



등록특허 10-2388209



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년04월18일
(11) 등록번호 10-2388209
(24) 등록일자 2022년04월14일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 5/22 (2006.01) *B29D 11/00* (2006.01)
G02B 5/28 (2006.01) *G02C 7/10* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G02B 5/223 (2013.01)
B29D 11/00923 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-7009212
- (22) 출원일자(국제) 2017년08월30일
심사청구일자 2020년08월27일
- (85) 번역문제출일자 2019년03월29일
- (65) 공개번호 10-2019-0050799
- (43) 공개일자 2019년05월13일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2017/049395
- (87) 국제공개번호 WO 2018/045040
국제공개일자 2018년03월08일

(30) 우선권주장
201610756979.4 2016년08월30일 중국(CN)
(뒷면에 계속)

(56) 선행기술조사문현
EP2781899 A2
KR100304799 B1
KR1020150107801 A

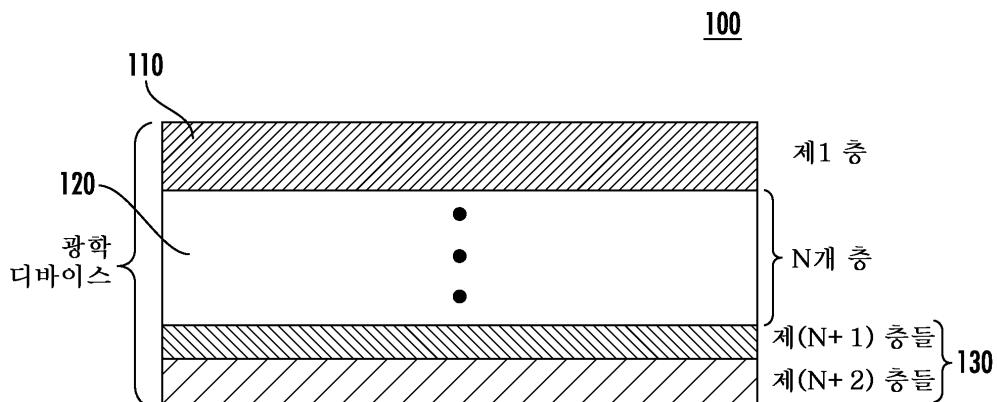
전체 청구항 수 : 총 20 항

심사관 : 이성룡

(54) 발명의 명칭 인간의 컬러 비전을 향상시키기 위한 광학 디바이스

(57) 요 약

광학 디바이스를 생성하기 위한 시스템, 방법, 및 인간의 컬러 비전을 향상시키는 디바이스가 개시된다. 광학 디바이스를 생성하기 위한 시스템 및 방법과 디바이스는, 기판, 기판 상에 제공된 복수의 박막 층 - 복수의 박막 층은 각각이 대응하는 굴절률을 갖는 선택된 복수의 재료에 기초하여 박막-특유의 반사율 스펙트럼을 생성하는 재료를 포함함 - , 및 복수의 박막 층에 형성되는 복수의 착색제 층 - 복수의 착색제 층은 선택된 농도에 의해 정의된 착색제-특유의 흡수 스펙트럼에 기초하여 생성된 적어도 하나의 착색제를 포함함 - 을 포함한다.

대 표 도 - 도1

(52) CPC특허분류

B32B 7/023 (2019.01)
G02B 5/285 (2013.01)
G02C 7/104 (2013.01)
B32B 2307/4026 (2013.01)

(30) 우선권주장

201610758199.3	2016년08월30일	중국(CN)
201610761686.5	2016년08월30일	중국(CN)
201610761687.X	2016년08월30일	중국(CN)
201620978769.5	2016년08월30일	중국(CN)
201620980335.9	2016년08월30일	중국(CN)

명세서

청구범위

청구항 1

인간의 컬러 비전을 향상시키기 위한 투과형 광학 디바이스로서,

기판;

상기 기판 상 및 상기 기판 내 중 적어도 하나에 도포된 하나 이상의 착색제 층 - 상기 하나 이상의 착색제 층은 적어도 하나의 착색제를 포함하고, 상기 착색제는 선택된 농도들에 의해 정의된 착색제-특유의 흡수 스펙트럼들(colorant-specific absorption spectra)에 기초하여 생성됨 -; 및

상기 결합된 기판 및 하나 이상의 착색제 층 상에 제공된 하나 이상의 박막 층 - 상기 하나 이상의 박막 층은, 각각의 고유의 굴절률을 각각 갖는 선택된 복수의 재료에 기초하여 박막-특유의 반사율 스펙트럼들(thin film-specific reflectance spectra)을 생성하는 재료들을 포함함 -

을 포함하고,

상기 착색제-특유의 흡수, 상기 박막-특유의 반사율 및 기판은 협력하여 상기 광학 디바이스의 정적 투과 스펙트럼을 생성하고, 상기 하나 이상의 박막 층 및 상기 하나 이상의 착색제 층 중 적어도 하나는, 상기 광학 디바이스의 상기 정적 투과 스펙트럼의 코즈메틱 틴트(cosmetic tint)가 2개 이상의 광원의 세트로부터의 모든 광원 하에서 0.35 내의 백색 점 이동(white point shift)을 갖고, 상기 광원이 하나의 광원으로부터 또 다른 광원으로 변경될 때 30 미만의 명도에서의 차이를 갖도록, 상기 광학 디바이스가 메타메리즘 제어(metamerism control)를 나타내게 하고, 광원들은 CIE, D55, D65, D75, F2, F7, F11 및 L-시리즈 LED 광원들의 풀(pool)로부터 선택되는 투과형 광학 디바이스.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 디바이스를 통해 보았을 때, 적색 컬러 세트는 황색, 오렌지색, 적색, 분홍색 또는 자주색의 따뜻한 컬러의 색조(warm-color hue)를 유지하고, 상기 디바이스를 통해 보았을 때, 녹색 컬러 세트 중의 적어도 하나의 컬러는 녹색, 청록색, 청색, 자주색의 차가운 컬러의 색조(cool-colored hue)를 유지하는 투과형 광학 디바이스.

청구항 3

제1항에 있어서, 적색-녹색 컬러 분리는, Munsell 컬러들: 2.5YR 5/4, 7.5R 5/4, 2.5R 5/4, 5RP 5/4, 10P 5/4, 10YR 5/4, 10R 5/4, 10RP 5/4 중 하나 이상을 포함하는 적색 컬러 세트 중의 임의의 하나 이상의 컬러, 및 Munsell 컬러들: 5BG 5/4, 10G 5/4, 5G 5/4, 10GY 5/4, 5GY 5/4, 10BG 5/4 중 하나 이상을 포함하는 녹색 컬러 세트 중의 임의의 하나 이상의 컬러를 이용하여 평가되고, 청색-황색 컬러 분리는, Munsell 컬러들: 5B 5/4, 10BG 5/4, 5BG 5/4, 5P 5/4, 10B 5/4, 10P 5/4, 10PB 5/4 중 하나 이상을 포함하는 청색 컬러 세트 중의 임의의 하나 이상의 컬러, 및 Munsell 컬러들: 10GY 5/4, 5GY 5/4, 5Y 5/4, 10YR 5/4, 2.5YR 5/4, 10Y 5/4, 10YR 5/4 중 하나 이상을 포함하는 황색 컬러 세트 중의 임의의 하나 이상의 컬러를 이용하여 평가되는 투과형 광학 디바이스.

청구항 4

제1항에 있어서, 최소 투과는 575 nm 내지 585 nm에 대해 0.5%인 투과형 광학 디바이스.

청구항 5

제1항에 있어서, 550 nm와 605 nm 사이에 실질적으로 중심을 둔 적어도 하나의 정지 대역이 있는 투과형 광학 디바이스.

청구항 6

제1항에 있어서, 450 nm와 505 nm 사이에 실질적으로 중심을 둔 정지 대역을 포함하는 투과형 광학 디바이스.

청구항 7

제1항에 있어서, 400 nm와 449 nm 사이에 실질적으로 중심을 둔 정지 대역을 포함하는 투과형 광학 디바이스.

청구항 8

제1항에 있어서, 65 미만의 명도를 나타내며, 상기 광학 디바이스는 보조되지 않은 컬러 비전의 경우보다 적어도 7% 더 큰 적색-녹색 컬러 분리를 제공할 수 있는 투과형 광학 디바이스.

청구항 9

제1항에 있어서, 65 미만의 명도를 나타내는 투과형 광학 디바이스.

청구항 10

제1항에 있어서, 65 초과의 명도를 나타내며, 상기 광학 디바이스는 보조되지 않은 컬러 비전의 경우보다 적어도 4% 더 큰 적색-녹색 컬러 분리를 제공할 수 있는 투과형 광학 디바이스.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 광학 디바이스는 보조되지 않은 컬러 비전의 경우보다 적어도 2% 더 큰 청색-황색 컬러 분리를 제공할 수 있는 투과형 광학 디바이스.

청구항 12

제1항에 있어서, 황색 컬러 비전의 상기 백색 점 이동은 0.01만큼 감소되는 투과형 광학 디바이스.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 기판 상에 제공된 상기 하나 이상의 박막 층은 반경방향-가변 필터(radially-variable filter)를 포함하고, 상기 반경방향-가변 필터의 적어도 하나의 층의 광학적 두께는 상기 광학 디바이스의 뷰잉 중심으로부터 주변부(periphery)로 반경방향으로 증가하는 투과형 광학 디바이스.

청구항 14

제13항에 있어서, 0° 와 75° 사이의 입사각들에서, 상기 코즈메틱 틴트의 상기 백색 점 이동은 0° 의 입사각에서의 대응하는 백색 점으로부터 0.2 내에 있는 투과형 광학 디바이스.

청구항 15

제1항에 있어서, 녹색약자(deuteranomaly)의 경우, 비색 성능 지표들(colorimetric performance indices)은 CIE 1931 2° 표준 관찰자로부터 적어도 1 nm만큼 더 긴 파장으로 이동된 Y(M-원뿔) 컬러 정합 함수의 피크 감도로 평가되고, 적색약자(protanomaly)의 경우, 상기 비색 성능 지표들은 CIE 1931 2° 표준 관찰자로부터 적어도 1 nm만큼 더 짧은 파장으로 이동된 X(L-원뿔) 컬러 정합 함수의 피크 감도로 평가되고, 청색약자(tritanomaly)의 경우, 상기 비색 성능 지표들은 CIE 1931 2° 표준 관찰자로부터 적어도 1 nm만큼 이동된 Z(S-원뿔) 컬러 정합 함수의 피크 감도로 평가되는 투과형 광학 디바이스.

청구항 16

제1항에 있어서, 0° 와 60° 사이의 입사각들에서, 상기 광학 디바이스의 상기 투과 스펙트럼의 정지 대역들은 0° 의 입사각에서의 대응하는 정지 대역들로부터 40 nm 미만으로 이동하는 투과형 광학 디바이스.

청구항 17

인간의 컬러 비전을 향상시키기 위한 광학 디바이스를 생성하기 위한 방법으로서,

착색제들을 선택하고, 상기 선택된 착색제들의 농도들을 생성하고, 상기 착색제를 포함하는 하나 이상의 층을 생성함으로써 착색제-특유의 흡수 스펙트럼들을 생성하는 단계;

각각의 고유의 굴절률을 각각 갖는 복수의 재료를 선택하고, 박막 내의 총 수를 선택하고, 각각의 막 총을 생성함으로써 박막-특유의 반사율 스펙트럼들을 생성하는 단계; 및

상기 생성된 막 총들 및 상기 착색제를 포함하는 상기 생성된 하나 이상의 총을 포함하는 광학 디바이스를 구성하는 단계

를 포함하고,

상기 착색제-특유의 흡수 및 상기 박막-특유의 반사율은 협력하여 상기 광학 디바이스의 정적 투과 스펙트럼을 생성하고, 상기 광학 디바이스는, 코즈메틱 틴트가 2개 이상의 광원의 세트로부터의 모든 광원 하에서 0.35 내의 백색 점 이동을 갖고, 상기 광원이 하나의 광원으로부터 또 다른 광원으로 변경될 때 30 미만의 명도에서의 차이를 갖도록 메타메리즘 제어를 나타내고, 광원들은 CIE, D55, D65, D75, F2, F7, F11 및 L-시리즈 LED 광원들의 푸울로부터 선택되는 방법.

청구항 18

제1항에 있어서, 상기 선택된 착색제들이 상기 광학 디바이스의 기판 내에 주입되는 것, 상기 기판 상에 라미네이트되는 것, 및 상기 기판 상에 코팅되는 것 중 적어도 하나를 추가로 포함하는 방법.

청구항 19

제1항에 있어서, 상기 하나 이상의 박막 총은 반사 방지 코팅, 긁힘 방지 코팅, 및 소수성 코팅(hydrophobic coating) 중 적어도 하나를 제공하는 투과형 광학 디바이스.

청구항 20

인간의 컬러 비전을 항상시키기 위한 투과형 광학 디바이스로서,

기판; 및

상기 기판 상 및 상기 기판 내 중 적어도 하나에 도포된 하나 이상의 착색제 총 - 상기 하나 이상의 착색제 총은 적어도 하나의 착색제를 포함하고, 상기 착색제는 선택된 농도들에 의해 정의된 착색제-특유의 흡수 스펙트럼들에 기초하여 생성됨 -

을 포함하고,

상기 착색제-특유의 흡수 및 기판은 협력하여 상기 광학 디바이스의 정적 투과 스펙트럼을 생성하고, 상기 하나 이상의 착색제 총은, 코즈메틱 틴트가 2개 이상의 광원의 세트로부터의 모든 광원 하에서 0.35 내의 백색 점 이동을 갖고, 상기 광원이 하나의 광원으로부터 또 다른 광원으로 변경될 때 30 미만의 명도에서의 차이를 갖도록, 상기 광학 디바이스가 메타메리즘 제어를 나타내게 하고, 광원들은 CIE, D55, D65, D75, F2, F7, F11 및 L-시리즈 LED 광원들의 푸울로부터 선택되는 투과형 광학 디바이스.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원의 상호참조

본 출원은, 각각이 참조에 의해 그 내용이 본 명세서에 포함되는, 2016년 8월 30일 출원된 발명의 명칭이 "Optical Device to Enhance Human Color Vision, its Method of Design, Transmission Spectra and Method of Lightness Evaluation"인 중국 특허 출원 제201610758199.3호 및 2016년 8월 30일 출원된 발명의 명칭이 "A Type of Transmission Spectra of Optical Devices that Optimizes Human Color Vision"인 중국 특허 출원 제201620978769.5호, 2016년 8월 30일 출원된 발명의 명칭이 "A Type of Colorant-Based Optical Device and its Method of Design Using Artificial Intelligence"인 중국 특허 출원 제201610756979.4호, 2016년 8월 30일 출원된 발명의 명칭이 "A Type of Optical Device with Colorants as Active Ingredients"인 중국 특허 출원 제201620980335.9호, 2016년 8월 30일 출원된 발명의 명칭이 "An Artificially-Intelligent Optical Device to Enhance Color Vision and Correct Color Vision Deficiency, and Its Method of Design"인 중국 특허 출원 제201610761687.X호, 및 2016년 8월 30일 출원된 발명의 명칭이 "A Type of Optical Device to Correct Blue-Yellow Color Vision Deficiency, and Its Method of Design"인 중국 특허 출원 제201610761686.5호의 우선권

을 주장한다.

[0003] 발명의 분야

[0004] 본 발명은 인간의 컬러 비전(human color vision)을 향상시키기 위한 광학 디바이스에 관한 것으로, 더 구체적으로는 광학 디바이스를 생성하기 위한 시스템 및 방법과, 인간의 컬러 비전을 향상시키는 디바이스를 제공한다.

배경 기술

[0005] 유전성 컬러 비전 결핍 및 후천성 컬러 비전 결핍(CVD; color vision deficiency)은, 안과 업계가 일반적으로 잘 해결되지 못하고 있는 인간 컬러 인지의 결함이다. 간단한 적색-색조의 또는 유사한 색조의 렌즈가 제작되어 판매되었다. 이러한 솔루션은, CVD 환자가 구분할 수 있는 색조와 소정 색조가 혼동되어 CVD 환자에게 혼란스러울 수 있는 컬러의 색조를 왜곡함으로써 인지되는 컬러 대비를 생성한다. 이러한 유형의 제품은 일반적으로, CVD 환자가 원래의 컬러를 인지하는 것을 돋지 않기 때문에 만족스럽지 않다.

[0006] 다른 유형의 렌즈는, CVD 환자가 이들 컬러를 더 양호하게 구분하는 것을 허용하는 시도로서 혼동 컬러들의 포화도를 증가시킴으로써 작동한다. 이들 렌즈들의 효과는 전술된 솔루션만큼 높지 않다.

[0007] 이들 유형들의 렌즈 솔루션에 이용되는 전통적인 설계 및 구성 방법으로 인해, 성능 특성이 제한된다. 또한, 이들 렌즈 솔루션은, 상이한 유형들의 조명 및 컬러 비전 조건들 하에서 실질적으로 불변의 또는 제어가능하게 변하는 성능 특성을 갖도록 설계되지 않는다.

[0008] 황색화된 인간 자연 수정 렌즈 또는 황색 안구내 렌즈(intraocular lense)(IOL)의 황색 컬러 비전(YCV)은 컬러 인지 왜곡을 유발한다. 현재의 안과 솔루션은 YCV용 컬러 보정 렌즈의 이용을 해결하지 못한다.

[0009] 따라서, 이들 및 기타의 비전 문제에 대한 더 양호한 품질의 솔루션에 대한 필요성이 존재한다.

발명의 내용

[0010] 광학 디바이스를 생성하는 시스템 및 방법과, 인간의 컬러 비전을 향상시키는 디바이스가 개시된다. 광학 디바이스를 생성하기 위한 시스템 및 방법과 디바이스는, 기판; 기판 상에 제공된 복수의 박막 층 - 복수의 박막 층은, 각각이 대응하는 굴절률을 갖는 선택된 복수의 재료에 기초하여 박막-특유의 반사율 스펙트럼을 생성하는 재료를 포함함 -; 및 복수의 박막 층에 도포된 복수의 착색제 층 - 복수의 착색제 층은 적어도 하나의 착색제를 포함하고, 착색제는 선택된 농도에 의해 정의된 착색제-특유의 흡수 스펙트럼에 기초하여 생성됨 - 을 포함한다.

[0011] 광학 디바이스를 생성하는 방법은, 착색제들을 선택하고, 선택된 착색제들의 농도를 생성하고, 착색제를 포함하는 하나 이상의 층을 생성함으로써 착색제-특유의 흡수 스펙트럼을 생성하는 단계; 각각이 대응하는 굴절률을 갖는 복수의 재료를 선택하고, 박막 내의 층 수를 선택하고, 각각의 막 층을 생성함으로써 박막-특유의 반사율 스펙트럼을 생성하는 단계; 및 착색제 및 생성된 막 층을 포함하는 생성된 하나 이상의 층을 포함하는 광학 디바이스를 구성하는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0012] 첨부된 도면과 연계하여, 예를 통해 주어지는 이하의 상세한 설명으로부터 더 상세한 이해를 얻을 수 있다. 이하에서:

도 1은 인간의 비전을 향상시키기 위한 광학 디바이스의 단면도를 도시한다;

도 2는 착색제 및/또는 박막을 이용함으로써 원하는 투과 스펙트럼을 달성하기 위해 도 1의 광학 디바이스를 구성하는 방법이다;

도 3은 최소 투과 제약을 만족시키고 CPI 타겟을 달성하기 위해 도 1의 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 설계하기 위한 방법을 도시한다;

도 4는 정오 주광 조명 조건에서 CIE D65 광원을 이용하는 3개 영역(gamut)의 플롯을 도시한다;

도 5는 도 4에서 이용된 광학 디바이스에 대한 CIE F2 광원을 이용하는 3개 영역의 플롯을 도시한다;

도 6은 적색-녹색 CVD 보정에 대한 추가적인 샘플 타겟 투과 스펙트럼을 도시한다;

도 7은 도 1의 디바이스의 구성에 대한 파장 대 투과 스펙트럼의 플롯을 도시한다;

도 8은 도 7의 투과 플롯에 의해 예시된 디바이스를 위한 제조 프로세스를 도시한다;

도 9는 도 1의 디바이스의 구성에 대한 파장 대 투과 스펙트럼의 플롯을 도시한다;

도 10은 도 9의 투과 플롯에 의해 예시된 디바이스를 위한 제조 프로세스를 도시한다;

도 11은 본 발명의 구성에 대한 파장 대 투과 스펙트럼의 플롯을 도시한다;

도 12는 도 11의 투과 플롯에 의해 예시된 디바이스를 위한 제조 프로세스를 도시한다;

도 13은 도 1의 디바이스의 구성에 대한 파장 대 투과 스펙트럼의 플롯을 도시한다;

도 14는 도 13의 투과 플롯에 의해 예시된 디바이스를 위한 제조 프로세스를 도시한다;

도 15는 도 1의 디바이스의 구성에 대한 파장 대 투과 스펙트럼의 플롯을 도시한다;

도 16은 도 15의 투과 플롯에 의해 예시된 디바이스를 위한 제조 프로세스를 도시한다;

도 17은 도 1의 디바이스의 구성에 대한 파장 대 투과 스펙트럼의 플롯을 도시한다;

도 18은 도 17의 투과 플롯에 의해 예시된 디바이스를 위한 제조 프로세스를 도시한다;

도 19는 도 1의 디바이스의 구성에 대한 파장 대 투과 스펙트럼의 플롯을 도시한다;

도 20은 도 1의 디바이스의 구성에 대한 파장 대 투과 스펙트럼의 플롯을 도시한다;

도 21은 도 1의 디바이스의 구성에 대한 파장 대 투과 스펙트럼의 플롯을 도시한다;

도 22는 도 21의 투과 플롯에 의해 예시된 디바이스를 위한 제조 프로세스를 도시한다;

도 23은 최소 투과 제약을 충족하고 YCV(Yellow Color Vision) 보정 응용을 위한 할당된 반복의 검색 또는 미리 결정된 시간 내에서 CPI 타겟을 달성하거나 최상의 CPI를 달성하는 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 발견하기 위한 방법을 도시한다;

도 24는 YCV를 보정하는데 이용되는 광학 디바이스의 투과 스펙트럼과 함께 자연 황색화된 수정 렌즈 또는 유사하게 황변된 안구내 렌즈(IOL)의 투과 스펙트럼을 도시한다;

도 25는 존재하는 컬러 비전 영역을 도시한다.

도 26은 본 발명의 구성에 대한 파장 대 투과 스펙트럼의 플롯을 도시한다;

도 27은 눈에 대한 안경류 렌즈의 지오메트리를 도시한다;

도 28은 RVF의 단면도를 도시한다;

도 29는 뷔잉 중심으로부터 반경방향 거리 x 의 함수로서, RVF의 총 i 의 y , 광학적 또는 물리적 두께를 공식화하기 위한 단면도를 도시하며, 여기서 yo 는 광학 디바이스의 뷔잉 중심에서의 RVF의 총 i 의 광학적 또는 물리적 두께이다;

도 30은 본 명세서에서 설명되는 광학 디바이스에 대한 뷔잉 중심으로부터의 반경방향 거리의 함수로서의 RVF의 하나 이상의 총의 광학적 또는 물리적 두께 프로파일의 복수의 예를 도시한다;

도 31은 $E = 1.2$ (광학 디바이스로부터 눈까지의 거리) 및 $ds1 = ds2 = 0$ 을 갖는 구성에 대해, 광학 디바이스 상의 뷔잉 중심으로부터의 반경방향 거리 x 와 AOI 사이의 직접적인 관계가 엄격하게 상관된 증가형이라는 것을 도시한다;

도 32는 다양한 AOI에서의 RVF에 대한 7-총 구성의 투과 스펙트럼을 도시한다;

도 33은 RVF의 구성을 위해 달성된 컬러 영역을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

이하의 설명에서, 본 실시예의 철저한 이해를 제공하기 위해 특정한 구조, 컴포넌트, 재료, 치수, 처리 단계,

및 기술 등의 많은 특정한 상세사항이 개시된다. 그러나, 실시예들은 이들 특정한 상세사항 없이도 실시될 수 있다는 것을 본 기술분야의 통상의 기술자라면 이해할 것이다. 다른 경우에는, 실시예들을 모호하게 하는 것을 피하기 위하여 널리 공지된 구조 또는 처리 단계들은 상세히 설명되지 않았다. 층, 영역, 또는 기판 등의 요소가 또 다른 요소 "상"에 또는 "위"에 있다고 언급될 때, 이것은 그 다른 요소 상에 직접 있거나, 또는 중간 요소들이 존재할 수도 있다는 것임을 이해할 것이다. 대조적으로, 한 요소가 또 다른 요소 "상에 직접" 또 다른 요소 "위에 직접" 있는 것으로 언급될 때, 어떠한 중간 요소도 존재하지 않는다. 한 요소가 또 다른 요소 "아래 쪽에", "밑에", 또는 "아래에" 있는 것으로 언급될 때, 이 요소는 그 다른 요소에 바로 아래 쪽에 또는 아래에 있을 수 있거나, 또는 중간 요소들이 존재할 수도 있다는 것을 역시 이해할 것이다. 대조적으로, 한 요소가 또 다른 요소의 "바로 아래 쪽에" 또는 "바로 아래에" 있는 것으로 언급될 때, 어떠한 중간 요소도 존재하지 않는다.

[0014]

이하의 상세한 설명에서 실시예들의 프리젠테이션을 모호하게 하지 않기 위해, 본 기술분야에 공지된 일부 구조들, 컴포넌트들, 재료들, 치수들, 처리 단계들, 및 기술들은, 프리젠테이션 및 예시의 목적을 위해 함께 결합될 수 있고 일부 예에서는 상세히 설명되지 않을 수 있다. 다른 예에서, 본 기술분야에 공지된 일부 구조들, 컴포넌트들, 재료들, 치수들, 처리 단계들 및 기술들은 전혀 설명되지 않을 수 있다. 이하의 설명은 오히려 여기서 설명된 다양한 실시예의 독특한 피처 또는 요소에 초점을 맞추고 있다는 것을 이해해야 한다.

[0015]

본 명세서에서는 인간의 컬러 비전을 향상시키고 컬러 비전 결핍(CVD) 및 황색 컬러 비전(YCV)을 보정하기 위해 흡수성 착색제 및/또는 반사성 박막을 이용한 광학 디바이스의 다양한 설계 및 구성에 대해 설명한다. 이를 광학 디바이스는, 디바이스의 성능 및 가변 조명, 예를 들어, 아침, 정오 및 오후의 일광, 형광 조명 및 LED(발광 다이오드) 조명에 기인하는 코즈메틱-외관(cosmetic-look)에 영향을 미치는, 메타메리즘(metamerism), 즉, 컬러 이동(color shift)을 제어하면서 상기 효과를 달성하는 투과 스펙트럼을 제공한다. 또한, 광학 디바이스는, 황색화된 자연 수정 렌즈 또는 황색 안구내 렌즈(IOL) 등의 원인으로 인해 YCV를 보정 및/또는 감소시키는 적절한 투과 스펙트럼을 제공한다. 전술된 효과들을 결합하고 광원의 가변 입사각(angles of incidence)(AOI)으로부터 디바이스 성능 편차를 감소시키는 반경방향-가변 필터(radially-variable filter)(RVF)도 역시 설명된다. 광학 디바이스의 설계 및 구성을 제공하는 방법도 설명된다.

[0016]

본 발명은, 정상적인 인간 컬러 비전을 향상시키고, 적색-녹색 및 청색-황색 컬러 비전 결핍(CVD)을 보정하고, 황색 컬러 비전(YCV)을 보정하기 위해 원하는 투과 스펙트럼을 갖는 광학 디바이스를 구성하기 위한 디바이스 및 방법을 제공한다. 이러한 광학 디바이스의 타겟 투과 스펙트럼은, 적색-녹색 컬러 비전 분리, 청색-황색 컬러 비전 분리, 및 메타메리즘 제어를 포함하는 일련의 한 세트의 비색 성능 지표(colorimetric performance indicator)(CPI)를 반복적으로 구성함으로써 구축된다. 메타메리즘 제어는, 광학 디바이스의 코즈메틱의 백색 점(WP)의 색조, 광학 디바이스의 중립 지점으로부터의 WP 이동(WP shift)(WPS), 및 상이한 조명 조건들과 상이한 컬러 비전들을 갖는 관찰자들 하에서 평가된 디바이스의 명도(lightness) 변화를 제한하는 것을 포함한다.

[0017]

본 발명은, (1) 적색-녹색 컬러 비전 결핍(CVD)을 보정하기 위해 적색-녹색 컬러 분리를 증가시키는데 적합한 구성된 투과 스펙트럼을 갖는 광학 디바이스, (2) 청색-황색 CVD를 보정하기 위해 청색-황색 컬러 분리를 증가시키는데 적합한 구성된 투과 스펙트럼을 갖는 또 다른 광학 디바이스, (3) 사람의 황색화된 컬러 비전을 중성 또는 거의 중성인 백색 점(WP)으로 보정하는데 적합한 구성된 투과 스펙트럼을 갖는 또 다른 광학 디바이스의 설계 및 제조를 설명한다. 중립은 백색과 회색의 레벨들을 구현한다. 본 명세서에서 설명되는 광학 디바이스는 또한, 다른 스펙트럼 및 비색 성능 특성을 중에서도 특히, 원하는 레벨의 명도, 무틴트(no tint)를 포함한 코즈메틱 틴트, 및 메타메리즘 제어를 갖도록 설계되고 구성될 수 있다. 광학 디바이스는, 투과 및/또는 다른 형태의 광 변경에 적합한 렌즈, 안경, 선글라스, 스펙터클, 콘택트 렌즈, 광학 필터, 디스플레이, 방풍창, 안구내 렌즈, 창 및 기타 임의의 광학 또는 안과 재료일 수 있다. 광학 디바이스는, 광학 디바이스를 위해 설계된 임의의 광학 출력, 곡률 또는 기타의 특성을 가질 수 있다.

[0018]

타겟 투과 스펙트럼에 가장 가깝게 정합되는 투과 스펙트럼을 갖는 광학 디바이스의 구성은, (1) 각각의 몰 흡광 스펙트럼(molar extinction spectra)을 갖는 착색제들을 선택하고, 선택된 착색제들 각각에 대해 농도를 생성하며, 염료 농도를 포함하는 두께를 갖는 하나 이상의 층 또는 전체 기판을 생성함으로써 착색제-특유의 흡수 스펙트럼을 생성하는 것, 및/또는 (2) 재료 및 각각의 굴절률을 선택하고, 박막의 총 충수를 선택하며, 교대 적층 순서 등의 재료 적층 순서를 선택하고, 각각의 막 층의 광학적 또는 물리적 두께를 생성함으로써 박막-특유의 반사율 스펙트럼을 생성하는 것, (3) 흡수성 착색제 및 반사성 박막 코팅으로부터의 투과 스펙트럼을 결합함으로써 광학 디바이스의 총 투과 스펙트럼을 구성하는 것, 및 (4) 구성된 투과 스펙트럼이 타겟 투과 스펙트럼에 도달하거나, 최대 허용가능한 반복에 도달하거나 소정의 미리정의된 반복 후에 (구성된 것과 타겟 사이의)

스펙트럼 부정합에서 변화가 없거나, 하나 이상의 다른 정지 기준에 도달하면, 반복을 종료하고, 결과를 저장하는 것을 포함한다. 광학 디바이스의 결과적인 구성은, 타겟 투과 스펙트럼에 가장 가깝게 정합되는 광학 디바이스의 구성된 투과 스펙트럼, 착색제 선택, 착색제 층 또는 전체 기판 두께, 착색제 농도, 각각의 굴절률을 갖는 박막 재료들, 막 층들의 광학적 또는 물리적 두께, 막 층들의 총 수, 및 층 적층 순서로 구성되고, (4)에서의 정지 기준에 도달하지 못하면, 광학 디바이스의 타겟 투과 스펙트럼을 달성하기 위해 착색제 및/또는 박막 구성을 계속 반복한다.

