



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년08월16일

(11) 등록번호 10-1768548

(24) 등록일자 2017년08월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02C 7/10 (2006.01) *A61F 2/16* (2006.01)
G02B 5/23 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2011-7024951
 (22) 출원일자(국제) 2010년03월25일
 심사청구일자 2015년03월09일
 (85) 번역문제출일자 2011년10월21일
 (65) 공개번호 10-2012-0059448
 (43) 공개일자 2012년06월08일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2010/028680
 (87) 국제공개번호 WO 2010/111499
 국제공개일자 2010년09월30일
 (30) 우선권주장
 61/163,227 2009년03월25일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020080094112 A*
 WO2008067109 A1*
 JP2006527397 A
 JP08254603 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 하이 퍼포먼스 옵틱스 인코퍼레이티드
 미국 버지니아주 24018 로아노크 스타키 로드
 4502 스위트 109 프로페셔널 파크
 (72) 발명자
 이삭, 앤드루 더블유
 미국, 벨몬트 05819, 워터포드, 디어 런 레인 23
 해드독, 조슈아 엔
 미국, 버지니아 24011, 로우노크, 에스더블유, 처
 치 에버뉴 17
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 특허법인천문

전체 청구항 수 : 총 31 항

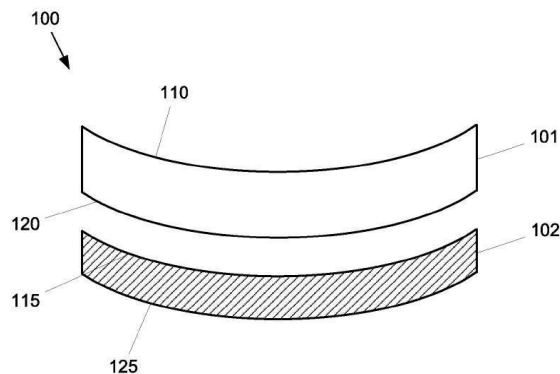
심사관 : 정향남

(54) 발명의 명칭 특정 청색광 파장을 선택적으로 필터링하는 광변색성 안과용 시스템

(57) 요약

광변색성 요소 및 청색-차단 요소 모두를 포함하는 안과용 시스템이 제공된다.

대표도 - 도1a



(72) 발명자

코코나스키, 윌리엄

미국, 워싱턴 98335, 각 하버, 엔.더블유., 44번
스트리트 1807

더스톤, 드와이트 피

미국, 캘리포니아 92677, 라구나 니구엘, 페어레인
59

이열, 벤카트로마니 에스

미국, 버지니아 24012, 로우노크, 써머필드 드라이
브 1932

블럼, 로날드 디

미국, 버지니아 24018, 로우노크, 실버 폭스 로드
5320

맥기니스, 셴 피

미국, 버지니아 24014, 로우노크, 에스더블유, 리
첼리우 에버뉴 2716

팩칼드, 마이클 비

미국, 오하이오 45215, 썬시네티, 수트 비, 포리스
트 에버뉴 118

명세서

청구범위

청구항 1

활성화된 상태와 비활성화된 상태를 갖는 광변색성 요소; 및

상기 광변색성 요소보다 전방(anterior)에 위치하는 청색-차단 요소를 포함하되,

상기 광변색성 요소가 비활성화된 상태이거나 활성화된 상태 모두에서, 상기 청색-차단 요소는, 420 nm 내지 440 nm의 범위 내에서 선택되되 430 nm를 포함하도록 선택되는 소정 파장 범위의 광을 필터링하고, 400 nm부터 700 nm까지의 각 파장 중 상기 소정 파장 범위를 초과하는 파장의 광을 80% 이상의 투과율로 투과시키며,

상기 광변색성 요소는 활성화된 상태에서 가시광선을 필터링하되 상기 소정 파장 범위를 벗어난 파장의 가시광선까지도 필터링하는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광변색성 요소가 활성화된 상태에서 가시 스펙트럼 전체의 평균 투과율은, 상기 광변색성 요소가 비활성화된 상태에서 상기 가시 스펙트럼 전체의 평균 투과율보다 20% 이상 적은 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 광변색성 요소가 활성화된 상태에서 상기 소정 파장 범위의 평균 투과율은, 상기 광변색성 요소가 비활성화된 상태에서 상기 소정 파장 범위의 평균 투과율보다 적은 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 광변색성 요소가 활성화된 상태에서 상기 소정 파장 범위의 평균 투과율은, 상기 광변색성 요소가 비활성화된 상태에서 상기 소정 파장 범위의 평균 투과율의 20% 이내인 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 광변색성 요소가 활성화된 상태에서 상기 소정 파장 범위의 평균 투과율은, 상기 광변색성 요소가 비활성화된 상태에서 상기 소정 파장 범위의 평균 투과율의 5% 이내인 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 청색-차단 요소는 광변색성이 아닌 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 청색-차단 요소는 상기 소정 파장 범위에 해당하는 광의 20% 이상을 선택적으로 필터링하는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 청색-차단 요소는 상기 소정 파장 범위에 해당하는 광의 50% 이상을 선택적으로 필터링하는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

제1항에 있어서,

소정 범위의 파장을 선택적으로 필터링하며 A2E 외의 발색단을 포함하는 하나 이상의 부가적 청색-차단 요소를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 안과용 시스템은 정현파 격자 테스트(sine wave grating test)에서 대비 감도(contrast sensitivity)를 1 포인트 이상 증가시키는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 청색-차단 요소는 페릴렌(perylene), 포르피린(porphyrin), 쿠마린(coumarin), 아크리딘(acridine), 및 이들의 유도체들 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 18

삭제

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 청색-차단 요소는 포르피린 또는 그 유도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

제1항에 있어서,

상기 광변색성 요소는 UVB, UVA, 청색광, 가시광, 및 적외선 파장들 중 적어도 하나에 의해 활성화되는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 광변색성 요소는 UVB, UVA, 및 적외선 파장들 중 적어도 하나에 의해 활성화되는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 25

제23항에 있어서,

상기 광변색성 요소는 380nm 내지 410nm의 파장을 갖는 광에 의해 활성화되는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 26

제1항에 있어서,

UV 필터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 27

제26항에 있어서,

상기 UV 필터는 상기 광변색성 요소 후방(posterior)에 위치하는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 28

제26항에 있어서,

상기 UV 필터는 상기 광변색성 요소의 활성화가 방지될 정도까지 상기 광변색성 요소를 활성화시키는 파장을 필터링하지는 않는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 29

제1항에 있어서,

상기 안과용 시스템은 안과용 렌즈, 안경 렌즈, 콘택트 렌즈, 인공수정체, 각막 온레이(corneal onlay), 각막 그래프트(corneal graft), 전기 활성 렌즈, 바람막이 창(windshield), 또는 창문인 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 30

제29항에 있어서,

상기 안과용 시스템은 안경 렌즈인 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 31

제1항에 있어서,

상기 광변색성 요소 및 상기 청색-차단 요소 중 적어도 하나는 상기 안과용 시스템 전체에 존재하는 것을 특징

으로 하는 안과용 시스템.

청구항 32

제1항에 있어서,

상기 광변색성 요소 및 상기 청색-차단 요소 중 적어도 하나는 상기 안과용 시스템에 국부적으로 존재하는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 33

제1항에 있어서,

상기 청색-차단 요소는 청색-차단 층을 포함하고/포함하거나 상기 광변색성 요소는 광변색성 층을 포함하는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

제1항에 있어서,

상기 청색-차단 요소는 상기 광변색성 요소와 물리적 접촉을 하지 않는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 37

삭제

청구항 38

제1항에 있어서,

상기 안과용 시스템은 자동차 바람막이 창인 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 39

제1항에 있어서,

상기 안과용 시스템은, 상기 광변색성 요소가 비활성화된 상태에서, 15 이하의 황색화 지수(yellowness index)를 갖는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 40

제1항에 있어서,

상기 안과용 시스템은, 상기 광변색성 요소가 비활성화된 상태에서, 10 이하의 황색화 지수를 갖는 것으로 하는 안과용 시스템.

청구항 41

제1항에 있어서,

상기 안과용 시스템은, 상기 광변색성 요소가 비활성화된 상태에서, 9 이하의 황색화 지수를 갖는 것으로 하는 안과용 시스템.

