도($\Theta_a > \Theta_{a\max}$)로 재료("a") 내에서 진행하고 재료("i")와의 계면과 마주치는 임의의 광은 그러한 계면에서 내부 전반사될 것이다.

[0051] 재료("i")의 이러한 선택으로써, 층(94)으로부터 스택(52)에 충돌하는 관심 파장 범위 내의 모든 광은 실질적으로 모든 광이 외측 주 표면(52a)에 도달하지 않으면서 스택에 의해 반사된다. 도 9c는 스택 내의 미세층의 "a" 재료 내에서 진행하는 광을 원호(104a; $0 \leq \Theta_a \leq \Theta_{a\max}$) 내에 도시하고, 원호(104b)는 더 높은 각도로 진행하는 광이 없다는 것을 나타낸다. 도 9는 스택(52)에 의해 반사되는 점진적으로 더 큰 입사 각도의 광(98a, 98b, 98c)을 도시한다. 층(92)으로부터의 일부 광은 층(94)의 매립된 표면에서 TIR에 의해 반사되고, 층(92)으로부터의 광의 나머지는 임의의 광이 표면(52a)에 도달하지 않게 하면서 스택(52)에 의해 반사된다. 따라서, 도 5 내지 도 8의 거울 시스템과 달리, 도 9의 거울 시스템(90)은 거울 시스템의 외측 표면, 즉 표면(52a)에서의 임의의 방해물에 대해 민감하지 않다. 게다가, 거울 시스템(90)은 스택(52) 및 광학적으로 두꺼운 층(94)의 조합을 통해 적어도 목표 평균 반사율로 모든 각도의 광을 반사시킬 수 있다. 따라서, 거울 시스템(90)은 관심 파장 범위에 걸쳐 "비-누설 거울"(non-leaky mirror)을 제공한다.

[0052] 도 10은 시스템(90)과 유사하지만 스택(52)의 배치가 층(92, 94)들 사이에 개재되도록 변화된 거울 시스템(110)을 도시한다. 여기서 다시, 광은 층(92) 내에서 초임계 진행 각도로, 그리고 예시적인 실시 형태에서는 모든 진행 각도에 걸쳐 진행한다. 도 10a는 층(92) 내에서 진행하는 광의 각도 플롯을 도시하고, 여기서 완전한 반원 원호(114)는 Θ_{cc} 보다 큰 초임계 각도를 포함하는 모든 입사 각도(Θ_c)로 재료(c) 내에서 이동하는 광을 나타낸다. 이어서, 이러한 광은 재료("a", "b")의 미세층을 포함하는 스택(52)과 마주친다. 수직 입사 광(112a) 및 일부 경사 입사 광(112b)은 통상적으로 스택(112)에 의해 반사되는데, 이는 0 내지 $\Theta_{a\max}$ 범위의 각도(Θ_a)에서 광학 재료("a") 내로 굴절되기 때문이다. 그러나, 나머지 광은 극한 진행 각도에서 재료("a") 내로 굴절되고 스택에 의해 만족스럽게 반사되지 않는다. 원호(116)가 $\Theta_{a\max}$ 보다 큰 각도를 포함하는 모든 입사 각도(Θ_a)로 재료("a") 내에서 진행하는 광을 도시하는 도 10b를 참조하라.

[0053] 다행히도, 층(94)은 매립된 표면(94a)에서 광(112c)과 같은 극한 진행 광을 내부 전반사시키는 굴절률(n_i)를 갖는다. 그러한 광은 다시 스택(52)을 통해 층(92) 내로 이동한다. 위로부터 층(94) 상으로 입사하는 모든 광은 표면(94a)에서 반사되고, 도 10c의 원호(118)는 광이 층(94) 내로 진행하지 않는다는 것을 도시한다. 층(94)의 바닥 주 표면 상에 위치된 임의의 방해물(58)은 층(94)이 그를 관통하는 임의의 소멸파(evanescent wave)를 피할 만큼 충분히 두껍기 때문에 거울 시스템(110)의 반사율에 영향을 주지 않을 것이다. 따라서, 거울 시스템(110)은 또한 관심 파장 범위에 걸쳐 "비-누설 거울"을 제공한다.

[0054] 도 11은 도 9의 시스템(90)과 유사하지만 층(92)이 제거되었고, 초임계 각도의 광을 도입하기 위한 전술한 임의의 구조들이 중간 굴절률 재료("i")의 광학적으로 두꺼운 층(94) 내로 통합된 거울 시스템(120)을 도시한다. 따라서, 광은 광이 재료("i") 내에서 모든 각도(Θ_i)로 진행하도록 임의의 개시된 기술에 의해 층(94) 내로 도입된다. 이는 도 11a에서 원호(124)로 도시되어 있다. 전술한 재료("i") 및 그 굴절률(n_i)의 선택으로 인해, 이러한 광의 전부는 $0 \leq \Theta_a \leq \Theta_{a\max}$ 의 각도 범위에 걸쳐 재료("a")의 미세층 내로 굴절되어, 스택(52)가 수직 입사(122a)하든지 또는 임의의 각도로 비스듬하게 입사(122b, 122c)하든지 간에 이러한 광의 전부를 만족스럽게 반사시키는 것을 보장한다. 도 11b의 원호(126a)는 수직 입사로부터 초임계에 이르는 범위의 각도로 진행하는 광을 도시하지만, 원호(126b)는 광이 $\Theta_a = \Theta_{a\max}$ 를 넘어서는 진행하지 않는다는 것을 나타낸다.