[0019] 광학 디바이스의 타겟 투과 스펙트럼을 구성하기 위한 특정한 프로세스는, 하나 이상의 광원을 생성하고, 컬러 정합 함수를 생성하고, 컬러 향상, CVD 보정 및/또는 황색화된 컬러 비전 보정 평가를 위한 컬러 스펙트럼을 생성하고, 컬러 공간을 생성하고, 최소 투과 요건을 충족하는 광학 디바이스에 대한 투과 스펙트럼을 생성하고, 적색-녹색 컬러 분리 및/또는 청색-황색 컬러 분리, 광학 디바이스의 명도, 광원에 대한 백색 점 이동, 메타메리즘의 양과 컬러 스펙트럼에 대한 채도 값의 CPI들을 평가하는 것으로 구성되고, CPI 타겟에 도달하거나 새로운 투과 스펙트럼에 관한 최대 반복에 도달하거나 소정의 반복 후에 CPI에서 변화가 없거나 다른 정지 기준에 도달한다면, 반복을 종료하고 380 nm 내지 780 nm의 광학 디바이스의 최상의 출력 투과 스펙트럼을 저장한다. 그러나, 어떠한 정지 기준에도 도달하지 못하면, 광학 디바이스의 또 다른 투과 스펙트럼을 계속 반복한다. 한 세트의 인공 지능 방법들을 이용하여 380 nm 내지 780 nm 파장에서 각각의 나노미터에 대해 컬러 향상, CVD 보정 및/또는 황색화된 컬러 비전 보정 응용을 위한 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 발견하기 위해 반복할 수 있다.

[0020] 마지막으로, 특정한 유형의 박막 코팅 구성물로서의 반경방향-가변 필터(RVF)의 설계 및 구성이 개시된다. 본 발명에서의 적용을 위해 광학 디바이스의 투과 스펙트럼이 상이한 입사각(AOI)들 하에서 가능한 한 불변이어야 하므로, RVF는, 가변 AOI로부터 발생하는 파장 이동을 포함한, 막 코팅(FC)의 투과 스펙트럼에서의 변화를 감소시키거나 제거하는 솔루션이다.

[0021] 광원은 주로 광 투과를 허용하기 위해 이용되는 투명 또는 반투명 광학체(optical body)로서 간주되지 않는 임의의 광 방출 소스 또는 매체이다. 광원은, 태양 또는 인공 조명 등의 1차 광원, 및/또는 반사 표면 등의 2차 광원, 및/또는 형광성 착색제 등의 추가 광원을 포함한다. 본 명세서에서 설명되는 광학 디바이스는, 표면 및 본체 등의 반사 매체 및 이러한 매체의 천연, 인공, 합성, 시뮬레이션된 및 혼합된 조합으로부터의 반사를 스펙트럼을 채용할 수 있다. 광학 디바이스는, 표면 및 본체 등의 형광 매체 및 이러한 매체의, 예를 들어 형광 염료 코팅된 의류의, 천연, 인조, 합성, 시뮬레이션된 및 혼합된 조합으로부터의 형광 스펙트럼을 채용할 수 있다. 광학 디바이스는 다양한 소스의 스펙트럼 파워 분포(spectral power distribution)(SPD)를 이용할 수 있다, 예를 들어, CIE(Commission Internationale de L'éclairage) 표준 광원 D55, D65, D75, F2, F7, F11 및 발광 다이오드(LED)를 위한 L-시리즈. 혼합된 광원은 복수의 광원을 갖는 환경에 적합할 수 있다. 본 발명은 광원들을 혼합된 광원(blended illuminant)(BI)로 결합하는 복수의 방식을 설명한다. 한 예가 수학식 1에 제공된다.

수학식 1

$$BI = \sum c_i * \text{광원}_i, i \in \text{선택된 광원들}$$

$$0 \leq c_i \leq 1$$

[0024] BI를 형성하는 또 다른 예가 수학식 2에 제공된다.

수학식 2

$$BI = c_1D55 + c_2D65 + c_3D75 + c_4F2 + c_5F7 + c_6F11 + c_7LED_1$$

[0026] 광학 디바이스는, 컬러 비전을 정량화하기 위한 기초로서, CIE 1931 컬러 공간, CIE 1964 컬러 공간 및 CIE 1976 컬러 공간 등의 컬러 공간을 채용할 수 있다. 컬러 인지는, 인간 컬러 웨뿔 상으로 투과된 광의 상이한 파장들에 대한 타겟 관찰자의 색채 응답(chromatic response)에 의해 측정된다. 인간 3색 컬러 비전의 응답은,

CIE 1931 2° 표준 관찰자(정상적인 컬러 비전을 가짐)의 경우 등의 3 컬러 정합 함수(CMF)를 이용하여 정량화되고, 여기서 L-원뿔에 대한 CMF의 피크 감도는 599 nm에 있고, M-원뿔은 555 nm에 있고, S-원뿔은 446 nm에 있다. 녹색약 관찰자(deutan)는 표준 관찰자보다 긴 파장에서, 예를 들어, 556 nm에서, M-원뿔에 대해 CMF의 피크 감도를 가질 수 있다. 또한, 녹색약 관찰자에 대한 M-원뿔 피크 감도 값은 표준 관찰자의 경우의 100%와 동일하거나 그보다 작다. 적색약 관찰자(protan)의 경우, L-원뿔에 대한 CMF의 피크 감도는, 표준 관찰자보다 짧은 파장서, 예를 들어, 598 nm에 있다. 또한, 적색약 관찰자에 대한 L-원뿔 피크 감도 값은 표준 관찰자의 경우의 100%와 동일하거나 그보다 작다. 청색약 관찰자(tritan)의 경우, S-원뿔에 대한 CMF의 피크 감도는, 표준 관찰자와는 상이한 파장, 예를 들어, 447 nm 또는 445 nm에 있다. 또한, 청색약 관찰자에 대한 S-원뿔 피크 감도 값은 표준 관찰자의 경우의 100%와 동일하거나 그보다 작다.

[0027] $x^-(\lambda), y^-(\lambda), z^-(\lambda)$ 는, 각각, L-원뿔, M-원뿔 및 S-원뿔에 대한 파장의 함수로서의 CMF를 나타낸다. 정상적인 유색 비전 CIE 1931 2° 표준 관찰자에 대한 $x^-(\lambda), y^-(\lambda), z^-(\lambda)$ CMF들은, 각각 599 nm, 555 nm 및 446 nm에서 피크 값을 갖는다. $x^-(\lambda)$ CMF는, 1931 2° 표준 관찰자의 100% 감도 이하이고 599 nm 이하로 왜곡된 L-원뿔 CMF 피크 값을 갖는 적색약 관찰자에 대한 것이다. $y^-(\lambda)$ CMF는, 1931 2° 표준 관찰자의 100% 감도 이하이고 555 nm 이상으로 왜곡된 M-원뿔 CMF 피크 값을 갖는 녹색약 관찰자에 대한 것이다. $z^-(\lambda)$ CMF는, 1931 2° 표준 관찰자의 100% 감도 이하이고 446 nm보다 많이 왜곡된 S-원뿔 CMF 피크 값을 갖는 청색약 관찰자에 대한 것이다. $x^-(\lambda), y^-(\lambda), z^-(\lambda)$ CMF는, 각각 595 nm, 557 nm 및 445 nm에서 피크 값을 갖는 정상적인 유색 비전 CIE 1964 10° 표준 관찰자에 대한 것이다. $x^-(\lambda)$ CMF는, 1964 10° 표준 관찰자의 100% 감도 이하이고 595 nm 이하로 왜곡된 L-원뿔 CMF 피크 값을 갖는 적색약 관찰자에 대한 것이다. $y^-(\lambda)$ CMF는, 1964 10° 표준 관찰자의 100% 감도 이하이고 557 nm 이상으로 왜곡된 M-원뿔 CMF 피크 값을 갖는 녹색약 관찰자에 대한 것이다. $z^-(\lambda)$ CMF는, 1964 10° 표준 관찰자의 100% 감도 이하이고 445 nm보다 많이 왜곡된 S-원뿔 CMF 피크 값을 갖는 청색약 관찰자에 대한 것이다. $x^-(\lambda)$ CMF는, 1964 10° 표준 관찰자의 100% 감도 이하이고 445 nm 이하로 왜곡된 S-원뿔 CMF 피크 값을 갖는 청색약 관찰자에 대한 것이다. $y^-(\lambda)$ CMF는, 1964 10° 표준 관찰자의 100% 감도 이하이고 585 nm로 왜곡된 L-원뿔 CMF 피크 값을 갖는 적색약 관찰자에 대한 것이다. CVD의 한 예에서, $x^-(\lambda)$ CMF는, 1964 10° 표준 관찰자의 90% 감도이고 580 nm로 왜곡된 L-원뿔 CMF 피크 값을 갖는 적색약 관찰자에 대한 것이다. CVD의 또 다른 예에서, $y^-(\lambda)$ CMF는, 1964 10° 표준 관찰자의 100% 감도 이하이고 565 nm로 왜곡된 M-원뿔 CMF 피크 값을 갖는 녹색약 관찰자에 대한 것이다. CVD의 한 예에서, $y^-(\lambda)$ CMF는, 1931 2° 표준 관찰자의 85% 감도이고 562 nm로 왜곡된 M-원뿔 CMF 피크 값을 갖는 녹색약 관찰자에 대한 것이다. CVD의 한 예에서, $z^-(\lambda)$ CMF는, 1964 10° 표준 관찰자의 80% 감도로 감소된 S-원뿔 CMF 피크 값을 갖는 청색약 관찰자에 대한 것이다. CVD의 또 다른 예에서, $z^-(\lambda)$ CMF는, 1931 2° 표준 관찰자의 90% 감도이고 450 nm로 왜곡된 S-원뿔 CMF 피크 값을 갖는 청색약 관찰자에 대한 것이다. CVD의 한 예에서, $z^-(\lambda)$ CMF는, 1931 2° 표준 관찰자의 70% 감도이고 440 nm로 왜곡된 S-원뿔 CMF 피크 값을 갖는 청색약 관찰자에 대한 것이다.

[0028] 적색 및 녹색 컬러와 청색과 황색 컬러에 대한 대표 반사율 스펙트럼은, 일반적으로, 적색-녹색 컬러 분리, 청색-황색 컬러 분리, 및 (색조, 채도 및 명도의 인지로 구성된) 컬러 인지를 측정하는데 이용될 수 있다. 예를 들어, Ishihara Isochromatic Plates Test의 반사율 스펙트럼을 스캔하면, Ishihara 적색 컬러와 녹색 컬러에 대한 반사율 스펙트럼이 획득되고, Ishihara 청색 컬러와 황색 컬러도 마찬가지이다. 적색 및 녹색 컬러와 청색 및 황색 컬러에 대한 추가적인 대표 반사율 스펙트럼은 Munsell 컬러 시스템으로부터 나온다. 적색 컬러에 대한 대표 반사율 스펙트럼은, Munsell 컬러들: 2.5YR 5/4, 7.5R 5/4, 2.5R 5/4, 5RP 5/4, 10P 5/4, 10YR 5/4, 10R 5/4, 10RP 5/4 중 하나 이상이다. 녹색 컬러에 대한 대표 반사율 스펙트럼은, Munsell 컬러들: 5BG 5/4, 10G 5/4, 5G 5/4, 10GY 5/4, 5GY 5/4, 10BG 5/4 중 하나 이상이다. 청색 컬러에 대한 대표 반사율

스펙트럼은, Munsell 컬러들: 5B 5/4, 10BG 5/4, 5BG 5/4, 5P 5/4, 10B 5/4, 10P 5/4, 10PB 5/4 중 하나 이상이다. 황색 컬러에 대한 대표 반사율 스펙트럼은, Munsell 컬러들: 10GY 5/4, 5GY 5/4, 5Y 5/4, 10YR 5/4, 2.5YR 5/4, 10Y 5/4, 10YR 5/4 중 하나 이상이다. 적색, 녹색, 청색 및 황색에 대한 추가적인 반사율 스펙트럼은, 일, 꽃, 나무 등의 자연색의 반사율 스캔으로부터 나온다.

- [0029] 3자극 값(tristimulus value)들은 선택된 컬러의 컬러 공간 좌표와 평가를 위한 백색 점(WP)을 결정하기 위한 프로세스에서 이용될 수 있다. 컬러 공간 좌표는, 컬러 분리 등의 CPI(colorimetric performance indicator)를 평가하는데 이용될 수 있다. 3자극 값들은 수학식 3 내지 6을 이용하여 결정될 수 있다.

수학식 3

$$X_i = \sum_{\lambda=380 nm}^{\lambda=780 nm} [M_i(\lambda) \bar{x}(\lambda)]$$

[0030]

수학식 4

$$Y_i = \sum_{\lambda=380 nm}^{\lambda=780 nm} [M_i(\lambda) \bar{y}(\lambda)]$$

[0031]

수학식 5

$$Z_i = \sum_{\lambda=380 nm}^{\lambda=780 nm} [M_i(\lambda) \bar{z}(\lambda)]$$

[0032]

수학식 6

$$M_i(\lambda) = \begin{cases} Illuminant(\lambda) * Color_i(\lambda), \text{광학 디바이스를 이용함이 없이 보여진 컬러 } i \text{의 경우} \\ Illuminant(\lambda) * Color_i(\lambda) * T(\lambda), \text{광학 디바이스를 이용하여 보여진 컬러 } i \text{의 경우} \end{cases}$$

[0033]

- [0034] 여기서 $Color_i(\lambda)$ 는 i 번째 선택된 컬러에 대한 반사율 스펙트럼이다. 투과 스펙트럼 $T(\lambda)$ 를 갖는 광학 디바이스. 광원은 임의의 단일 광원 또는 혼합된 광원일 수 있다. $M_i(\lambda)$ 는, 특정한 광원 또는 혼합된 광원과 광학 디바이스의 특정한 투과율에서, 컬러 i 의 스펙트럼 어드미턴스(Admittance)이고, λ 는 파장을 나타낸다.

[0035]

- 광원은, CIE D65 표준 광원, CIE D55 표준 광원, CIE D75 표준 광원, CIE F2 표준 광원, CIE F7 표준 광원, CIE F11 표준 광원, CIE L-시리즈 LED 표준 광원, 주광 및 형광등 실내 공간에 대해 CIE D65 Standard Illuminant의 SPD의 20%를 CIE F7의 SPD의 80%에 첨가함으로써 획득되는 혼합된 광원, 제2 주광 및 형광등 실내 공간에 대해 CIE D55 표준 광원의 SPD의 20%를 CIE F11의 SPD의 80%에 첨가함으로써 획득되는 혼합된 광원, 주광 및 형광등 실내 공간에 대해 CIE D75 표준 광원의 SPD의 50%를 CIE F11의 SPD의 50%에 첨가함으로써 획득되는 혼합된 광원, 주광 및 LED 등 실내 공간에 대해 CIE D75 표준 광원의 SPD의 50%를 CIE L-시리즈 LED의 SPD의 50%에 첨가함으로써 획득되는 혼합된 광원, 평균 주광 소스에 대해 CIE D65 표준 광원의 SPD의 50%를 CIE D55 표준 광원의 SPD의 50%에 첨가함으로써 획득되는 혼합된 광원일 수 있다.

[0036]

- 컬러 공간은, 컬러를 배치하고, 컬러 분리, 백색 점(WP), 명도, 및 다양한 실제적 경우의 메타메리즘 등의, 중요한 비색 성능 지표(CPI)들을 평가하기 위해 생성된 널리 공지된 틀이다. 컬러 배치에 영향을 미치는 파라미터는, 광원, 평가 컬러의 반사율 스펙트럼, CMF, 광학 디바이스의 투과 스펙트럼, 및 특정한 유형의 컬러 공간 그 자체를 포함한다. 샘플 광원, CMF, 평가 컬러의 반사율 스펙트럼은 위에서 설명되었다. CIE로부터의 전형적인 컬러 공간은, xyY, XYZ, LUV, LAB, Hunter 등이다. 그러나, 가장 유용한 컬러 공간은 인지적 균일성(Perceptual Uniformity)을 갖는다. CIE XYZ 컬러 공간, CIE xyY 컬러 공간, CIE LAB 컬러 공간 및/또는 CIE LUV 컬러 공간이 이용될 수 있다. 임의의 명도 L에서, 특정한 평가 컬러 i 의 컬러 공간 좌표 u_i, v_i 가 지정된다. 구체적으로, 컬러 공간 좌표는 수학식 7 및 8에 정의되어 있다.

수학식 7

$$[0037] u_i = \frac{4X_i}{X_i+15Y_i+3Z_i}$$

수학식 8

$$[0038] v_i = \frac{9X_i}{X_i+15Y_i+3Z_i}$$

[0039] 적색-녹색 컬러 분리는 여기서 설명된 광학 디바이스가 달성하기 위한 타겟 비색 성능 지표(CPI)이다. 사실상, 적색-녹색 컬러 분리가 클수록, 적색/녹색이 채도, 색조 및/또는 명도에서 훨씬 더 구분되기 때문에, 적색-녹색 CVD 환자는 적색, 녹색 및 파생된 컬러들을 더 양호하게 구별할 수 있다. 적색 컬러 i와 녹색 컬러 j 사이의 컬러 분리는 수학식 9와 같이 공식화될 수 있다.

수학식 9

$$\text{적색 컬러 } i - \text{녹색 컬러 } j \text{ 분리} =$$

$$[0040] \sqrt{(u_{red\ i} - u_{green\ j})^2 + (v_{red\ i} - v_{green\ j})^2}$$

[0041] 또는 Munsell Red, Green 컬러일 수 있다.

[0042] $M(\lambda)$ 는, 임의의 선택된 컬러의 스펙트럼 어드미턴스이므로, $\langle u, v \rangle$ 의 컬러 공간 좌표는 스펙트럼 어드미턴스에 의존하고, 그에 따라, 광원 또는 혼합된 광원 및 광학 디바이스의 투과 스펙트럼에 따라 변한다. 따라서 적색-녹색 컬러 분리는 광학 디바이스의 구성된 투과율에 따라 변한다. 상이한 투과 스펙트럼들은 상이한 적색-녹색 컬러 분리를 생성할 수 있다.

[0043] 적색-녹색 컬러 분리가 임의의 및 평가 적색 및 녹색 컬러들에 대해 평가될 때, 광학 디바이스의 투과 스펙트럼의 예시적인 설계 및 구성과 적색-녹색 컬러 분리를 달성하는 대응하는 구성이 개시된다. 적색-녹색 컬러 분리 백분율은 수학식 10에서 공식화된다.

수학식 10

$$\text{적색 컬러 } i - \text{녹색 컬러 } j \text{ 분리 \%}$$

$$= \frac{\text{광학 디바이스를 이용한 적색 컬러 } i - \text{녹색 컬러 } j \text{ 분리}}{\text{육안을 이용한 적색 컬러 } i - \text{녹색 컬러 } j \text{ 분리}} - 1$$

$$= \frac{\sqrt{(u^*_{red\ i} - u^*_{green\ j})^2 + (v^*_{red\ i} - v^*_{green\ j})^2}}{\sqrt{(u^+_{red\ i} - u^+_{green\ j})^2 + (v^+_{red\ i} - v^+_{green\ j})^2}} - 1$$

[0044] [0045] 여기서 $\langle u^*, v^* \rangle$ 및 $\langle u^+, v^+ \rangle$ 는 광학 디바이스를 이용하고 이용하지 않은 컬러 공간 좌표들을 각각 나타낸다.

[0046] 컬러 분리 %는 키 CPI일 수 있고 적어도 10 %일 수 있다. CIE LAB 컬러 공간은, "u"를 "a"로 대체하고 "v"를 "b"로 대체한 공식을 이용하여, 적색-녹색 컬러 분리 %를 결정하는데 이용될 수 있다. CIE xyY 컬러 공간은, "u"를 "x"로 대체하고 "v"를 "y"로 대체한 공식을 이용하여, 적색-녹색 컬러 분리 %를 결정하는데 이용될 수 있다.

[0047] 청색-황색 컬러 분리는 여기서 설명된 광학 디바이스에 대한 또 다른 타겟 CPI이다. 사실상, 청색-황색 컬러 분리가 클수록, 이들은 채도, 색조 및/또는 명도에서 훨씬 더 구분되기 때문에, 청색-황색 CVD 환자는 청색, 황색 컬러들을 더 양호하게 구별할 수 있다. 청색 컬러 i 와 황색 컬러 j 사이의 컬러 분리는 수학식 11과 같이 공식화된다.

수학식 11

$$\text{청색 컬러 } i - \text{황색 컬러 } j \text{ 분리} = \sqrt{(u_{blue\ i} - u_{yellow\ j})^2 + (v_{blue\ i} - v_{yellow\ j})^2}$$

[0048]

[0049] 청색과 황색 컬러는 Munsell Blue 및 Yellow 컬러일 수 있다.

[0050] 적색 및 녹색 컬러 분리의 경우에서와 같이, 청색-황색 컬러 분리는 광학 디바이스의 설계된 투과율에 따라 변한다. 상이한 투과 스펙트럼들은 광학 디바이스에 적용하는 동안 상이한 청색-황색 컬러 분리를 생성할 수 있다.

[0051]

청색-황색의 컬러 분리가 임의의 및 평가 청색 및 황색 컬러들에 대해 평가될 때, 광학 디바이스의 투과 스펙트럼의 예시적인 설계 및 구성과 청색-황색 컬러 분리를 달성하는 대응하는 구성이 개시된다.

[0052]

청색-황색 컬러 분리 백분율은 수학식 12에 공식화된다.

수학식 12

청색 컬러 i – 황색 컬러 j 분리 %

$$\begin{aligned} & \frac{\text{광학 디바이스를 이용한 청색 컬러 } i - \text{황색 컬러 } j \text{ 분리}}{\text{육안을 이용한 청색 컬러 } i - \text{황색 컬러 } j \text{ 분리}} - 1 \\ &= \frac{\sqrt{(u^{*blue\ i} - u^{*yellow\ j})^2 + (v^{*blue\ i} - v^{*yellow\ j})^2}}{\sqrt{(u^{+blue\ i} - u^{+yellow\ j})^2 + (v^{+blue\ i} - v^{+yellow\ j})^2}} - 1 \end{aligned}$$

[0053]

[0054] 여기서 $\langle u^*, v^* \rangle$ 및 $\langle u^+, v^+ \rangle$ 는 광학 디바이스를 이용하고 이용하지 않은 컬러 공간 좌표들을 각각 나타낸다.

[0055] 이 컬러 분리 %는 키 CPI일 수 있고 적어도 1 %일 수 있다. CIE LAB 컬러 공간은, "u"를 "a"로 대체하고 "v"를 "b"로 대체한 공식을 이용하여, 청색-황색 컬러 분리 %를 결정하는데 이용될 수 있다. CIE xyY 컬러 공간은, "u"를 "x"로 대체하고 "v"를 "y"로 대체한 공식을 이용하여, 청색-황색 컬러 분리 %를 결정하는데 이용될 수 있다.

[0056]

광학 디바이스의 백색 점(WP)의 컬러 공간에서의 위치와 임의의 원하는 광원에 대해 중립 WP로부터의 이 WP의 위치 이동은 렌즈의 코즈메틱 및 성능에서 인자가 될 수 있는 키 CPI이다. 관찰자의 컬러 비전의 WP는 키 CPI 일 수 있다. 타겟의 WP는 스펙트럼 어드미턴스 결정에서 임의의 특정한 컬러를 제거함으로써, 즉, $Color_i(\lambda) = 1$ 로 설정함으로써 평가될 수 있다. 광학 디바이스의 WP는, CIE 표준 광원들 D55, D65, D75, F2, F7, F11 또는 L-시리즈로 평가될 수 있다. 광학 디바이스의 WP는, CIE 표준 광원 D55, D65, D75, F2, F7, F11 또는 L-시리즈의 임의의 조합으로 구성된 혼합된 광원으로 평가될 수 있다. 단일 광원 또는 혼합된 광원을 갖는 컬러 공간에서, 관찰자가 정상적인 유색 비전 또는 CVD를 갖는 경우, 백색 점 이동(White Point Shift)(WPS)은 광학 디바이스의 WP 위치와 육안에 의한 컬러 비전의 WP 위치 사이의 컬러 거리이다. 구체적으로는, 사용자의 컬러 비전의 WPS는 수학식 13에서 평가된다.

수학식 13

$$\text{[0057]} \quad \text{백색 점 이동} = \sqrt{(u^*_{wp} - u^+_{wp})^2 + (v^*_{wp} - v^+_{wp})^2}$$

[0058] 여기서 $\langle u^*_{wp}, v^*_{wp} \rangle$ 와 $\langle u^+_{wp}, v^+_{wp} \rangle$ 는 광학 디바이스를 이용하고 이용하지 않은 WP 좌표들을 각각 나타낸다. 구체적으로는, $\langle u^*_{wp}, v^*_{wp} \rangle$ 와 $\langle u^+_{wp}, v^+_{wp} \rangle$ 는, 동시에, 정상적인 컬러 비전, CVD, 황색화된 컬러 비전, 또는 기타 임의의 유형의 컬러 비전을 가진 사용자를 포함한, 임의의 사용자의 컬러 비전의 WP를 나타낸다.

[0059] 광학 디바이스의 코즈메틱 외관의 WPS는 수학식 14에서 평가된다.

수학식 14

$$\text{[0060]} \quad \text{백색 점 이동} = \sqrt{(u^\#_{wp} - u^-_{wp})^2 + (v^\#_{wp} - v^-_{wp})^2}$$

[0061] 여기서 $\langle u^\#_{wp}, v^\#_{wp} \rangle$ 와 $\langle u^-_{wp}, v^-_{wp} \rangle$ 는, 구체적으로는 정상적인 컬러 비전을 가진 임의의 사용자에 대한, 광학 디바이스를 이용하고 이용하지 않은 WP 좌표들을 각각 나타낸다.

[0062] CIE LAB 컬러 공간은, "u"를 "a"로 대체하고 "v"를 "b"로 대체한 공식을 이용하여, WPS를 결정하는데 이용될 수 있다. CIE xyY 컬러 공간은, "u"를 "x"로 대체하고 "v"를 "y"로 대체한 공식을 이용하여, WPS를 결정하는데 이용될 수 있다.

[0063] 메타메리즘은, 상이한 조명 조건들 하에서 관찰된, 디바이스 코즈메틱과, 정상인, 녹색약자, 적색약자, 청색약자를 포함한 관찰자의 컬러 비전 양쪽 모두를 타겟으로 하는, 광학 디바이스 또는 시스템의 투과 스펙트럼에 대응하는 명도, WP 색조, 및 WPS 값들의 세트이다. 메타메리즘 제어는, 명도, WP 색조 및 WPS 값들이 제한될 것을 요구한다. 광학 디바이스의 메타메리즘(색 이동)을 평가하기 위해, 광학 디바이스의 WPS는, 단일 CIE 표준 광원 D55, D65, D75, F2, F7, F11, L-시리즈 및/또는 이를 표준 광원들의 임의의 조합을 통한 혼합된 광원과는 별개로 평가된다. WP 색조와 명도가 기록될 수 있다. 메타메리즘은, 평가된 단일 광원 또는 혼합된 광원 및 연관된 WP 색조 하에서의 광학 디바이스의 WPS 세트에 관한 임의의 통계로서 정의될 수 있다. 이러한 통계는, 평균, 평균, 모드, 최대, 최소 및 범위를 포함할 수 있다.

[0064] 채도는 특정한 색조의 포화도이며 광학 디바이스가 있거나 없는 WP에 대하여 컬러를 평가하는데 이용된다. 적색, 녹색, 청색 및 황색으로 구성된 원색 타겟과, 보라색, 청록색, 갈색, 오렌지색 및 분홍색을 포함하는 파생된 컬러 타겟은, 수학식 15를 이용하여 채도 값에 대해 평가된다.

수학식 15

$$\text{[0065]} \quad \text{채도 } color_i = \sqrt{(u_i - u_{wp})^2 + (v_i - v_{wp})^2}$$

[0066] 채도 퍼센트 변화는 수학식 16을 이용하여 평가된다.

수학식 16

$$\text{[0067]} \quad \text{채도 변화 } \%color_i = \frac{\sqrt{(u^*_{i} - u^*_{wp})^2 + (v^*_{i} - v^*_{wp})^2}}{\sqrt{(u^+_{i} - u^+_{wp})^2 + (v^+_{i} - v^+_{wp})^2}} - 1$$

[0068] 여기서, $\langle u^*, v^* \rangle$ 및 $\langle u^+, v^+ \rangle$ 는 광학 디바이스를 이용하고 이용하지 않은 컬러 공간 좌표들을 각각 나타낸다. 컬러 분리 %는 키 CPI일 수 있고 적어도 1 %일 수 있다. CIE LAB 컬러 공간은, "u"를 "a"로 대체하고 "v"를 "b"로 대체한 공식을 이용하여, 광학 디바이스의 채도 퍼센트 변화를 결정하는데 이용될 수 있다. CIE xyY 컬러 공간은, "u"를 "x"로 대체하고 "v"를 "y"로 대체한 공식을 이용하여, 광학 디바이스의 채도 퍼센트 변화를 결정하는데 이용될 수 있다.

[0069] 광학 디바이스의 명도는 키 CPI일 수 있다. 명도는 수학식 17 내지 19에 의해 정의될 수 있다.

수학식 17

$$Y_{wp} = \sum_{\lambda=380 nm}^{\lambda=780 nm} [M(\lambda) \bar{y}(\lambda)]$$

수학식 18

$$f(Y_{wp}) = \begin{cases} \left(\frac{Y_{wp}}{100}\right)^{\frac{1}{3}}, & Y_{wp} > 100 * \left(\frac{6}{29}\right)^3 \\ \frac{1}{3} \left(\frac{29}{6}\right)^2 \left(\frac{Y_{wp}}{100}\right) + \frac{4}{29}, & 그 외 \end{cases}$$

수학식 19

$$\text{명도} = 116f(Y_{wp}) - 16$$

[0073] 여기서 스펙트럼 어드미턴스는 $M(\lambda) = \text{광원}(\lambda) * T(\lambda)$ 이다. 광원은, CIE 표준 광원이거나, CIE 표준 광원 또는 기타의 구성된 광원의 임의의 혼합된 조합일 수 있다. 적어도 0.2 %의 광학 디바이스의 최소 투과 값은, 안전 또는 기타의 이유로 인해 가시 파장에서 최소 투과율을 보장하도록 제조된다. 적어도 0.2 %의 광학 디바이스의 최소 투과 값은, 안전 또는 기타의 이유로 인해 500 nm 내지 650 nm 내의 파장들 중 임의의 부분으로부터 최소 투과율을 보장하도록 제조된다. 적어도 0.2 %의 광학 디바이스의 최소 투과 값은, 안전 또는 기타의 이유로 인해 400 nm 내지 500 nm 내의 파장들 중 임의의 부분으로부터 최소 투과율을 보장하도록 제조된다.