청구항 42

제1항에 있어서,

상기 안과용 시스템은, 상기 광변색성 요소가 비활성화된 상태에서, 7 이하의 황색화 지수를 갖는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 43

제1항에 있어서,

상기 안과용 시스템은 안과용 렌즈를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

청구항 44

제1항에 있어서,

상기 청색-차단 요소는 상기 소정 파장 범위 내의 광의 10% 이상을 선택적으로 필터링하는 것을 특징으로 하는 안과용 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2009년 3월 25일자로 출원된 미국 가출원 61/163,227호의 이익을 주장한다. 본 출원은 또한 2007년 10월 31일자로 출원된 미국 특허출원 11/933,069호의 부분계속출원인데, 상기 11/933,069호는 2007년 6월 12일자로 출원된 미국 특허출원 11/761,892호의 부분계속출원이고, 상기 11/761,892호는 2006년 3월 20일자로 출원된 미국 특허출원 11/378,317호의 부분계속출원이며 2006년 6월 12일자로 출원된 미국 가출원 60/812,628호의 우선권을 주장한다. 상기 미국 특허출원 11/933,069호는 또한 2007년 8월 23일자로 출원된 미국 특허출원 11/892,460호의 부분계속출원인데, 상기 11/892,460호는 2006년 8월 23일자로 출원된 미국 가출원 60/839,432호, 2006년 9월 1일자로 출원된 미국 가출원 60/841,502호, 및 2006년 11월 28일자로 출원된 미국 가출원 60/861,247호에 기한 우선권을 주장한다. 미국 특허출원 11/933,069호는 또한 2007년 10월 8일자로 출원된 미국 가출원 60/978,175호에 기한 우선권을 주장한다. 이 모든 출원들이 전체적으로 참조로서 병합된다.

배경 기술

[0002] 태양으로부터의 전자기 방사선이 지구의 대기권으로 지속적으로 유입된다. 광(light)은 파(wave)의 형태로 진행하는 전자기 방사선으로 이루어진다. 전자기 스펙트럼은 전파, 밀리파, 마이크로파, 적외선, 가시광선, 자외선(UVA 또는 UVB), x-선, 및 감마선을 포함한다. 가시광선 스펙트럼은 약 700 nm의 최장 가시광선 파장 및 약 400 nm(나노미터 또는 10^{-9} 미터)의 최단 가시광선 파장을 포함한다. 청색광 파장은 약 400 nm 내지 500 nm의 범위 내에 속한다. 자외선 대역과 관련하여서는, UVB 파장이 290 nm부터 320 nm까지이고, UVA 파장이 320 nm부터 400 nm까지이다. 감마선 및 x-선은 이 스펙트럼의 더욱 높은 주파수들을 형성하며, 대기권에서 흡수된다. 자외선(UVR)의 파장 스펙트럼은 100-400 nm이다. 대부분의 UVR 파장은 성층권에 오존 파괴 영역이 있는 곳을 제외하고는 대기권에서 흡수된다. 지난 20년 동안, 주로 산업 공해로 인한 오존층 파괴가 기록되고 있다. UVR 시각 장애 및 피부 질환에 대한 부담이 커질 것으로 예상되기 때문에 UVR 노출의 증가는 공중 건강에 광범위한 영향을 미친다.

[0003] 오존층은 286 nm의 파장까지 흡수함으로써 생명체들이 가장 높은 에너지를 갖는 방사선에 노출되는 것을 차단한다. 그러나, 우리들은 286 nm를 초과하는 파장들에는 노출되는데, 이들의 대부분은 인간의 가시 스펙트럼(400-700 nm) 내에 해당한다. 인간의 망막은 전자기 스펙트럼의 가시광선 부분에 대해서만 반응한다. 짧은 파장일수록 지대한 위험을 초래하는데 이것은 이들이 파장과 반비례하게 더욱 큰 에너지를 갖기 때문이다. 청색광은 가시 스펙트럼 중에서 동물의 망막 색소 상피(RPE) 세포의 광화학적 손상 대부분을 야기하는 부분이라고 알려져 있다. 이들 파장에 대한 노출은 청색광 위험(blue light hazard)으로 불리워지고 있는데, 이는 이들 파장이 사람의 눈에 청색으로 인지되기 때문이다.

[0004] 백내장 및 황반 퇴화(macular degeneration)는 인공수정체 및 망막의 광화학적 손상에 따른 결과라고 널리 알려져 있다. 청색광 노출은 포도막 흑색종 세포들(uveal melanoma cells)의 증식을 가속시키는 것으로 밝혀졌다. 가시 스펙트럼에서 가장 활동적인 광자(photon)는 380nm와 500nm 사이의 파장을 가지며 보라색 또는 청색으로 인지된다. 모든 메카니즘들에 걸쳐 합쳐진 광독성의 파장 의존성은, 메인스터(Mainster)와 스팔로우(Sparrow)의 "인공수정체(IOL)는 얼마만큼의 청색광을 투과시켜야 하는가?" 영국 안과학 저널(Br. J. Ophthol.), 2003,

v.87, pp. 1523-29 및 Fig.6에 기술되어 있는 것과 같은 액션 스펙트럼(action spectrum)으로 종종 대표된다. 인공수정체가 없는 눈(수정체가 없는 눈)의 경우 400nm보다 짧은 파장을 갖는 광이 손상을 입힐 수 있다. 수정체가 있는 눈의 경우, 이와 같은 광은 인공수정체에 흡수되기 때문에 망막의 광독성에 전혀 기여하지 않는다. 다만, 그것은 렌즈의 광학적 열화(degradation) 또는 백내장을 야기할 수 있다.

[0005] 눈의 동공은 트롤랜드(troland) 단위의 명소 망막 조도(photopic retinal illuminance)에 반응을 하는데, 파장에 따른 망막의 감도 및 동공의 투사 면적과 함께 입사량(incident flux)에 의해 반응이 결정된다. 상기 감도는 위스체키와 스타일스((Wyszecki and Stiles), 색채 과학(Color Science): 개념 및 방법, 정량적 데이터 및 공식(Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae) [윌리(Wiley): 뉴욕] 1982, pp.102-107에 기술되어 있다.

[0006] 약 400nm - 500nm의 파장을 갖는 단파장 가시광(청색광)이 AMD(노년성 황반 퇴화)의 하나의 원인일 수 있다는 전제가 현재 연구에 의해 강하게 뒷받침되고 있다. 가장 높은 레벨의 청색광 흡수는 400nm - 460nm와 같은 430nm 부근에서 발생한다고 여겨지고 있다. 상기 연구는 또한, 청색광이 유전, 흡연, 및 과도한 음주와 같은 AMD의 또 다른 요인들을 더욱 악화시킨다는 것을 시사하고 있다.

[0007] 인간의 망막은 다수의 층들을 포함한다. 이 층들을 눈에 입사되는 광에 첫 번째로 노출되는 것으로부터 가장 깊이 위치한 층의 순서로 열거하면 다음과 같다:

[0008] 1) 신경 섬유층

[0009] 2) 신경절 세포

[0010] 3) 내망상층

[0011] 4) 이극신경세포 및 수평세포

[0012] 5) 외망상층

[0013] 6) 광수용체(막대세포 및 원뿔세포)

[0014] 7) 망막색소상피(RPE)

[0015] 8) 부르크막(Bruch's Membrane)

[0016] 9) 맥락막

[0017] 광이 눈의 광수용체 세포들(막대세포 및 원뿔세포)에 의해 흡수될 때, 상기 세포들은 바래지고(bleach) 회복될 때까지는 광을 수용할 수 없게 된다. 이 회복 과정은 대사 과정(metabolic process)이며 "가시 주기(visual cycle)"로 지칭된다. 청색광의 흡수는 이 과정을 너무 이르게 반전시키는 것으로 나타났다. 때 이른 반전은 산화 손상(oxidative damage)의 위험을 증가시키고, 망막 내에 색소 리포푸신(pigment lipofuscin)의 축적을 야기한다고 여겨진다. 이러한 축적은 망막색소상피(RPE) 층에서 발생한다. 과량의 리포푸신으로 인해 드루젠(drusen)이라 불리는 세포외 물질들의 모양체(aggregates)가 형성된다고 여겨진다.

[0018] 요즘 연구에 의하면, 망막과 광의 상호작용으로 인해, 유아기부터 시작하여 평생 동안 대사성 폐기 부산물들이 망막의 색소상피 층 내에 누적된다. 이러한 대사성 폐기 부산물은 특정 형광단들(fluorophores)에 의해 특징지어지는데, 가장 중요한 것들 중 하나는 리포푸신 성분 A2E이다. 스팔로우(Sparrow)에 의한 체외(in-vitro) 연구는, RPE 내에서 발견된 리포푸신 발색단 A2E가 430nm 광에 의해 최대로 여기되는 것을 보여준다. 이러한 대사성 폐기물(특히, 리포푸신 형광단)의 축적이 지속되어 특정 레벨로 누적되면 티핑 포인트(tipping point)에 도달하고, 인간이 특정 한계 연령에 도달하면 이러한 폐기물을 망막 내에서 대사작용을 통해 처리하는 인체의 생리적 능력이 쇠퇴하며, 소정 파장의 청색광 자극으로 인해 RPE 층에 드루젠이 형성된다는 이론이 세워진다. 이렇게 형성된 드루젠은, 적절한 영양소가 광수용체들에 도달하는 것을 허용하는 통상의 생리적/대사적 활동을 더욱 방해함으로써 노년성 황반 퇴화(age-related macular degeneration)(AMD)에 일조한다고 여겨진다. 미국 및 서방 세계에서 AMD는 돌이킬 수 없는 심각한 시력 상실의 가장 중요한 원인이다. 예상되는 인구 이동 및 노화 인구의 전체적 증가로 말미암아 AMD에 대한 부담은 향후 20년 내에 급속도로 증가할 것으로 예상된다.