[0055] 거울 시스템(90)에서와 같이, 광은 거울 시스템(120)의 후방 외측 표면(52a)에 도달하지 않고, 따라서 그러한 외측 표면 상에 존재하거나 위치하는 임의의 방해물은 거울 시스템(120)의 반사율에 영향을 주지 않을 것이다. 동시에, 거울 시스템(120)은 넓은 입사 각도 범위에 걸쳐 광을 반사시킨다. 거울 시스템(120)은 관심 파장 범위에 걸쳐 "비-누설 거울"을 제공한다.

[0056] 상기 설명에서, 박막 간섭 스택의 미세층 내에서는 물론 재료("i")의 광학적으로 두꺼운 층 내에서 초임계 진행 각도로 광을 도입하는 특정 기능을 수행할 수 있는 다양한 구조를 설명하였다. 이러한 구조들 중 하나는 미세한 광 산란 입자이다. 그러한 산란체가 주어진 용도에 대해 확산(즉, 광 산란)을 제공하기 위해 이용되면, 다양한 입자가 복합 거울 특성을 제어하기 위해 필요에 따라 조정될 수 있다. 예를 들어, 입자의 크기, 굴절률, 농도 및 분포가 변경될 수 있고, 그러한 입자가 위치되는 층(예를 들어, 외피 층, 접착 층, 또는 다른 층)의 두께도 변경될 수 있다. 다른 개시된 구조는 표면에서의 굴절에 의해 광을 산란시키거나 편향시키는 돌출부 및/또는 만입부를 한정하도록 형성된 표면이다. (그러한 표면은 박막 스택에 적층될 수 있는 층의 일부일

수 있거나, 또는 예를 들어 박막 스택의 전방면 상의 외피 층 또는 코팅 내로 직접 엠보싱될 수 있다). 다양한 인자가 이러한 경우에 또한 돌출부/만입부 요소의 굴절률, 형상, 크기 및 표면 커버리지(surface coverage)와 같은 복합 거울 특성과, 표면 형태(surface topology)의 다른 특성을 제어하기 위해서 사용될 수 있다. 구조화된 표면이든, 산란 입자이든, 또는 이를 모두이든 간에, 이러한 구조의 상세 구성은 원하는 양의 광 산란 또는 편향을 생성하도록 맞춰질 수 있다. 예를 들어, 산란은 실질적으로 램버시안(Lambertian) 분포를 제공할 만큼 충분히 강할 수 있거나, 또는 산란은 더 약할 수 있다. 또한, 상세 구성은 의도된 용도에 따라 바람직한 각도 또는 각도 범위에서 산란을 생성하도록 맞춰질 수 있다.

[0057] 따라서, 상기 설명은 넓은 각방향 반사율(angular reflectivity)을 갖는 다양한 거울 시스템의 제조를 가능하게 한다. 하나의 그러한 거울 시스템은 임의의 굴절률의 매체 내에 침지되었을 때 모든 입사 각도에서 고도로 반사성인 확산 반사 거울을 포함한다. 그러한 거울 시스템은 거울 후방면 영역에서 국소적으로 감소된 반사율에도 불구하고 광을 균일하게 반사시킬 수 있다.

[0058] 예시적인 실시 형태는 모든 부 및 백분율이 달리 표시되지 않으면 중량 기준이 되는 다음의 설명적인 실시예에서 이제 설명될 것이다.

실시예 1

[0060] 광범위 대역 거울 필름 스택을 배향성 PEN 및 PMMA로부터 제조된 2개의 다층 거울과 함께 적층하기 위해 광학 접착제를 사용하여 제조하였다. 제1 거울은 증배기(multiplier)와 각각이 미국 특허 제6,783,349호(니빈(Neavin) 등)에 설명된 방법에 따른 265개 층의 2개의 패킷을 사용하여 형성된 PEN/PMMA의 530개의 층을 갖도록 제작하여, 수직 입사하는 비편광 광에 대해 약 400 nm에서 약 1000 nm까지 연장되는 반사 대역을 갖는 가시 및 근적외선 거울을 제공하였다. 제2 거울은 유사하게 제작되었지만, PEN/PMMA의 265개 층의 하나의 패킷만을 포함하여, 약 1000 nm로부터 1700 nm까지의 반사 대역을 갖는 적외선 거울을 제공하였다. 각각의 거울은 PEN 재료를 약 1.75의 (633 nm에서 측정된) 실질적으로 동일한 평면내 굴절률 및 약 1.49의 z 축 굴절률을 갖는 복굴절성으로 만들기 위해 적합한 조건 하에서 2축 신장하였고, PMMA 재료는 약 1.49의 굴절률을 갖도록 실질적으로 등방성으로 유지하였다. 광학 접착제는 미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니로부터 입수 가능한 25 마이크로미터 (1.0 mil) 두께의 아크릴 접착제(633 nm에서 대략 1.4742의 굴절률)인 3M™ 옵티컬리 클리어 라미네이팅 어드헤시브(Opically Clear Laminating Adhesive) 8141이었다. 생성된 광대역 라미네이팅 거울 필름 스택은 수직 입사시 약 400 nm 내지 1700 nm의 반사 대역을 가졌다. 경사 입사에 대해, 라미네이팅 스택은 (본 명세서에서 재료("a")로서 표시되는) PMMA 재료 내에서 측정된 진행 각도(Θ_a)가 0° 내지 약 65° 범위인 광에 대해 높은 반사율을 유지한다. Θ_a 가 약 65° 를 초과하기 시작하면, p-편광된 광에 대한 대역 에지는 근적외 파장으로부터 가시 파장 내로 이동하기 시작하여 거울 시스템의 반사율이 급격하게 하락하게 한다. 급격한 반사율 하락은 가시 스펙트럼의 장파장단(약 700 nm)에서 시작하여, Θ_a 가 증가함에 따라 가시 스펙트럼을 가로질러 더 짧은 파장으로 진행한다. 도 12의 곡선 A는 공기 중의 수직 입사시 라미네이팅 거울에 대한 측정된 분광 투과율의 플롯이고 ($\Theta_a = 0$), 곡선 B는 공기 중의 60° 입사시 p-편광된 광에 대한 투과율의 플롯이다 ($\Theta_a \approx 35.5^\circ$). 반사율 값은 $R + T \approx 100\%$ 의 관계식을 사용하여 그래프로부터 결정될 수 있고, 여기서 R은 퍼센트 반사율이고 T는 주어진 파장에서의 퍼센트 투과율이다.