[0074] 도 1은 인간의 비전을 향상시키기 위한 광학 디바이스(100)의 단면도를 도시한다. 광학 디바이스는, 기판(110), 기판(110) 상에 제공된 복수의 박막 층(130), 및 복수의 박막 층(130)에 형성된 복수의 착색제 층(120)을 포함한다. 복수의 박막 층(130)은, 본 명세서에서 설명될 각각이 대응하는 굴절률을 갖는 선택된 복수의 재료에 기초하여 박막-특유의 반사율 스펙트럼을 생성하는 재료를 포함한다. 복수의 착색제 층(120)은, 적어도 하나의 착색제를 포함하며, 착색제는 선택된 농도에 의해 정의된 착색제-특유의 흡수 스펙트럼에 기초하여 생성된다.

[0075] 염료 및 안료 등의 착색제는, 원하는 파장의 입사광을 흡수하여, 광학 디바이스의 투과 스펙트럼에서 원하는 정지대역 및 통과대역을 생성하는데 이용될 수 있다. 착색제는, 하나의 층으로 된 폴리카보네이트, PMMA, CR-39, Trivex 또는 기타의 재료 등의, 광학 기판과 혼합 및 주입될 수 있다. 착색제는, 하나보다 많은 층으로 된 폴리카보네이트, PMMA, CR-39, Trivex 또는 기타의 재료 등의, 광학 기판과 혼합 및 주입될 수 있다. 착색제는, 침지, 분무, 회전, 물리적 증기 퇴적(PVD), 화학적 증기 퇴적(CVD), 기타 임의의 코팅 방법 또는 방법들의 조합을 통해 광학 기판 상에 코팅될 수 있다. 이러한 코팅 방법은, 광 출력을 생산하는 응용 등에서, 두께의 변화가 있거나 없는 디바이스에 적용될 수 있다. 착색제들의 서브세트는, 결합되어 단일 광학 시스템 또는 기판을 형성할 때, 광학 시스템의 유효 투과 스펙트럼에서 원하는 정지대역 및 통과대역을 생성하는, 다양한 층들로 된 광학 기판과 혼합 및 주입될 수 있다. 이러한 구성은, 광학 시스템의 층들에, 또는 다른 층들은 아니고 일부 층에서만 염료를 가질 수 있다. 착색제는, 혼합, 기판 내로의 주입, 기판 상으로의 코팅 및 기판 내로의 층형성의 임의의 조합을 통한 원하는 투과 스펙트럼을 생성하기 위해 광학 디바이스 내에 또는 광학 디바이스 상에

흔입될 수 있다. 착색제는, 광학 디바이스의 표면 상에 또는 디바이스 내의 하나 이상의 광학 층의 표면 상에 코팅될 수 있다. 이를 착색제 코팅들 각각의 물리적인 두께는, 이를 염료의 농도를 변화시키는 것이 광학 디바이스의 원하는 전체 투과 스펙트럼을 생성하도록, 임의의 거리 측정치, 예를 들어 20 mm 미만일 수 있다.

[0076] 원하는 파장의 입사광을 반사시킴으로써 광학 디바이스의 투과 스펙트럼에서 원하는 정지대역 및 통과대역을 생성하기 위하여, 간접 막 등의 박막이 광학 기판의 표면 상에 코팅할 수 있다. 박막은, 원하는 파장을 반사시키기 위해 광학 디바이스의 표면 상에 코팅된 더 높은 굴절률 및 더 낮은 굴절률의 교대 층들로 형성될 수 있다. 원하는 투과 스펙트럼은, 투과 스펙트럼에 대한 조합된 효과가 바람직하도록, 착색제와 박막의 조합을 통해 생성될 수 있다. 원하는 가시광 투과 스펙트럼을 구성하기 위해 하나 이상의 간접 박막이 광학 디바이스의 표면 상에 코팅될 수 있다. 박막의 광 투과 스펙트럼은, 막 재료의 굴절률, 층의 물리적 두께, 층의 수, 및 층의 적층 순서에 기인한다. 이를 파라미터들을 변화시키는 것은, 원하는 범위의 입사각(AOI) 내에서 광학 디바이스의 바람직한 전체 투과 스펙트럼을 생성할 수 있다.

[0077] 착색제는, 피크 흡광도와 FWHM(Full-Width-At-Half-Maximum)에 의해 기술될 수 있는 흡수 스펙트럼을 가지므로, 투과 스펙트럼에 관한 흡수 영향은 널리 공지되어 있고 Beer-Lambert Law에 의해 기술된다. 흡수 스펙트럼은, 모든 파장에 대한 착색제의 물 흡광, 광학 매질 내의 농도 및 착색제를 운반하는 광학 매질의 물리적 두께에 의존한다. 알려진 물 흡광의 흡수성 염료는, 이를 염료의 농도를 변화시키는 것이 광학 디바이스의 원하는 투과 스펙트럼을 생성하도록, 광학 렌즈 등의 0.5mm보다 큰 물리적 두께를 갖는 기판 내에서 이용될 수 있다. 알려진 물 흡광의 흡수성 염료는, 이를 염료의 농도를 변화시키는 것이 광학 디바이스 내의 하나 이상의 광학 층의 원하는 투과 스펙트럼을 생성하도록, 광학 렌즈의 층 등의, 20 mm 미만 등의 임의의 거리 측정치의 물리적 두께를 각각 갖는 하나 이상의 기판 층 내에서 이용될 수 있다. 층들을 함께 이용하는 것은 전체 광학 디바이스의 원하는 유효 투과 스펙트럼을 생성한다. 광학 층들의 이러한 조합적 이용은, 원하는 투과 스펙트럼을 생성하기 위해, 라미네이션 프로세스 등을 통해 층들을 하나의 고체 광학 디바이스 내에 물리적으로 결합시키는 것, 또는 물리적으로 분리된 방식으로 광학 층들을 이용하는 것을 포함할 수 있다.

[0078] 아래의 도 3에서 설명되는 설계 프로세스로부터 출력되는 타겟 투과 스펙트럼은, 하나 이상의 착색제 및/또는 박막을 이용한 투과 스펙트럼을 갖는 광학 디바이스의 구성에서 실질적으로 정합될 수 있다. 타겟 투과 스펙트럼과 구성된 투과 스펙트럼 사이의 임의의 부정합은 반복적으로 감소되거나 최소화된다. 미리선택된 착색제와 미리결정된 광학 매질(예를 들어, 기판 또는 코팅)의 두께를 이용하여, 380 nm 내지 780 nm 사이의 파장들에 걸쳐 합계된 광학 디바이스의 타겟 투과 스펙트럼과 구성된 투과 스펙트럼 사이의 차이가 최소화되도록, 염료의 농도가 반복적으로 변화되고 기록될 수 있다. 광학 디바이스는, 미리결정된 물리적 두께를 갖는 광학 기판 상에 코팅되거나 흔입된 최종 농도를 갖는 미리선택된 염료를 포함할 수 있다.

[0079] (미리결정되지 않은) 반복적으로 선택된 착색제, 미리결정된 물리적 담체(예를 들어, 기판 또는 코팅)의 두께, 및 반복적으로 선택된 염료의 농도도 역시, 380 nm 내지 780 nm 파장들에 걸쳐 합계된 광학 디바이스의 타겟 투과 스펙트럼과 구성된 투과 스펙트럼 사이의 차이가 최소화되거나 감소되도록, 반복적으로 변화되고 기록된다. 광학 디바이스는, 미리결정된 물리적 두께를 갖는 광학 기판 상의 코팅 형태이거나 그 내부에 흔입된, 최종 농도를 갖는 최종 선택된 염료를 포함할 수 있다.

[0080] 광학 디바이스의 물리적 두께는, 380 nm 내지 780 nm의 파장에 걸쳐 합계된 광학 디바이스의 타겟 투과 스펙트럼과 구성된 투과 스펙트럼 사이의 차이를 최소화하거나 감소시키도록 반복적으로 변경될 수 있다.

[0081] 박막 재료, 재료 적층 순서 및 굴절률은 미리결정될 수 있고, 380 nm 내지 780 nm의 파장에 걸쳐 합계된 광학 디바이스의 타겟 투과 스펙트럼과 구성된 투과 스펙트럼 사이의 차이가 최소화되거나 감소되도록, 각각의 막 층의 두께를 100 nm 내지 1200 nm 사이에서, 및 총 층수를 121 층 미만이 되도록 반복적으로 변화시킬 수 있다.

[0082] 착색제와 박막의 조합은, 380 nm 내지 780 nm의 파장에 걸쳐 합계된 광학 디바이스의 타겟 투과 스펙트럼과 구성된 투과 스펙트럼 사이의 차이가 최소화되거나 감소되도록, 이용된 염료, 그 농도, 및 각각의 박막 층의 물리적 두께를 선택적으로 변화시킴으로써 광학 디바이스의 유효 투과 스펙트럼을 생성하는데 이용될 수 있다.

[0083] 광학 디바이스의 타겟 투과 스펙트럼과 구성된 투과 스펙트럼 사이의 층 차이가 더 높은 가중치가 적용된 파장들을 향하여 가중되도록, 380 nm 내지 780 nm의 각각의 파장에 대한 가변 가중치가 적용될 수 있다. 이 가중화는, 최소 투과 요건을 준수하기 위해 500 nm 내지 650 nm 등의, 소정 파장들에 특별한 주의를 기울이도록 적용될 수 있다.

[0084] 도 2는 착색제 및/또는 박막을 이용함으로써 원하는 투과 스펙트럼을 달성하기 위해 도 1의 광학 디바이스를 구

성하는 방법(200)이다. 방법(200)은 광학 디바이스의 원하는 출력 투과 스펙트럼을 구성하도록 설계된다. 방법(200)은, 단계 210에서 착색제-특유의 흡수 스펙트럼을 생성하는 단계 및/또는 단계 250에서 박막-특유의 반사율 스펙트럼을 생성하는 단계를 포함한다. 컬러-특유의 흡수 스펙트럼은, 단계 215에서 물 흡광 스펙트럼을 갖는 착색제들을 선택하고, 단계 225에서 선택된 착색제들 각각에 대한 농도를 생성하고, 단계 235에서 염료 농도를 포함하는 두께를 가진 하나 이상의 층 또는 전체 기판을 생성함으로써 생성된다. 박막-특유의 반사율 스펙트럼은, 단계 255에서 재료 및 그 굴절률을 선택하고, 단계 265에서 박막의 총 층수를 선택하고, 단계 275에서 교대 적층 순서 등의 재료 적층 순서를 선택하고, 단계 285에서 각각의 막 층의 광학적 또는 물리적 두께를 생성함으로써 생성된다.

[0085] 방법(200)은, 단계 290에서 광학 디바이스의 전체 투과 스펙트럼을 구성하는 단계를 포함한다. 구성된 투과 스펙트럼(CTS)은, 수학식 20의 총 흡수 스펙트럼(TAS)과 총 반사율 스펙트럼(TRS)을 이용하여 정의된다.

수학식 20

$$CTS = (1 - TAS_{\text{착색제}}) * (1 - TRS_{\text{박막}})$$

[0086] [0087] 방법(200)은, 구성된 투과 스펙트럼이 타겟 투과 스펙트럼 또는 기타의 종점에 도달하는 상황에 대해 완료된다. 기타의 종점은, 소정의 미리정의된 반복 후에 최대 허용가능한 반복 횟수에 도달했거나 (구성된 것과 타겟 사이의) 스펙트럼 부정합에서의 무변화를 포함한다.

[0088] 방법(200)의 결과는, 광학 디바이스의 최적의 구성된 투과 스펙트럼, 착색제 선택, 착색제 층 또는 전체 기판 두께, 착색제 농도, 굴절률을 갖는 박막 재료, 막 층들의 광학적 또는 물리적 두께, 막 층의 층 수, 및 적층 순서를 제공하고, 정지 기준에 도달하지 않은 경우, 광학 디바이스의 타겟 투과 스펙트럼을 구성하기 위해 착색제 및 박막 구성의 추가적인 반복이 수행될 수 있다.

[0089] 도 1의 광학 디바이스의 구성에서 선택할 데이터베이스에는 820가지보다 많은 착색제(염료, 안료 및 기타의 착색제)가 있다. 착색제는, 시아닌, 트리아릴메탄, 쿠마린, 로다민, 크산텐, 옥사진, 피리딘, 플루오레세인, 금속계 및 페릴렌 등의, 다양한 화학적 형태 및 유도체들을 포함한다. 데이터베이스의 추가적인 착색제는, 금속 산화물이 풍부한 무기 안료들: 망간 바이올렛, 코발트 바이올렛, Han 퍼플, Prussian 블루, 코발트 알루미늄 블루, Egyptian 블루, Han 블루, Azurite, YInMn Blue, 니켈 안티몬 티타네이트, 크롬 안티몬 티타늄 베프, 크롬 엘로우, Goethite, Akaganeite, Lepidochrocite, 황색 산화철, aureolin-코발트 엘로우, 니켈 안티몬 티탄 엘로우를 포함한다. 다른 착색제들은, 금속 황화물이 풍부한 무기 안료들: orpiment, cadmium yellow, Mosaic gold를 포함한다. 다른 착색제들은 합성 유기물: (PY=Pigment Yellow), Monoarylide yellows: PY1(Hansa G), PY3(Hansa 10G), PY65, PY73, PY74, PY75, PY97, PY98, PY116; diarylide yellows: AAA Yellow, MX Yellow, OT Yellow, Yellow NCG, OA Yellow, PT Yellow, Yellow H10G, Yellow HR, Yellow GGR, Yellow H19GL, Yellow G3R, Yellow DGR, Yellow GRL, Yellow YR; benzimidazolone yellows: Yellow H2G, Yellow H4G, Yellow H3G, Yellow HLR, Yellow H6G; heterocyclic yellows 및 azo condensation yellows: tetrachloro Isoindolinone Yellow, Tetrachloroisoinolinone yellow, azomethine yellow, Quinophthalone Yellow, Nickel Dioxine Yellow, Azo Condensation Yellow, Isoindolone Yellow, Triazinyl yellow; 및 copper Phthalocyanine blue: Phthalocyanine Blue BN을 포함한다. 데이터베이스는, 380 nm 내지 780 nm의 거의 모든 가시 광장에서 피크 흡수를 가지며 10 nm 미만 내지 200 nm를 초과하는 FWHM을 갖는 넓은-스펙트럼 및 노치-흡수 착색제를 포함한다.

[0090] 광학 디바이스 내의 착색제 층의 수는 1 내지 60 층을 포함하고, 여기서, 각각의 층의 두께는 0.01 mm 내지 40 mm이고, 각각의 착색제의 농도는 0.001 내지 1000 마이크로-몰이다.

[0091] 광학 디바이스의 전처리 및/또는 후처리는, 마지막 층 이후 또는 임의의 수의 층들 사이에서, 스펙트럼적으로-활성인 착색제 및/또는 박막 층의 제1 층 이전에 적용된다. 이러한 처리는, 반사 방지(AR), 스크래치 방지(AS), 소수성(hydrophobic) 및 다른 것들을 포함한다. 이를 처리의 투과 스펙트럼은, 수학식 21에 따라 스펙트럼 어드미턴스에 처리 스펙트럼을 적용함으로써 광학 디바이스의 구성에 통합된다.

수학식 21

$$M_{\text{처리}}(\lambda) = M_{\text{부처리}}(\lambda) * \prod_{k=1}^n \text{처리}_k(\lambda)$$

[0092] 여기서 n은 통합된 처리 스펙트럼의 수이다. $M_{\text{처리}}(\lambda)$ 는 전처리 및 후처리가 존재하는 공식들에서 $M_{\text{부처리}}(\lambda)$ 를 대체할 수 있다.

[0093] 상이한 광장들에서 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 변경시키는 착색제 및/또는 박막 코팅은, 적색-녹색 및/또는 청색-황색 컬러 비전 분리를 증가시키기 위해, 및 광학 디바이스 코즈메틱 및 관찰자의 컬러 비전 양쪽 모두에 대해: 명도를 유지하고, 백색 점을 제어하고, 상이한 조명 조건들 하에서 메타메리즘을 제어하고, 정상, 녹색약자, 적색약자 및 청색약자를 포함한 상이한 컬러 비전을 가진 관찰자들에게 제공하기 위해 함께 동작한다. 녹색-황색, 황색, 및 황색-적색 스펙트럼 영역(550 nm 내지 610 nm)을 흡수하는 다양한 착색제 및 박막 구성이 인간 적색-녹색 및/또는 청색-황색 컬러 비전 분리를 증가시키는데 이용된다. 그러나, 이를 염료는 또한, 광학 디바이스의 메타메리즘(명도, WP 색조 및 WPS) 및 관찰자의 컬러 비전에도 상당한 영향을 미치기 때문에, 염료의 선택과 농도는 CPI를 충족시키도록 신중하게 설계되고 구성된다. 청색, 청록색, 녹색 및 적색을 흡수하는 다양한 착색제 및 박막 구성, 즉, 황색(570 nm 내지 585 nm) 외부의 나머지 스펙트럼 영역들은, 다양한 조명 환경 하에서 디바이스 코즈메틱의 메타메리즘 및 상이한 관찰자의 컬러 비전을 제어하는데 이용된다.

[0094] 도 3은 최소 투과 제약을 만족시키고 CPI 타겟을 달성하기 위해 도 1의 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 설계하기 위한 방법(300)을 도시한다. 방법(300)은, 단계 310에서 하나 이상의 광원 및/또는 혼합된 광원을 생성 및/또는 선택하는 단계를 포함한다. 단계 320에서, 방법(300)은 CMF를 생성 및/또는 선택하는 단계를 포함한다. 단계 330에서, 방법(300)은, 컬러 향상, CVD 보정 및/또는 황색화된 컬러 비전 보정 평가를 위한 컬러 스펙트럼을 생성 및/또는 선택하는 단계를 포함한다. 단계 340에서, 방법(300)은 컬러 공간을 선택하거나 생성하는 단계를 포함한다. 단계 350에서, 방법(300)은 최소 투과 요건을 충족시키는 광학 디바이스에 대한 투과 스펙트럼을 생성하는 단계를 포함한다. 단계 360에서, 방법(300)은, 적색-녹색 컬러 분리 및/또는 청색-황색 컬러 분리, 광학 디바이스의 명도, 광원에 대한 백색 점 이동, 및 메타메리즘의 양 및 컬러 스펙트럼에 대한 채도 값의 CPI들을 평가하는 단계를 포함한다.

[0095] CPI 타겟에 도달하거나 또 다른 종점이 달성된다면, 방법(300)은 결론을 맺을 수 있고 380 nm 내지 780 nm의 광학 디바이스의 출력 투과 스펙트럼이 저장될 수 있다. 다른 종점들은, 새로운 투과 스펙트럼에 관한 최대 반복 횟수에 도달했는지 또는 소정의 반복 횟수 이후에 CPI에서의 무변화 또는 기타의 정지 기준에 도달했는지 등을 포함한다.

[0096] 인공 지능 방법들을 이용하여 380 nm 내지 780 nm 광장에서 각각의 나노미터에 대해 컬러 향상, CVD 보정 및/또는 황색화된 컬러 비전 보정 응용을 위한 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 발견하기 위해 반복할 수 있다. 1 nm보다 더 거친 나노미터 해상도도 역시 이용될 수 있다. 인공 지능 방법은, 예를 들어, 선형 프로그래밍, 비선형 프로그래밍, 혼합된 정수 프로그래밍, 2차 프로그래밍, 경사-하강(gradient-descent) 및 랜덤 검색을 포함한다.

[0097] 광학 디바이스의 투과 스펙트럼은, 적색-녹색 컬러 차이를 최대화하고, 광학 디바이스의 광을 70 % 이상으로 유지하고, CIE D65에 의해 조명된 광학 디바이스의 WPS를 0.02 내로 유지하고 CIE F11에 의해 조명된 경우의 WPS를 0.018 내로 유지함으로써 메타메리즘의 제어를 유지하고, 평가 공간으로서 CIE LUV 컬러 공간을 이용함으로써 설계될 수 있다. 광학 디바이스의 투과 스펙트럼은, 청색-황색 컬러 차이를 최대화하고, 광학 디바이스의 광을 75% 이상으로 유지하고, CIE D55에 의해 조명된 광학 디바이스의 WPS를 0.025 내로 유지하고 CIE F2에 의해 조명된 경우의 WPS를 0.022 내로 유지함으로써 메타메리즘의 제어를 유지하고, 평가 공간으로서 CIE LUV 컬러 공간을 이용함으로써 설계될 수 있다. 광학 디바이스의 투과 스펙트럼은, 광학 디바이스의 명도를 최대화하고 적색-녹색 컬러 분리 %를 10 % 이상으로 유지하고, 광장들에 대해 0.5 %의 최소 투과 요건을 충족시키고, D11에 의해 조명된 광학 디바이스의 WPS를 0.02 내로 유지함으로써 메타메리즘의 제어를 유지하고, 혼합된 광원들을 포함한 열거된 광원들에 대한 WPS 메타메리즘의 범위(컬러 비전 및 광학 디바이스)를 평가 공간으로서 CIE LUV를 이용하여 0.009 내에 있도록 유지함으로써 설계될 수 있다.

[0098] 예로서, 도 4는 정오 주광 조명 조건에 대해 CIE D65 광원을 이용하는 3개의 영역들의 플롯(400)을 도시한다.

플롯(400)은, 플롯(400)의 바깥 둘레에 도시된 바와 같이 적색, 녹색, 청색, 황색, 청록색, 자주색 및 기타의 파생된 컬러로 된 한 세트의 Munsell 컬러를 이용하여 생성된다. 영역(410)은 표준 또는 정상의 컬러 비전을 가진 사람에 의해 인지되는 Munsell 컬러들을 도시한다. 정상의 컬러 비전의 백색 점(WP)(415)도 역시 도시되어 있다. 영역(420)은 무보정 녹색약 컬러 비전 결핍(CVD)이 있는 전형적인 사람에 의해 인지되는 동일한 Munsell 컬러들을 나타낸다. 무보정 사람의 컬러 비전의 WP(425)가 도시되어 있다. 영역(430)은, CVD의 보정을 제공하기 본 명세서에서 설명된 광학 디바이스를 이용하여 영역(420)과 동일한 사람에 의해 인지되는 동일한 Munsell 컬러들을 도시한다. 보정된 컬러 비전의 WP(435)가 도시되어 있다.

[0100] 플롯(400)은, (강화된이라고도 지칭될 수도 있는) 보정된 컬러 비전은, 무보정 컬러 비전보다 정상적인 컬러 비전과 더 양호하게 정합한다. 보정에 이용되는 광학 디바이스는 적색-녹색 컬러 분리의 CPI를 증가시킨다. 보라색, 청록색 및 오렌지색을 포함한 파생된 컬러들도 역시 보정된다. 백색 점 이동의 CPI는 잘 제어되고 정상적인 컬러 비전의 WP에 가깝다. 또한, 보정에 이용되는 광학 디바이스는, 예를 들어 청색 컬러 등의, 임의의 컬러 그룹의 포화도(채도)를 현저하게 감소시키지 않도록 설계된다.

[0101] 도 5는 도 4에서 이용된 광학 디바이스에 대한 CIE F2 광원을 이용하는 3개 영역의 플롯(500)을 도시한다. 플롯(500)은, 플롯(500)의 바깥 둘레에 도시된 바와 같이 적색, 녹색, 청색, 황색, 청록색, 자주색 및 기타의 파생된 컬러로 된 한 세트의 Munsell 컬러를 이용하여 생성된다. 도 5에서 테스트된 광학 디바이스는 도 4에서와 동일하지만, 도 5의 CPI는 일반적인 형광 조명 조건을 나타내는 상이한 광원으로서의 CIE F2에 의해 결정된다. 영역(510)은 표준 또는 정상의 컬러 비전을 가진 사람에 의해 인지되는 Munsell 컬러들을 도시한다. 정상의 컬러 비전의 백색 점(WP)(515)도 역시 도시되어 있다. 영역(520)은 무보정 녹색약 컬러 비전 결핍(CVD)이 있는 전형적인 사람에 의해 인지되는 동일한 Munsell 컬러들을 나타낸다. 무보정 사람의 컬러 비전의 WP(525)가 도시되어 있다. 영역(530)은, CVD의 보정을 제공하기 본 명세서에서 설명된 광학 디바이스를 이용하여 영역(520)과 동일한 사람에 의해 인지되는 동일한 Munsell 컬러들을 도시한다. 보정된 컬러 비전의 WP(535)가 도시되어 있다.

[0102] 플롯(500)은, 플롯(400)의 경우에서와 같이, (강화된이라고도 지칭될 수도 있는) 보정된 컬러 비전은, 무보정 컬러 비전보다 정상적인 컬러 비전과 더 양호하게 정합한다. 보정에 이용되는 광학 디바이스는 적색-녹색 컬러 분리의 CPI를 증가시킨다. 보라색, 청록색 및 오렌지색을 포함한 파생된 컬러들도 역시 보정된다. 백색 점 이동의 CPI는 잘 제어되고 정상적인 컬러 비전의 WP에 가깝다.

[0103] 또한, 보정에 이용되는 광학 디바이스는, 예를 들어 청색 컬러 등의, 임의의 컬러 그룹의 포화도(채도)를 현저하게 감소시키지 않도록 설계된다.

[0104] 도 6은 적색-녹색 CVD 보정에 대한 추가적인 샘플 타겟 투과 스펙트럼의 플롯(600)을 도시한다. 이를 스펙트럼(610, 620, 630)은 CPI 타겟을 달성하기 위한 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 생성하는 도 3의 광학 디바이스 설계 프로세스의 3가지 대표적인 결과이다. 스펙트럼(610)에 대한 CPI 타겟은, 광학 디바이스를 이용하는 동안의 코즈메틱-외관의 메타메리즘, 비색 성능 및/또는 인간의 컬러 비전을 제어하기 위해, CIE D65, D55, D75, F2 및 F7 광원 하에서, 20 % 내지 35 %의 적색-녹색 컬러 분리, 0.02 미만의 WPS, (광원의 명도에 의해 정규화된) 70보다 큰 광학 디바이스 명도를 달성하는 것을 포함한다.

[0105] 스펙트럼(620)에 대한 CPI 타겟은, 메타메리즘을 제어하기 위해, CIE D65, D55, D75, F2 및 F7 광원 하에서, 25% 내지 40 %의 적색-녹색 컬러 분리, 0.02 미만의 WPS, (광원의 명도에 의해 정규화된) 65보다 큰 광학 디바이스 명도를 달성하는 것을 포함한다.

[0106] 스펙트럼(630)에 대한 CPI 타겟은, CIE D65, D55, D75, F2 및 F7 조명 조건 하에서, 30% 내지 60 %의 적색-녹색 컬러 분리, 0.03 미만의 WPS, (광원의 명도에 의해 정규화된) 60보다 큰 광학 디바이스 명도를 달성하는 것, 및 이하의 표 1 내지 9의 것들과 같은, 녹색약자 및/또는 적색약자에 전형적인 컬러 정합 함수(CMF)를 수반하는 CPI를 갖는 것을 포함한다.

[0107] 도 7은 본 발명의 구성에 대한 광장 대 투과 스펙트럼의 플롯(700)을 도시한다. 도 7에 도시된 구성에서, 폴리 메틸 메타크릴레이트(PMMA)는 도 1의 광학 디바이스의 기판으로서 이용될 수 있다. PMMA는 메타크릴산메틸의 중합에 의해 생성된 합성 수지이며 일반적으로 투명하고 경성의 플라스틱이다. PMMA는 두께가 3 mm이고 직경이 65 mm인 광학 디바이스의 기판으로서 형성될 수 있다. 이 구성에서, 정상적인 컬러 비전이 향상될 수 있고 적색-녹색 CVD가 보정될 수 있다. 플롯(700)은, 380 nm와 780 nm 사이의 적어도 3개의 통과대역(710, 720, 730)을 갖는 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 도시한다. 통과대역(740)도 역시 통과대역일 수 있다. 그러나,

통과대역(740)은, 일반적으로 인간의 비전을 넘는 근적외선에 근접하기 때문에 비색 성능에 거의 영향을 미치지 않을 수 있다. 정지대역(790)은 보통의 적색의 백색 점(WP)을 감소시키는 목적을 갖는다.

[0108] 플롯(700)은 540 nm와 610 nm 사이에서 1 %의 최소 투과 제약을 보이는 곡선을 나타낼 수 있다. 390 nm(760) 및 590 nm(750) 양쪽 모두에서 피크 흡수를 갖는 이중-피크 흡수 염료가, 465 nm(770) 및 490 nm(780)에서 피크 흡수를 갖는 2개의 염료, 570 nm(750)를 위한 또 다른 염료, 및 665 nm(790)에서의 마지막 염료와 함께 이용된다. 이들 염료의 농도는, 3 마이크로-몰 내지 70 마이크로-몰의 범위이다. 이들 스펙트럼 흡수(750, 760, 770, 780, 790)는, 하기 표 1에 도시된 비색 성능을 생성하기 위해 특정한 통과대역 및 정지대역을 생성하고 균일한 100 % 투과와는 상이한 스펙트럼 차이를 생성하도록 선택될 수 있다. 예를 들어, 광학 디바이스 명도를 제약하면서 적색-녹색 분리를 증가시키기 위해, 광학 디바이스 WP 색조 및 이동을 제어하고 메타메리즘을 제어한다(상이한 광원들 하에서의 성능 차이). 부정확하거나, 체험적이거나, 하이-레벨 방식으로, 정지대역(750)은 적색-녹색 분리를 증가시키며, 통과대역(710, 720, 730)은 청색/녹색/적색 컬러가 더 많은 명암 대비를 통해 보여지게 한다. 통과대역 및 정지대역의 실제 투과량 및 스펙트럼 배치는 표 1에 도시된 비색 성능을 생성하기 위해 실제 염료를 이용하여 결정될 수 있다. 실제 염료는 타겟 노치(날카로운) 흡수 외에도 "노이즈 흡수"를 갖기 때문에(550 nm 흡수 염료는, 그 정도가 더 적더라도, 다른 파장들을 역시 흡수할 수 있다는 것을 의미), 비색 성능을 위한 염료와 농도의 최상의 조합을 결정하기 위하여 염료의 선택은 각각의 염료의 이러한 "노이즈 흡수"를 감안할 수 있다.

[0109] 도 7에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 디바이스에 대해, 표 1에 나타낸 CPI들은 CIE LUV 컬러 공간을 이용하여 평가된다. 도 8에 나타낸 제조 프로세스(800)는, 단계 810에서 적절한 농도를 달성하기 위해 압출기를 이용하여 PMMA 수지 내에 필요한 염료를 배합하는 것으로 시작한다. 단계 820에서, 염료-주입된 수지는, 몰딩-주입을 통해 230 °C 미만의 동작 온도에서 제품 지오메트리로 몰딩된다.

[0110] 표 1은 도 7에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 디바이스에 대한 비색 성능을 나타낸다.