[0019] 드루젠은 RPE 층이 적절한 영양소를 광수용체들에게 제공하는 것을 방해하거나 차단함으로써 이 세포들의 손상을 야기하거나 심지어 세포들의 사멸을 야기한다. 이 과정을 좀 더 복잡하게 설명하면, 리포푸신이 많은 양의 청색광을 흡수하면 유독성을 띄게 되어 RPE 세포들의 손상 또는 사멸을 야기한다. 리포푸신 성분 A2E는 RPE 세

포들의 단파장 감도에 최소한 부분적으로 책임이 있다고 여겨진다. A2E는 청색광에 의해 최대로 여기되는 것이 밝혀졌으며; 그러한 여기의 결과로 벌어지는 광화학적 사건들은 세포의 사멸을 야기할 수 있다. 예를 들어, 자넷 알. 스팔로우(Janet R. Sparrow) 등, "청색광-흡수 인공수정체 및 망막색소상피 세포 보호," 백내장 굴절 수술 저널(J. Cataract Refract. Surg.), 2004, vol.30, pp.873-78 참조.

- [0020] 이론적 관점에서, 다음의 사건들이 발생하는 것으로 보인다.
- [0021] 1) 유아기부터 시작하여 평생 동안 폐기물의 축적이 색소상피 레벨 내에 발생한다.
- [0022] 2) 나이가 많아짐에 따라 망막의 대사 활동 및 망막의 상기 폐기물 처리 능력은 전형적으로 감소한다.
- [0023] 3) 나이가 많아짐에 따라 전형적으로 황반 색소가 감소하고, 따라서 필터링되는 청색광의 양도 적어진다.
- [0024] 4) 청색광은 리포푸신이 유독해지도록 만든다. 이렇게 야기된 독성은 색소상피세포들을 손상시킨다.
- [0025] 조명 및 시력관리 산업계에는 UVA 및 UVB에 대한 인간 시야 노출과 관련된 표준들이 있다. 놀랍게도, 청색광과 관련하여서는 그러한 표준이 존재하지 않는다. 예를 들어, 오늘날 이용 가능한 보통의 형광등의 경우, 유리관은 자외선광을 대부분 차단하지만, 청색광은 거의 감쇠 없이 투과된다. 어떤 경우에는, 상기 관이 스펙트럼의 청색 범위에서 강화된 투과율을 갖도록 디자인된다. 광 위험을 제공하는 이러한 인공 광원도 역시 눈 손상을 야기할 수 있다.
- [0026] 콜롬비아 대학의 스팔로우에 의해 제시된 실험적 증거는, 430 ± 30 nm의 파장 범위 내의 청색광의 약 50%가 차단 되면 청색광에 의해 야기되는 RPE 세포 사멸이 80%까지 감소될 수 있음을 보여주고 있다.
- [0027] 눈 건강을 향상시키기 위한 일환으로 청색광을 차단하는 선글라스, 안경, 고글, 및 콘택트 렌즈와 같은 외부 안경류가, 예를 들어 프랫(Pratt)에 허여된 미국 특허 제6,955,430호에 개시되어 있다. 이러한 광독성의 광으로부터 망막을 보호하려는 목적을 갖는 다른 안과용 장치로서는 인공수정체 및 콘택트 렌즈가 있다. 이러한 안과용 장치들은 외부의 광과 망막 사이의 광학적 경로에 위치하게 되며, 일반적으로, 청색광 및 보라색광을 선택적으로 흡수하는 염료를 포함하거나 그러한 염료로 코팅되어 있다.
- [0028] 청색광을 차단함으로써 색수차(chromatic aberration)를 감소시키고자 한 다른 렌즈들이 공지되어 있다. 색수차는 각막, 인공수정체, 수양액(aqueous humour), 및 유리체(vitreous humour)를 포함하는 안구 매체(ocular media)의 광학적 분산에 의해 야기된다. 이러한 분산은 청색광을 더 긴 파장의 광과는 다른 이미지 평면으로 포커싱함으로써 풀 컬러 이미지(full color image)의 초점을 흐리게 한다. 통상의 청색 차단 렌즈들이 파텔(Patel) 등에 허여된 미국 특허 제6,158,862호, 진커슨(Jinkerson)에 허여된 미국 특허 제5,662,707호, 조한센(Johansen)에 허여된 미국 특허 제5,400,175호, 및 조한센(Johansen)에 허여된 미국 특허 제4,878,748호에 기술되어 있다.
- [0029] 안구 매체가 청색광에 노출되는 것을 줄이기 위한 종래의 방법들은 전형적으로 한계 파장 아래의 광들을 완전하게 막지만, 그와 동시에 더 긴 파장의 광에 대한 노출도 역시 감소시킨다. 예를 들어, 프랫(Pratt)에 허여된 미국 특허 제6,955,430호에 기술된 렌즈는, 프랫 '430 특허의 도 6에 나타난 바와 같이, 650nm만큼 긴 파장에서 입사광의 40% 미만만을 투과시킨다. 이와 유사하게, 미국 특허 제5,400,175호에서 조한센(Johansen)과 디펜다퍼(Diffendaffer)에 의해 개시된 청색광 차단 렌즈도, '175 특허의 도 3에 예시된 바와 같이, 가시 스펙트럼 전체에 대하여 광을 60% 이상 약화시킨다.
- [0030] 청색광을 차단 및/또는 억제하는 것은 색 밸런스, 색 식별력(color vision)(광학 장치가 이용될 경우), 및 사람에게 인지되는 광학 장치의 색에 영향을 미치기 때문에, 청색광의 차단 범위 및 양을 밸런싱하는 것이 어려울 수 있다. 예를 들어, 사격 안경은 명황색을 띄고 청색광을 차단한다. 사격 안경은 사용자가 푸른 하늘을 볼 때 특정 색들이 더욱 뚜렷히 보이도록 함으로써 사격자가 목표물을 더욱 신속하고 더욱 정확하게 파악할 수 있도록 한다. 이러한 기능은 사격 안경에 적합할 수는 있으나 많은 안과용 제품들에서는 부적합할 것이다. 특히, 그러한 안과용 시스템은, 청색 차단을 위해 렌즈에 생성된 황색 또는 호박색의 색조 때문에, 미적으로 매력적이지 못할 수 있다. 더욱 구체적으로는, 청색 차단을 위한 일반적 기술로서, BPI 필터 비전 450(BPI Filter Vision 450) 또는 BPI 다이아몬드 염료 500(BPI Diamond Dye 500)과 같은 청색 차단 색재(tint)로 렌즈에 색조를 넣거나 렌즈를 염색하는 방법이 있다. 렌즈에 색조를 넣는 것은, 예를 들어 청색 차단 염료 용액이 담겨있는 가열된 염색 용기에 렌즈를 소정의 시간 동안 침지시킴으로써 수행될 수 있다. 전형적으로, 상기 염료 용액은 황색 또는 호박색을 띄기 때문에 황색 또는 호박색 색조를 상기 렌즈에 부여한다. 많은 사람들에게 있어서, 이와 같은 황색 또는 호박색 색조의 발현은 미적으로 바람직하지 못하다. 더욱이, 상기 색조는 렌즈 사용자의 정상적인 색

인지를 방해할 수 있는데, 예를 들어 교통 신호등 또는 교통 표시판의 색을 정확히 인지하기 어렵게 만들 수 있다.

[0031] 종래의 청색 차단 필터의 상기 황색화 현상을 보완하기 위한 노력들이 행하여지고 있다. 예를 들어, 상기 황색화 현상을 상쇄시키기 위하여 청색 차단 렌즈가 청색, 적색, 또는 녹색 염료와 같은 추가적 염료로 처리되고 있다. 이러한 처리로 인해 추가적 염료와 원래의 청색 차단 염료가 섞여버리게 된다. 그러나, 이와 같은 기술은 청색 차단 렌즈에서 황색을 감소시킬 수는 있으나, 염료들의 섞임으로 인해 청색광 스펙트럼의 더 많은 부분이 통과되어 청색 차단 효과가 감소될 수 있다. 더욱이, 이러한 종래의 기술들은 청색광 파장 외의 다른 파장의 광에 대한 전체적 투과율도 감소시키는데, 이것은 바람직하지 않다. 이러한 원치 않는 감소는 결국 렌즈 사용자의 시각적 예리함을 감소시킨다.