[0061] 이러한 라미네이팅 거울 장치에 대한 관심 파장 범위는 가시 파장 영역, 대략 400 - 700 nm였다. 적절한 평균 반사율이 제공되는 관심 미세층 각도 범위는 Θ_a 에 대해 약 0 내지 65° 였고, 약 65° 의 상한은 $\Theta_{a\max}$ 에 대응한다.

[0062] 플루오로중합체 확산 층을 다음 방식으로 제조하였다. THV-500™ 플루오로중합체 수지(미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 다이네온 엘엘씨(Dyneon LLC))를 표준 필름 제조 장치를 사용하여 약 0.05 mm(2 mil) 두께의 필름으로 압출 및 주조하였다. 필름은 백색 도료 내에서 보통 사용되는 유형의 2 중량%의 이산화티타늄 분말을 함유하였다. 분말을 약 35 중량%로 THV의 분리된 마스터배치(masterbatch) 내로 혼합하였다. 이어서, 마스터배치 수지의 펠릿을 최종 중량%가 약 2%가 되도록 투명한 THV 수지 내로 블렌딩하였다. THV 플루오로중합체의 굴절률은 약 1.35였고, 이는 거울 라미네이트 내의 PEN 및 PMMA 미세층 둘 모두의 굴절률보다 낮고 공기의 굴절률보다 높다. $n_a * \sin \Theta_{a\max} = n_i * \sin \Theta_{i\max}$ 의 관계식을 사용하여, 이러한 굴절률은 $\Theta_{a\max}$ 의 정확한 값, THV 플루오로중합체의 정확한 굴절률 값(n_i), 및 PMMA 재료의 정확한 굴절률 값(n_a)에 따라 대략 90° 인, PMMA 재료 내의 $\Theta_{a\max}$ 에 대응하는, THV 플루오로중합체 재료 내의 진행 각도($\Theta_{i\max}$)를 생성한다. 파라미터($\Theta_{i\max}$)는 박막 스택이 관

심 과장 범위에 걸쳐 적절한 반사율을 제공하는 재료("i") 내에서 측정된 최대 광 진행 각도이다. 이는 스넬(Snell)의 법칙에 의한 Θ_{amax} 에 관련된다. $\Theta_{\text{imax}} \approx 90^\circ$ 의 중요성은 이것이 THV 층의 평면에 대해 거의 평행하게 THV 재료 내에서 이동하는 광에 대응하는 것이고, 이는 THV 재료 내에서 임의의 그리고 모든 가능한 경사 각도로 진행하는 광이 거울 라미네이트에 의해 적절하게 반사될 것을 의미한다.

[0063] 생성된 확산기 필름을 2개의 다층 거울을 적층하기 위해 사용된 동일한 광학 접착제를 사용하여 거울 라미네이트의 전방면에 적층하였다. 그 결과는 확산 반사 특성 및 광대역(합성) 간섭 스택을 갖는 거울 시스템이었다. 후방 다층 거울의 노출된 후방면 상의 제한된 영역 또는 구역에 샌포드(Sanford)™ 영구 마커로부터의 흑색 잉크를 도포함으로써, 감소된 반사율의 국소 영역을 거울 시스템의 후방면 상에 생성하였다.

[0064] 이어서, 반사율을 측정하였다. 달리 언급되지 않으면, 적분 구(sphere)인 람다(Lambda) 19 분광 광도계와, 참조 목적으로 NIST 보정된 램버시안 백색 확산 반사기를 사용하여 반사율을 측정하였다. 측정된 각각의 과장의 광은 주어진 샘플의 제한된 부분 상으로 수직 입사하였고, (입체각의 반구에 걸쳐, 따라서 경면 및 확산 반사된 광 둘 모두를 포함하는) 샘플로부터 반사된 그러한 모든 광을 적분 구에 의해 수집하여 퍼센트 반사율을 계산하였다.

[0065] 도 13에서, 곡선 A는 전방 확산 층이 없이 그리고 후방면에 도포된 흑색 잉크가 없이 광대역 거울 필름 스택 그 자체, 즉 2개의 적층된 다층 거울에 대해 이러한 방식으로 측정된 반사율을 도시한다. 곡선 B는 광대역 거울 및 플루오로중합체 확산 층 둘 모두를 포함하는 전체 거울 시스템에 대한 반사율 플롯이다. 곡선 B는 대응 후방면에 흑색 잉크가 도포되지 않은 거울 시스템의 전방면 상의 일정 위치에서 측정하였다. 곡선 C는 곡선 B와 유사하지만 대응 후방면이 전술한 흑색 잉크로 완전히 코팅된 전체 거울 시스템의 전방면 상에서 측정하였다. 도 13에 도시된 바와 같이, 곡선 A, B 및 C는 모두 가시 스펙트럼을 가로질러 높은 반사율을 나타낸다. 곡선 B의 거울 시스템에 대한 검정 후방 지지 층의 추가는 가시 스펙트럼 반사율을 상당히 감소시키지 않는다.