표 1

도 7에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스에 대한 비색 성능

컬러 비전 유형	광원	적색-녹색 컬러 분리 향상 (%)	메타메리즘			정상인으로부터의 CMF 이동	CMF 피크 감도
			광학 디바이스 명도	광학 디바이스 백색 점 색조	광학 디바이스 코즈메틱 백색 점 이동		
정상인	CIE D65	47.2	40.8	황색-적색	0.022	없음	정상인
녹색약자	CIE D65	42.4	40.5	황색-적색	0.023	M-원뿔, 10 nm 적색 이동	정상인
적색약자	CIE D65	27.4	40.8	황색	0.022	L-원뿔, 10 nm 청색 이동	정상인
녹색약자	CIE D55	43.5	43.1	황색	0.023	M-원뿔, 3 nm 초파 적색 이동	정상인
적색약자	CIE D55	28.5	43.2	황색	0.022	L-원뿔, 3 nm 초파 청색 이동	정상인
녹색약자	CIE D75	41.4	38.2	황색-적색	0.022	M-원뿔, 15 nm 초파 적색 이동	정상인
녹색약자	60% CIE D55, 40% CIE D65	43.1	42.1	황색-적색	0.023	M-원뿔, 1 nm 초파 적색 이동	정상인
적색약자	60% CIE D55, 40% CIE D65	28.1	42.2	황색	0.022	L-원뿔, 1 nm 초파 청색 이동	정상인
녹색약자	60% CIE D55, 40% CIE D65	42.4	40.1	황색-적색	0.025	M-원뿔, 10 nm 적색 이동	정상인 의 90%
적색약자	60% CIE D55, 40% CIE D65	27.5	42.2	황색	0.022	L-원뿔, 10 nm 청색 이동	정상인 의 80%

[0111]

[0112] 파장의 적색- 및 청색-이동은, 각각, 더 긴 파장 및 더 짧은 파장으로의 비색 및/또는 스펙트럼 이동에 대응한다. 컬러 비전 유형들 및 광원들의 다양한 조건 하에서, 이것은 20 %보다 큰 적색-녹색 컬러 분리 향상을 일관적으로 생성한다. 도 7에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스는, 10 미만의 명도 변화, 황색과 황색-적색 사이에서 유지되는 WP 색조, 및 0.005 미만의 WPS 범위와 함께 메타메리즘을 양호하게 제어한다. 도 7의 투과 속성을 갖는 도 1의 디바이스의 황색 및 황색-적색의 유색 WP(틴트)는, CVD 테스트에 이용되는 CVD 혼동 컬러들, 예를 들어, Ishihara 테스트 컬러들 및/또는 Farnsworth D15 테스트 컬러들, 및 녹색약자 및 적색약자에 대한 컬러 혼동 라인들의 CPI 평가에 이용되는 컬러들을 이동시킨다. 이 틴트는 또한, CVD 환자를 위해 혼동 컬러들을 구분하는 능력을 향상시킨다.

[0113]

도 7에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스는, 자연 및 인공 청색 및 비-청색 컬러들 사이의 컬러

거리 및 대비를 증가시키는 효과를 제공한다. 덜 포화된 청색, 청록색, 자주색, 및 백색 컬러는, 광학 디바이스의 황색 및/또는 황색-적색 WP만큼 황색 및 기타의 더 따뜻한 컬러로 더욱 용이하게 이동된다. 추가적인 컬러 향상은 또한, 결과적인 더 따뜻한 컬러와 청색 컬러를 분리한다. 디바이스의 투과 스펙트럼을 통해 따뜻한 컬러의 착색(tinting) 및 컬러 향상의 효과들을 결합하는 광학 디바이스 구성은 청색과 비-청색 컬러의 우수한 대비를 생성한다. 이러한 유형의 광학 디바이스의 특수 응용은, 다양한 청색과 기타의 컬러들 사이의 증가된 컬러 대비 및 깊이 인식에 도움이 될 수 있는 운전, 낚시를 포함할 수 있다.

[0114] 도 9는 본 발명의 구성에 대한 파장 대 투과 스펙트럼의 플롯(900)을 도시한다. 도 9에 도시된 구성에서, Trivex는 도 1의 광학 디바이스의 기판으로서 이용될 수 있다. Trivex는 내충격성이 우수한 우레탄 기반의 프리폴리머이다. 예시적인 Trivex 기판은, 1.5 mm의 두께 및 75 mm의 직경으로 형성될 수 있고, 이 구성의 디바이스는 정상적인 컬러 비전을 향상시키고 및/또는 적색-녹색 CVD를 보정하기 위한 목적으로 이용될 수 있다. 플롯(900)은, 380 nm와 780 nm 사이의 적어도 3개의 통과대역(910, 920, 930)을 갖는 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 도시한다. 플롯(900)은 555 nm와 610 nm 사이에서 1 %의 최소 투과 제약을 보이는 곡선을 나타낼 수 있다. 395 nm(950) 및 570 nm(960) 양쪽 모두에서 피크 흡수를 갖는 이중-피크 흡수 염료가, 470 nm(970)에서 피크 흡수를 갖는 하나의 염료, 595 nm(980)를 위한 또 다른 염료, 및 660 nm(990)에서의 마지막 염료와 함께 이용된다. 이들 염료의 농도는, 20 마이크로-몰 내지 110 마이크로-몰의 범위이다. 다시 한번, 도 7에 관하여 전술된 바와 같이, 이들 흡수는, 광학 디바이스 명도를 제약하고, 광학 디바이스 WP 색조 및 이동을 제어하고, 메타메리즘(상이한 광원들 하에서의 성능 차이)를 제어하면서, 적색-녹색 분리를 증가시킨다. 광원 및/또는 CMF가 변함에 따라, 유사하거나 더 우수한 비색 성능 지표(CPI)를 달성하기 위해 이용되는 염료가 변경될 수 있다.

[0115] 도 9에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 디바이스에 대해, 표 2에 나타낸 CPI들은 CIE LUV 컬러 공간을 이용하여 평가된다. 도 10에 도시된 제조 프로세스(1000)는, 단계 1010에서 Trivex의 적어도 하나의 비중합된 부분, 예를 들어, 단량체 내에 염료를 기계적으로 혼입하는 것으로 시작한다. 단계 1020에서, 프로세스(1000)는 원하는 지오메트리로의 중합을 위해 Trivex의 2개 이상의 부분을 함께 혼합하는 단계를 포함한다. 그 다음 이러한 지오메트리는 최종의 원하는 명세로 절단 및/또는 연마될 수 있다.

[0116] 표 2는 도 9에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 디바이스에 대한 비색 성능을 나타낸다.

표 2

도 9에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스에 대한 비색 성능

		컬러 비전	메타메리즘				
컬러 비전 유형	광원	적색-녹색 컬러 분리 향상(%)	광학 디바이스 명도	광학 디바이스 백색 점 색조	광학 디바이스 코즈메틱 백색 점 이동	정상인으로부터 의 CMF 이동	CMF 피크 감도
정상인	CIE D55	60.6	49.2	황색-적색	0.022	없음	정상인
정상인	CIE F2	75.8	34.2	자주색	0.008	없음	정상인
녹색약자	CIE D55	46.1	46.8	적색-황색	0.024	M-원뿔, 15 nm 적색 이동	정상인의 90%
적색약자	CIE D55	50.3	49.2	황색	0.021	L-원뿔, 5 nm 청색 이동	정상인의 80%
녹색약자	CIE F2	67.3	32.6	적색	0.012	M-원뿔, 15 nm 적색 이동	정상인의 90%
적색약자	CIE F2	63.3	34.2	자주색	0.007	L-원뿔, 5 nm 청색 이동	정상인의 80%
녹색약자	70% CIE F2, 30% CIE D55	57.4	37.7	적색	0.010	M-원뿔, 15 nm 적색 이동	정상인의 90%
적색약자	70% CIE F2, 30% CIE D55	56.9	39.6	황색-적색	0.005	L-원뿔, 5 nm 청색 이동	정상인의 80%

[0117]

[0118] 이 구성의 광학 디바이스는 40 %보다 큰 적색-녹색 컬러 분리 향상을 일관적으로 생성한다. 도 9에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스는, 20 미만의 명도 변화, 따듯한 컬러 내에서 유지되는 WP 색조, 및 0.025 미만의 WPS 범위로 제약함으로써 메타메리즘을 제어한다. 도 9의 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스의 일관적인 따듯한 컬러의 WP(틴트)는, CVD 테스트에 이용되는 CVD 혼동 컬러들, 및 녹색약자 및 적색약자에 대한 컬러 혼동 라인들의 CPI 평가에 이용되는 컬러들을 이동시킨다. 이를 틴트는 혼동 컬러들을 구별하는 CVD 능력을 더욱 향상시킨다. 도 11은 본 발명의 구성에 대한 파장 대 투과 스펙트럼의 플롯(1100)을 도시한다. 도 11에 도시된 구성에서, 폴리카보네이트(PC)는 도 1의 광학 디바이스의 기판으로서 이용될 수 있다. PC는 화학 구조에 탄산염기를 포함하는 열가소성 중합체 그룹을 나타낸다. 예시적인 PC 기판은, 2 mm의 두께 및 72 mm의 직경으로 형성될 수 있고, 이 구성의 디바이스는 정상적인 컬러 비전을 향상시키고 및/또는 적색-녹색 CVD를 보정하기 위한 목적에 이용될 수 있다. 플롯(1100)은, 380 nm와 780 nm 사이의 적어도 3개의 통과대역(1110, 1120, 1130)을 갖는 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 도시한다. 플롯(1100)은 565 nm와 610 nm 사이에서 0.5 %의 최소 투과 제약을 보이는 곡선을 나타낼 수 있다. 400 nm(1150) 및 595 nm(1160) 양쪽 모두에서 피크 흡수

를 갖는 이중-피크 흡수 염료가, 498 nm(1170)에서 피크 흡수를 갖는 하나의 염료, 570 nm(1180) 및 640 nm(1190)를 위한 2개의 다른 염료, 및 665 nm(1195)에서의 마지막 염료와 함께 이용된다. 이들 염료의 농도는, 28 마이크로-몰 내지 150 마이크로-몰의 범위이다.

[0119]

도 11에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 디바이스에 대해, 표 3에 나타낸 CPI들은 CIE LUV 컬러 공간을 이용하여 평가된다. 도 12에 나타낸 제조 프로세스(1200)는, 단계 1210에서 적절한 농도를 달성하기 위해 압출기를 이용하여 PC 수지 내에 필요한 염료를 배합하는 것으로 시작한다. 단계 1220에서, 염료-주입된 수지는, 몰딩-주입을 통해 230 °C 위의 동작 온도에서 제품 지오메트리로 몰딩된다.

[0120]

표 3은 도 11에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스에 대한 비색 성능을 나타낸다.

표 3

도 11에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스에 대한 비색 성능

컬러 비전 유형	광원	컬러 비전					정상인으로부터의 CMF 이동	CMF 피크 감도
		적색-녹색 컬러 분리 향상(%)	광학 디바이스 명도	광학 디바이스 백색 점 색조	광학 디바이스 코즈메틱 백색 점 이동	메타메리즘		
정상인	25% CIE A, 75% CIE D75	37.0	35.7	황색-적색	0.020	없음	정상인	
녹색약자	25% CIE A, 75% CIE D75	34.2	34.9	황색-적색	0.021	M-원뿔, 5 nm 적색 이동	정상인의 95%	
적색약자	25% CIE A, 75% CIE D75	20.1	35.7	황색-적색	0.019	L-원뿔, 8 nm 청색 이동	정상인	
녹색약자	25% CIE F7, 75% CIE D75	13.8	34.8	황색	0.020	M-원뿔, 5 nm 적색 이동; L-원뿔, 8 nm 청색 이동	M-원뿔 정상인의 95%, L-원뿔 정상인	
적색약자	25% CIE F7, 75% CIE D75	18.6	35.6	황색-적색	0.019	L-원뿔, 8 nm 청색 이동	정상인	
정상인	35% CIE F11, 65% CIE D65	35.0	35.8	황색-적색	0.023	없음	정상인	
녹색약자	35% CIE F11, 65% CIE D65	32.9	35.1	황색	0.024	M-원뿔, 5 nm 적색 이동	정상인의 95%	
적색약자	35% CIE F11, 65% CIE D65	19.9	35.7	황색-적색	0.022	L-원뿔, 8 nm 청색 이동	정상인	

[0121]

- [0122] 이 구성의 광학 디바이스는 12 %보다 큰 적색-녹색 컬러 분리 향상을 일관적으로 생성한다. 이 광학 디바이스는, 5 미만의 명도 변화, 황색과 황색-적색 사이에서 유지되는 WP 색조, 및 0.01 미만의 WPS 범위로 제약함으로써 메타메리즘을 양호하게 제어한다.
- [0123] 도 13은 본 발명의 구성에 대한 과장 대 투과 스펙트럼의 플롯(1300)을 도시한다. 도 13에 도시된 구성에서, PC는 도 1의 광학 디바이스의 기판으로서 이용될 수 있다. PC는 두께가 2 mm이고 직경이 68 mm인 광학 디바이스의 기판으로서 형성될 수 있다. 이 구성에서, 정상적인 컬러 비전이 향상되거나 및/또는 적색-녹색 및 청색-황색 CVD가 보정될 수 있다. 플롯(1300)은, 380 nm와 780 nm 사이의 적어도 3개의 통과대역(1310, 1320, 1330)을 갖는 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 도시한다. 플롯(1300)은 550 nm와 625 nm 사이에서 1 %의 최소 투과 제약, 및 40 nm보다 큰 흡수 FWHM과 함께 560 nm(1350)과 610 nm(1360) 사이에 중심을 둔 정지대역을 보이는 곡선을 나타낼 수 있다. 560 nm(1350) 및 660 nm에서 트윈 피크 흡수를 갖는 염료가, 470 nm(1370) 및 500 nm(1375)에서 피크 흡수를 갖는 2개의 염료, 575 nm(1380) 및 595 nm(1385)에서의 2개의 다른 염료, 및 550 nm(1390) 및 610 nm에서의 2개의 추가적인 염료, 및 620 nm에서의 마지막 염료와 함께 이용된다. 550 nm와 620 nm 사이의 흡수는 WP와 컬러 영역을 시원한 컬러로 이동시키고, 적색-녹색 컬러 분리/대비를 증가시키며, 청색-황색 컬러 분리/대비를 증가시킨다. 450 nm와 500 nm 사이의 흡수는 청색으로의 컬러 이동이 제어되는 것을 보장한다. (트윈 피크들이 있는 염료로부터의) 660 nm에서의 흡수는, 청색 이동이 자주색이 되지 않아 "청색 및 적색" 컬러로서 인지되는 것을 보장한다.
- [0124] 도 13에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 디바이스에 대해, 표 4에 나타낸 CPI들은 CIE LUV 컬러 공간을 이용하여 평가된다. 도 14에 도시된 제조 프로세스(1400)은 단계 1410에서 염료를 용매에 용해시키는 것으로 시작한다. 염료를 갖는 용매는, 단계 1420에서 침지, 회전 및/또는 분무를 통해 PC 광학 기판 상으로 전사된다. 염료-주입 코팅의 두께는 20 미크론 내지 50 미크론이며, 범위가 3 미크론 내지 70 미크론으로 크게 달라질 수 있다. 이들 염료의 농도는, 얇은 염료 코팅으로 인해 20 마이크로-몰 내지 20,000 마이크로-몰 범위일 수 있다.
- [0125] 표 4는 도 13에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스에 대한 비색 성능을 나타낸다.

표 4

도 13에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스에 대한 비색 성능

		컬러 비전		메타메리즘				
컬러 비전 유형	광원	적색-녹색 컬러 분리 향상(%)	청색-황색 컬러 분리 향상(%)	광학 디바이스 명도	광학 디바이스 이스	광학 디바이스 코즈메틱 백색 점	정상인으로부터의 이동	CMF 피크 감도
정상인	CIE D65	36.0	9.9	40.0	청색	0.050	없음	정상인
정상인	CIE D55	41.3	11.5	42.0	청색	0.043	없음	정상인
정상인	CIE D75	33.0	8.8	38.1	청색	0.054	없음	정상인
녹색약자	CIE D65	19.5	17.7	35.3	청색	0.062	M-원뿔, 15 nm 적색 이동	정상인의 85%
녹색약자	CIE D55	25.9	19.8	37.8	청색	0.052	M-원뿔, 15 nm 적색 이동	정상인의 85%
녹색약자	CIE D75	14.7	15.5	33.1	청색	0.069	M-원뿔, 15 nm 적색 이동	정상인의 85%
적색약자	CIE D65	16.0	10.7	40.0	청색	0.049	L-원뿔, 10 nm 청색 이동	정상인의 85%
적색약자	CIE D55	16.0	10.2	42.0	청색	0.044	L-원뿔, 10 nm 청색 이동	정상인의 85%
적색약자	CIE D75	17.5	10.5	38.1	청색	0.053	L-원뿔, 10 nm 청색 이동	정상인의 85%
청색약자	CIE D65	35.1	10.1	39.5	청색	0.048	S-원뿔, 5 nm 청색 이동	정상인의 95%
청색약자	CIE D55	39.8	13.5	41.7	청색	0.052	S-원뿔, 5 nm 청색 이동	정상인의 95%
청색약자	CIE D75	31.6	10.8	37.7	청색	0.057	S-원뿔, 5 nm 적색 이동	정상인의 95%

[0126]

도 13에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스는 일관적으로 14 %보다 큰 적색-녹색 컬러 분리 향상 및 일관적으로 8 %보다 큰 청색-황색 분리 향상을 생성한다. 광학 디바이스는, 10 미만의 명도 변화, 청색에서 유지되는 WP 색조, 및 0.043 내지 0.069의 WPS로 제한함으로써 메타메리즘을 제어한다. 광학 디바이스의 일관된 청색 WP(틴트)는, CVD 테스트에 이용되는 CVD 혼동 컬러들, 및 녹색약자, 적색약자, 및 청색약자에 대한 컬러 혼동 라인들의 CPI 평가에서 이용되는 컬러들을 이동시키도록 특별히 구성될 수 있다. 이 틴트는 혼동 컬러들을 구별하는 CVD 환자의 능력을 향상시킨다. 광학 디바이스는, 자연적인 및 인공적인 따뜻한 컬러들 및 차가운 컬러들 중에서 컬러 거리와 대비를 증가시킬 수 있다. 덜 포화된 황색, 오렌지색, 적색 및 백색 컬러들은, 광학 디바이스의 청색 또는 차가운 WP에 의해 청색 및 다른 차가운 컬러로 더욱 용이하게 이동된다. 추가적인 컬러 향상은 또한, 결과적인 더 차가운 컬러와 나머지 따뜻한 컬러를 분리한다. 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 통해 차가운 컬러 착색 및 컬러 향상의 효과들을 결합한 광학 디바이스 구성은 따뜻하고 차가운 컬러의 우

수한 대조를 생성한다. 추가로, 광학 디바이스의 청색 또는 다른 차가운 유색 턴트는 따뜻한 컬러를 더 중립적인 컬러로 컬러 벨런싱하는 것을 돋는다. 이 유형의 광학 디바이스의 특수 용도는, 광원이 따뜻한 컬러 및 증가된 컬러 대비이거나 및/또는 더 중립적인 WP를 갖는 깊이 인지 및/또는 컬러 비전이 바람직한 일출 및/또는 일몰시의 운전을 포함할 수 있다.

[0128] 도 15는 본 발명의 구성에 대한 파장 대 투과 스펙트럼의 플롯(1500)을 도시한다. 도 15에 도시된 구성에서, CR39는 도 1의 광학 디바이스의 기판으로서 이용될 수 있다. CR39는 광학 렌즈 제조에 이용되는 일반적인 플라스틱이다. CR39는 두께가 2.5 mm이고 직경이 72 mm인 광학 디바이스의 기판으로서 형성될 수 있다. 이 구성에서, 정상적인 컬러 비전이 향상될 수 있거나 및/또는 적색-녹색 CVD가 보정될 수 있다. 플롯(1500)은, 380 nm와 780 nm 사이의 적어도 3개의 통과대역(1510, 1520, 1530)을 갖는 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 도시한다. 플롯(1500)은 550 nm와 630 nm 사이에서 1 %의 최소 투과 계약, 및 40 nm보다 큰 흡수 FWHM과 함께 560 nm(1540)과 615 nm(1550) 사이에 중심을 둔 정지대역을 보이는 곡선을 나타낼 수 있다. 558 nm(1555)에서 피크 흡수를 갖는 염료가, 470 nm(1560) 및 500 nm(1565)에서 피크 흡수를 갖는 2개의 염료, 575 nm 및 595 nm에서의 2개의 다른 염료, 및 550 nm 및 610 nm에서의 2개의 추가적인 염료, 및 620 nm에서의 마지막 염료와 함께 이용된다.

[0129] 도 15에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 디바이스에 대해, 표 5에 나타낸 CPI들은 CIE LUV 컬러 공간을 이용하여 평가된다. 도 16에 도시된 제조 프로세스(1600)는 단계 1610에서 염료를 용매에 용해시키는 것으로 시작한다. 단계 1620에서, 용해된 염료는, 침지, 회전 및/또는 분무를 통해 CR39 광학 기판 상으로 전사된다. 염료-주입 코팅의 두께는 20 미크론 내지 50 미크론이며, 범위가 3 미크론 내지 70 미크론으로 크게 달라질 수 있다. 이를 염료의 농도는, 흰색 염료 코팅으로 인해 20 마이크로-몰 내지 20,000 마이크로-몰 범위일 수 있다.

[0130] 표 5는 도 15에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스에 대한 비색 성능을 나타낸다.

표 5

도 15에 도시된 투과 속성들을 갖는 도 1의 광학 디바이스에 대한 비색 성능

컬러 비전 유형	광원	컬러 비전 컬러 분리 향상(%)	메타메리즘				CMF 피크 감도
			광학 디바이 스 명도	광학 디바이 스 백색 점 색조	광학 디바이 스 코즈메틱 백색 점	정상인으로부터 의 CMF 이동 이동	
정상인	CIE D65	74.5	40.3	자홍색	0.030	없음	정상인
정상인	CIE D55	78.4	42.7	분홍색	0.034	없음	정상인
정상인	CIE D75	71.5	38.2	자홍색	0.029	없음	정상인
녹색약자	CIE D65	35.2	38.1	자홍색	0.018	M-원뿔, 15 nm 적색 이동	정상인의 85%
녹색약자	CIE D55	35.7	41.1	분홍색	0.018	M-원뿔, 15 nm 적색 이동	정상인의 85%
녹색약자	CIE D75	33.9	35.6	자홍색	0.020	M-원뿔, 15 nm 적색 이동	정상인의 85%
적색약자	CIE D65	33.0	40.3	자홍색	0.015	L-원뿔, 10 nm 청색 이동	정상인의 85%
적색약자	CIE D55	35.2	42.7	자홍색	0.010	L-원뿔, 10 nm 청색 이동	정상인의 85%
적색약자	CIE D75	32.0	38.2	자홍색	0.020	L-원뿔, 10 nm 청색 이동	정상인의 85%

[0131]

[0132]

도 15에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스는 일관적으로 30 %보다 큰 적색-녹색 컬러 분리 향상을 생성한다. 광학 디바이스는, 10 미만의 명도 변화, 자홍색과 분홍색 사이에서 유지되는 WP 색조, 및 0.01 내지 0.034의 WPS로 제한함으로써 메타메리즘을 제어한다. 광학 디바이스의 일관된 자홍색 또는 분홍색 WP(틴트)는, CVD 테스트에 이용되는 CVD 혼동 컬러들, 및 녹색약자 및 적색약자에 대한 컬러 혼동 라인들의 CPI 평가에서 이용되는 컬러들을 이동시키도록 구성될 수 있다. 이 틴트는 CVD 환자의 혼동 컬러들을 구분하는 능력을 향상시킨다. 이 광학 디바이스는, 자연 및 인공 녹색, 황색-녹색, 황색 및 백색 컬러들 사이의 컬러 거리 및 대비를 증가시킬 수 있다. 덜 포화된 녹색, 황색-녹색, 황색 및 백색 컬러들은, 광학 디바이스의 자홍색 및/또는 분홍색 WP에 의해 더 따뜻한 컬러로 더욱 용이하게 이동된다. 추가적인 컬러 향상은 또한, 결과적인 더 따뜻한 컬러와 녹색 컬러를 분리한다. 디바이스의 투과 스펙트럼을 통해 따뜻한 컬러 착색과 적색-녹색 컬러 향상의 효과들을 결합한 광학 디바이스 구성은, 녹색, 황색-녹색, 황색, 및 백색 컬러의 우수한 대비를 생성할 수 있다. 이러한 유형의 광학 디바이스의 특수 용도는, 다양한 녹색 및 다른 컬러들 사이의 증가된 컬러 대비가 유리할 수 있는 골프, 야구, 테니스를 포함할 수 있다.

[0133]

도 17은 본 발명의 구성에 대한 파장 대 투과 스펙트럼의 플롯(1700)을 도시한다. 도 17에 도시된 구성에서, Trivex는 도 1의 광학 디바이스의 기판일 수 있다. Trivex는 우수한 내 충격성을 제공할 수 있고, 두께가 2 mm이고 직경이 75 mm인 광학 디바이스의 기판으로서 형성될 수 있다. 이 구성에서, 정상적인 컬러 비전이 향상되거나 및/또는 적색-녹색 CVD가 보정될 수 있다. 플롯(1700)은, 380 nm와 780 nm 사이의 적어도 3개의 통과대역(1710, 1720, 1730)을 갖는 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 도시한다. 475 nm(1740)에서 피크 흡수를 갖는 흡수 염료가 이용될 수 있고, 590 nm(1750) 피크 흡수에서의 또 다른 염료, 및 658 nm(1760)에서 마지막 염료가 광학 기판 내로 완전히 혼합된다. 이들 염료의 농도는, 5 마이크로-몰 내지 95 마이크로-몰의 범위이다.

[0134]

도 17에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 디바이스에 대해, 표 6에 나타낸 CPI들은 CIE LUV 컬러 공간을 이용하여 평가된다. 도 18에 도시된 제조 프로세스(1800)는, 단계 1810에서, 예를 들어 단량체 등의, Trivex의 적어도 하나의 비중합된 부분 내에 염료를 기계적으로 혼입하는 것으로 시작한다. 단계 1820에서, Trivex의 2개 이상의 부분은 단계 1830으로서의 절단 및/또는 연마를 통해 원하는 형상으로의 중합을 위해 함께 혼합된다.

[0135]

표 6은 도 17에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스에 대한 비색 성능을 나타낸다.

표 6

도 17에 도시된 투과 속성들을 갖는 도 1의 광학 디바이스에 대한 비색 성능

컬러 비전 유형	광원	컬러 비전	메타메리즘				
적색-녹색 컬러 분리 향상(%)	광학 디바이스	광학 디바이스	광학 디바이스	코즈메틱	백색 점	정상인으로부터의 이동	CMF 피크 감도
정상인	CIE D65	68.8	39.9	증립	0.004	없음	정상인
정상인	CIE D75	66.4	37.8	증립	0.001	없음	정상인
녹색약자	CIE D65	65.9	37.5	증립	0.005	M-원뿔, 5 nm 적색 이동	정상인의 90%
녹색약자	CIE D75	63.7	35.4	증립	0.004	M-원뿔, 5 nm 적색 이동	정상인의 90%
적색약자	CIE D65	53.7	39.9	증립	0.004	L-원뿔, 5 nm 청색 이동	정상인의 90%
적색약자	CIE D75	51.7	37.8	증립	0.003	L-원뿔, 5 nm 청색 이동	정상인의 90%

[0136]

- [0137] 도 17에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스는 일관적으로 50 %보다 큰 적색-녹색 컬러 분리 향상을 제공한다. 광학 디바이스는, 5 미만의 명도 변화, 중립으로 유지된 WP 색조, 0.005(거의 인지할 수 없는 채도)의 최대 WPS를 달성함으로써 메타메리즘을 제어한다. 광학 디바이스는, 메타메리즘, 즉, 상이한 있음직한 비전 및 조명의 사례들로 인한 WP 색조, WPS 및 명도에서의 변동을 제거하거나 최소화하면서 매우 중요한 적색-녹색 컬러 분리 성능을 갖는 구조를 제공한다. 광학 디바이스는, 정상 및 CVD 컬러 비전을 가진 사람들을 위한 거의 없거나 제로의 메타메리즘을 갖는 광학 디바이스의 중성 틴트를 달성하도록 구성될 수 있다.
- [0138] 도 19는 본 발명의 구성에 대한 파장 대 투과 스펙트럼의 플롯(1900)을 도시한다. 도 19에 도시된 구성에서, 광학 유리 또는 플라스틱은 도 1의 광학 디바이스의 기판으로서 이용될 수 있다. 광학 유리 또는 플라스틱은 두께가 2 mm이고 직경이 68 mm인 광학 디바이스의 기판으로서 형성될 수 있다. 이 구성에서, 정상적인 컬러 비전이 향상되거나 및/또는 적색-녹색 및/또는 청색-황색 CVD가 보정될 수 있다. 플롯(1900)은, 380 nm와 780 nm 사이의 적어도 3개의 통과대역(1910, 1920, 1930)을 갖는, 박막 코팅에 의해 생성된, 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 도시한다. 플롯(1900)은, 전체 가시 스펙트럼 범위에서 적어도 1 %의 최소 투과, 적어도 25 nm의 FWHM 반사율을 갖는 560 nm와 620 nm 사이에 중심을 둔 정지대역(1940), 및 적어도 35 nm의 FWHM 반사율을 갖는 450 nm와 555 nm 사이에 중심을 둔 또 다른 정지대역(1950)을 보이는 곡선을 도시한다.
- [0139] 막 코팅이 기판에 형성될 수 있다. 막 코팅은 교대 적층 순서의 고 굴절률 재료 및 저 굴절률 재료로 구성되어, 총 21층 등의, 총 층수를 생성할 수 있다. 고 굴절률 재료는 ZnS 및/또는 TiO₂일 수 있다. 저 굴절률 재료는 SiO₂ 및/또는 빙정석(cryolite)일 수 있다. 막 코팅 재료로 된 임의의 층의 물리적인 두께는 100 nm 내지 1500 nm이다, 예를 들어, 저 굴절률 재료에 대해서는 280 nm, 고 굴절률 재료에 대해서는 440 nm이다. 막 코팅은 물리적 증기 퇴적(PVD)을 이용하여 광학 기판 상에 퇴적될 수 있다. 빙정석을 이용할 때, 2개 이상의 밀폐재 층이 습기를 없애기 위해 이용될 수 있다.
- [0140] 도 19에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 디바이스에 대해, 표 7에 나타낸 CPI들은 CIE LUV 컬러 공간을 이용하여 평가된다.
- [0141] 표 7은 도 19에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스에 대한 비색 성능을 나타낸다.

표 7

도 19에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스에 대한 비색 성능

		컬러 비전	메타메리즘				
컬러 비전 유형	광원	청색-황색 컬러 분리 향상(%)	광학 디바이스 명도	광학 디바이스 백색 점 색조	광학 디바이스 코즈메틱 백색 점 이동	정상인으로부터의 CMF 이동	CMF 피크 감도
정상인	CIE D65	11.1	69.9	청색	0.011	없음	정상인
정상인	CIE D55	5.8	73.4	청색	0.007	없음	정상인
녹색약자	CIE D65	8.9	67.0	청색	0.011	M-원뿔, 5 nm 적색 이동	정상인의 90%
녹색약자	CIE D55	5.1	70.6	청록색	0.008	M-원뿔, 5 nm 적색 이동	정상인의 90%
적색약자	CIE D65	12.9	69.9	청색	0.012	L-원뿔, 5 nm 청색 이동	정상인의 90%
적색약자	CIE D55	7.7	73.1	청색	0.007	L-원뿔, 5 nm 청색 이동	정상인의 90%
청색약자	CIE D65	13.9	69.6	청색	0.009	S-원뿔, 5 nm 청색 이동	정상인의 90%
청색약자	CIE D55	10.2	73.0	청색	0.010	S-원뿔, 5 nm 적색 이동	정상인의 90%

[0142]

[0143] 도 19에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스는 일관적으로 5 %보다 큰 청색-황색 컬러 분리 향상을 제공한다. 광학 디바이스는, 7 미만의 명도 변화, 청색 또는 청록색에서 유지되는 WP 색조, 및 0.007 내지 0.012의 WPS로 제한함으로써 메타메리즘을 제어한다. 광학 디바이스의 일관된 청색/청록색 WP(틴트)는, CVD 테스트에 이용되는 CVD 혼동 컬러들, 및 청색약자에 대한 컬러 혼동 라인들의 CPI 평가에서 이용되는 컬러들을 이동시키도록 구성될 수 있다. 이 틴트는 또한, 혼동 컬러들을 구분할 수 있는 청색약자의 능력을 향상시킨다.