[0032] 종래의 청색-차단은 가시 투과율을 감소시켜 동공을 팽창시키는 것으로 밝혀졌다. 동공의 팽창은 인공수정체 및 망막을 포함하는 눈 내부 구조에 입사되는 광속(flux of light)을 증가시킨다. 이 구조들로 입사하는 방사속(radiant flux)은 동공 지름의 제곱에 비례하여 증가하기 때문에, 청색광의 반을 차단하지만 그와 동시에 가시 투과율도 감소시켜 동공의 직경을 2mm 내지 3mm 증가시키는 렌즈는, 망막에 도달하는 청색 광자의 양을 실제로는 12.5% 증가시킬 것이다. 광독성 광으로부터의 망막 보호는 망막에 지장을 주는 이러한 광의 양에 의존하는데, 망막에 지장을 주는 광의 양은 안구 매체의 투과율 특성에 의존할 뿐만 아니라 동공의 동적 조리개(dynamic aperture)에도 의존한다. 오늘날까지의 연구는 광독성 청색광을 예방함에 있어 동공이 어떠한 기여를 하는가에 대하여 침묵하고 있다.

[0033] 종래의 청색-차단이 가지고 있는 또 다른 문제는, 그것이 야간 시야(night vision)를 저하시킬 수 있다는 것이다. 청색은 밝은 광 또는 명소시(photopic vision)에 비하여 낮은 광 레벨 또는 암소시(scotopic vision)에서 더욱 중요한데, 이는 암소 및 명소에 대한 광감도(luminous sensitivity) 스펙트럼들에 정량적으로 나타난 결과이다. 광화학 반응 및 산화 반응은 인공수정체 조직(tissue)에 의한 400 내지 450nm 광 흡수를 나이와 함께 자연스럽게 증가시킨다. 어두운 환경에서의 시야를 책임지는 망막의 막대 광수용체의 개수가 나이가 들에 따라 줄어든다. 하지만, 인공수정체에 의한 상기 흡수는 야간 시야 감퇴의 중요한 원인이다. 예를 들어, 암소 감도는 53세 인공수정체에서 33% 감소되고, 75세 인공수정체에서 75% 감소된다. 망막 보호와 암소 감도 사이의 갈등(tension)이, 메인스터(Mainster)와 스팔로우(Sparrow)의 "인공수정체(IOL)는 얼마만큼의 청색광을 투과시켜야 하는가?" 영국 안과학 저널(Br. J. Ophthalmol.), 2003, v.87, pp. 1523-29 및 Fig.6에 더 기술되어 있다.

[0034] 또한, 청색 차단에 대한 종래의 접근 방식은 특정 청색 또는 보라색의 투과율을 제로(zero)로 감소시키는 차단 필터 또는 고역 통과 필터(high-pass filter)를 포함한다. 예를 들어, 한계 파장 아래의 모든 광이 완전히 또는 거의 완전히 차단될 수 있다. 예를 들어, 메인스터(Mainster)가 출원한 미국 공개특허출원 제2005/0243272호 및 메인스터, "인공수정체는 UV 복사 및 보라색을 차단하여야 하지만 청색을 차단하여서는 않된다," 아크 오프탈(Arch. Ophthalmol.), v. 123, p.550 (2005)에는, 400과 450 nm 사이의 한계 파장 아래의 모든 광이 차단되는 것이 기술되어 있다. 이러한 차단은 바람직하지 않을 수 있는데, 그 이유는, 장파 통과 필터(long pass filter)의 에지(edge)가 더 긴 파장으로 이동함에 따라 동공의 팽창이 총 광속을 증가시키기 때문이다. 전술한 바와 같이, 이것은 암소 감도를 저하시키고 색 왜곡을 증가시킬 수 있다.

[0035] 인공수정체(IOLs) 분야에서는, 허용 가능한 명소시, 암소시, 색 식별력, 및 생물학적 주기 리듬을 유지하면서도 UV 및 청색광을 적절히 차단하는 것에 관한 논쟁이 최근 벌어지고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0036] 전술한 내용을 고려할 때, 다음의 사항들 중 하나 이상을 제공할 수 있는 안과용 시스템이 필요하다:

[0037] 1) 허용 가능한 레벨로 청색광 보호를 할 수 있는 청색 차단.

[0038] 2) 허용 가능한 색 미감, 즉, 안과용 시스템이 착용될 때 그것을 바라보는 관찰자에 의해 가장 중립적인 색으로 인지되는 것.

[0039] 3) 허용 가능한 사용자의 색 인지. 특히, 착용자의 색 식별력을 손상시키지 않을 뿐만 아니라, 시스템의 후면으로부터 착용자 눈으로 반사가 착용자에게 거부감을 주지 않을 정도인 시스템이 필요하다.

[0040] 4) 청색광 외의 다른 파장들에 대한 허용 가능한 광투과율 레벨. 특히, 청색광 파장을 선별적으로 차단시킴과

동시에 가시광의 80% 이상을 투과시키는 안과용 시스템이 필요하다.

[0041] 5) 허용 가능한 명소시, 암소시, 색 식별력, 및/또는 생물학적 주기 리듬.

[0042] 점점 더 많은 데이터들이 시력 감퇴(산업화된 세상에서 실명의 중요 원인) 및 다른 망막 질병들을 유발하는 가능한 요인들 중 하나로서 청색광을 지목하고 있으므로, 이러한 필요성이 존재한다.

과제의 해결 수단

[0043] 광변색성 요소 및 청색-차단 요소를 모두 포함하는 안과용 시스템이 제공된다.

[0044] 일 실시예에서, 안과용 시스템은 하나 이상의 청색-차단 요소 및 하나 이상의 광변색성 요소를 포함하되, 상기 청색-차단 요소는 약 430 nm의 파장을 포함하는 청색광 파장의 소정 범위를 지속적 및 선택적으로 필터링하고, 상기 광변색성 요소는, 활성화된 때, 상기 청색광 파장의 소정 범위 외의 파장을 포함하는 가시광선을 필터링한다.

[0045] 일 실시예에서, 활성화된 상기 시스템에서 가시 스펙트럼 전체의 평균 투과율은, 비활성의 상기 시스템에서 상기 가시 스펙트럼 전체의 평균 투과율보다 20% 이상 적다.

[0046] 다른 실시예에서, 활성화된 상기 시스템에서 상기 청색광 파장의 소정 범위의 평균 투과율은, 비활성의 상기 시스템에서 상기 청색광 파장의 소정 범위의 평균 투과율보다 적다.

[0047] 다른 실시예에서, 활성화된 상기 시스템에서 상기 청색광 파장의 소정 범위의 평균 투과율은, 비활성의 상기 시스템에서 상기 청색광 파장의 소정 범위의 평균 투과율의 20% 또는 5% 이내이다.

[0048] 일 실시예에서, 상기 청색-차단 요소는 광변색성이 아니다.

[0049] 일 실시예에서, 상기 청색-차단 요소는 상기 청색광 파장의 소정 범위에 해당하는 광의 20% 이상, 또는 50% 이상을 선택적으로 필터링한다.

[0050] 일 실시예에서, 상기 청색광 파장의 소정 범위는 약 420 nm 내지 약 440 nm, 약 410 nm 내지 약 450 nm, 또는 약 400 nm 내지 약 460 nm의 파장들을 포함한다.

[0051] 다른 실시예에서, 상기 시스템은, 소정 범위의 파장을 선택적으로 필터링하며 A2E 외의 발색단을 포함하는 하나 이상의 부가적 청색-차단 요소를 더 포함한다.

[0052] 또 다른 실시예에서, 상기 시스템은 정현파 격자 테스트(sine wave grating test)(예를 들어, FACTTM)에서 대비 감도(contrast sensitivity)를 1 포인트 이상 증가시킨다.

[0053] 다른 실시예에서, 활성 및/또는 비활성의 상기 시스템은 8 미만 또는 5 미만의 황색도 지수(yellowness index)를 갖는다.

[0054] 일 실시예에서, 백색광은, 활성화 및/또는 비활성의 상기 시스템을 통과할 때, $(0.33 \pm 0.05, 0.33 \pm 0.05)$ 의 CIE(x,y) 좌표를 갖는다.

[0055] 일 실시예에서, 상기 청색-차단 요소는 페릴렌(perylene), 포르피린(porphyrin), 쿠마린(coumarin), 아크리딘(acridine), 및 이들의 유도체들 중 적어도 하나를 포함한다. 어떤 실시예에서는, 상기 청색-차단 요소는 페릴렌 또는 그 유도체, 포르피린 또는 그 유도체, 또는 마그네슘 테트라메시틸포르피린(magnesium tetramesitylporphyrin)을 포함한다.

[0056] 다른 실시예에서, 상기 청색-차단 요소는 약 1 ppm 내지 약 50 ppm, 또는 약 2 ppm 내지 약 10 ppm 농도의 청색-차단 염료를 포함한다.

[0057] 일 실시예에서, 상기 광변색성 요소는 UVB, UVA, 청색광, 가시광, 및 적외선 파장들 중 적어도 하나에 의해 활성화된다. 다른 실시예에서, 상기 광변색성 요소는 UVB, UVA, 및 적외선 파장들 중 적어도 하나에 의해 활성화된다. 또 다른 실시예에서, 상기 광변색성 요소는 약 380nm 내지 약 410nm의 파장을 갖는 광에 의해 활성화된다.