[0066] 광대역 거울 필름 스택(도 13, 곡선 A)만이 관찰자에 의해 전방면으로부터 보일 때, 거울은 번쩍이고 경면 반사를 제공한다. 플루오로중합체 확산 층만으로 코팅된 거울 영역(도 13, 곡선 B)과 플루오로중합체 확산 층 및 검정 배킹(backing)으로 코팅된 거울 영역(도 13, 곡선 C)이 관찰자에 의해 전방면으로부터 관찰될 때, 양 거울 영역들은 확산 반사를 제공한다. 전방면으로부터 곡선 B 및 곡선 C 거울 영역들은 구별할 수 없고, 검정 배킹이 위치된 곳을 알기 위해 거울 시스템을 뒤집을 필요가 있다.

비교예 1

[0068] 실시예 1과 유사한 거울 시스템을 구성하였지만, 이 경우 (수직 입사 반사 대역이 약 1000 nm에서 1700 nm까지 연장되는) 제2 다층 거울을 생략하였다. 즉, PEN/PMMA의 530개의 층으로 제작되고 약 400 nm에서 약 1000 nm까지 연장되는 수직 입사 반사 대역을 갖는 제1 거울만을 사용하였다. 이러한 제1 다층 거울의 전방면에 실시예 1의 확산 필름을 도포하였고, 후방면의 일부에 실시예 1의 흑색 잉크를 도포하였다. 반사율을 동일한 방식으로 측정하였다.

[0069] 실시예 1의 거울 라미네이트에 비해 제1 거울 단독의 반사 대역의 감소된 스펙트럼 폭으로 인해, 이러한 비교예 1에 대한 Θ_{amax} 의 값은 실질적으로 실시예 1의 65° 값 미만이고, 확산 필름에 대한 대응하는 Θ_{imax} 는 실질적으로 90° 미만이다. 이는 확산 필름 내의 경사 진행 광의 상당한 부분이 이러한 비교예 1의 다층 거울에 의해 적절하게 반사되지 않는 것을 의미한다.

[0070] 도 14의 곡선 A는 제1 다층 거울 그 자체만에 대한 반사율을 도시한다. 곡선 B는 후방에 도포된 흑색 잉크가 없이 제1 다층 거울 스택 및 전방에 도포된 플루오로중합체 확산 층으로 구성된 거울 시스템에 대한 반사율을 도시한다. 곡선 C는 곡선 B와 유사하지만, 이 경우 거울 시스템의 후방은 흑색 잉크 층을 포함한다. 도 14에 도시된 바와 같이, 확산 거울 시스템에 흑색 배킹 층을 추가함으로써 가시 스펙트럼 반사율이 상당히 감소하였다.

[0071] 관찰자에 의해 관찰될 때, 곡선 A의 거울은 번쩍거리고, 경면 반사를 제공하고, 실시예 1(도 13, 곡선 A)의 비코팅 광대역 거울 필름 스택처럼 보인다. 곡선 B 및 곡선 C의 거울 영역들은 확산 반사를 제공한다. 전방면으로부터 관찰할 때, 곡선 C의 영역은 곡선 B의 영역보다 시각적으로 어둡고, 2개의 영역들을 식별하기 위해 거울을 뒤집을 필요가 없다.

비교예 2

[0073] 실시예 1과 유사한 거울 시스템을 구성하였지만, 이 경우 THV 기재 확산 필름을 다른 확산 필름으로

대체하였다. 이러한 비교예 2에서, 대안적인 거울 시스템은 미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니로부터 구매 가능한 백색의 3M™ 스카치캘(Scotchcal™ 3635-70 디퓨저 필름의 층을 실시예 1의 광대역 거울 필름 스택의 전방면에 도포함으로써 제조하였다. 이러한 확산 필름은 약 60%의 광 투과율을 갖고, 폴리비닐 클로라이드(1.54의 등방성 굴절률) 매트릭스 내에 분산된 이산화티타늄 입자를 함유한다. 스카치캘™ 제품은 폴리비닐 클로라이드 확산 층과 접촉하는 투명한 감압 접착제 층을 또한 포함한다. 이러한 접착제 층은 광대역 거울 필름 스택의 전방면에 폴리비닐 클로라이드 확산 필름을 접착시키기 위해 사용하였다. 접착 층 및 확산 층을 포함하는 스카치캘™ 제품의 두께는 약 75 마이크로미터(약 3 mil)이다.

[0074] 확산 층의 굴절률을 약 1.35로부터 1.54로 증가시킴으로써, 이러한 비교예 2의 확산 매체는 그의 굴절률이 다층 반사기 내의 PMMA 미세층의 굴절률을 초과하므로 엄격히 말하면 더 이상 "중간"이 아니다. 또한, 굴절률의 증가는 한계 $\theta_{i\max}$ 을 실시예 1의 대략 90° 값으로부터 약 61°로 낮춘다. 이는 다시 확산 필름 내에서의 경사 진행 광의 상당 부분이 이러한 비교예 2의 다층 거울에 의해 적절하게 반사되지 않을 것이라는 것을 의미한다.