[0144]

도 20은 본 발명의 구성에 대한 과장 대 투과 스펙트럼의 플롯(2000)을 도시한다. 도 20에 도시된 구성에서, 광학 유리 또는 플라스틱은 도 1의 광학 디바이스의 기판으로서 이용될 수 있다. 광학 유리 또는 플라스틱은 두께가 3 mm이고 직경이 75 mm인 광학 디바이스의 기판으로서 형성될 수 있다. 이 구성에서, 정상적인 컬러 비전이 향상되거나 및/또는 적색-녹색 CVD가 보정될 수 있다. 플롯(2000)은, 380 nm와 780 nm 사이의 적어도 3개의 통과대역(2010, 2020, 2030)을 갖는, 박막 코팅에 의해 생성된, 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 도시한다. 플롯(2000)은, 전체 가시 스펙트럼 범위에서 적어도 0.5 %의 최소 투과, 적어도 10 nm의 FWHM 반사율을 갖는 560 nm와 590 nm 사이에 중심을 둔 정지대역(2040), 및 적어도 8 nm의 FWHM 반사율을 갖는 465 nm와 500 nm 사이에 중심을 둔 또 다른 정지대역(2050)을 보이는 곡선을 도시한다.

[0145]

막 코팅이 기판에 형성될 수 있다. 막 코팅은 교대 적층 순서의 고 굴절률 재료 및 저 굴절률 재료를

포함하여, 예를 들어, 총 11층 등의, 총 층수를 생성할 수 있다. 고 굴절률 재료는 ZnS일 수 있다. 저 굴절률 재료는 빙정석일 수 있다. 막 코팅 재료로 된 임의의 층의 물리적인 두께는 150 nm 내지 1000 nm이다, 예를 들어, 저 굴절률 재료에 대해서는 290 nm, 고 굴절률 재료에 대해서는 445 nm이다. 막 코팅은 물리적 증기 퇴적(PVD)을 이용하여 기판 상에 퇴적될 수 있다. 빙정석을 이용할 때, 2개 이상의 밀폐재 층이 습기를 없애기 위해 이용된다.

[0146] 도 20에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 디바이스에 대해, 표 8에 나타낸 CPI들은 CIE LUV 컬러 공간을 이용하여 평가된다.

[0147] 표 8은 도 20에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스에 대한 비색 성능을 나타낸다.

표 8

도 20에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스에 대한 비색 성능

		컬러 비전	메타메리즘				
컬러 비전 유형	광원	적색-녹색 컬러 분리 향상(%)	광학 디바이스 명도	광학 디바이스 백색 점 색조	광학 디바이스 코즈메틱 백색 점 이동	정상인으로부 터의 이동	CMF 피크 감도
정상인	CIE D65	39.9	74.3	중립	0.003	없음	정상인
정상인	CIE D55	41.7	77.1	중립	0.003	없음	정상인
정상인	CIE F7	39.1	71.7	청록색	0.006	없음	정상인
녹색약자	CIE D65	39.0	70.6	중립	0.004	M-원뿔, 5 nm 적색 이동	정상인의 90%
녹색약자	CIE D55	40.9	74.3	중립	0.004	M-원뿔, 5 nm 적색 이동	정상인의 90%
녹색약자	CIE F7	38.5	68.1	청색	0.007	M-원뿔, 5 nm 적색 이동	정상인의 90%
적색약자	CIE D65	32.1	74.3	중립	0.005	L-원뿔, 5 nm 청색 이동	정상인의 90%
적색약자	CIE D55	34.3	77.2	중립	0.005	L-원뿔, 5 nm 청색 이동	정상인의 90%
적색약자	CIE F7	31.4	72.0	청록색	0.007	L-원뿔, 5 nm 청색 이동	정상인의 90%

[0148]

[0149] 도 20에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스는 일관적으로 30 %보다 큰 적색-녹색 컬러 분리 향상을 제공한다. 광학 디바이스는, 10 미만의 명도 변화, CIE 주광 광원 하에서 중립으로 및 CIE F7 광원 하에서 파스텔 블루/청록색 컬러에 유지되는 WP 색조, 및 0.003 내지 0.007의 WPS로 제한함으로써 메타메리즘을 제어한다. 광학 디바이스의 일관된 중립 또는 밝은 청색/청록색 WP(틴트)는, 광학 디바이스의 가장 중립적인

코즈메틱 외관 또는 유쾌한 차가운 컬러의 미적 외관을 유지하도록 구성될 수 있다. 이 구성은, 실내 및 실외 이용 양쪽 모두를 위한 68 이상의 명도를 갖는 광학 디바이스를 생성한다. 65 미만의 명도를 갖는 광학 디바이스를 생성하는 다른 구성은, 일반적으로 실외 또는 밝은 조명 실내 등의, 밝은 환경에서 이용된다.

[0150] 도 21은 본 발명의 구성에 대한 과장 대 투과 스펙트럼의 플롯(2100)을 도시한다. 도 21에 도시된 구성에서, PMMA는 도 1의 광학 디바이스의 기판으로서 이용될 수 있다. PMMA는 두께가 2 mm이고 직경이 70 mm인 광학 디바이스의 기판으로서 형성될 수 있다. 이 구성에서, 정상적인 컬러 비전이 향상될 수 있거나 및/또는 적색-녹색 CVD가 보정될 수 있다. 플롯(2100)은, 380 nm와 780 nm 사이의 적어도 3개의 통과대역(2110, 2120, 2130)을 갖는 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 도시한다. 478 nm(2140)에서 피크 흡수를 갖는 흡수 염료 및 588 nm 피크 흡수(2150)의 염료가 이용될 수 있다. 이들 염료의 농도는, 0.5 마이크로-몰 내지 35 마이크로-몰의 범위이다.

[0151] 도 21에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 디바이스에 대해, 표 9에 나타낸 CPI들은 CIE LUV 컬러 공간을 이용하여 평가된다.

[0152] 기판을 제조하는 방법(2200)이 도 22에 도시되어 있다. 단계 2210에서, 염료는 수지 내에 배합된다. 단계 2220에서, 합성된 염료를 갖는 수지는, 염료가 광학 기판 내에 완전히 주입되도록 원하는 지오메트리로 성형된다. 단계 2230에서, 내마모성, 반사방지, 및 UV 코팅을 포함하는 임의의 후처리가 수행될 수 있다.

[0153] 표 9는 도 21에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스에 대한 비색 성능을 나타낸다.

표 9

도 21에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스에 대한 비색 성능

		컬러 비전	메타메리즘				
컬러 비전 유형	광원	적색-녹색 컬러 분리 향상(%)	광학 디바이스 명도	광학 디바이스 백색 점 색조	광학 디바이스 코즈메틱 백색 점 이동	정상인으로부터의 CMF 이동	CMF 피크 감도
정상인	CIE D65	11.2	81.0	중립	0.005	없음	정상인
정상인	CIE F2	14.2	79.8	청색	0.010	없음	정상인
정상인	CIE F11	10.5	78.3	중립	0.005	없음	정상인
녹색약자	CIE D65	10.7	76.2	청색	0.006	M-원뿔, 5 nm 적색 이동	정상인의 90%
녹색약자	CIE F2	14.7	79.6	청색	0.012	M-원뿔, 5 nm 적색 이동	정상인의 90%
녹색약자	CIE F11	10.1	78.2	청색	0.006	M-원뿔, 5 nm 적색 이동	정상인의 90%
적색약자	CIE D65	7.1	81.9	청색	0.006	L-원뿔, 5 nm 청색 이동	정상인의 90%
적색약자	CIE F2	9.8	79.9	청색	0.011	L-원뿔, 5 nm 청색 이동	정상인의 90%
적색약자	CIE F11	7.9	78.5	중립	0.005	L-원뿔, 5 nm 청색 이동	정상인의 90%

[0154]

[0155] 도 21에 도시된 투과 속성을 갖는 도 1의 광학 디바이스는 일관적으로 7 %보다 큰 적색-녹색 컬러 분리 향상을 제공한다. 광학 디바이스는, 76의 최소 명도를 갖는 6미만의 명도 변화, 중립 또는 파스텔 블루로 유지되는 WP 색조, 및 0.007의 백색 점 이동(WPS) 범위로 제약함으로써 메타메리즘을 제어한다. 광학 디바이스는, 주광 및 형광등의 상이한 컬러 비전들 및 광원 사례들로 인해 메타메리즘을 제어 및/또는 최소화하면서 매우 높은 명도 및 양호한 적색-녹색 컬러 분리 성능으로 구성될 수 있다.

[0156]

황색화 및/또는 황색화된 인간 수정 렌즈와 황색 대체 IOL은 인간의 컬러 비전의 WP를 황색 색조로 이동시킨다. 쉽게 말해서, 이것은 황색 컬러 비전(yellow color vision)(YCV)이라고 한다. YCV는 다른 원색 및 파생 컬러들의 인지를 정상적인 인지로부터 멀리 이동시킨다. 보정 광학 디바이스가 있거나 없는 YCV로 본 임의의 컬러 i에 대한 스펙트럼 어드미턴스는 수학식 22로 정의된다.

수학식 22

$$M_{t,YCV}(\lambda) = \begin{cases} \text{광원 } (\lambda) * \text{컬러}_t(\lambda) * YCV(\lambda), \text{보정 광학 디바이스를 이용함} \\ \text{광원 } (\lambda) * \text{컬러}_t(\lambda) * YCV(\lambda) * T(\lambda), \text{보정 광학 디바이스를 이용하지 않음} \end{cases}$$

[0157] [0158] $M_{YCV}(\lambda)$ 가 YCV가 수반된 공식에서 스펙트럼 어드미턴스로서 이용된다.

[0159] YCV Spectral Admittance에서 이용하기 위한 컬러는, 적색에 대한 대표 Munsell 컬러(2.5YR 5/4, 7.5R 5/4, 2.5R 5/4, 5RP 5/4, 10P 5/4, 10YR 5/4, 10R 5/4, 10RP 5/4), 녹색에 대한 대표 Munsell 컬러(5BG 5/4, 10G 5/4, 5G 5/4, 10GY 5/4, 5GY 5/4, 10BG 5/4), 청색에 대한 대표 Munsell 컬러(5B 5/4, 10BG 5/4, 5BG 5/4, 5P 5/4, 10B 5/4, 10P 5/4, 10PB 5/4), 및 황색에 대한 대표 Munsell 컬러(10GY 5/4, 5GY 5/4, 5Y 5/4, 10YR 5/4, 2.5YR 5/4, 10Y 5/4, 10YR 5/4)를 포함할 수 있다. YCV 스펙트럼 어드미턴스에 이용되는 컬러는 대표 Ishihara CVD 테스트 컬러들을 포함할 수 있다. YCV 스펙트럼 어드미턴스에서 이용하기 위한 컬러는, 자연, 예를 들어, 잎, 꽃, 나무에서의 대표 컬러를 포함할 수 있다.

[0160] 380 nm와 780 nm 사이의 황색화된 수정 렌즈의 투과 스펙트럼은 $YCV_{\text{크리스탈}}(\lambda)$ 일 수 있고, 기능하는 눈의 현장에서 측정되거나 데이터로부터 통계적으로 표로 만들어 질 수 있다. 380 nm와 780 nm 사이의 황색 IOL의 투과 스펙트럼은 $YCV_{\text{IOL}}(\lambda)$ 일 수 있고 분광 광도계를 통해 직접 측정하거나 데이터로부터 통계적으로 표로 만들어질 수 있다.

[0161] 적어도 0.5 %의 광학 디바이스의 최소 투과 값은, 안전 또는 다른 이유로 가시 파장에서 최소의 투과 스펙트럼을 보장하도록 구성될 수 있다. 적어도 0.5 %의 광학 디바이스의 최소 투과 값은, 안전 또는 기타의 이유로 인해 500 nm 내지 650 nm 내의 파장을 중 임의의 부분으로부터 최소 투과율을 보장하도록 구성될 수 있다. 적어도 0.5 %의 광학 디바이스의 최소 투과 값은, 안전 또는 기타의 이유로 인해 400 nm 내지 500 nm 내의 파장을 중 임의의 부분으로부터 최소 투과율을 보장하도록 구성될 수 있다.

[0162] 광학 디바이스의 키 CPI는, 광학 디바이스를 적용한 후 관찰자의 컬러 비전(vision)의 백색 점 이동(WPS)을 감소시킴으로써 관찰자의 YCV를 보정하거나 보정을 시도할 수 있다. 광학 디바이스에 대한 또 다른 키 CPI는, 광학 디바이스를 적용한 후에 YCV를 가진 관찰자가 보았을 때의 대표 컬러들과 정상 컬러 비전을 가진 또 다른 관찰자가 본 이들 컬러들 사이의 부정합을 감소시킴으로써 관찰자의 YCV를 보정하거나 보정을 시도할 수 있다. 부정합 측정은, 두 관찰자의 컬러 인지들 사이의, 대표 컬러들에 관한, 컬러 거리의 합계로 구성된다.

[0163] 다양한 광원 또는 혼합된 광원 하에서, 관찰자의 보정된 컬러 비전(이전에 YCV를 가짐)에서의 메타메리즘은 광학 디바이스의 구성된 투과 스펙트럼을 이용하여 제어 및/또는 최소화하는 키 CPI가 될 수 있다. 다양한 광원 또는 혼합된 광원 하에서, 광학 디바이스의 코즈메틱 외관의 메타메리즘은 자체 구성된 투과 스펙트럼을 이용하여 제어 및/또는 최소화하는 CPI일 수 있다. 다양한 광원 또는 혼합된 광원 하에서, 관찰자의 보정된 컬러 비전의 명도는 광학 디바이스의 타겟 투과 스펙트럼 및 구성된 투과 스펙트럼을 이용하여 제어 및/또는 최대화하는 키 CPI일 수 있다. 다양한 광원 또는 혼합된 광원 하에서, 광학 디바이스의 명도는 자신의 타겟 투과 스펙트럼 및 구성된 투과 스펙트럼을 이용하여 제어 및/또는 최대화하는 CPI일 수 있다.

[0164] 도 23은 최소 투과 제약을 충족하고 YCV(Yellow Color Vision) 보정 응용을 위한 할당된 반복의 검색 또는 미리 결정된 시간 내에서 CPI 타겟을 달성하거나 최상의 CPI를 달성하는 광학 디바이스의 투과 스펙트럼을 발견하기 위한 방법(2300)을 도시한다. 방법(2300)은 전술된 방법(300)과 유사하다.

[0165] 방법(2300)은, 단계 2310에서 하나 이상의 광원 및/또는 혼합된 광원을 생성 및/또는 선택하는 단계를 포함한다. 단계 2320에서, 방법(2300)은 YCV 스펙트럼, 예를 들어, 황색화된 수정 렌즈 및 황색 IOL의 투과 스펙트럼을 생성 및/또는 선택하는 단계를 포함한다. 단계 2330에서, 방법(2300)은 YCV 보정 결정을 위한 평가 컬러 스펙트럼을 생성 및/또는 선택하는 단계를 포함한다. 방법(2300)은 단계 2340에서 컬러 공간을 선택하거나 생성하는 단계를 포함한다. 단계 2350에서, 방법(2300)은 최소 투과 요건을 충족시키는 광학 디바이스에 대한 투과 스펙트럼을 생성하는 단계를 포함한다. 방법(2300)은, 단계 2360에서, 보정된 컬러 비전의 백색 점 이동(WPS), 보정된 컬러 비전에 의해 인지되는 평가 컬러들과 정상적인 컬러 비전을 가진 또 다른 사람에 의해 인지되는 동일한 컬러들 사이의 컬러 거리, 보정된 컬러 비전의 메타메리즘, 광학 디바이스의 메타메리즘, 보정된

컬러 비전의 명도, 및 광학 디바이스의 명도의 CPI들을 평가하는 단계를 포함한다.

- [0166] 방법(2300)은, CPI 타겟에 도달하거나 새로운 투과 스펙트럼에 관한 도달한 최대 반복 횟수에 도달하거나 소정의 반복 후에 CPI에서 변화가 없거나 기타의 정지 기준에 도달한다면 종료된다. 일단 완료되고 나면, 380 nm 내지 780 nm의 광학 디바이스의 최상의 출력 투과 스펙트럼이 저장될 수 있다.
- [0167] YCV 보정과 함께 컬러 향상, 적색-녹색 CVD 및 청색-황색 CVD 보정은 단일 광학 디바이스 또는 시스템에 대한 CPI일 수 있다. 이러한 투과율을 갖는 광학 디바이스의 설계는 2 단계로 구성된다. 제1 단계는 YCV가 완전히 또는 부분적으로 보정되도록 투과 스펙트럼을 가진 광학 디바이스를 설계하는 것이다. 이 단계는 도 23의 방법(2300)을 이용하여 수행될 수 있다. 제2 단계는 제1 단계로부터의 투과된 스펙트럼이 유효 광원 입력으로서 이용되고, 컬러 향상 및/또는 CVD 보정이 CPI로서 타겟화되도록, 예를 들어, 적색-녹색 컬러 분리를 최대화하도록, 상이한 투과 스펙트럼을 갖는 또 다른 광학 디바이스를 설계하는 것이다. 이 제2 단계는 도 3의 방법(300)을 이용하여 수행될 수 있다. 2개의 단계들로부터의 2개의 투과 스펙트럼의 곱셈 결과는, YCV를 완전히 또는 부분적으로 보정하고 컬러를 향상시키거나 및/또는 CVD를 완전히 또는 부분적으로 보정하는 단일 광학 디바이스 또는 시스템의 효과적인 타겟 투과 스펙트럼이다. 이들 단계들은 순서가 바뀔 수 있다. 즉, 컬러 향상 및/또는 CVD 보정의 역 순서가 먼저 적용된 다음, YCV 보정이 동등하게 수락가능하다.
- [0168] 도 2의 방법(200)은, 2가지 방법, 즉, 착색제를 이용한 스펙트럼 흡수 방법 및 박막을 이용한 스펙트럼 반사 방법의 조합으로부터 발생하는 타겟 투과 스펙트럼을 갖는 광학 디바이스를 구성하는데 이용될 수 있다. 예를 들어, 광학 기판 상에 혼합된 및/또는 코팅된 착색제, 및/또는 광학 기판 상에 코팅된 박막은, YCV를 보정하거나 및/또는 컬러를 향상시키거나 및/또는 CVD를 완전히 또는 부분적으로 보정하는 타겟 투과 스펙트럼을 갖는 광학 디바이스를 구성하는데 이용될 수 있다.
- [0169] 자연 황색화된 수정 렌즈 또는 유사하게 황색화된 안구내 렌즈(IOL)의 투과 스펙트럼은, YCV를 보정하는데 이용되는 광학 디바이스의 투과 스펙트럼과 함께 도면에서 2400에 도시되어 있다. 2410에 의해 표현된 곡선은 자연 황색화된 수정 렌즈 또는 유사하게 황색화된 IOL의 투과 스펙트럼이다. 실선으로 도시된 2420으로 나타낸 곡선은 YCV를 보정하는 광학 디바이스의 투과 스펙트럼이다.
- [0170] 도 25는 플롯 2500에 존재하는 컬러 비전 영역을 나타낸다. 컬러 비전 영역은, 컬러 공간 내에서 또는 광학 디바이스에 의해 정확하게 표현될 수 있는 컬러들의 서브세트 등의, 컬러들의 완전한 서브세트이다. 플롯 2500은, CIE D65 광원과 함께 CIE LUV 컬러 공간에서의 적색, 녹색, 청색, 황색 및 파생된 컬러들의 선택된 Munsell 컬러들로 둘러싸인 컬러 비전 영역을 도시한다. 황색화된 수정 렌즈 또는 YCV 2515의 대응하는 황색 WP를 포함하는 IOL로 인한 YCV 2510이 도시되어 있다. 컬러 비전(2525)의 대응하는 중립 WP를 갖는 정상적인 컬러 비전(2520)이 도시되어 있다. 보정된 컬러 비전의 대응하는 중립 WP(2535)를 갖는, 도 24의 대응하는 투과 스펙트럼(2420)을 갖는 광학 디바이스의 장착으로 인한 보정된 컬러 비전(2530)이 도시되어 있다. 광학 디바이스(2540)의 코즈메틱 청색 WP도 역시 도시되어 있다.
- [0171] 또한 도 24를 참조하면, 광학 디바이스의 투과 스펙트럼(2420)은 380 nm와 780 nm 사이의 적어도 3개의 통과대역(2430, 2440, 2450)을 갖는다. 플롯(2420)은 560 nm와 610 nm 사이에서 1 %의 최소 투과 제약을 나타내고, 380 nm와 510 nm 사이 또는 650 nm와 780 nm 사이에서 피크 투과 값을 갖는다. 500 nm(2460) 및 520 nm(2470) 양쪽 모두에서 피크 흡수를 갖는 이중-피크 흡수 염료가, 590 nm(2480)에서 피크 흡수를 갖는 하나의 염료, 및 663 nm(2490)에서의 마지막 염료와 함께 이용된다. 광학 디바이스의 청색 또는 차가운 컬러의 WP(틴트)는 투과 스펙트럼의 그 통과대역 및 정지대역 세트와 함께, YCV의 WP를 모두 보정하고 및/또는 광학 디바이스를 적용한 후에 YCV를 가진 관찰자가 보았을 때의 도 25에 도시된 컬러들 및/또는 컬러 영역들과 정상적인 컬러 비전을 갖는 또 다른 관찰자가 본 컬러들 사이의 부정합을 제거하거나 감소시킨다. 보정 광학 디바이스의 구성은, 안경, 선글라스 및 콘택트 렌즈를 포함한 임의의 안과 형태일 수 있다.
- [0172] 광학 유리 또는 플라스틱은 두께 2mm 및 직경 68mm의 스펙터를 또는 선글라스를 구성하기 위한 기판을 형성할 수 있다. 이를 염료의 농도는 염료-주입 광학 기판에 대해 1 마이크로-몰 내지 90 마이크로-몰의 범위이다.
- [0173] 도 24에 도시된 스펙트럼 2420의 투과 속성을 가진 이 디바이스의 경우, 표 10에 나와있는 CPI가 CIE LUV 컬러 공간을 이용하여 평가된다. 염료는 광학 기판 내에 주입되거나, 침지, 회전, 분무, 또는 증기 퇴적 등의 널리 공지된 컴파운딩/몰딩 또는 코팅 프로세스를 이용하여 기판의 표면 상에 코팅될 수 있다. 광학 디바이스의 투과 스펙트럼은, 스펙트럼(2420)과 실질적으로 정합하고 광학 기판 상에 코팅/퇴적되는 박막 코팅을 이용하여 구성될 수 있다. YCV 및 다양한 광원을 이용하면, 정상 관찰자에 대해 YCV의 보정이 달성될 수 있다. 광학 디바이스

이스는, 6 미만의 명도 변화, 중립에 유지되는 WP 색조, 및 0.002(인지할 수 없는 채도) 미만의 WPS 범위로 제약함으로써 보정된 컬러 비전의 메타메리즘을 제어한다. 광학 디바이스는 어두워진 명도를 갖는 청색 WPS/틴트 선글라스 또는 광학 디바이스다. 이 디바이스는, 5 미만의 명도 변화, 청색에 유지되는 WP 색조, 0.015 미만(평균 WPS의 13.6 %에 대응)의 WPS 범위로 제약함으로써 메타메리즘을 제어한다.

[0174] 표 10은 도 24에 도시된 투과 속성을 갖는 광학 디바이스에 대한 비색 성능을 나타낸다.

표 10

도 24에 도시된 투과 속성을 갖는 광학 디바이스에 대한 비색 성능

컬러 비전 및 메타메리즘							
컬러 비전 유형	광원	보정된 컬러 비전 명도	보정된 컬러 비전 점 색조	보정된 컬러 백색 점 이동	광학 디바이스	광학 디바이스 코즈메틱 색조	광학 디바이스 백색 점 이동
황색 컬러 비전	CIE D65	50	중립	0.002	53.7	청색	0.111
황색 컬러 비전	CIE D55	52.6	중립	0.002	56.2	청색	0.102
황색 컬러 비전	CIE F11	47.5	중립	0.002	51.3	청색	0.117

[0175] [0176] 도 26은 본 발명의 구성에 대한 과장 대 투과의 플롯(2600)을 도시한다. 이 구성에서, YCV(2620)를 적어도 부분적으로 보정할 수 있는 광학 디바이스의 투과 스펙트럼과 함께 자연 황색화된 수정 렌즈 또는 유사하게 황색화된 IOL(2610)의 투과 스펙트럼. 플롯(2600)은 380 nm와 780 nm 사이에 적어도 2개의 통과대역을 갖는 구성된 광학 디바이스(2620)의 투과 스펙트럼을 도시한다. 곡선(2620)은 560 nm와 610 nm 사이에서 1 %의 최소 투과 제약을 나타내고, 380 nm와 510 nm 사이(2630) 또는 620 nm와 780 nm 사이(2640)에서 피크 투과 값을 갖는다. 639 nm(2650) 및 664 nm(2660) 양쪽 모두에서 피크 흡수를 갖는 이중-피크 흡수 염료가, 582 nm(2670)에서 피크 흡수를 갖는 하나의 염료와 함께 이용된다. 광학 디바이스의 청색 또는 차가운 컬러의 WP(틴트)는 투과 스펙트럼의 그 통과대역 및 정지대역 세트와 함께, YCV의 WP를 모두 부분적으로 보정하고 및/또는 광학 디바이스를 적용한 후에 YCV를 가진 관찰자가 보았을 때의 컬러들과 정상적인 컬러 비전을 갖는 또 다른 관찰자가 본 컬러들 사이의 부정합을 감소시킨다. 보정 광학 디바이스의 구성은, 안경, 선글라스 및 콘택트 렌즈를 포함한 임의의 안과 형태일 수 있다.

[0177] 광학 유리 또는 플라스틱은 스펙터를 또는 선글라스를 구성하기 위한 광학 기판으로서 이용될 수 있다. 기판 두께는 2 mm이고 직경은 68 mm일 수 있다. 이들 염료의 농도는 몰딩 및 컴파운딩 수지용 염료-주입 광학 기판에 대해 0.1 마이크로-몰 내지 70 마이크로-몰 범위이다.

[0178] 도 26의 투과 곡선(2620)을 나타내는 광학 디바이스의 경우, 표 11에 나타낸 CPI는 CIE LUV 컬러 공간을 이용하여 평가될 수 있다. 염료는, 침지, 회전, 분무, 또는 증기 퇴적 등의 널리 공지된 코팅 프로세스를 이용하여 기판의 표면 상에 코팅될 수 있다. 광학 디바이스의 투과 스펙트럼은 곡선(2620)의 투과 스펙트럼을 제공하기

위해 박막 코팅을 이용하여 구성될 수 있다. YCV 및 다양한 광원을 이용하여, 실내 및 실외 이용 모두에 대해 비전 및 광학 디바이스 자체의 높은 명도를 유지하면서 비전의 황색화를 감소시킴으로써 YCV의 부분적 보정이 달성된다. 광학 디바이스는, 5 미만의 명도 변화, 파스텔 옐로우에 유지되는 WP 색조 및 0.022 미만의 WPS 범위로 제약함으로써 부분 보정된 컬러 비전의 메타메리즘을 제어한다. CIE F2 광원이 평가에서 제외되는 경우 WPS 범위는 0.009 미만이고, WPS 자체는 부분적으로 보정된 솔루션에 대해서만 0.008이다. 광학 디바이스는 청색 WP/틴트를 가질 수 있다. 이 광학 디바이스는, 5 미만의 명도 변화, 청색에 유지되는 WP 색조, 0.016 미만(평균 WPS의 26 %에 대응)의 WPS 범위로 제약함으로써 메타메리즘을 제어할 수 있다.

[0179] 표 11은 도 26에 도시된 투과 속성을 갖는 광학 디바이스에 대한 비색 성능을 나타낸다.

표 11

도 26에 도시된 투과 속성을 갖는 광학 디바이스에 대한 비색 성능

컬러 비전 및 메타메리즘									
컬러 비전 유형	광 원	무보정 된 컬러 비전 백색 점 색조	무보정된 컬러 비전 백색 점 색조	보정된 컬러 비전 백색 점 색조	보정된 컬러 비전 백색 점 색조	보정 컬러 비전 백색 점 색조	광학 디바이 스 명도 비전 명도	광학 디바이 스 백색 점 색조	광학 디바이 스 코즈메 틱 백색 점 이동
황색 컬러 비전	CIE D65	황색	0.055	황색	0.021	70.0	74.9	청색	0.058
황색 컬러 비전	CIE F2	황색	0.037	황색	0.008	69.2	72.6	청색	0.059
황색 컬러 비전	CIE F7	황색	0.055	황색	0.021	70.8	75.9	청색	0.061
황색 컬러 비전	CIE F11	황색	0.041	황색	0.029	73.2	77.0	청색	0.046

[0180]

[0181] 간섭-기반의 층형 막 코팅은 여기서 설명된 투과 스펙트럼을 생성하는데 이용될 수 있다. 간섭-기반의 층형 막 코팅은 박막 코팅 및 다층형 코팅이라고 할 수 있다. 막 코팅은, 본 명세서에서, 이들 간섭-기반의 층형 막 코팅 및 간섭-기반의 층형 막 코팅을 지칭하는 다른 방식을 언급하는데 사용될 수 있다. 이러한 막 코팅은, 반사방지 코팅, 이색성(dichroic) 필터 및 대역통과 필터를 포함할 수 있다.

[0182] 막 코팅은, 고 굴절률 재료 및 저 굴절률 재료의 교대 층들 및 층별의 및 한 층 내에서의 막 상의 거리 위치의 함수로서 가변적인 광학적 및/또는 물리적 두께 등의, 넓은 범위의 가능성을 커버하는 다양한 지오메트릭 설계를 가진다. 예를 들어, 선형 가변 필터(LVF)는, 선형 거리 치수의 함수로서 막 코팅의 하나 이상의 층에서 선형으로 변화하는 광학적 두께를 갖는다. 막 코팅-기반의 RVF는, 하나 이상의 층의 광학적 또는 물리적 두께가 컬러 향상, CVD 보정 및 YCV 보정의 적용을 위해 적어도 하나의 중심으로부터의 반경방향 거리 치수의 함수인 광학을 정의할 수 있다.

[0183] 기존의 막 코팅 설계는 0 DEG로부터의 입사각(AOI)의 증가에 대해 견고하지 못하다. 구체적으로, AOI가 증가함

에 따라, 투과 스펙트럼 특성은 더 짧은 파장으로 이동한다. 이 현상을 청색 이동(Blue Shift)이라고 한다. 예를 들어, 0 DEG AOI에서 600 nm 중심을 둔 통과대역을 갖는 대역통과 필터는 더 높은 AOI에서 600 nm 미만으로의 통과대역 중심의 이동을 겪을 수 있다.