[0058] 일 실시예에서, 상기 시스템은 UV 필터를 더 포함한다. 일 실시예에서, 상기 UV 필터는 상기 광변색성 요소 후방(posterior)에 위치한다. 다른 실시예에서, 상기 UV 필터는 활성화가 방지될 정도까지 상기 광변색성 요소를 활성화시키는 파장을 필터링하지는 않는다.

[0059] 일 실시예에서, 상기 시스템은 안과용 렌즈, 안경 렌즈, 콘택트 렌즈, 인공수정체, 각막 온레이(corneal onlay), 각막 그래프트(corneal graft), 전기 활성 렌즈, 바람막이 창(windshield), 또는 창문이다. 일 실시예에서, 상기 시스템은 안경 렌즈이다.

[0060] 일 실시예에서, 상기 광변색성 요소 및 상기 청색-차단 요소 중 적어도 하나는 상기 시스템 전체에 존재한다. 다른 실시예에서, 상기 광변색성 요소 및 상기 청색-차단 요소 중 적어도 하나는 상기 시스템에 국부적으로 존재한다.

[0061] 일 실시예에서, 상기 청색-차단 요소는 청색-차단 층을 포함하고/포함하거나 상기 광변색성 요소는 광변색성 층을 포함한다.

[0062] 일 실시예에서, 상기 청색-차단 요소는 상기 광변색성 요소 전방(anterior)에 위치한다. 다른 실시예에서, 상기 청색-차단 요소는 상기 광변색성 요소 후방(posterior)에 위치한다. 일 실시예에서, 상기 청색-차단 요소는 상기 광변색성 요소와 물리적 접촉을 하지 않는다. 다른 실시예에서, 상기 청색-차단 요소와 상기 광변색성 요소는 혼재되어 있다.

도면의 간단한 설명

[0063] 도 1a 및 1b는 후방의 청색 차단 요소 및 전방의 색 밸런싱 요소를 포함하는 안과용 시스템의 예들을 보여준다. 도 2는 안과용 시스템 형성을 위한 염료 레지스트(dye resist)의 사용 예를 보여준다. 도 3은 청색 차단 요소와 색 밸런싱 요소가 투명한 또는 거의 투명한 안과용 렌즈에 통합된 시스템을 예시한다. 도 4는 인-몰드(in-mold) 코팅을 이용하여 형성된 안과용 시스템을 예시한다. 도 5는 2개의 안과용 요소들의 결합을 예시한다. 도 6은 반사 방지 코팅을 사용한 안과용 시스템을 예시한다. 도 7a-7c는 청색 차단 요소, 색 밸런싱 요소 및 안과용 요소의 다양한 조합들을 예시한다. 도 8a 및 8b는 청색 차단 및 색-밸런싱의 다기능 요소를 포함하는 안과용 시스템의 예들을 보여준다. 도 9는 다양한 CIE 좌표들에 대응하는 관찰 색들의 레퍼런스(reference)를 보여준다. 도 10은 GENTEX사의 E465 흡수성 염료의 투과율을 보여준다. 도 11은 GENTEX사의 E465 흡수성 염료의 흡수율을 보여준다. 도 12는 430nm 범위에서 흡수하기에 적절한 농도의 염료를 갖는 폴리카보네이트 기관의 투과율을 보여준다. 도 13은 반사 방지 코팅을 갖는 폴리카보네이트 기관의 파장에 따른 투과율을 보여준다. 도 14는 반사 방지 코팅을 갖는 폴리카보네이트 기관의 색 플롯(plot)을 보여준다. 도 15는 코팅되지 않은 폴리카보네이트 기관과 그 양면에 반사 방지 코팅을 갖는 폴리카보네이트 기관의 파장에 따른 투과율을 보여준다. 도 16은 폴리카보네이트 기관 상의 106nm의 TiO_2 층의 분광 투과율을 보여준다. 도 17은 폴리카보네이트 기관 상의 106nm의 TiO_2 층의 색 플롯을 보여준다. 도 18은 폴리카보네이트 기관 상의 134nm의 TiO_2 층의 분광 투과율을 보여준다. 도 19는 폴리카보네이트 기관 상의 134nm의 TiO_2 층의 색 플롯을 보여준다. 도 20은 청색 흡수 염료를 갖는 기관의 색 밸런싱에 적합한 변형된 AR 코팅의 분광 투과율을 보여준다. 도 21은 청색 흡수 염료를 갖는 기관의 색 밸런싱에 적합한 변형된 AR 코팅의 색 플롯을 보여준다. 도 22는 청색 흡수 염료를 갖는 기관의 분광 투과율을 보여준다. 도 23은 청색 흡수 염료를 갖는 기관의 색 플롯을 보여준다.

- 도 24는 청색 흡수 염료와 후방의 AR 코팅을 갖는 기관의 분광 투과율을 보여준다.
- 도 25는 청색 흡수 염료와 후방의 AR 코팅을 갖는 기관의 색 플랏을 보여준다.
- 도 26은 청색 흡수 염료와 전방 및 후방 면들 상에 AR 코팅들을 갖는 기관의 분광 투과율을 보여준다.
- 도 27은 청색 흡수 염료와 전방 및 후방 면들 상에 AR 코팅들을 갖는 기관의 색 플랏을 보여준다.
- 도 28은 청색 흡수 염료와 색 밸런싱 AR 코팅을 갖는 기관의 분광 투과율을 보여준다.
- 도 29는 청색 흡수 염료와 색 밸런싱 AR 코팅을 갖는 기관의 색 플랏을 보여준다.
- 도 30은 필름을 포함하는 예시적 안과용 장치를 보여준다.
- 도 31은 예시적 필름의 광학적 투과 특성을 보여준다.
- 도 32는 필름을 포함하는 예시적 안과용 시스템을 보여준다.
- 도 33은 필름을 포함하는 예시적 시스템을 보여준다.
- 도 34a 및 b는 필드 조도(field illuminance)에 따른 동공 직경과 동공 면적을 각각 보여준다.
- 도 35는 페릴렌(perylene) 염료가 도핑된 필름의 투과 스펙트럼을 보여주는데, 당해 농도 및 경로 길이를 가짐에 따라 약 437nm에서 약 33%의 투과율을 나타내었다.
- 도 36은 이전 도면에서 예시된 것보다 약 2.27배 높은 페릴렌 농도를 갖는 본 발명에 따른 필름의 투과 스펙트럼을 보여준다.
- 도 37은 SiO_2 및 ZrO_2 의 6층 적층물의 투과 스펙트럼을 예시한다.
- 도 38은 (L^* , a^* , b^*) 미리 정해진 광원에 의해 조사된 먼셀 타일(Munsell tiles)에 대응하는 색 공간에서의 참조 색 좌표들을 보여준다.
- 도 39a는 관련 필터의 먼셀 타일의 색 시프트 막대 그래프를 보여준다. 도 39b는 관련 청색-차단 필터에 의해 야기된 색 시프트를 보여준다.
- 도 40은 본 발명에 따른 페릴렌으로 염색된 기관의 색 시프트 막대 그래프를 보여준다.
- 도 41은 본 발명에 따른 시스템의 투과 스펙트럼을 보여준다.
- 도 42는 본 발명에 따른 장치의 일광(daylight)에서 먼셀 타일에 대한 색 왜곡을 요약하는 막대 그래프를 보여준다.
- 도 43a 및 b는 다른 인종 대상들로부터 얻어진 일련의 대표적 피부 반사 스펙트럼들을 보여준다.
- 도 44는 백인의 피부 반사 스펙트럼을 예시한다.
- 도 45는 다양한 렌즈들의 투과 스펙트럼들을 보여준다.
- 도 46은 염료들을 예시한다.
- 도 47은 하드 코팅을 갖는 안과용 시스템을 보여준다.
- 도 48은 430nm 부근에서 강한 흡수 대역을 갖는 선택적 필터의 파장에 따른 투과율을 보여준다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0064]

본 발명의 실시예들은, 청색 차단을 효과적으로 수행함과 동시에 미적으로 매력적인 제품, 정상적인 또는 허용 가능한 사용자의 색상 인지, 및 양호한 시각적 예리함을 위한 높은 레벨의 광 투과율을 제공할 수 있는 안과용 시스템에 관한 것이다. 가시광에 대해 80% 이상의 평균 투과율을 제공할 수 있고, 청색광의 소정 파장을 억제할 수 있으며("청색 차단"), 착용자가 적절한 색 식별력을 갖도록 할 수 있는 안과용 시스템으로서, 그와 같은 렌즈 또는 렌즈 시스템을 착용한 착용자를 바라보는 관찰자에게 가장 정상적인 색채로 보일 수 있는 안과용 시스템이 제공된다. 시스템의 "평균 투과율"은, 여기서 사용될 때, 가시 스펙트럼과 같은 일정 범위의 파장에서의 평균 투과율을 지칭한다. 시스템은 또한 시스템의 "시각 투과율(luminous transmission)"로 특징지어질 수 있는데, 상기 시각 투과율은 일정 파장 범위에서의 평균으로서, 각 파장에서 눈의 민감도에 따라 가중치가 주어진

것이다. 여기서 기술되는 시스템들은 원하는 효과를 발휘하기 위하여 다양한 광학 코팅, 필름, 재료, 및 흡수 염료를 사용할 수 있다.