[0075] 도 15의 곡선 A는 도 12의 곡선 A와 동일한 거울 필름 스택 그 자체만에 대한 반사율을 도시한다. 곡선 B는 광대역 거울 필름 스택의 전방면에 도포된 스카치캘™ 확산 층을 포함하고 대응 후방면에 흑색 잉크가 도포되지 않은 대안적인 거울 시스템에 대한 반사율을 도시한다. 곡선 C는 곡선 B와 유사하지만, 이 경우 흑색 잉크가 거울 시스템의 전방 시험 영역에 대응하는 노출된 후방면에 도포되었다. 도 15에 도시된 바와 같이, 곡선 B의 거울에 흑색 후방 배킹 층을 추가함으로써 가시 스펙트럼 반사율이 상당히 감소하였다.

[0076] 관찰자에 의해 관찰될 때, 곡선 C의 영역은 곡선 B의 영역보다 시작적으로 어둡고 (비교예 1의 거울 시스템의 대응하는 (곡선 C의) 영역에 대한 경우에서보다 시작적으로 더 어둡고), 2개의 영역들을 식별하기 위해 거울을 뒤집을 필요가 없다.

비교예 3

[0078] 비교예 2와 유사한 거울 시스템을 구성하였지만, 이 경우 (수직 입사 반사 대역이 약 1000 nm에서 1700 nm까지 연장되는) 제2 다층 거울을 생략하였다. 즉, PEN/PMMA의 530개의 층으로 제작되고 약 400 nm에서 약 1000 nm까지 연장되는 수직 입사 반사 대역을 갖는 제1 거울만을 사용하였다. 제공된 투명한 감압 접착 층을 사용하여 비교예 2의 스카치캘™ 확산 층을 제1 다층 거울의 전방면에 도포하였고, 실시예 1의 흑색 잉크를 후방면의 선택된 부분에 도포하였다.

[0079] 비교예 1에서 설명한 바와 같이, 제2 다층 거울을 제거함으로써, 실시예 1의 (적층된) 간접 스택에 비해 박막 간접 스택 반사 대역의 스펙트럼 폭을 감소시켰다. 그러므로, 이러한 비교예 3에 대한 $\theta_{a\max}$ 의 값은 실질적으로 실시예 1의 65° 값 미만이어서, 값($\theta_{i\max}$)을 실질적으로 90° 미만으로 감소시킨다. 비교예 1에 대한 비교예 3의 추가의 어려움은, 확산 층의 굴절률을 또한 약 1.35로부터 1.54로 증가시켰고, 이는 $\theta_{i\max}$ 의 값을 훨씬 더 감소시켜서, 확산 필름 내에서의 경사 진행 광의 훨씬 더 많은 부분이 다층 거울에 의해 부적절하게 반사되게 한다는 것이다.

[0080] 도 16의 곡선 A는 제1 거울 필름 스택 그 자체만에 대한 반사율을 도시하며, 이는 도 14의 곡선 A와 동일하다. 곡선 B는 제1 거울 필름의 전방에 스카치캘™ 확산 층이 도포된 거울 시스템에 대한 반사율을 도시한다. 곡선 C는 곡선 B와 유사하지만, 이 경우 흑색 잉크가 거울 시스템의 대응하는 후방면에 도포되었다. 도 16에 도시된 바와 같이, 곡선 B의 거울에 흑색 후방 배킹 층을 추가함으로써 가시 스펙트럼 반사율이 상당히 감소하였다.

[0081] 관찰자에 의해 관찰될 때, 곡선 C의 영역은 곡선 B의 영역보다 시작적으로 어둡고 (비교예 1 및 비교예 2의 거울의 대응하는 영역에 대한 경우에서보다 시작적으로 더 어둡고), 2개의 영역들을 식별하기 위해 거울을 뒤집을 필요가 없다.

[0082] 개시된 거울 시스템의 적어도 일부 실시 형태는 다음의 특징들의 조합을 제공할 수 있다: (2) 심지어 거울 시스템의 후방면의 일부 또는 전부가 후방면에서 반사율 감소를 일으키는 흡수 재료 또는 다른 매체와 접촉하는 경우에도, (1) 간접 반사기의 미세층 내에서의 초임계 진행 각도에 대응하는 매우 비스듬한 광에 대한 반사율을 포함하는 큰 전방면 반사율. 이러한 특징들은 거울 시스템의 그의 후방면에서의 다른 구성요소에 대한 부착, 및 매우 크고 균일한 전방면 반사율을 필요로 하는 적용예에서 유리할 수 있다. 예를 들어, 전술한 임의의 확산 반사 거울 시스템은 거울 시스템의 전방 반사 표면을 차단하는 임의의 부착 메커니즘을 사용할 필요가 없이, 전적으로 거울 시스템의 후방면에 대한 부착에 의해 벽 또는 다른 지지 구조에 고정될 수 있다. 더욱이, 이는 심지어 후방면 상의 부착 영역 또는 지점에 직접 대향된 영역에서도 거울 시스템의 전방면 반사율을 저하시키지

않으면서 달성될 수 있다.

[0083] 그러한 설계 가능성으로부터 이익을 얻을 수 있는 하나의 용도 또는 최종 사용은 액정 디스플레이(LCD) 장치를 포함하지만 이로 한정되지 않는 표지(sign) 또는 디스플레이용 백라이트 공동이다. 예를 들어 큰 후방 표면 및 더 작은 측면을 포함하는 백라이트의 구조 벽은 사출 성형 플라스틱 또는 벤딩된 시트 금속과 같이 구조적 특성은 양호하나 광학적 특성은 열악한 재료로 제조될 수 있다. 이어서, 적어도 전방면으로부터 우수한 광학적 특성을 갖지만 열악한 구조적 특성(예를 들어, 열악한 강성)을 가질 수도 있는 본 명세서에서 설명된 바와 같은 확산 반사 거울 시스템이, 부착 지점과 관련된 전방면의 차단 및 전방면 반사율의 저하가 거의 없거나 전혀 없이, 전적으로 거울 시스템의 후방면에 대한 부착에 의해서 구조적 구성요소에 고정될 수 있어서, 백라이트 공동의 반사율이 최대로 된다.