[0184] 막 코팅을 안경류에 적용함에 있어서, 광학 디바이스는 착용자의 눈 앞에 고정된 것으로 간주된다. 렌즈-눈 셋업의 지오메트리로 인해, AOI는 광학 디바이스의 곡률에 크게 의존한다. 예를 들어, 도 27에 도시된 바와 같이, 눈(2730)에 대한 렌즈(광학 디바이스 1(2710) 및 광학 디바이스 2(2720))의 지오메트리가 도시되어 있다. 도 27은 안경류 등의 광학 디바이스에 관해 실질적으로 고정된 위치의 광 수신기로서의 눈(2730)(또는 다른 수신기)를 도시하며, 광학 디바이스 1(2710) 및 광학 디바이스 2(2720)는 별개로 디바이스 형상의 예로서 역할한다. 광학 디바이스 1(2710)의 경우, AOI는 평평하거나 비교적 평평한 디바이스 형상을 스위핑하는 것으로부터 0 DEG 내지 60 DEG를 초과한다. 광학 디바이스 2(2720)의 경우, AOI는 더욱 만곡형 디바이스 형상을 스위핑하는 것으로부터 0 DEG 또는 실질적으로 0 DEG에 훨씬 가깝게 유지된다. 만곡형 디바이스 형상을 통해 AOI를 감소시키는 것은 변수 AOI로부터의 비색 및 스펙트럼 성능 이동을 제어하는 한 방법이다.

[0185] 제로 또는 제로 청색 이동에 가깝게 유지하기 위해, AOI는 광학 디바이스(2710, 2720) 상의 위치들에서 0 DEG 근방일 수 있다. 이 결과를 달성하기 위해, 광학 디바이스(2710, 2720)의 곡률 반경(ROC)은 눈(2730)으로부터 안경류 상의 뷰잉 위치까지의 실제 반경방향 거리이다. 광학 디바이스(2710, 2720)에 대한 ROC가 규정치로부터 벗어남에 따라, 비제로 AOI가 결과가 된다. 이 비제로 AOI 결과는 청색 이동을 야기한다. 0 DEG로부터의 AOI 차이는, 중심이 눈(2730)인 광학 디바이스(2710, 2720)의 ROC를 증가 또는 감소시킴으로써 감소될 수 있다. 그러나, 청색 이동이 15 nm 미만 등으로 비교적 작다면, 착용자는 광학 디바이스(2710, 2720)의 CPI의 약간 벗어난 성능을 거의 인지하지 못하거나 그렇지 않으면 용인할 수 있다.

[0186] 많은 경우에, 코즈메틱, 지오메트릭 및/또는 성능 상의 이유 등으로, 작은 ROC를 갖는 구형으로 만곡된 렌즈를 갖는 것은 바람직하지 않다. RVF는, 광학 디바이스의 착용자의 관점에서 넓은 범위의 AOI에 걸쳐 광학 디바이스의 CPI의 유사한 성능을 실질적으로 유지하는데 이용될 수 있다.

[0187] RVF는, AOI 변화로 인한 CPI의 성능 편차를 실질적으로 보상하기 위해 광학 디바이스의 뷰 중심으로부터의 반경 방향 거리의 함수로서 각각의 막 코팅 층의 광학적 또는 물리적 두께를 변경함으로써 구성될 수 있다. 도 28은 RVF(2800)가 있는 광학 디바이스의 하향식 단면을 도시한다. 눈(2810)(또는 다른 수신기)은 안경류 등의 RVF(2800)를 갖는 광학 디바이스에 관해 실질적으로 고정된 위치의 광 수신기이다. 전체 RVF(2820)는 기판(2830) 상에 코팅될 수 있다. RVF(2820)는 박막 층으로서 이용하기에 적합한 하나 이상의 재료 층(예를 들어, 층 1(2824) 내지 층 n(2828))을 포함할 수 있다. 하나의 예시적인 박막 층인 층(i)(2850)은 반경방향-가변 두께를 보여주기 위해 y-치수가 과장되어 있다. x는 막 코팅(2870)의 뷰 중심으로부터의 반경방향 거리(2860)이며, y는 층 i(2850)의 x(2860)에서의 광학적 또는 물리적 두께(2880)이다. x(2860)는 y(2880)보다 훨씬 클 수 있다, 예를 들어, x(2860)는 밀리미터 단위이고 y(2880)는 수백 나노미터 단위이다. 이 실용성은 $dy/dx \approx 0$ 으로 만든다, 즉, x(2860)에 관한 y(2880)의 기울기는 매우 작다. 결과적으로, 임의의 RVF 층 상의 AOI는 기판(2830) 상의 AOI와 거의 동일하다. 도시되지는 않았지만, 기판(2830)은 편평한 형상을 포함하는 임의의 만곡된 형상일 수 있다.

[0188] 도 29는 뷰잉 중심으로부터 반경방향 거리 x(2920)의 함수로서 RVF의 층 i의 광학적 또는 물리적 두께를 y(2910)를 나타내기 위해 분해된 광학 디바이스(2900)의 하향식 단면도를 도시하며, 여기서, yo(2930)은 광학 디바이스(2900)의 뷰잉 중심에서의 RVF의 층 i의 광학적 또는 물리적인 두께이다. y(2910) 및 yo(2930)는 RVF 상의 점들의 두께이며(도 29에서 과장됨), 단일 층 대신에 전체 RVF 또는 RVF의 다중 층들의 조합일 수 있다. 뷰잉 중심은 눈(2940) 또는 다른 고정된 위치의 광 수신기의 위치와 정렬될 수 있다. RVF는 상단 층(2950)과 하단 층(2960)(양쪽 모두 음영처리됨) 사이에 위치할 수 있다. 이들 2개의 층(2950, 2960)은, 임의의 목적, 예를 들어, 긁힘 방지 코팅 및 기판을 위한 임의의 재료일 수 있다. 이들 2개의 층(2950, 2960)은 임의의 종류의 선행 및 후속 코팅 층일 수 있다. 추가적인 거리 변수는, 개념적으로 비 굴절된 입사 광선과 눈(2940) 사이의 가상 거리를 나타내는 D(2970), 광학 디바이스(2900)와 눈(2940) 사이의 거리를 나타내는 E(2980), 선행하는 층(2950)의 평균 두께를 나타내는 $d_{s1}(2990)$, 후속 층(2960)의 평균 두께를 나타내는 $d_{s2}(2995)$ 를 포함한다. 굴절률(RI)은, n_1 (외부 환경), n_{s1} (선행 층 2950), n_{s2} (후속 층 2960) 및 n_t (RVF 층 또는 층간 평균 또는 전체 RVF 평균)이다. 광학 각도는, $\Theta_1(AOI)$, Θ_2 (선행 층의 굴절된 광선 각도), 및 Θ_3 (후속 층에서의 굴절된 광선 각도)이다.

[0189] 도 29의 광학 구성에서, 치수 및 광학 파라미터는 복수의 RVF 층의 합에 대응한다. 적어도 하나의 막 코팅 층의 두께(y)는 수학식 23에서 정의된다.

수학식 23

$$\frac{y}{y_o} = \sqrt{\frac{n_t^2}{n_t^2 - \sin^2 \theta_1}}$$

[0190]

[0191] 여기서 x는 θ_1 (AOI)의 함수이므로, y와 x는 AOI의 파라미터 함수이다. 훨씬 더 큰 크기의 거리 치수가 있는 경우, y는 정확도를 희생시키지 않으면서 공식적으로 편리할 때 무시되어, 수학식 23은 수학식 24로 축소된다.

수학식 24

$$x = \tan \theta_1 (E + d_{s1} + d_{s2}) - D$$

[0192] [0193] 여기서, $D = d_{s1}(\tan \theta_1 - \tan \theta_2) + d_{s2}(\tan \theta_1 - \tan \theta_3)$ 이고,

$$\tan \theta_2 = \frac{\sin \theta_1}{\sqrt{n_{s1}^2 - \sin^2 \theta_1}}$$

$$\tan \theta_3 = \frac{\sin \theta_1}{\sqrt{n_{s2}^2 - \sin^2 \theta_1}}$$

[0194]

[0195] y는 안경류 등의 광학 디바이스의 AOI 증가로 인해 CPI의 성능 편차를 감소시키거나 무효화하기 위해 x가 증가함에 따라 단조 비감소일 수 있다. y는, 일반적으로, 광학 디바이스에 대한 AOI 증가로 인해 CPI의 성능 편차를 감소시키거나 무효화하기 위해 x의 특정한 값을 제외하고 증가하는 x에 대해 비감소일 수 있다.

[0196]

컴퓨터 시스템은, 광학 디바이스의 AOI 증가로 인해 CPI의 성능 편차를 감소시키거나 무효화하기 위해 특정한 x 값을 제외하고 증가하는 x에 따라 단조 비감소하거나 일반적으로 비감소하는 하나 이상의 RVF 박막 층의 광학적 또는 물리적 두께 y를 결정하는데 이용되는 박막의 투과 스펙트럼을 계산하는데 이용될 수 있다.

[0197]

도 30은 본 명세서에서 설명되는 광학 디바이스에 대한 뷰잉 중심으로부터의 반경방향 거리의 함수로서의 RVF의 하나 이상의 층의 광학적 또는 물리적 두께 프로파일(3000)의 한 예를 도시한다. RVF 코팅은 ZnS 및 빙정석의 교대 층들을 포함할 수 있다. 한 예에서, 총 7개의 층이 이용될 수 있다. 분석적 설계는, 증가하는 AOI로 인한 CPI의 성능 편차를 감소시키거나 무효화하기 위해 ZnS(3030) 및 빙정석(3020) 양쪽 모두에 대해 반경방향 거리가 증가함에 따라 단조 증가하는 층 두께를 요구한다. ZnS(3040)는 높은 굴절률(RI)을 갖기 때문에, 그 두께는, 더 낮은 RI를 갖는 빙정석(3010)보다 일반적으로 더 느린 속도로 증가할 수 있다. 증가하는 AOI로 인한 CPI의 성능 편차를 감소시키거나 무효화하기 위해 ZnS 및 빙정석 양쪽 모두에 대해 반경방향 거리가 증가함에 따라 비감소하는, 그러나 반드시 단조 증가하지는 않는 층 두께를 포함하는 설계가 있을 수 있다. ZnS가 더 높은 굴절률(RI)을 가지기 때문에, 그 두께는 또한, 더 낮은 RI를 갖는 빙정석보다 일반적으로 더 느린 속도로 증가할 수 있다. 한 예에서, 광학 디바이스 기판의 지오메트릭 표면 곡률은 안과 렌즈에 대한 적용에서 베이스 커브(Base Curve) 8을 갖는 것보다 작거나 같다.

[0198]

도 31은 AOI에 대한 반경방향 거리의 플롯(3100)을 도시한다. 플롯(3100)은, 도 29로부터의 $E = 1.2\text{cm}$ 및 $d_{s1} = d_{s2} = 0$ 인 예를 도시하며 광학 디바이스 상의 뷰잉 중심으로부터의 반경방향 거리(x)와 AOI 사이의 직접적인 관계가 엄격하게 상관된 증가를 보인다는 것을 제공한다. 즉, 반경방향 거리가 증가함에 따라 AOI는 단조 증가한다. 광학 디바이스 상의 뷰잉 중심으로부터의 반경방향 거리 x와 AOI 사이의 관계는 일반적으로 상관된 증가를 보인다. 즉, 반경방향 거리가 증가함에 따라, 반경방향 거리 측정치의 특정한 값을 제외하고, 일반적으로 AOI가 증가한다.

- [0199] 도 30은 AOI에 대한 RVF의 물리적 또는 광학적 두께 비율 사이의 4가지 샘플 관계를 보여주고, 도 31은 AOI와 뷰잉 중심으로부터의 반경방향 거리 사이의 샘플 관계를 보여주기 때문에, 이들 2개의 도면에 포함된 관계는 물리적 또는 광학적 두께 비율과 RVF 또는 그 임의의 단일 층 또는 다중 층들의 조합에 대한 뷰잉 중심으로부터의 반경방향 거리 사이의 관계를 직접 결정하는데 이용된다.
- [0200] RVF는 적어도 2개의 상이한 박막 재료들로 된 2개 이상의 층으로 형성될 수 있다. RVF는 적어도 2개의 상이한 박막 재료들로 된 2개 이상의 교대 층으로 형성될 수 있다. 도 32는 다양한 AOI에서 RVF에 대한 7-층 구성의 투과 스펙트럼(3200)을 도시한다. 0 DEG AOI(3210), 20 DEG AOI(3220), 40 DEG AOI(3230) 및 60 DEG AOI(3240)에서의 투과 스펙트럼(3200)이 도시되어 있다. 높은 RI 재료, 예를 들어, ZnS 및 TiO₂와, 낮은 RI 재료, 예를 들어, SiO₂ 및 빙정석의 교대 층들은 80 nm와 1400 nm 사이의 각각의 층의 물리적인 두께를 갖는 광학 디바이스의 구성에 이용된다. 증가된 AOI로부터의 투과 스펙트럼의 청색 이동은 도 30에 제시된 것과 실질적으로 유사한 광학적 또는 물리적 두께 프로파일을 갖는 RVF의 이러한 구성에 의해 실질적으로 감소되거나 제거된다.
- [0201] 도 33은 RVF 구성을 위해 달성된 컬러 영역(3300)을 도시한다. 컬러 영역(3300)은, 적색, 녹색, 청색, 황색 및 파생 컬러들에 대한 대표 Munsell 컬러들 및 복수의 AOI에 걸쳐 실질적으로 불변인 백색 점에 의해 둘러싸인 실질적으로 불변의 컬러 영역이다. 내부 영역은 파스텔 컬러로 구성되고 외부 영역은 포화된 컬러로 구성된다. 샘플 RVF는 총 15개의 층에 대해 TiO₂와 SiO₂의 교대 층으로 구성된다. 모든 TiO₂ 층은 물리적인 두께에서 150 nm와 1450 nm 사이에 있고 모든 SiO₂ 층은 두께에 있어서 100 nm와 1340 nm 사이에 있다. 광학적 또는 물리적 두께 프로파일은 일반적으로 40 DEG 초과의 특정한 AOI를 제외하고는 광학 디바이스의 뷰잉 중심으로부터 반경방향 거리가 증가함에 따라 증가하며, 여기서 대응하는 층 두께는 특정한 반경방향 거리 측정치에 대해 실질적으로 일정하게 유지된다. 평균적으로, SiO₂에 대한 광학적 또는 물리적 두께 프로파일은 AOI에서 10 DEG 증가마다 1 % 내지 30 %의 비율로 성장한다. TiO₂에 대한 두께 프로파일은 AOI에서 10 DEG 증가마다 0.2 %와 20 % 사이의 비율로 성장한다.
- [0202] 컬러 비전 결핍의 경우에는 Munsell 컬러들: 2.5yr 5/4, 7.5r 5/4, 2.5r 5/4, 5rp 5/4, 10p 5/4, 10yr 5/4, 10r 5/4, 10rp 5/4 중 하나 이상을 포함하는 적색 컬러 세트, Munsell 컬러들: 5bg 5/4, 10g 5/4, 5g 5/4, 10gy 5/4, 5gy 5/4, 10bg 5/4 중 하나 이상을 포함하는 녹색 컬러 세트, Munsell 컬러들: 5b 5/4, 10bg 5/4, 5bg 5/4, 5p 5/4, 10b 5/4, 10p 5/4, 10pb 5/4 중 하나 이상을 포함하는 청색 컬러 세트, Munsell 컬러들: 10gy 5/4, 5gy 5/4, 5y 5/4, 10yr 5/4, 2.5yr 5/4, 10y 5/4, 10yr 5/4 중 하나 이상을 포함하는 황색 컬러 세트가 설명된다. 적색-녹색 컬러 분리는 적색 컬러 세트 중의 임의의 하나 이상의 컬러와 녹색 컬러 세트 중의 임의의 하나 이상의 컬러를 이용하여 평가될 수 있다. 청색-황색 컬러 분리는 청색 컬러 세트 중의 임의의 하나 이상의 컬러와 황색 컬러 세트 중의 임의의 하나 이상의 컬러를 이용하여 평가될 수 있다. 본 명세서에서 설명된 1976 CIE LUV 컬러 공간 및 공식을 이용하는 (광원 CIE D65 단독에 노출된) 65 미만의 명도를 갖는 광학 디바이스에 대해, 및 CIE D55, D65 또는 D75 광원 또는 임의의 혼합의 임의의 2개의 단일 광원에 대해, 보정된/강화된 컬러 비전의 적색-녹색 컬러 분리는, 정상인, 녹색약자 및/또는 적색약자의 경우, 무보정/강화되지 않은 컬러 비전의 경우보다 10 % 이상일 수 있고, 보정된/강화된 컬러 비전의 청색-황색 컬러 분리는, 정상인, 녹색약자 및/또는 적색약자의 경우, 무보정/강화되지 않은 컬러 비전의 경우보다 2 % 이상일 수 있으며, 광학 디바이스의 백색 점 이동은, 정상인, 녹색약자 및/또는 적색약자의 경우 중립 0.35 이내일 수 있다.
- [0203] 본 명세서에서 설명된 1976 CIE LUV 컬러 공간 및 공식을 이용하는 (광원 CIE D65 단독에 노출된) 65 이상의 명도를 갖는 광학 디바이스에 대해, 및 CIE D55, D65, D75, F2, F7, F11 또는 L-시리즈 LED 광원 또는 임의의 혼합의 임의의 2개의 단일 광원에 대해, 보정된/강화된 컬러 비전의 적색-녹색 컬러 분리는, 정상인, 녹색약자 및/또는 적색약자의 경우, 무보정/강화되지 않은 컬러 비전의 경우보다 4 % 이상일 수 있고, 보정된/강화된 컬러 비전의 청색-황색 컬러 분리는, 정상인, 녹색약자 및/또는 적색약자의 경우, 무보정/강화되지 않은 컬러 비전의 경우보다 2 % 이상일 수 있으며, 광학 디바이스의 백색 점 이동은, 정상인, 녹색약자 및/또는 적색약자의 경우 중립 0.3 이내일 수 있다.
- [0204] 본 명세서에서 설명된 1976 CIE LUV 컬러 공간 및 공식을 이용하는 황색 컬러 비전에 대해, 및 CIE D55, D65, D75, F2, F7, F11 또는 L-시리즈 LED 광원 또는 임의의 혼합의 임의의 단일 광원에 대해, 광학 디바이스가 있는 관찰자의 황색 컬러 비전의 백색 점 이동은 광학 디바이스가 없는 경우보다 작을 수 있다.
- [0205] 착용형 광학 디바이스의 경우, 예를 들어 안과 렌즈, 선글라스 및 콘택트의 경우, 광학 디바이스의 백색 점은, 청색, 청록색, 녹색 또는 자주색 색조일 수 있고, 디바이스 착용자의 관점에서 보았을 때 백색 점 이동은 적어

도 0.001일 수 있다.

[0206] 광학 디바이스는 500 nm와 650 nm 사이의 광을 흡수, 반사 및/또는 산란한다. 이러한 스펙트럼 특성은, 임플란트 황색화를 감소시키는 비색 효과를 위해, 안구내 수정 렌즈(IOL) 또는 기타의 안구내 임플란트 내에 또는 상에 설계되고 구성될 수 있다.

[0207] 간접 막 코팅의 적어도 하나의 재료 층의 광학적 두께가 재료 층상의 적어도 하나의 중심으로부터 시작하여 반경방향으로 변화하는 광학 디바이스를 포함하는 반경방향-가변 필터가 설명된다. 광학 디바이스 내의 적어도 하나의 재료 층에 대해, 20 deg와 85 deg 사이의 입사각(AOI)을 갖는 적어도 하나의 위치의 광학적 또는 물리적 두께는 0 deg와 19.99 deg 사이의 AOI를 갖는 적어도 하나의 위치의 광학적 또는 물리적 두께보다 크다. 광학 디바이스의 명도는, CIE D55, D65, D75, F2, F7, F11 또는 L-시리즈 LED 또는 이들 광원들의 임의의 혼합으로 평가할 때 5 내지 95일 수 있다.

[0208] 일반적으로, 본 명세서에 설명된 광학 디바이스는 575 nm 내지 585 nm에 대해 0.5 %의 최소 투과, 적어도 하나의 정지대역이 550 nm와 605 nm 사이에 실질적으로 중심을 둔 380 nm와 780 nm 사이에 실질적으로 중앙에 위치한 하나 이상의 정지대역, 450 nm와 505 nm 사이에 실질적으로 중심을 둔 적어도 하나의 추가 정지대역, 및/또는 400 nm와 449 nm 사이에 실질적으로 중심을 둔 적어도 하나의 추가 정지대역을 제공한다. 녹색약자의 경우, 평가는 (CMF x에 의해 모델링된) CIE 1931 2° 표준 관찰자로부터 적어도 1 nm만큼 더 긴 파장으로의 피크 녹색-원뿔 감도 이동과 함께 이루어질 수 있다. 적색약자의 경우, 평가는 (CMF y에 의해 모델링된) CIE 1931 2° 표준 관찰자로부터 적어도 1 nm만큼 더 짧은 파장으로의 피크 적색-원뿔 감도 이동과 함께 이루어질 수 있다.

[0209] CIE D55, D65, D75, F2, F7, F11 또는 L-시리즈 LED 광원 또는 임의의 조합 중 임의의 2개의 단일 광원 하에서, 이 광학 디바이스를 이용하기 이전 및 이후에, 적색 컬러 세트 중의 적어도 하나의 컬러는, 황색, 오렌지색, 적색, 분홍색 또는 자주색의 따뜻한 컬러 색조를 유지하고, 녹색 컬러 세트 중의 적어도 하나의 컬러는 녹색, 청록색, 청색 또는 자주색의 차가운 컬러 색조를 유지할 수 있다.

[0210] 원하는 투과 스펙트럼을 갖는 광학 디바이스의 구성 방법은, 기판에 주입된 착색제, 또는 기판 상에 라미네이트된 착색제, 및/또는 기판 상에 코팅된 착색제를 포함한다. 기판은 그 전체 두께에서 0.1 mm 내지 10 cm의 두께를 가질 수 있다.

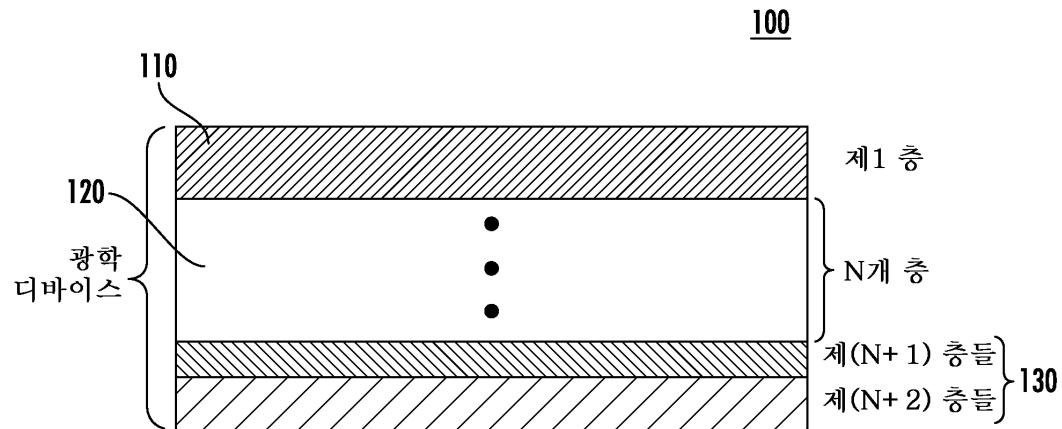
[0211] 바람직한 투과 스펙트럼을 갖는 광학 디바이스의 구성 방법은, 2개의 막 재료로 이루어진 적어도 3개의 막 층을 갖는 박막 퇴적을 포함하고, 여기서, 적어도 하나의 층은 1500 nm 미만의 광학적 또는 물리적 두께를 갖는다.

[0212] 눈 및 내부 임플란트 외부의 것들을 포함한 광학 디바이스의 메타메리즘 제어는, 열거된 광원들 중 임의의 2개를 이용하여 평가할 때, 백색 점 이동에서의 차이가 0.1 미만이고, 명도에서의 차이가 30 미만인 것으로 제약된다.

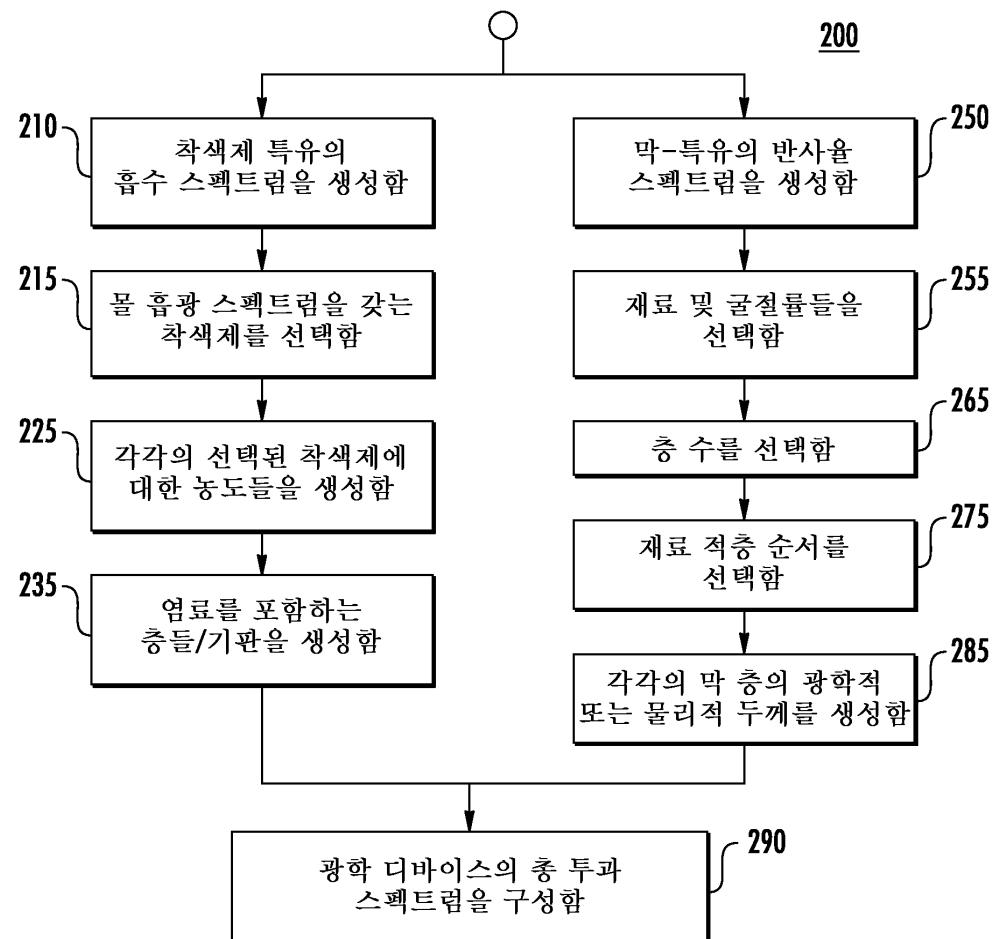
[0213] 피처들 및 요소들이 상기에서 특정한 조합으로 설명되었지만, 본 기술분야의 통상의 기술자라면, 각각의 피처 또는 요소는 단독으로 이용되거나 다른 피처들 및 요소들을 동반하거나 동반하지 않는 임의의 조합으로 이용될 수도 있다는 것을 이해할 것이다. 또한, 여기서 설명된 방법들은, 컴퓨터 또는 프로세서에 의한 실행을 위한 컴퓨터-판독가능한 매체에 병합된 컴퓨터 프로그램, 소프트웨어, 또는 펌웨어로 구현될 수 있다. 컴퓨터-판독 가능한 매체의 예로서는, (유선 또는 무선 접속을 통해 전송된) 전자 신호 및 컴퓨터-판독가능한 저장 매체를 포함된다. 컴퓨터-판독가능한 저장 매체의 예로서는, 판독 전용 메모리(ROM), 랜덤 액세스 메모리(RAM), 레지스터, 캐쉬 메모리, 반도체 메모리 디바이스, 내부 하드 디스크 및 착탈식 디스크와 같은 자기 매체, 광자기 매체, 및 CD-ROM 디스크 및 디지털 범용 디스크(DVD)와 같은 광학 매체가 포함되지만, 이들로 제한되는 것은 아니다.