[0065] 더욱 구체적으로, 본 발명의 실시예들은 색 밸런싱과 함께 효과적인 청색 차단을 제공한다. "색 밸런싱" 또는 "색 밸런싱된"은, 여기서 사용될 때, 청색 차단 효과를 감소시키지 않으면서도, 황색 또는 호박색, 또는 청색 차단에 따른 원치 않는 효과를 감소시키거나, 상쇄시키거나, 중화시키거나, 또는 미적으로 허용 가능한 결과가 얻어지도록 그 밖의 방법으로 보상하는 것을 의미한다. 예를 들어, 400nm - 460nm 또는 그 근처의 파장은 차단되거나 그 광도가 감소될 수 있다. 특히, 예를 들어, 420nm - 440nm 또는 그 근처의 파장은 차단되거나 그 광도가 감소될 수 있다. 더욱이, 차단되지 않은 파장의 투과율은 80% 이상의 높은 레벨로 유지될 수 있다. 추가적으로, 상기 안과용 시스템은 외부의 관찰자에게 투명하게 또는 거의 투명하게 보여질 수 있다. 시스템 사용자는 색을 정상적으로 또는 허용 가능한 정도로 인지할 수 있다.

[0066] 여기서 사용되는 "안과용 시스템"은 처방 또는 비처방된 안과용 렌즈로서, 예를 들어, 투명한 또는 염색된 유리 (또는 안경), 선글라스, 콘택트 렌즈, 인공수정체(IOLs), 각막 그래프트(corneal grafts), 각막 인레이 (corneal inlays), 각막 온레이(corneal on-lyas), 및 전기 활성 안과용 장치를 위해 사용되는 안과용 렌즈를 포함하며, 여기서 더욱 자세히 설명되는 바람직한 기능들을 제공하기 위하여 다른 성분들로 처리되거나 다른 성분들과 결합될 수 있다.

[0067] 여기서 사용되는 "안과용 재료"는, 교정 렌즈와 같이, 안과용 시스템을 제조하는데 흔히 사용되는 것이다. 안과용 재료의 예로는, 유리, CR-39와 같은 플라스틱, 트리벡스(Trivex), 및 폴리카보네이트 물질이 있으나, 다른 재료들도 다양한 안과용 시스템들을 위해 사용될 수 있고 공지되어 있다.

[0068] 안과용 시스템은 하나 또는 그 이상의 청색 차단 요소를 포함할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 청색 차단 요소는 색-밸런싱 요소의 후방에 위치한다. 상기 청색 차단 요소와 상기 색 밸런싱 요소 중 하나는 렌즈와 같은 안과용 요소이거나 그것의 일부를 구성할 수 있다. 후방의 청색 차단 요소와 전방의 색 밸런싱 요소는, 안과용 렌즈의 표면 또는 표면들 상에 위치한, 또는 그(들)에 인접하게 위치한, 또는 그(들) 근처에 위치한, 서로 다른 층들일 수 있다. 상기 후방의 청색 차단 요소의 황색 또는 호박색 색조를 감소시키거나 중화시킴으로써 미적으로 허용 가능한 외관을 창출하기 위하여 하나 이상의 색 밸런싱 요소가 제공된다. 예를 들어, 외부의 관찰자에게 상기 안과용 시스템은 투명하거나 거의 투명하게 보여질 수 있다. 시스템 사용자에게 있어서는, 정상적인 색 인지 또는 허용 가능한 색 인지가 가능하다. 더욱이, 상기 청색 차단 및 색 밸런싱 색재들이 서로 섞이지 않기 때문에, 청색광 스펙트럼의 파장이 차단되거나 그 광도가 감소될 수 있고, 차단되지 않는 파장들에 대해서는 상기 안과용 시스템에서 입사광의 투과광도가 80% 이상일 수 있다.

[0069] 전술한 바와 같이, 청색 차단 기술은 공지되어 있다. 청색광 파장 차단을 위한 공지된 기술은 흡수, 반사, 간섭, 또는 이들의 조합을 포함한다. 전술한 바와 같이, 하나의 기술에 의하면, 렌즈가 BPI 필터 비전 450(BPI Filter Vision 450) 또는 BPI 다이아몬드 염료 500(BPI Diamond Dye 500)과 같은 청색 차단 색재로 적절한 비율 또는 농도로 염색될 수 있다. 상기 염색은, 예를 들어, 청색 차단 염료 용액이 담겨있는 가열된 염색 용기에 렌즈를 소정의 시간 동안 침지시킴으로써 수행될 수 있다. 다른 기술에 의하면, 청색 차단을 위하여 필터가 사용될 수 있다. 상기 필터는, 예를 들어, 청색광 파장을(파) 흡수 및/또는 반사 및/또는 간섭할 수 있는 유기 또는 무기 화합물을 포함할 수 있다. 상기 필터는 유기 및/또는 무기 물질로 이루어진 다수의 박층들(thin layers) 또는 코팅들을 포함할 수 있다. 각각의 층은, 그 단독으로 또는 다른 층들과 함께, 청색광 파장을 갖는 광을 흡수, 반사 또는 간섭하는 특성을 가질 수 있다. 루게이트 노치 필터들(Rugate notch filters)은 청색 차단 필터의 일 예이다. 루게이트 필터들은 무기 유전체(inorganic dielectrics)의 단일 박막들로서, 여기서는 굴절율이 높은 값과 낮은 값 사이를 지속적으로 왔다 갔다 한다(진동한다). 서로 다른 굴절율을 갖는 2가지 물질들(예를 들어, SiO_2 및 TiO_2)을 같이 증착함으로써 제조된 루게이트 필터는 파장 차단을 위한 경계가 매우 분명한 저지-대역(stop-band)을 가지며 상기 대역 밖에서는 거의 감쇠가 발생하지 않는 것으로 알려져 있다. 필터 제조 파라미터들(진동 주기, 굴절율 조절, 굴절율 진동 수)은 필터의 성능 파라미터들(저지-대역의 중심, 저지-대역의 폭, 상기 대역 내에서의 투과율)을 결정한다. 루게이트 필터들은, 예를 들어 미국 특허들 제6,984,038호 및 제7,066,596호에 더욱 자세히 개시되어 있으며, 이 특허들 각각은 그 전체가 참조로서 병합된다. 청색 차단을 위한 또 다른 기술은 다층 유전체 적층물(multi-layer dielectric stacks)을 사용하는 것이다. 다층 유전체 적층물은 높은 굴절율 및 낮은 굴절율을 각각 갖는 물질들이 번갈아가며 존재하도록 별개의 층들을 증착함으로써 제조된다. 루게이트 필터와 유사하게, 개별 층의 두께, 개별 층의 굴절율, 및 층 반복 횟수와 같은 설계 파라미터들은 다층 유전체 적층물의 성능 파라미터들을 결정한다.