[0084] 달리 표시되지 않으면, 본 명세서 및 청구의 범위에 사용된 특징부 크기, 양 및 물리적 특성을 표현하는 모든 숫자는 용어 "약"에 의해 수식되는 것으로 이해되어야 한다. 따라서, 반대로 표시되지 않으면, 상기 명세서 및 첨부된 청구의 범위에서 설명되는 수치적 파라미터는 본 명세서에서 개시된 교시를 이용하여 본 기술 분야의 숙련자가 얻으려고 시도하는 원하는 특성에 의존하여 변할 수 있는 근사치이다.

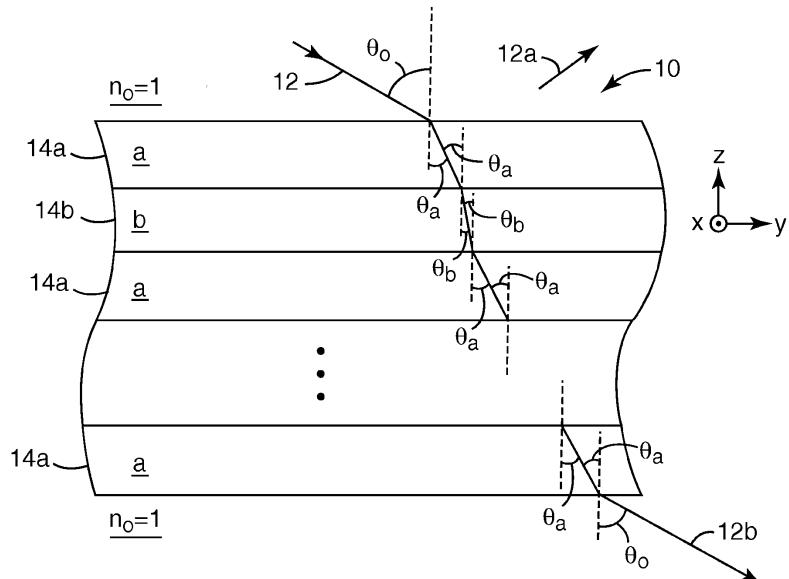
[0085] 본 발명의 다양한 변형예 및 변경예는 본 발명으로부터 벗어남이 없이 본 기술 분야의 숙련자에게 명백할 것이고, 본 발명은 본 명세서에서 설명된 예시적인 실시 형태로 제한되지 않는다는 것을 이해하여야 한다.

[0086] [색인어]