도면

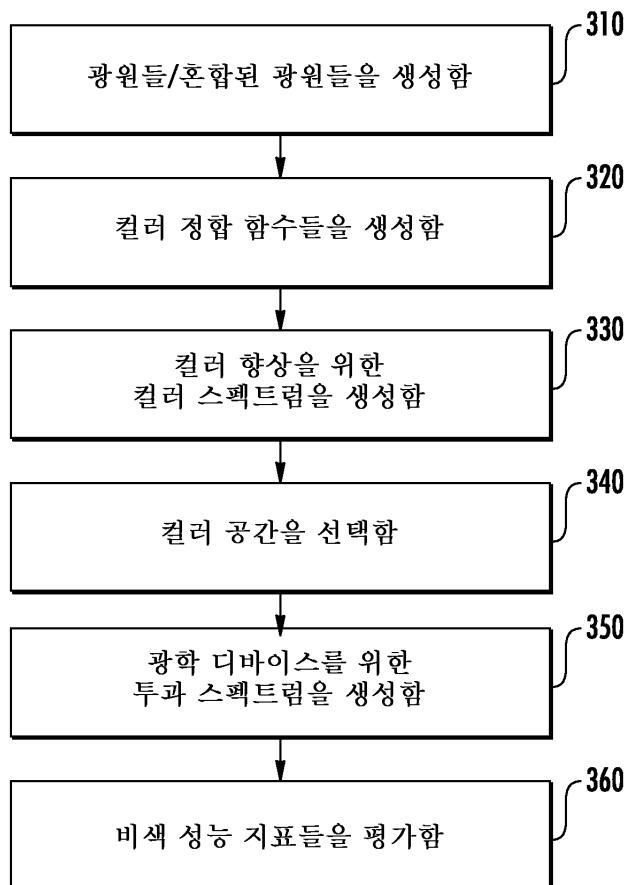
도면1



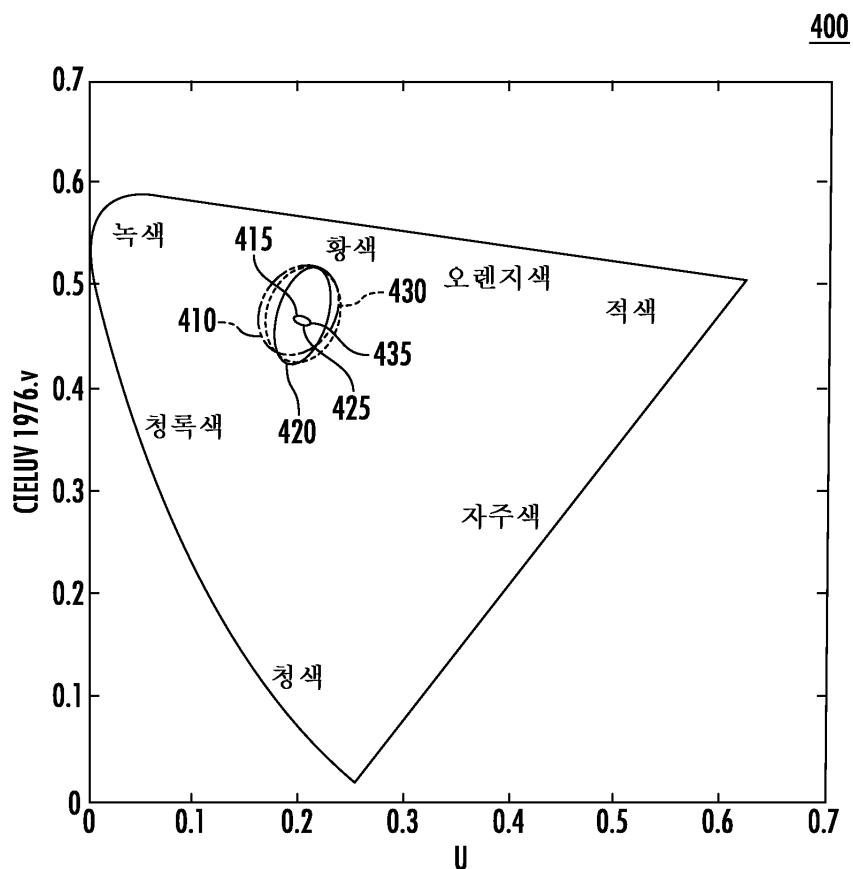
도면2



도면3

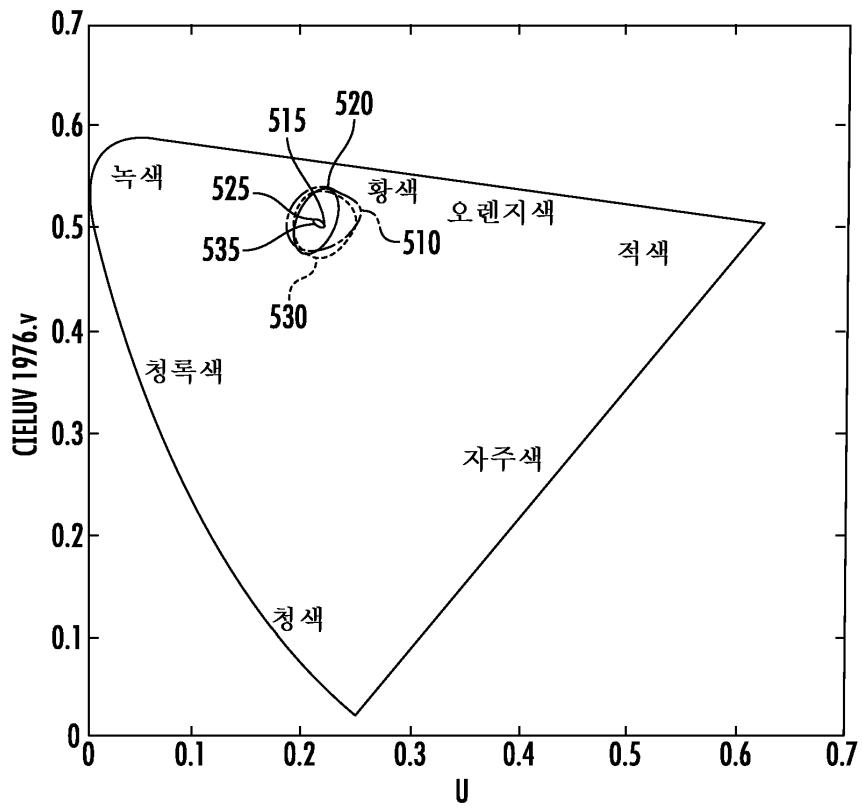
300

도면4

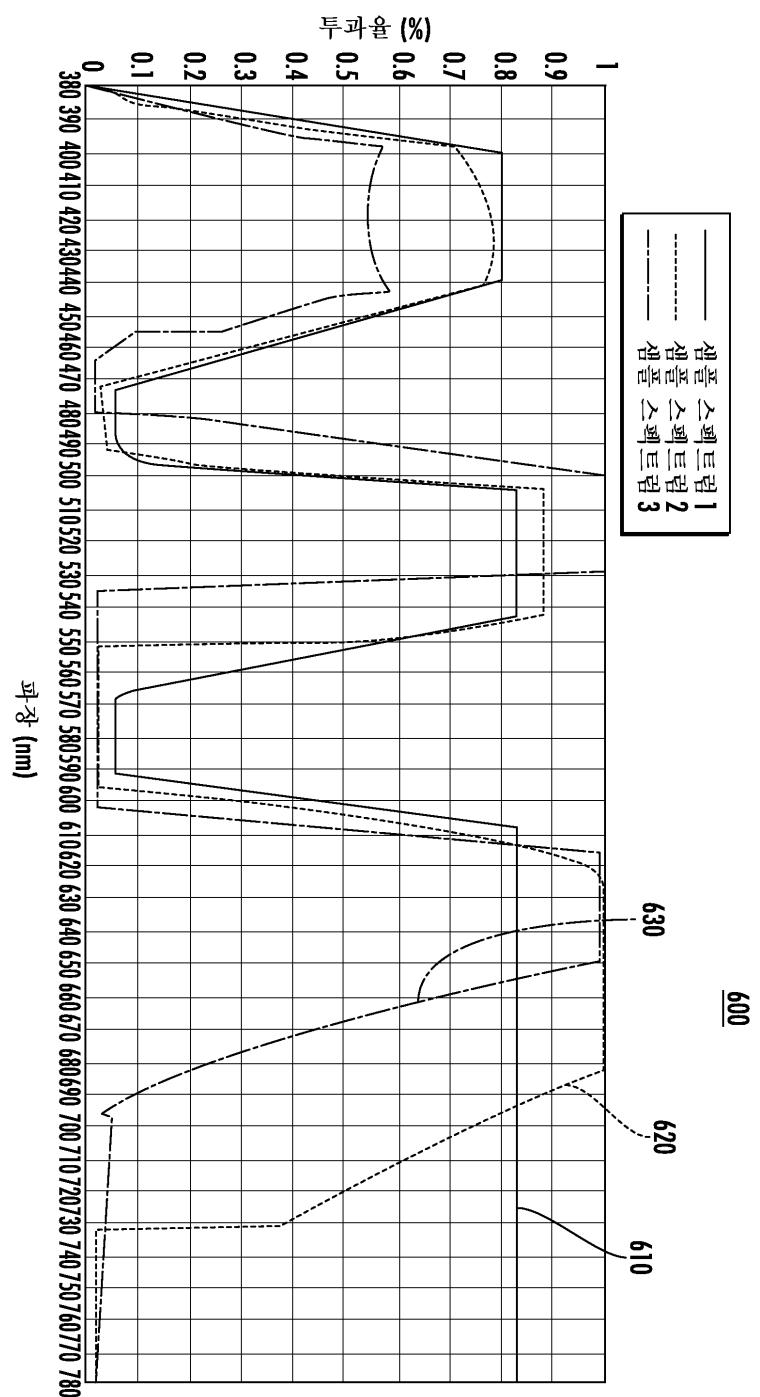


도면5

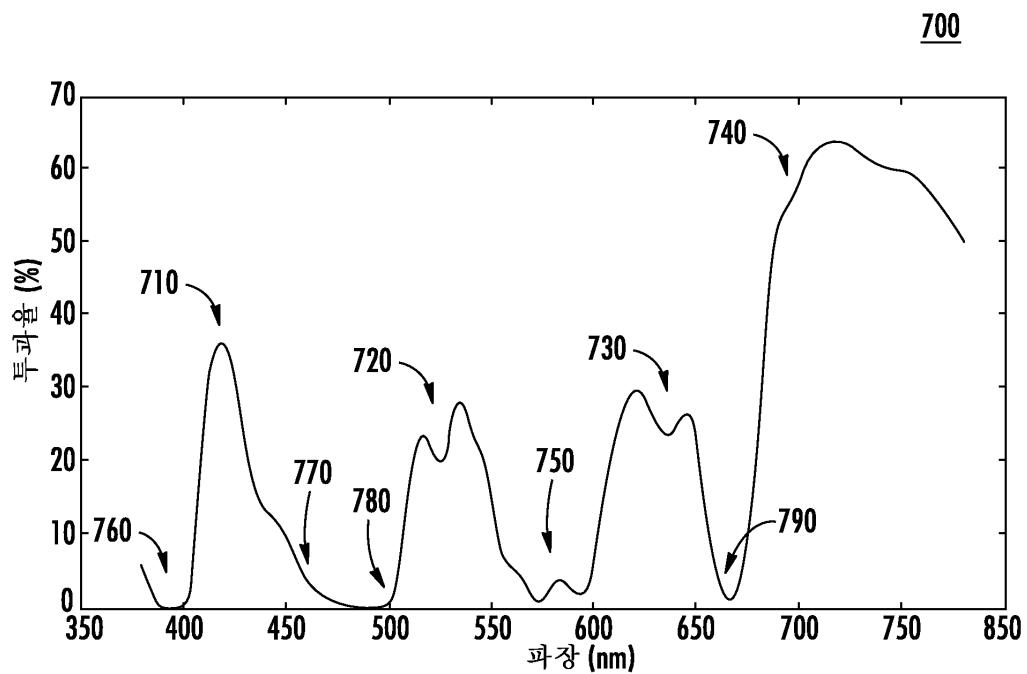
500



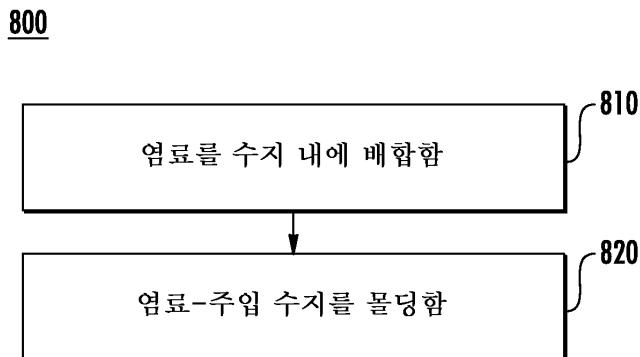
도면6



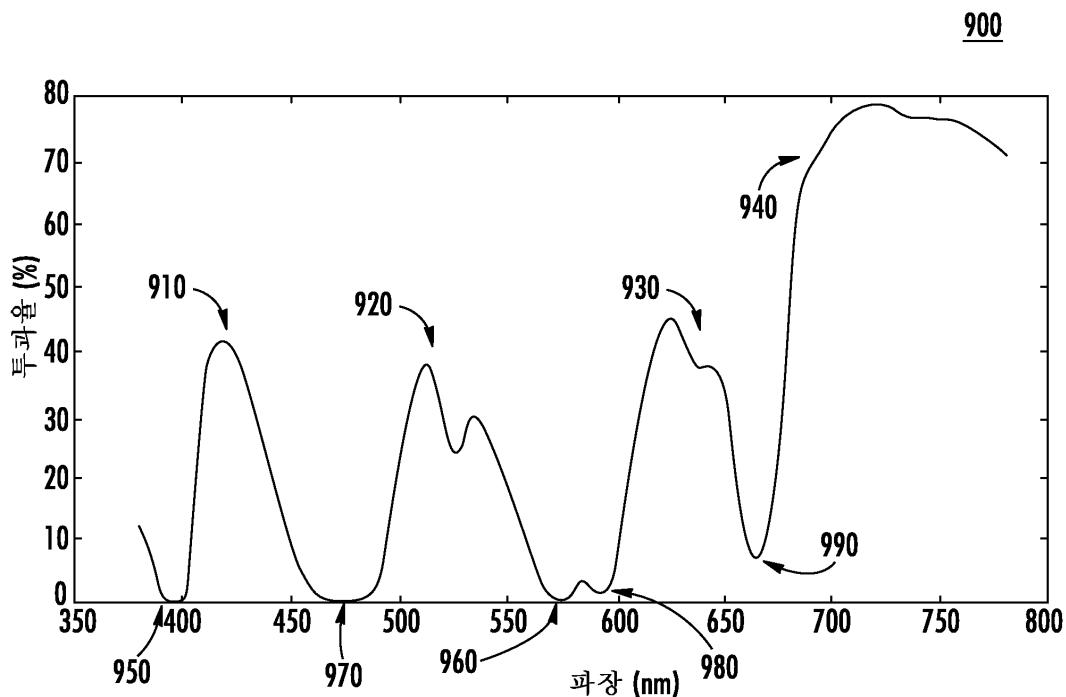
도면7



도면8

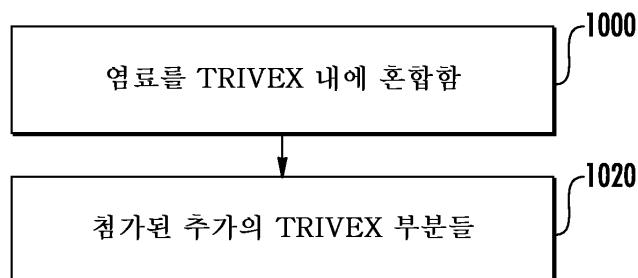


도면9

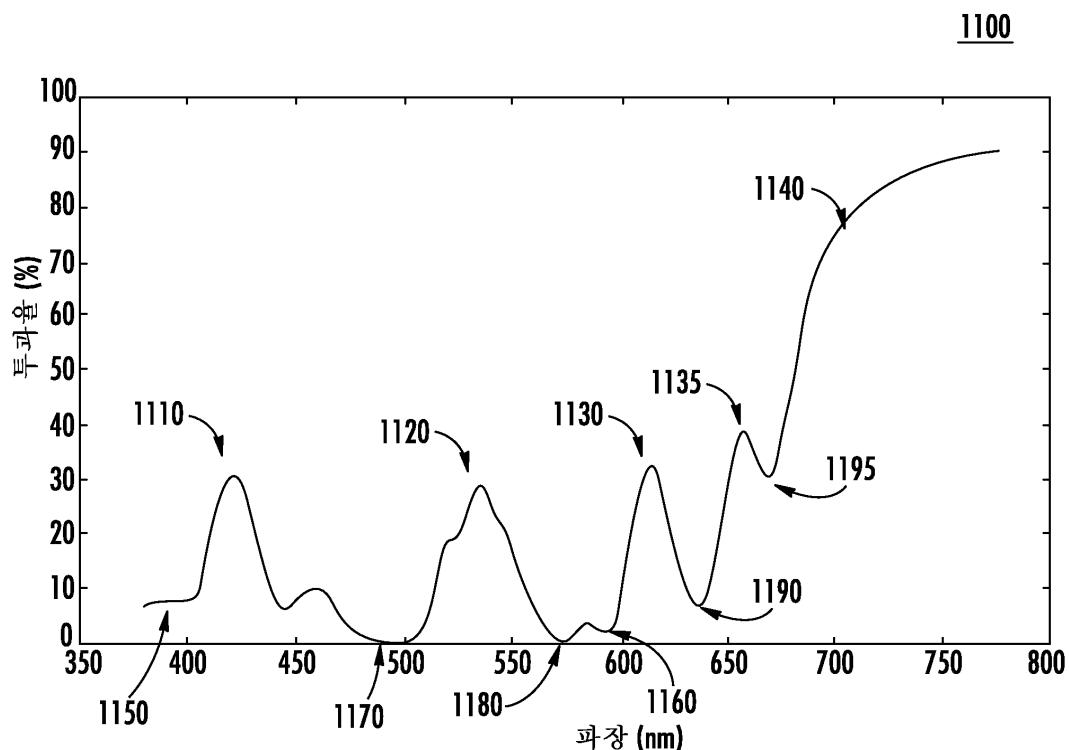


도면10

1000

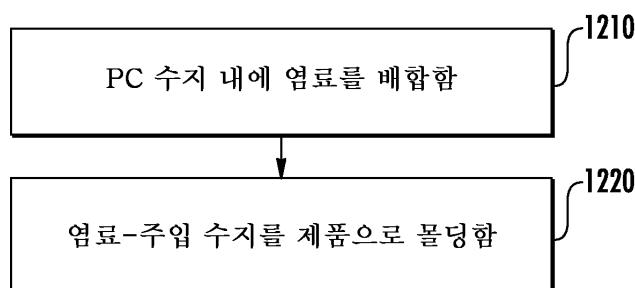


도면11

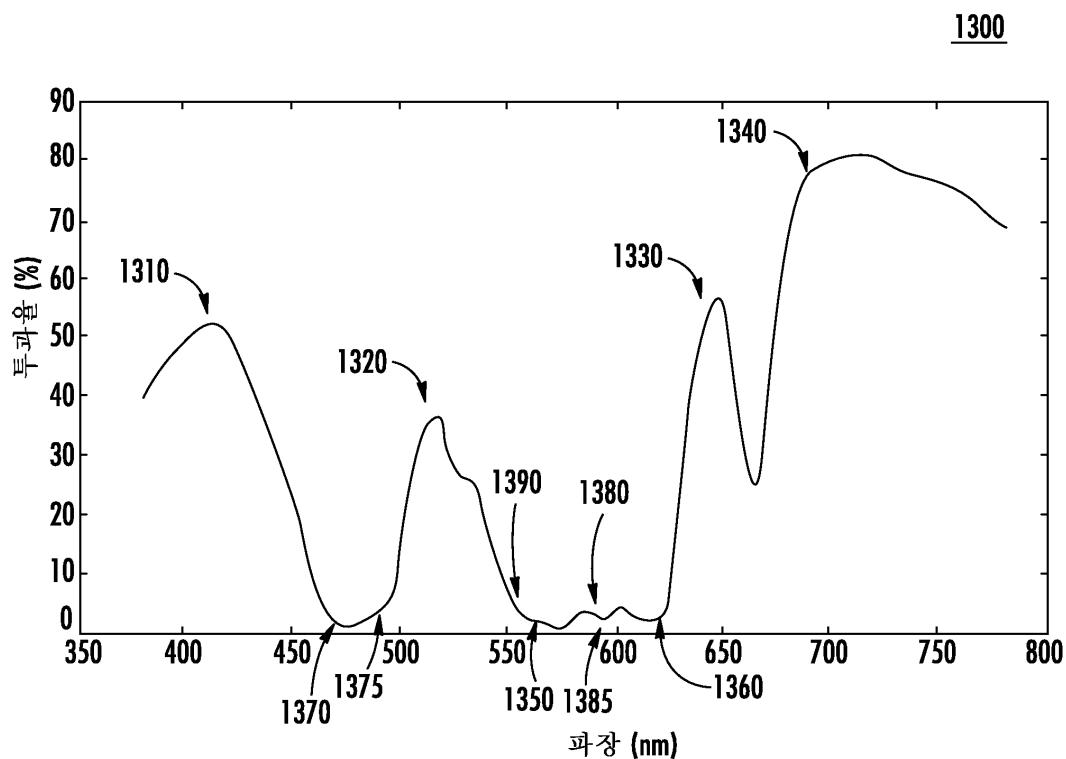


도면12

1200

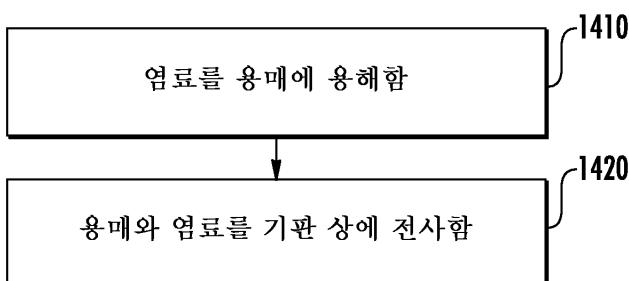


도면13

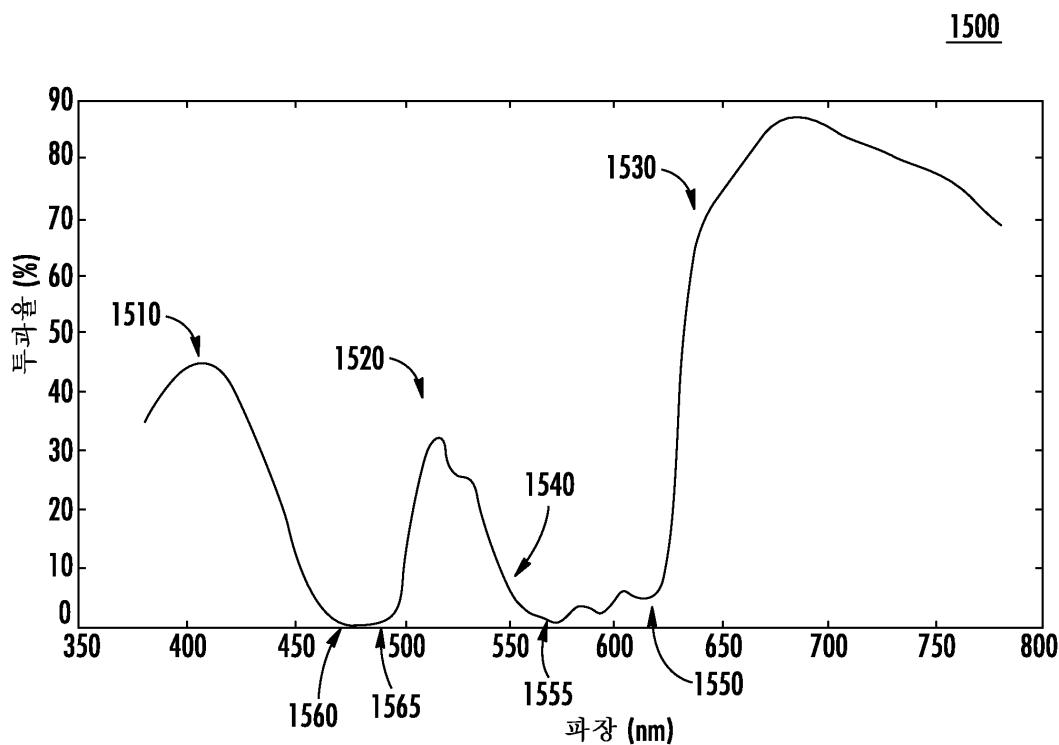


도면14

1400

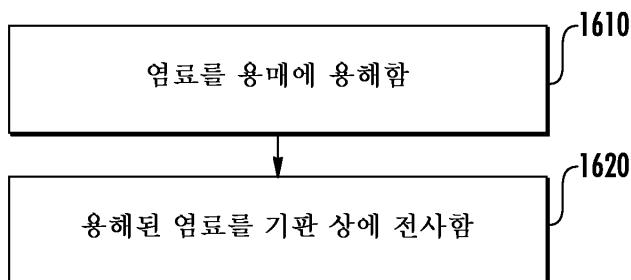


도면15

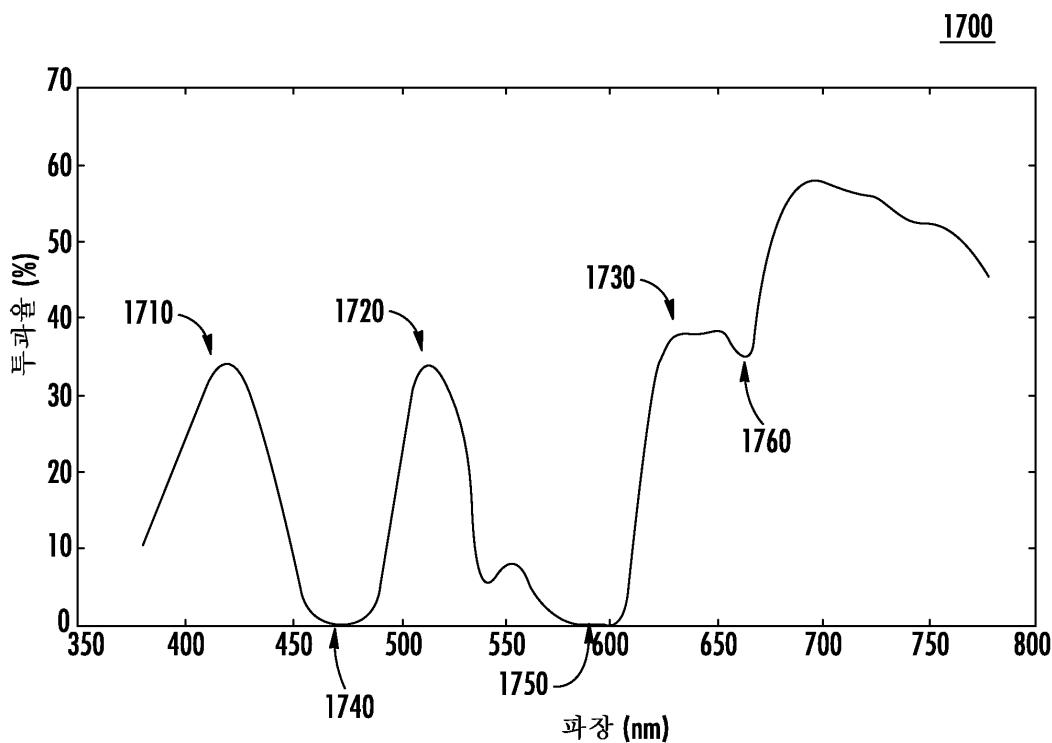


도면16

1600

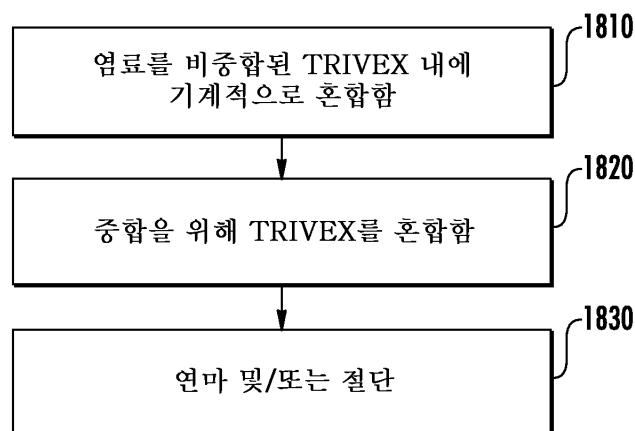


도면17

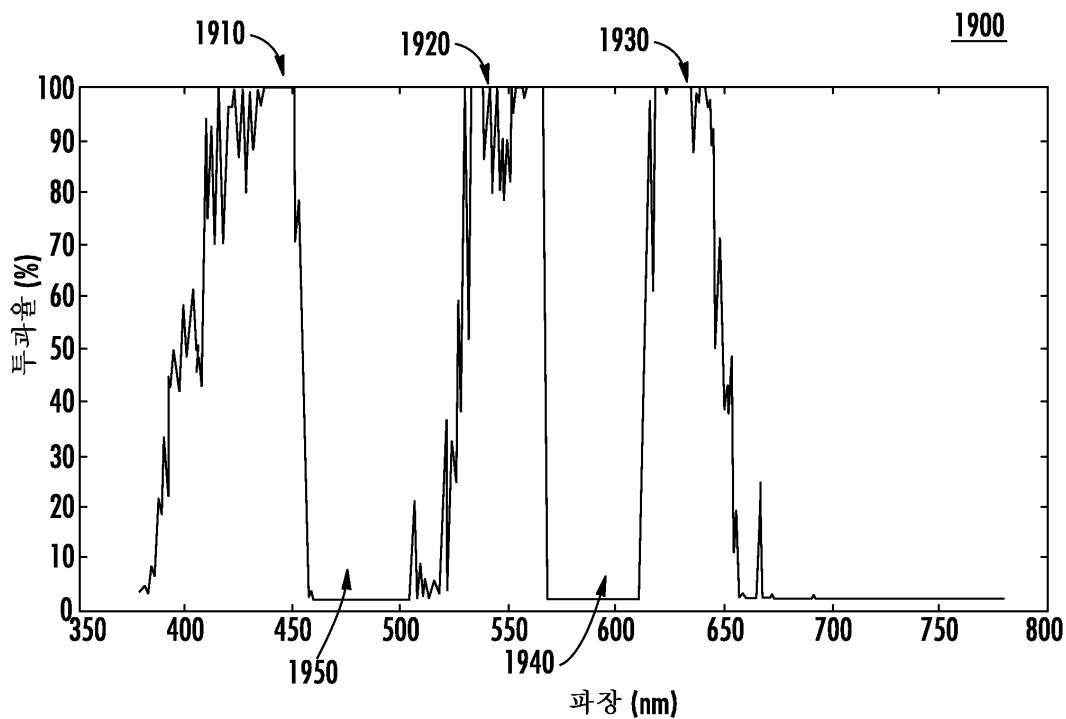


도면18

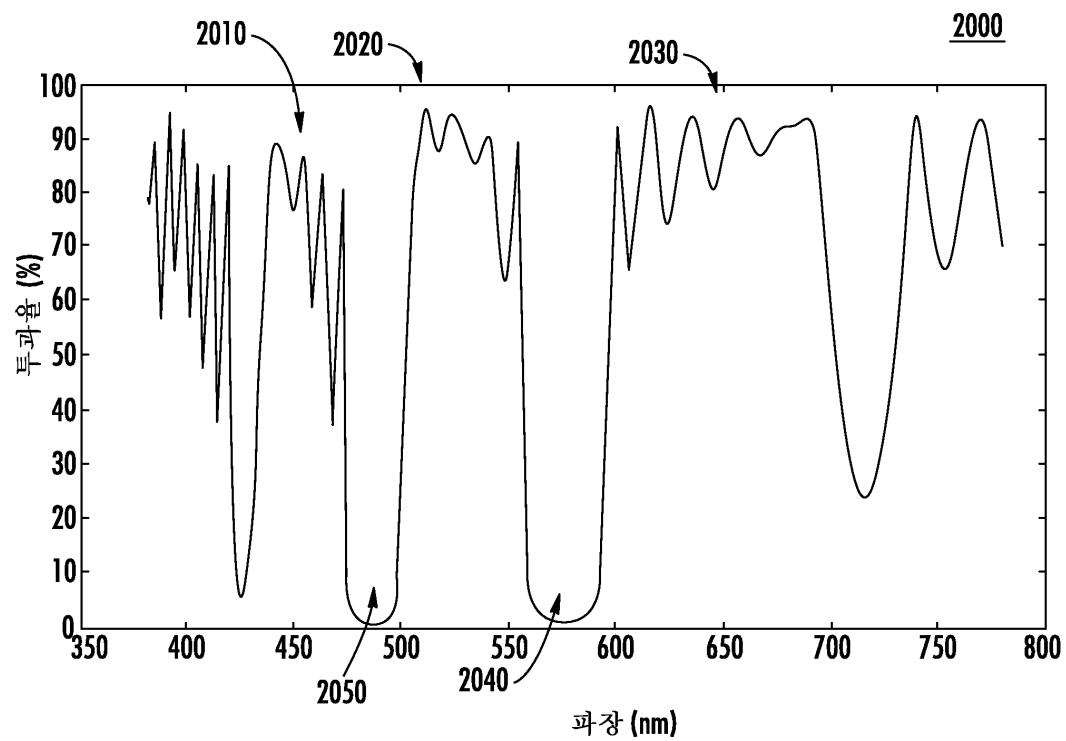
1800



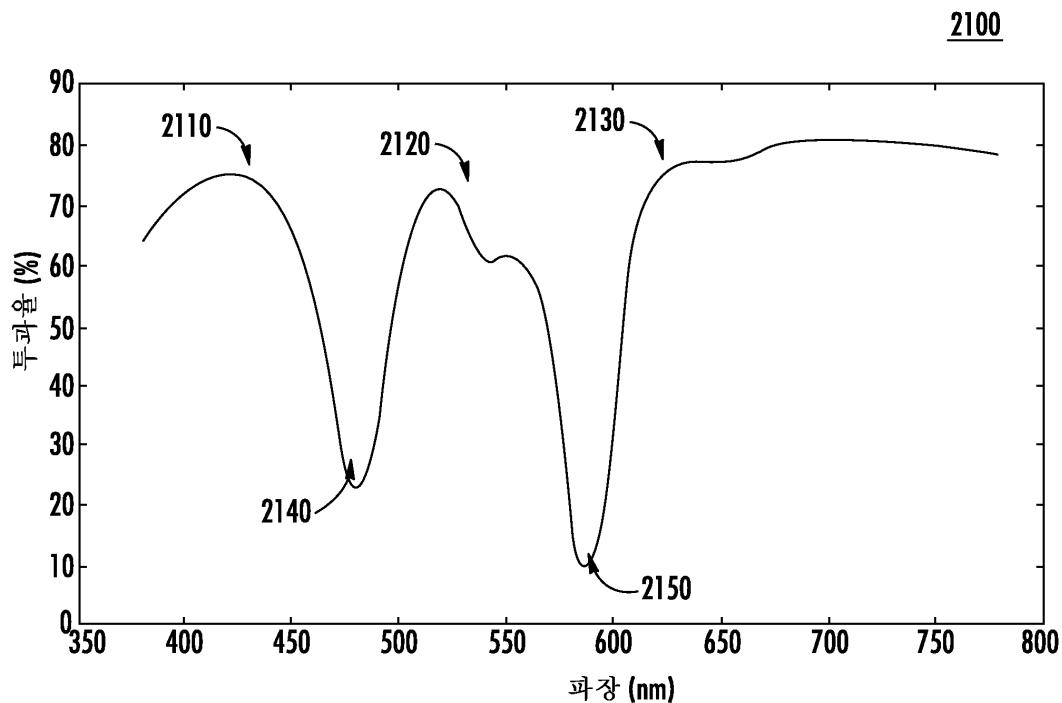
도면19



도면20

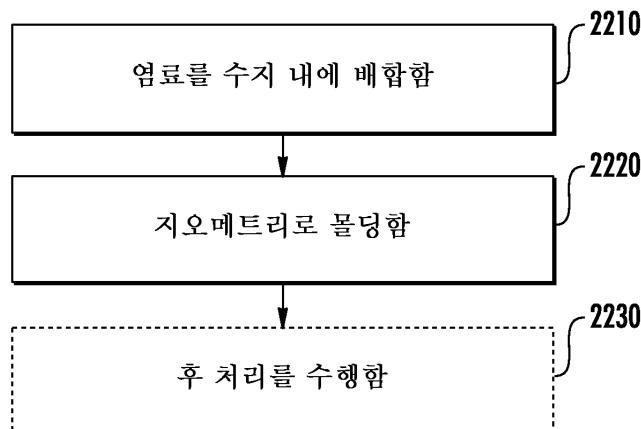


도면21

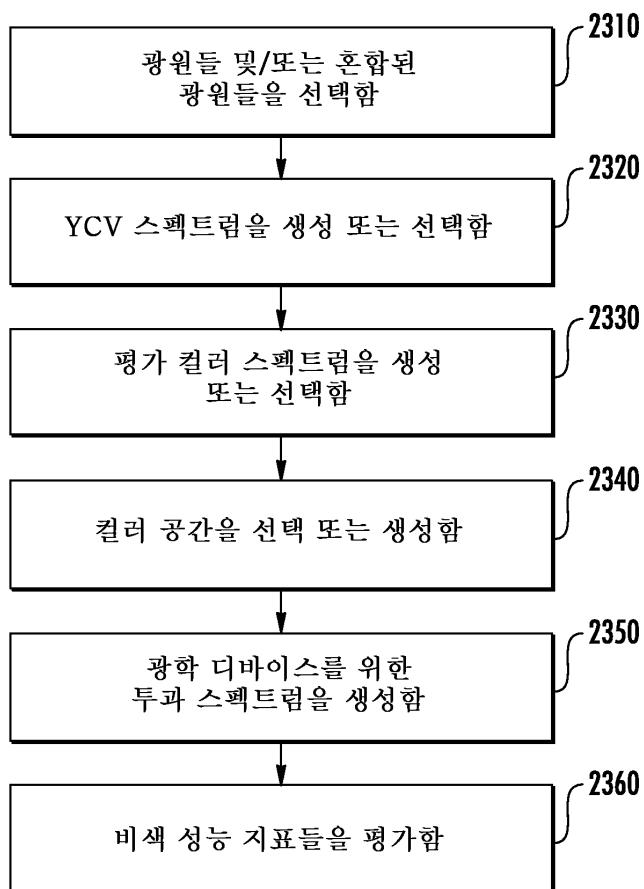


도면22

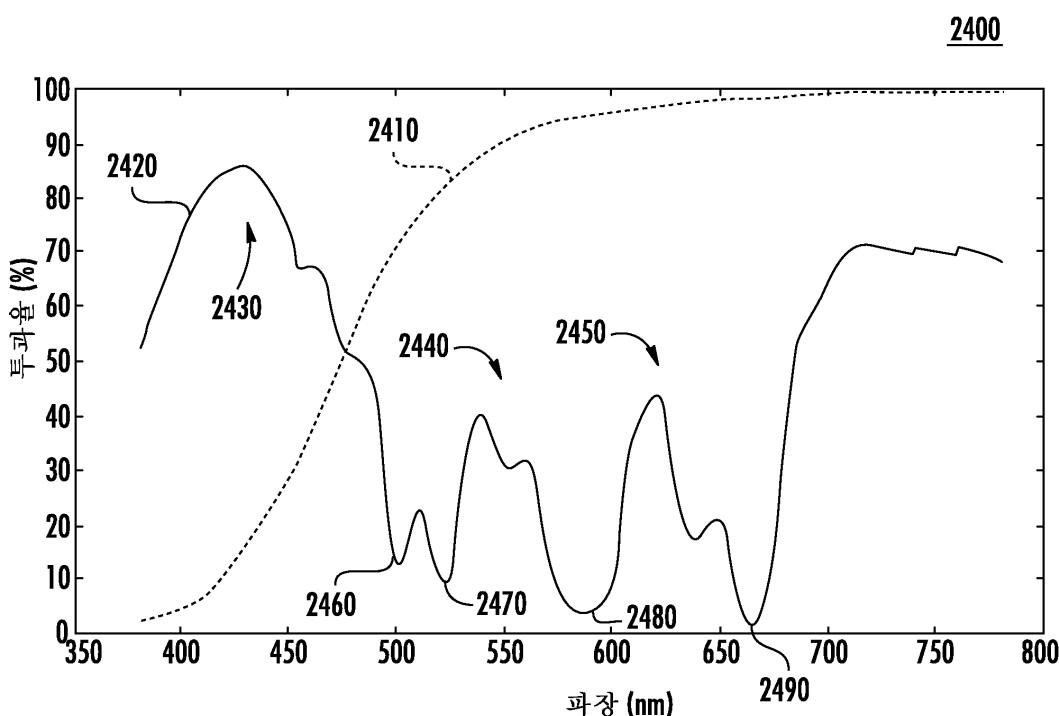
2200



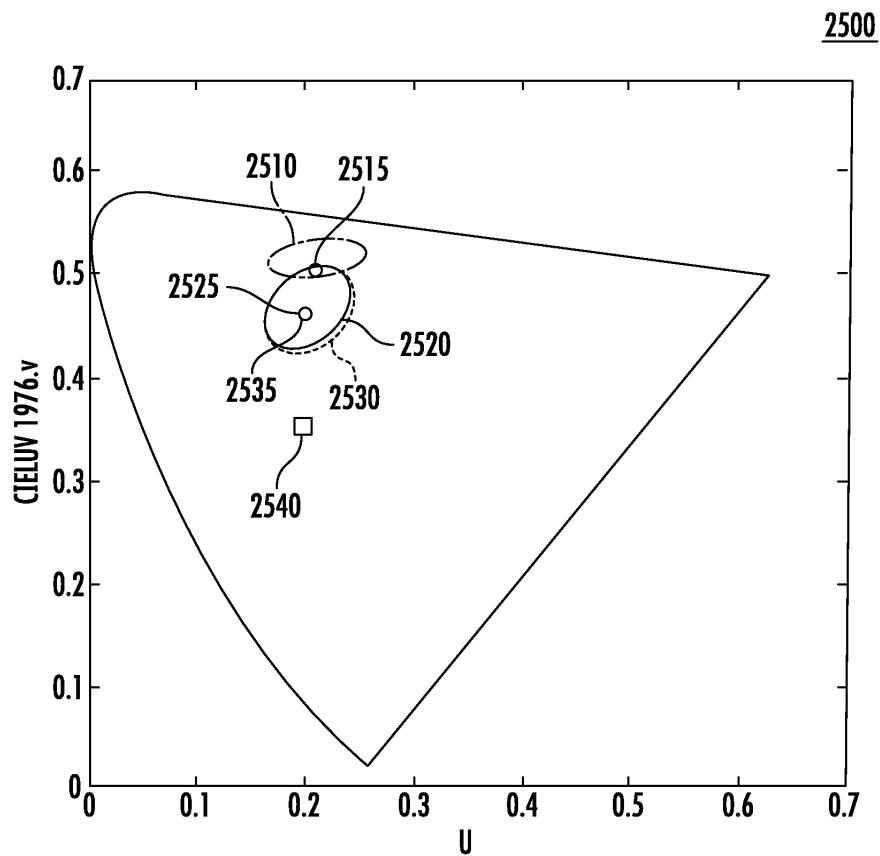
도면23

2300

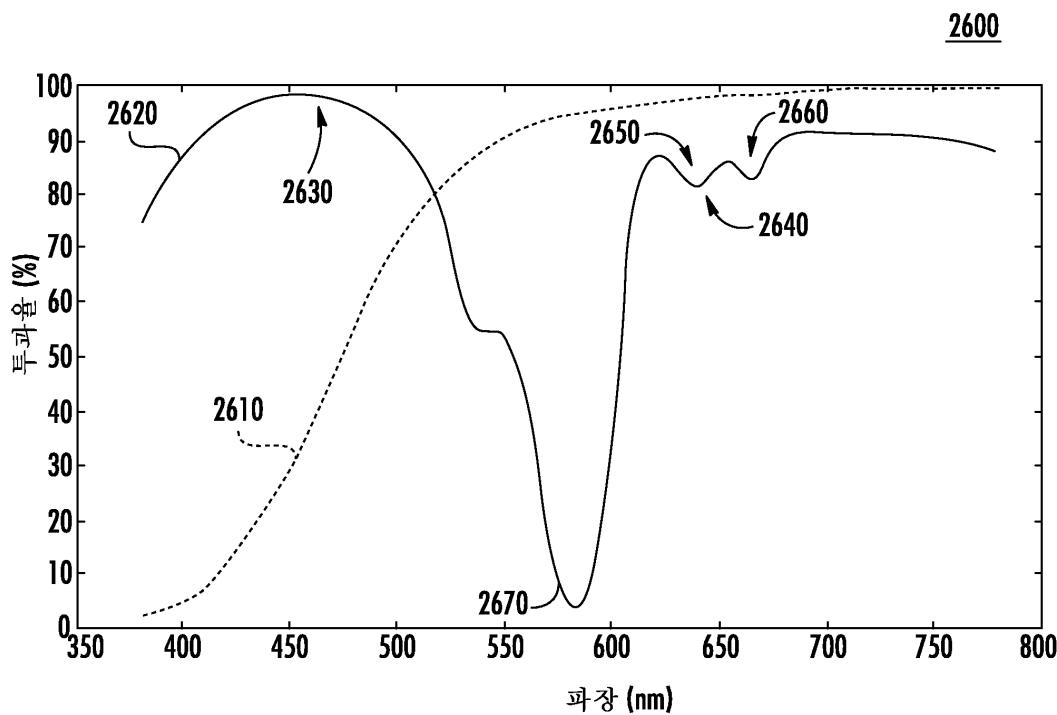
도면24

2400

도면25

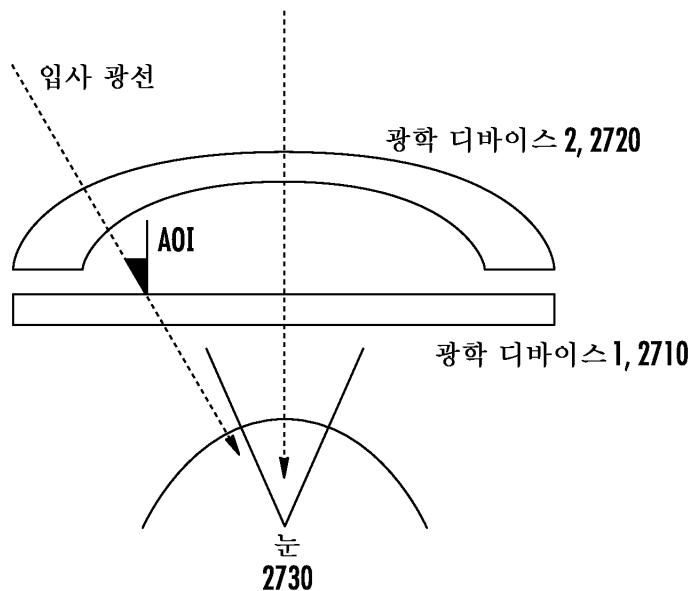


도면26

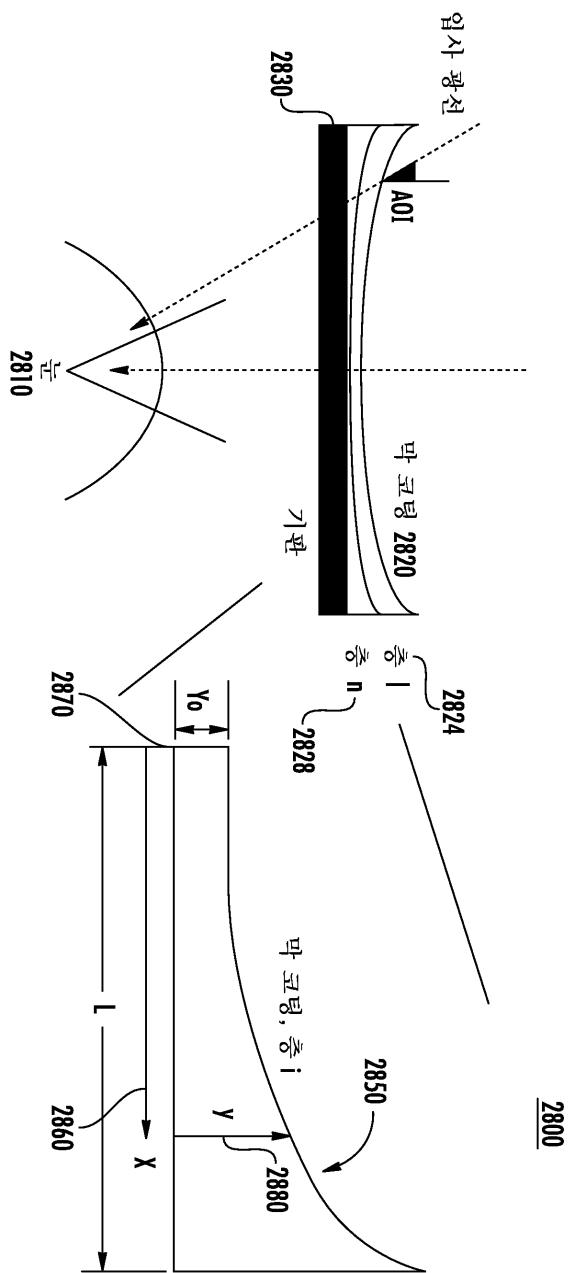


도면27

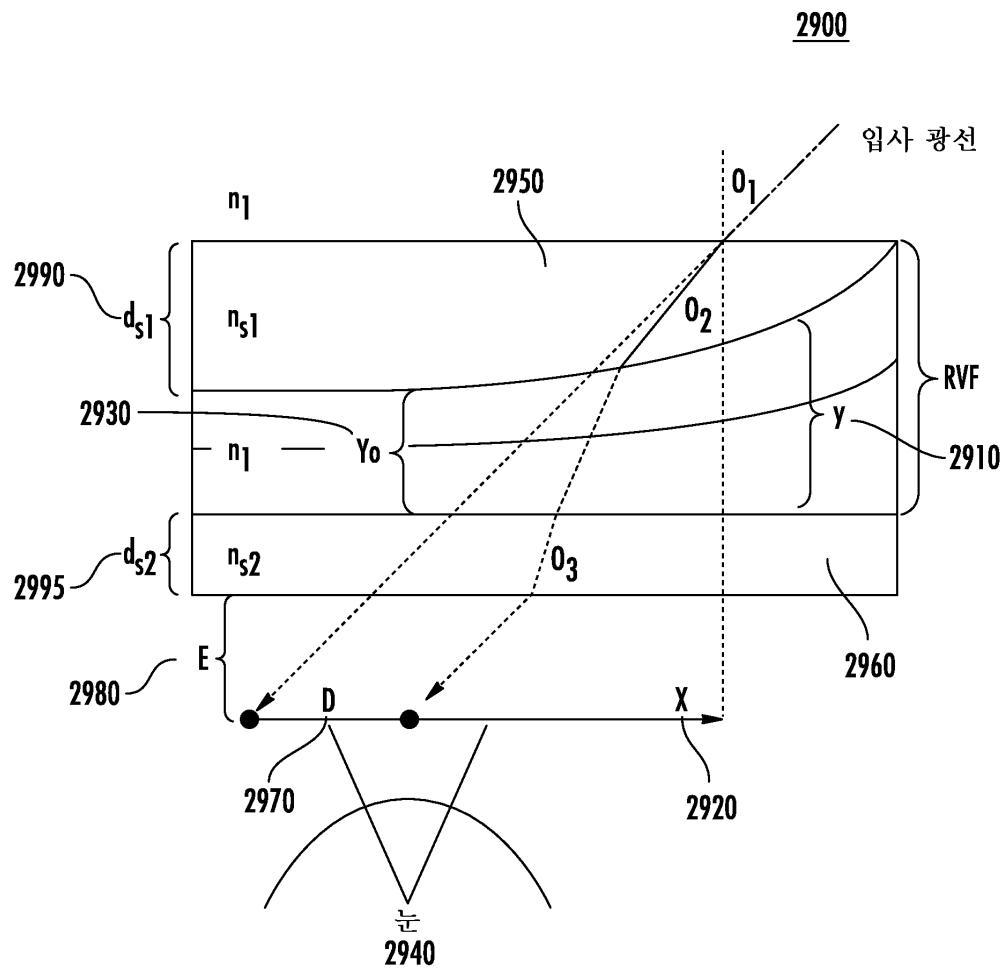
2700



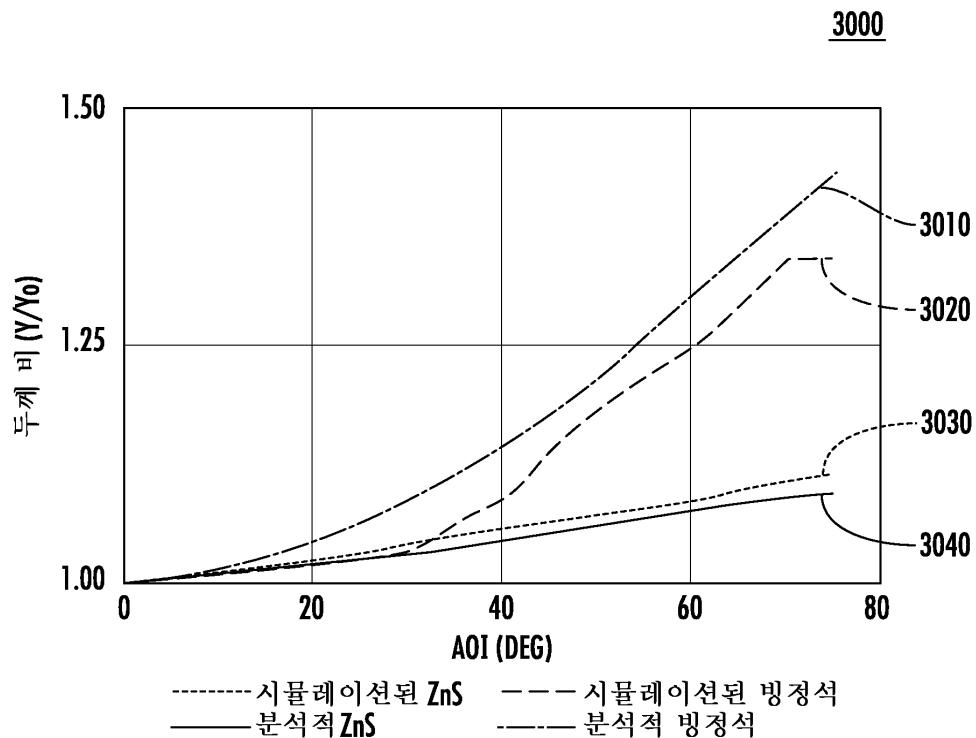
도면28