- [0070] 외부의 관찰자가 보았을 때 안과용 시스템 전체가 미적으로 허용 가능한 외관을 가질 수 있도록 하기 위하여, 색 밸런싱 단계는, 예를 들어 적절한 비율 또는 농도의 청색 색재/염료 또는 적절한 배합의 적색 및 녹색 색재/염료들을 색-밸런싱 요소에 부여하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 안과용 시스템은 전체적으로 투명하게 또는 거의 투명하게 보일 수 있다.
- [0071] 도 1a는 후방의 청색 차단 요소(101) 및 전방의 색-밸런싱 요소(102)를 포함하는 안과용 시스템을 보여준다. 각 요소는 오목한 후방 쪽 또는 면(110, 115) 및 볼록한 전방 쪽 또는 면(120, 125)을 갖는다. 시스템(100)에서, 상기 후방의 청색 차단 요소(101)는 단초점 렌즈(single vision lens), 웨이퍼 또는 광학적 모재(optical pre-form)와 같은 안과용 요소이거나 또는 이러한 안과용 요소를 포함할 수 있다. 상기 단초점 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재는 청색 차단을 수행하기 위하여 염색될 수 있다. 상기 전방의 색-밸런싱 요소(102)는 공지의 기술에 의해 상기 단초점 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재에 부가되는 표면 캐스트 층(surface cast layer)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 표면 캐스트 층은 가시광 또는 UV광, 또는 이들의 조합에 의해 상기 단초점 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재에 접착되거나 결합될 수 있다.
- [0072] 상기 표면 캐스트 층은 상기 단초점 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재의 볼록한 쪽 상에 형성될 수 있다. 상기 단초점 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재는 청색 차단을 위해 염색되었기 때문에, 미적으로 바람직스럽지 못한 황색 또는 호박색을 띌 수 있다. 따라서, 상기 표면 캐스트 층은, 예를 들어, 적절한 비율의 청색 색재/염료, 또는 적절한 배합의 적색 및 녹색 색재/염료들로 염색될 수 있다.
- [0073] 상기 표면 캐스트 층은, 청색 차단을 할 수 있도록 이미 처리된 상기 단초점 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재에 가해진 후에, 색 밸런싱 첨가제로 처리될 수 있다. 예를 들어, 그 볼록 면 상에 표면 캐스트 층을 갖는 상기 청색 차단용 단초점 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재가, 적절한 비율 및 농도의 색 밸런싱 염료 용액이 담겨있는 가열된 염색 용기에 침지될 수 있다. 상기 표면 캐스트 층은 상기 용액으로부터 색 밸런싱 염료를 취할 것이다. 상기 청색 차단용 단초점 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재가 상기 색 밸런싱 염료를 조금이라도 흡수하는 것을 막기 위하여, 그것의 오목 면이 염료 레지스트(dye resist), 예를 들어 테이프 또는 왁스 또는 다른 코팅으로 마스킹되거나 씌워질 수 있다. 도 2가 이것을 예시하고 있는데, 이것은 단초점 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재(101)의 오목 면 상에 염료 레지스트(201)를 갖는 안과용 시스템(100)을 보여준다. 색상이 미적으로 조정될 수 있도록, 상기 단초점 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재의 가장자리는 코팅되지 않은 채로 남아 있을 수 있다. 이것은 두꺼운 가장자리를 갖는 네거티브 초점 렌즈에 있어서 중요할 수 있다.
- [0074] 도 1b는 전방의 컬러-밸런싱 요소(104)가 단초점 또는 다초점의 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재와 같은 안과용 요소이거나 또는 이러한 안과용 요소를 포함할 수 있는 또 다른 안과용 시스템(150)을 보여준다. 후방의 청색 차단 요소(103)는 표면 캐스트 층일 수 있다. 이 조합을 만들기 위하여, 색 밸런싱용 단초점 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재의 볼록 면이 전술한 바와 같이 염료 레지스트로 마스킹될 수 있는데, 이것은, 상기 조합이 청색 차단 염료 용액이 담겨있는 가열된 염색 용기에 침지될 때 그것이 청색 차단 염료를 취하는 것을 방지하기 위해서이다. 한편, 노출된 상기 표면 캐스트 층은 청색 차단 염료를 취할 것이다.
- [0075] 상기 표면 캐스트 층은 단초점이 아닌 다초점의 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재와 결합하여 사용될 수 있음을 이해하여야 한다. 또한, 상기 표면 캐스트 층은 다초점 파워를 포함하는 파워를 단초점 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재에 부여함으로써 단초점 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재를 라인드 또는 누진 타입의 가입도(lined or progressive type addition)를 갖는 다초점 렌즈로 전환시키기 위하여 사용될 수 있다. 물론, 상기 표면 캐스트 층은 상기 단초점 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재에 파워를 거의 부여하지 않거나 전혀 부여하지 않도록 설계될 수도 있다.
- [0076] 도 3은 안과용 요소에 통합된 청색 차단 및 색 밸런싱 기능이 통합된 것을 보여준다. 더욱 구체적으로, 안과용 렌즈(300)에서, 투명한 또는 거의 투명한 안과용 요소(301)에 색재가 그 후방 영역에서 침투한 깊이에 대응하는 부분(303)은 청색 차단용일 수 있다. 또한, 투명한 또는 거의 투명한 안과용 요소(301)에 색재가 그 전방 영역에서 침투한 깊이에 대응하는 부분(302)은 색 밸런싱용일 수 있다. 도 3에 예시된 시스템은 다음과 같이 제조될 수 있다. 상기 안과용 요소(301)는, 예를 들어, 처음에는 투명한 또는 거의 투명한 단초점 또는 다초점의 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재일 수 있다. 상기 투명한 또는 거의 투명한 단초점 또는 다초점의 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재는, 그 전방 볼록 면이 예를 들어 전술한 바와 같은 염료 레지스트로 마스킹 또는 코팅됨으로써 비흡수성(non-absorptive)으로 된 상태에서, 청색 차단 염료로 염색될 수 있다. 그 결과, 상기 투명한 또는 거의 투명한 단초점 또는 다초점의 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 모재(301)의 후방 오목 면으로부터 그 내부로 연장되어 있으며 청색 차단 기능을 갖는 부분(303)이 색재 침투에 의해 생성될 수 있다. 이어서, 상기 전방 볼록 면의 상

기 흡수 방지(anti-absorptive) 코팅이 제거될 수 있다. 이어서, 흡수 방지 코팅이 상기 오목 면에 가해지고, 상기 단초점 또는 다초점의 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 소재의 전방 볼록 면 및 주변의 가장자리가 컬러 밸런싱을 위해 염색될 수 있다(예를 들어, 가열된 염색 용기 내에 침지시킴으로써). 상기 컬러 밸런싱 염료는 상기 주변의 가장자리, 및 이전 코팅으로 인해 염색되지 않은 채로 남아 있던 상기 전방 볼록 면으로부터 그 내부로 연장되어 있는 부분(302)에 흡수될 것이다. 위와 같은 공정의 순서는 뒤바뀔 수 있는데, 예를 들어, 상기 오목 면이 먼저 마스크된 상태에서 나머지 부분이 색 밸런싱을 위해 염색될 수 있다. 이어서, 상기 코팅이 제거되고 상기 마스크에 의해 염색되지 않은 채로 남아 있던 오목 영역의 일정 깊이 또는 두께가 청색 차단을 위해 염색될 수 있다.

[0077] 도 4를 참조하면, 안과용 시스템(400)은 인-몰드(in-mold) 코팅을 이용하여 형성될 수 있다. 더욱 구체적으로, 적절한 청색 차단용 색재, 염료 또는 다른 첨가제로 염색된, 단초점 또는 다초점의 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 소재와 같은 안과용 요소(401)가 염색된 인-몰드 코팅(403)을 이용한 표면 캐스팅을 통해 색 밸런싱될 수 있다. 적절한 래벨 및/또는 혼합물의 색 밸런싱 염료를 포함하는 상기 인-몰드 코팅(403)이 볼록 면 몰드[예를 들어, 상기 안과용 요소(401)의 볼록 면에 코팅(403)을 가하기 위한 몰드(미도시)]에 가해질 수 있다. 무색의 모노머(monomer)(402)가 상기 코팅(403)과 안과용 요소(401) 사이에 채워져 경화될 수 있다. 상기 모노머(402)의 경화 공정은 상기 색 밸런싱 인-몰드 코팅이 상기 안과용 요소(401)의 볼록 면으로 이동하도록 한다. 그 결과, 색 밸런싱 표면 코팅을 갖는 청색 차단 안과용 시스템이 만들어진다. 상기 인-몰드 코팅은, 예를 들어, 반사 방지(anti-reflective) 코팅 또는 통상적 하드 코팅일 수 있다.

[0078] 도 5를 참조하면, 안과용 시스템(500)은 청색 차단용과 색 밸런싱용의 2개의 안과용 요소들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 안과용 요소(501)는 바람직한 래벨의 청색 차단을 달성하기 위하여 적절한 청색 차단 색재로 염색된, 후방 단초점 또는 오목 면 다초점의 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 소재일 수 있다. 제2 안과용 요소(503)는 전방 단초점 또는 볼록 면 다초점의 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 소재로서, 예를 들어 UV 또는 가시광 경화성 접착제(502)를 이용하여, 상기 후방 단초점 또는 오목 면 다초점의 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 소재에 결합 또는 접착될 수 있다. 상기 전방 단초점 또는 볼록 면 다초점의 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 소재는 상기 후방 단초점 또는 오목 면 다초점의 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 소재에 결합되기 전 또는 그 후에 색 밸런싱될 수 있다. 만약 그 후라면, 상기 전방 단초점 또는 볼록 면 다초점의 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 소재는, 예를 들어 전술한 기법들에 의해 색 밸런싱될 수 있다. 예를 들어, 색 밸런싱 염료가 취해지는 것을 방지하기 위하여, 상기 후방 단초점 또는 오목 면 다초점의 렌즈, 웨이퍼 또는 광학적 소재가 염료 레지스트로 마스크 또는 코팅될 수 있다. 이어서, 상기 결합된 전방 및 후방 부분들이 적절한 색 밸런싱 염료 용액이 담겨 있는 가열된 염색 용기에 함께 인입됨으로써 상기 전방 부분이 색 밸런싱 염료를 취할 수 있게 된다.