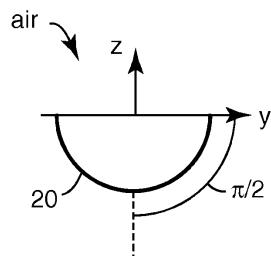
거울 시스템, 간섭 스택, 굴절률, 관심 파장, 내부 전반사, 반사율

도면

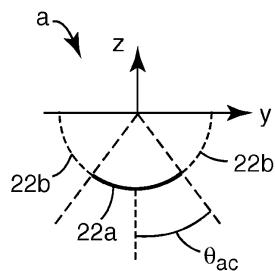
도면1



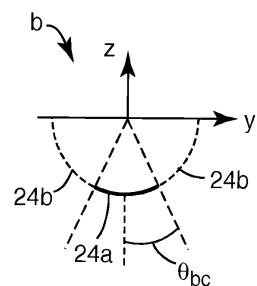
도면2a



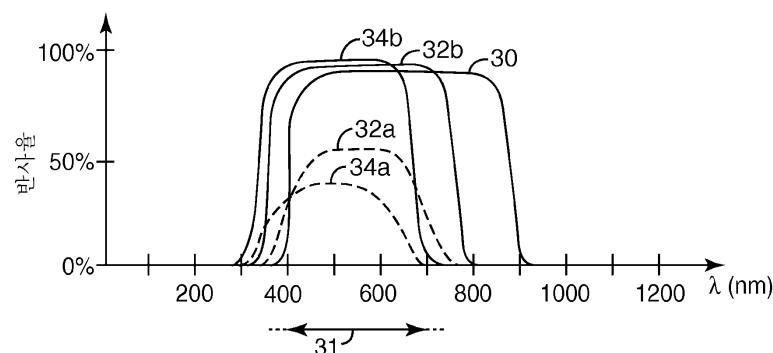
도면2b



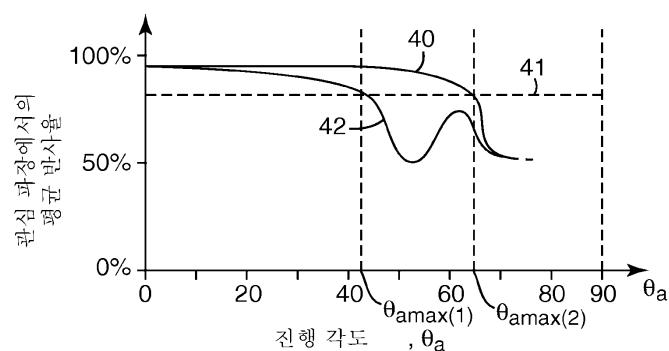
도면2c



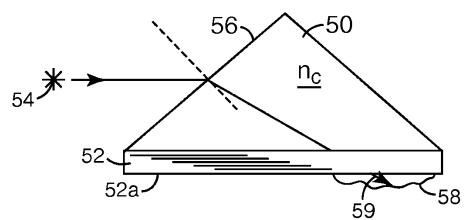
도면3



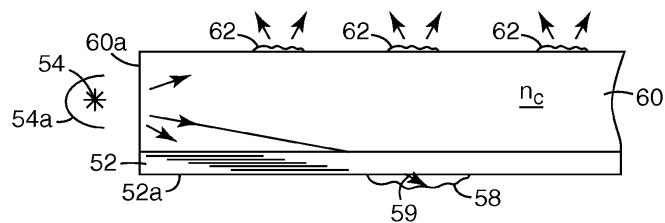
도면4



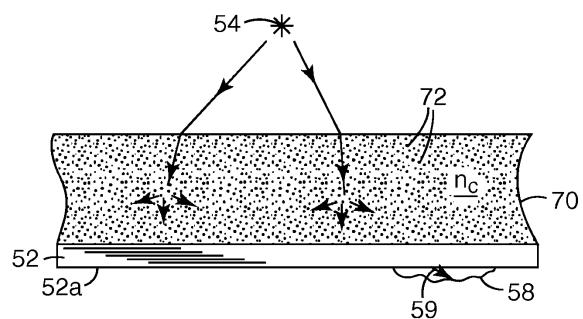
도면5



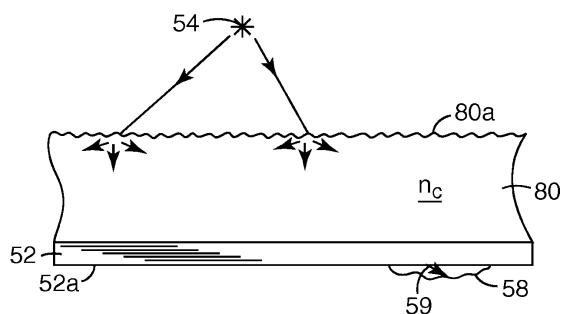
도면6



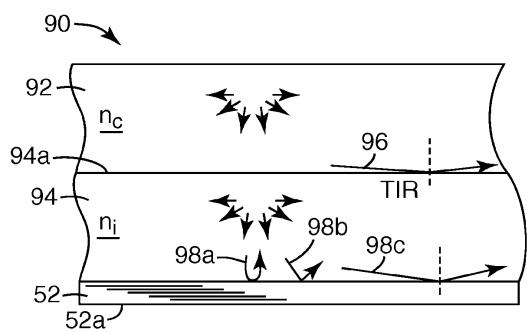
도면7



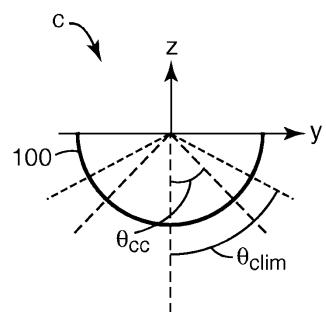
도면8



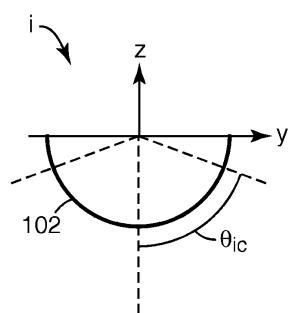
도면9