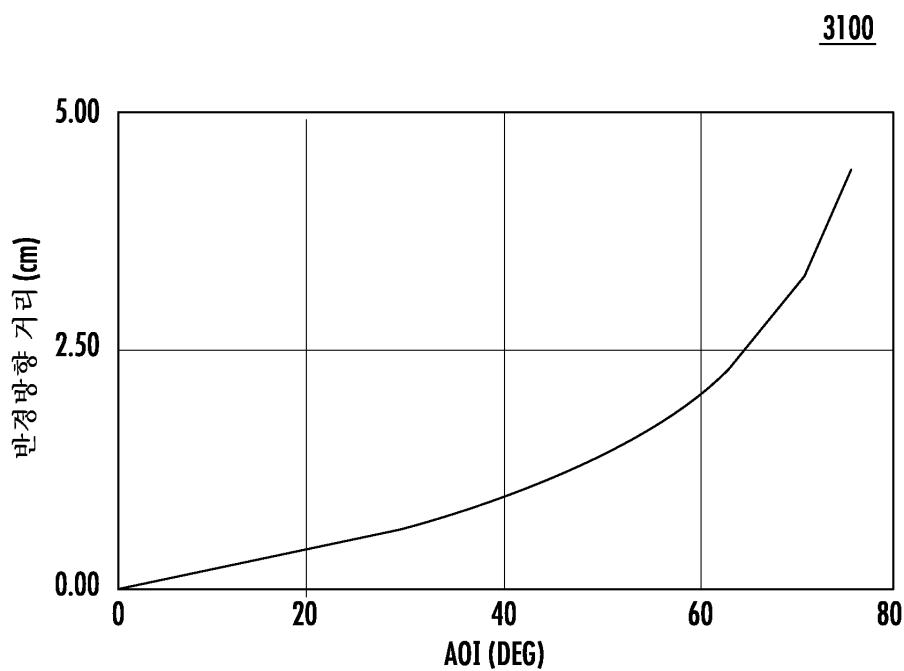
도면29



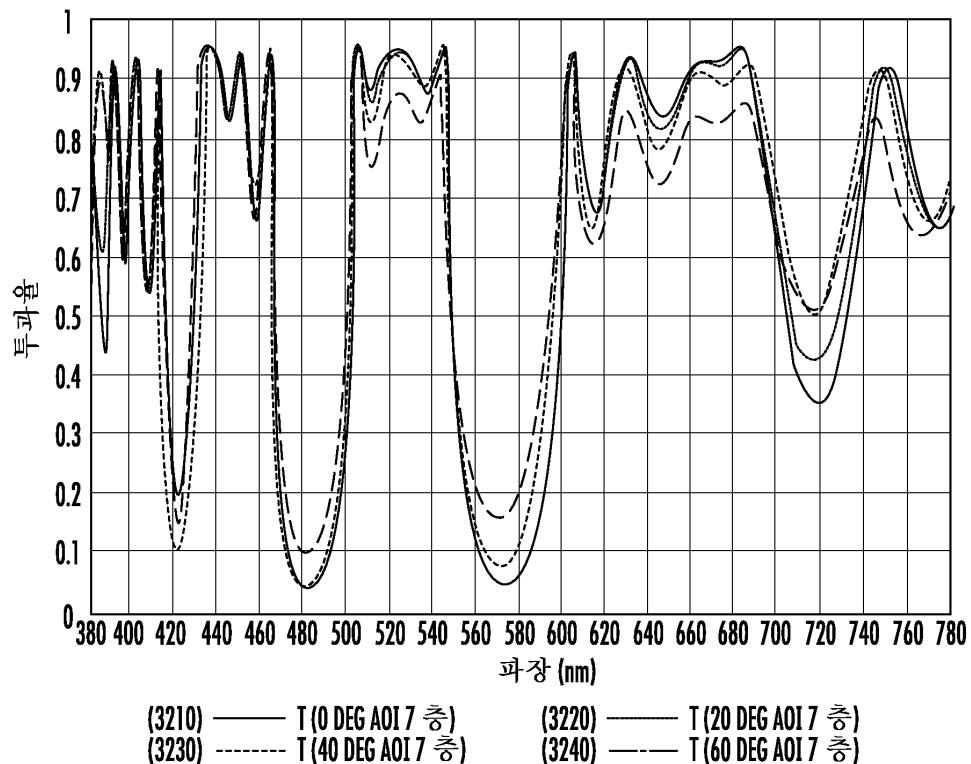
도면30



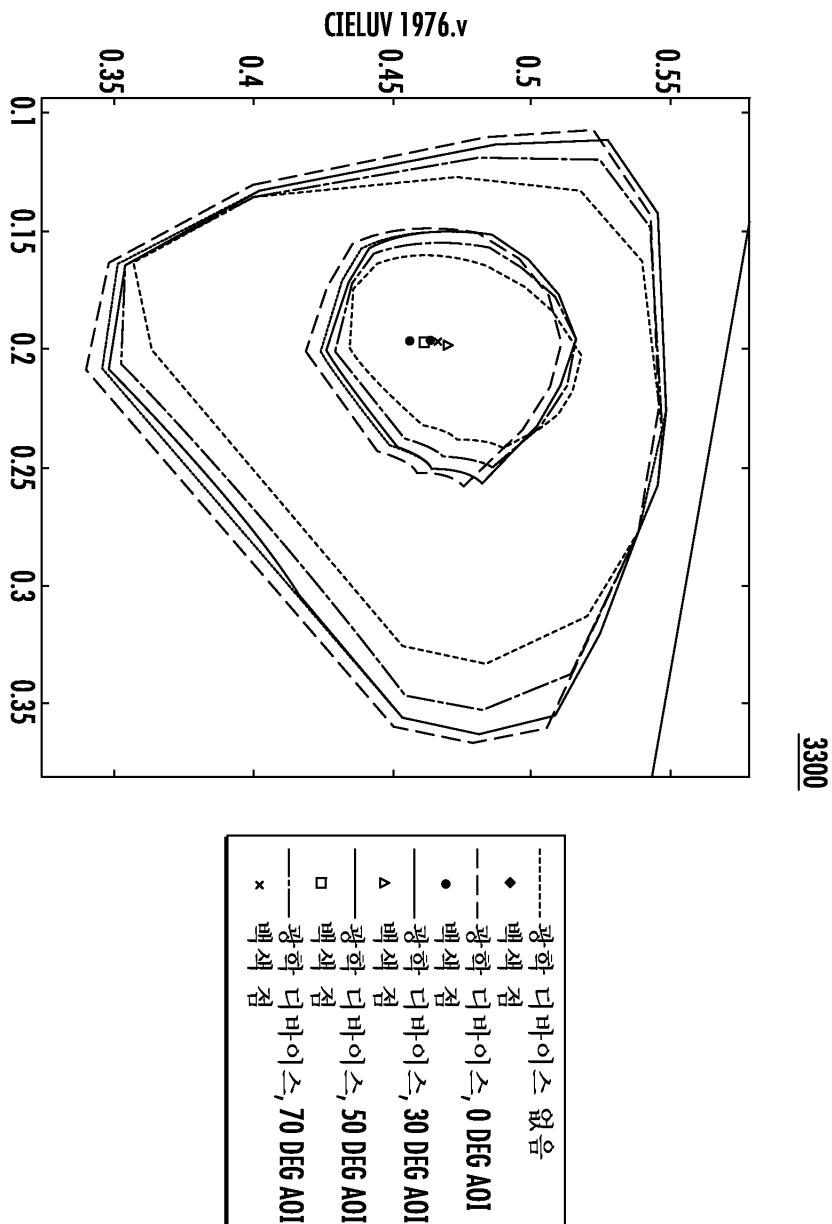
도면31



도면32

3200

도면33



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 17

【변경전】

인간의 컬러 비전을 향상시키기 위한 광학 디바이스를 생성하기 위한 방법으로서,

착색제들을 선택하고, 상기 선택된 착색제들의 농도들을 생성하고, 상기 착색제를 포함하는 하나 이상의 층을 생성함으로써 착색제-특유의 흡수 스펙트럼들을 생성하는 단계;

각각의 고유의 굴절률을 각각 갖는 복수의 재료를 선택하고, 박막 내의 층 수를 선택하고, 각각의 막 층을 생성함으로써 상기 박막-특유의 반사율 스펙트럼들을 생성하는 단계; 및

상기 생성된 막 층들 및 상기 착색제를 포함하는 상기 생성된 하나 이상의 층을 포함하는 광학 디바이스를 구성하는 단계

를 포함하고,

상기 착색제-특유의 흡수 및 상기 박막-특유의 반사율은 협력하여 상기 광학 디바이스의 정적 투과 스펙트럼을 생성하고, 상기 광학 디바이스는, 코즈메틱 틴트가 2개 이상의 광원의 세트로부터의 모든 광원 하에서 0.35 내의 백색 점 이동을 갖고, 상기 광원이 하나의 광원으로부터 또 다른 광원으로 변경될 때 30 미만의 명도에서의 차이를 갖도록 메타메리즘 제어를 나타내고, 광원들은 CIE, D55, D65, D75, F2, F7, F11 및 L-시리즈 LED 광원들의 푸울로부터 선택되는 방법.

【변경후】

인간의 컬러 비전을 향상시키기 위한 광학 디바이스를 생성하기 위한 방법으로서,

착색제들을 선택하고, 상기 선택된 착색제들의 농도들을 생성하고, 상기 착색제를 포함하는 하나 이상의 총을 생성함으로써 착색제-특유의 흡수 스펙트럼들을 생성하는 단계;

각각의 고유의 굴절률을 각각 갖는 복수의 재료를 선택하고, 박막 내의 총 수를 선택하고, 각각의 막 총을 생성함으로써 박막-특유의 반사율 스펙트럼들을 생성하는 단계; 및

상기 생성된 막 총들 및 상기 착색제를 포함하는 상기 생성된 하나 이상의 총을 포함하는 광학 디바이스를 구성하는 단계

를 포함하고,

상기 착색제-특유의 흡수 및 상기 박막-특유의 반사율은 협력하여 상기 광학 디바이스의 정적 투과 스펙트럼을 생성하고, 상기 광학 디바이스는, 코즈메틱 틴트가 2개 이상의 광원의 세트로부터의 모든 광원 하에서 0.35 내의 백색 점 이동을 갖고, 상기 광원이 하나의 광원으로부터 또 다른 광원으로 변경될 때 30 미만의 명도에서의 차이를 갖도록 메타메리즘 제어를 나타내고, 광원들은 CIE, D55, D65, D75, F2, F7, F11 및 L-시리즈 LED 광원들의 푸울로부터 선택되는 방법.