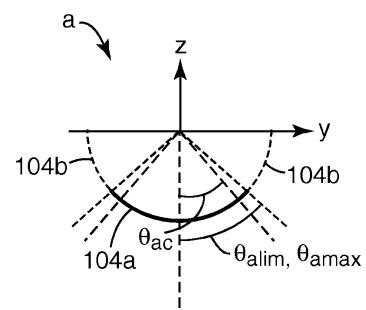
도면9a



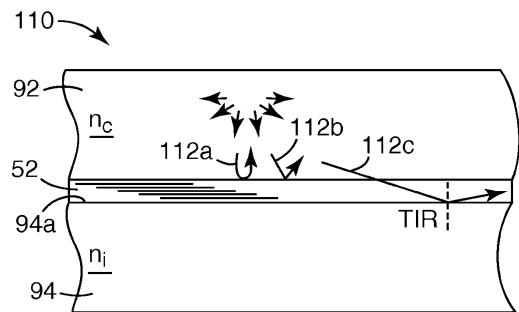
도면9b



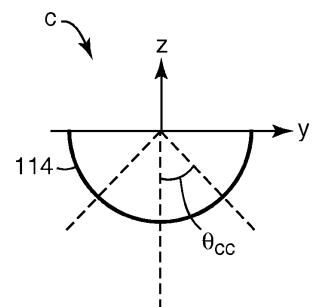
도면9c



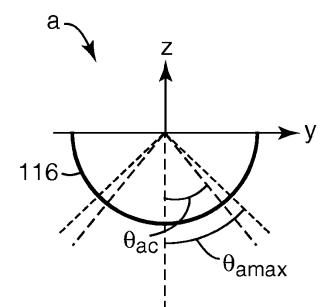
도면10



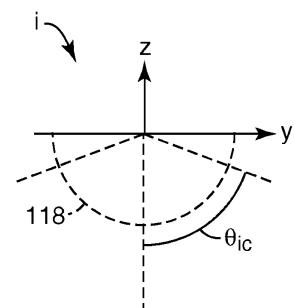
도면10a



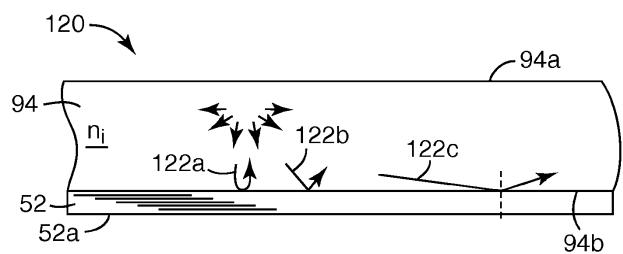
도면10b



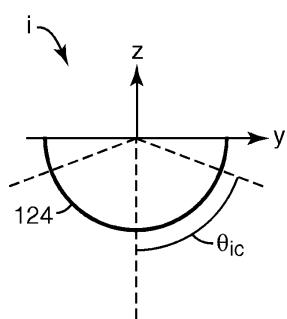
도면10c



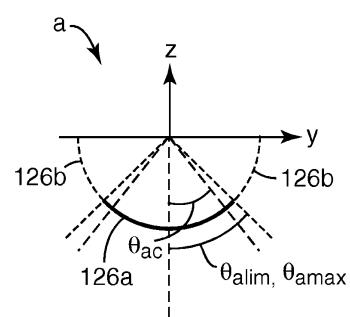
도면11



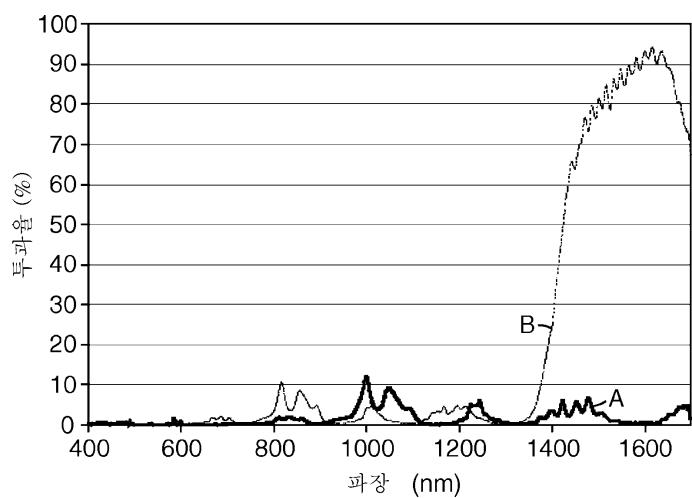
도면11a



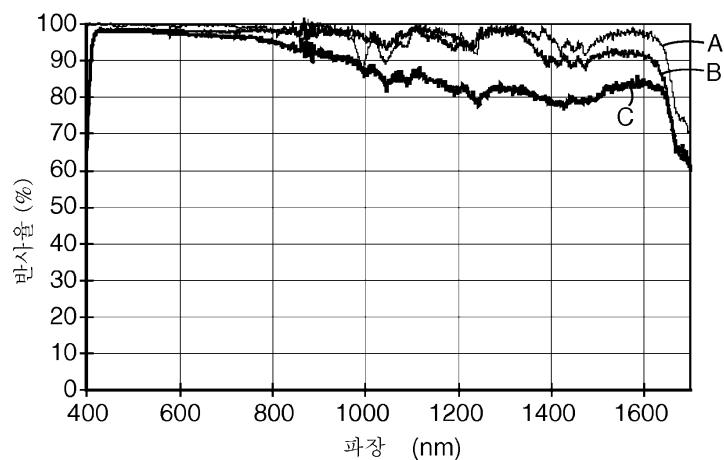
도면11b



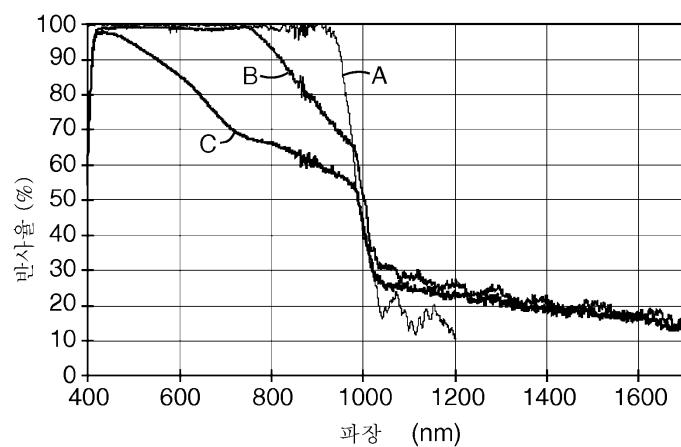
도면12



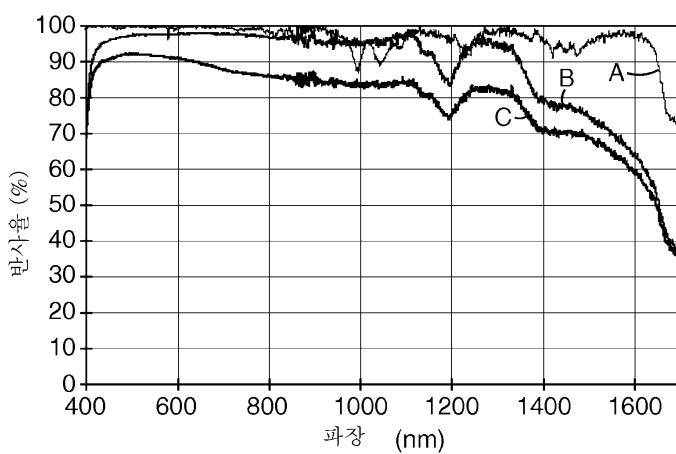
도면13



도면14



도면15



도면16