[0079] 상술한 실시예들의 시스템들 모두가 하나 이상의 반사 방지(anti-reflective: AR) 요소와 결합될 수 있다. 도 1a 및 도 1b의 안과용 렌즈들(100 및 150)에 대한 이러한 예들이 도 6에 나타나 있다. 도 6에서, 제1 AR 요소(601), 예를 들어 코팅이 후방의 청색 차단 요소(101)의 오목 면에 가해지고, 제2 AR 요소(602)가 색 밸런싱 요소(102)의 볼록 면에 가해진다. 유사하게, 제1 AR 요소(601)가 후방의 청색 차단 요소(103)의 오목 면에 가해지고, 제2 AR 요소(602)가 색 밸런싱 요소(104)의 볼록 면에 가해진다.

[0080] 도 7a-7c는 청색 차단 요소와 색 밸런싱 요소를 포함하는 또 다른 예시적 시스템을 보여준다. 도 7a에서, 안과용 시스템(700)은, 투명한 또는 거의 투명한 안과용 렌즈(702)의 전방 면 상의 또는 그에 인접한 코팅들 또는 층들(서로 인접하지만 구별됨)로 형성된 청색 차단 요소(703) 및 색 밸런싱 요소(704)를 포함한다. 상기 청색 차단 요소(703)는 상기 색 밸런싱 요소(704)의 후방에 위치한다. AR 코팅 또는 다른 층(701)이 상기 투명한 또는 거의 투명한 안과용 렌즈의 후방 면 상에 또는 그에 인접하게 형성될 수 있다. 또 다른 AR 코팅 또는 층(705)이 상기 색 밸런싱 층(704)의 전방 면 상에 또는 그에 인접하게 형성될 수 있다.

[0081] 도 7b에서는, 청색 차단 요소(703) 및 색 밸런싱 요소(704)가 투명한 또는 거의 투명한 안과용 렌즈(702)의 후방 면 상에 또는 그에 인접하게 배열된다. 여기서도, 상기 청색 차단 요소(703)는 상기 색 밸런싱 요소(704)의 후방에 위치한다. AR 요소(701)가 상기 청색 차단 요소(703)의 후방 면 상에 또는 그에 인접하게 형성될 수 있다. 또 다른 AR 요소(705)가 상기 투명한 또는 거의 투명한 안과용 렌즈(702)의 전방 면 상에 또는 그에 인접하게 형성될 수 있다.

[0082] 도 7c에서는, 청색 차단 요소(703) 및 색 밸런싱 요소(704)가 투명한 안과용 렌즈(702)의 후방 면 및 전방 면 상에 또는 그에 인접하게 각각 배열된다. 여기서도, 상기 청색 차단 요소(703)는 상기 색 밸런싱 요소(704)의 후방에 위치한다. AR 요소(701)가 상기 청색 차단 요소(703)의 후방 면 상에 또는 그에 인접하게 형성될 수 있

다. 또 다른 AR 요소(705)가 상기 색 밸런싱 요소(704)의 전방 면 상에 또는 그에 인접하게 형성될 수 있다.

[0083] 도 8a 및 8b는 청색광 파장 차단과 색 밸런싱 수행의 기능성이 하나의 요소(803) 안에 결합된 안과용 시스템(800)을 보여준다. 예를 들어, 상기 결합된 기능성 요소는 청색광 파장을 차단할 뿐만 아니라 녹색 및 적색의 일부 파장도 반사시킴으로써 청색을 중화시키고 상기 렌즈의 지배적 색상이 외부로 표현되지 않도록 한다. 상기 결합된 기능성 요소(803)는 투명한 안과용 렌즈(802)의 전방 면과 후방 면 중 어느 하나 상에 또는 그에 인접하게 배열될 수 있다. 상기 안과용 렌즈(800)는 상기 투명한 안과용 렌즈(802)의 전방 면과 후방 면 중 어느 하나 상에 또는 그에 인접하게 위치하는 AR 요소(801)를 더 포함할 수 있다.

[0084] 도 7 및 8에 특정 실시예들의 배열 형태들이 그려져 있지만, 당업자라면 상기 청색-차단 요소와 색-밸런싱 요소의 위치가 재료, 제조 공정, 및 응용분야에 따라 가변적일 수 있음을 이해할 것이다. 예를 들어, 청색-차단 요소는, 하나 이상의 안과용 요소, 예를 들어 안과용 렌즈 또는 광변색성 요소의 전방 또는 후방에 위치하거나, 그것에 내재되어 있거나, 또는 이들 사이에 위치할 수 있다. 유사하게, 색-밸런싱 요소는, 하나 이상의 안과용 요소의 전방 또는 후방에 위치하거나, 그것에 내재되어 있거나, 또는 이들 사이에 위치할 수 있다. 또한, 청색-차단 요소는 색-밸런싱 요소에 비해 그 위치가 가변적일 수 있다(비록 몇 실시예들은 청색-차단 요소가 색-밸런싱 요소의 후방에 위치한다고 명시하고 있지만).

[0085] 색 밸런싱 요소의 효과를 정량화하기 위하여, 안과용 재료 기관에 의해 반사되는 광 및/또는 그것을 투과하는 광을 관찰하는 것이 유용할 수 있다. 상기 관찰된 광은 CIE(x,y) 좌표로 나타내질 수 있는데, 이것은 상기 관찰된 광의 색을 나타내고, 이 좌표를 입사광의 CIE 좌표와 비교함으로써 반사/투과로 인해 광의 색이 얼마나 많이 시프트(shift)되었는지를 알 수 있다. 백색광은 (0.33, 0.33)의 CIE 좌표를 갖는 것으로 정의된다. 따라서, 관찰된 광의 CIE 좌표가 (0.33, 0.33)에 가까울수록, 백색광에 더욱 가까운 색으로 관찰자에게 인식될 것이다. 렌즈에 의해 수행되는 상기 색 시프팅 또는 색 밸런싱을 나타내기 위하여, (0.33, 0.33) 백색광을 상기 렌즈로 조사한 후 반사 및 투과되는 광의 CIE를 측정할 수 있다. 투과되는 광이 약 (0.33, 0.33)의 CIE를 가진다면, 색 시프팅이 없을 것이고 상기 렌즈를 통해 보여지는 아이টে들은 그 본연의 모습을 가질 것이다. 즉, 렌즈 없이 관찰되는 아이টে들을 기준으로 볼 때 색 시프팅이 발생하지 않을 것이다. 유사하게, 반사되는 광이 약 (0.33, 0.33)의 CIE를 가진다면, 상기 렌즈는 그 본연의 심미적 모습을 가질 것이다. 즉, 상기 렌즈 또는 안과용 시스템의 사용자를 바라보는 관찰자에게 상기 렌즈는 염색된 것처럼 보이지 않을 것이다. 따라서, 투과광 및 반사광이 (0.33, 0.33)에 가능한 가까운 CIE를 갖는 것이 바람직하다.

[0086] 도 9는 다양한 CIE 좌표들에 대응하는 관찰 색들을 나타내는 CIE 플롯(plot)을 보여준다.

[0087] 참조 점 900은 좌표 (0.33, 0.33)을 가리킨다. 플롯의 중심 영역은 전형적으로 "백색"으로 지칭되지만, 이 영역 내의 CIT 좌표를 갖는 어떤 광은 관찰자에게 옅게 염색된 것으로 보여질 수 있다. 예를 들어, (0.4, 0.4)의 CIE 좌표를 갖는 광은 관찰자에게 황색으로 보여질 수 있다. 따라서, 안과용 시스템에서 색 중립적 외관을 얻기 위해서는, 상기 시스템에 의해 투과 및/또는 반사되는 광(예를 들어, 백색광)이 투과/반사 후에 (0.33, 0.33)에 가능한 가까운 CIE 좌표를 갖는 것이 바람직하다. 도 9의 CIE 플롯은 다양한 시스템들에서 관찰되는 색 시프트를 보여주기 위하여 참조로서 여기에서 사용될 것이다. 다만, 식별 표시된 영역들(labeled regions)은 명확성을 위하여 생략될 것이다.

[0088] 흡수성 염료가 안과용 렌즈의 기관 재료에 포함될 수 있는데, 사출 성형(injection molding)을 통해 상기 염료를 기관 재료에 주입함으로써 특정한 광 투과 특성 및 광 흡수 특성을 갖는 렌즈를 제조할 수 있다. 이러한 염료 물질은, 포르피린(porphyrin) 물질에서 전형적으로 발견되는 소레트(Soret) 대역의 존재로 인해, 상기 염료의 기본 피크 파장에서 또는 공명 단파장에서 흡수할 수 있다. 안과용 물질의 예로는 다양한 유리와, CR-39®, TRIVEX®, 폴리카보네이트, 폴리메틸메타크릴레이트, 실리콘, 및 플루오로폴리머와 같은 폴리머를 포함하지만, 다른 물질들도 사용될 수 있고 다양한 안과용 시스템들을 위해 공지되어 있다.

[0089] 단지 일 예로서, 도 10-11은 GENTEX사의 염료 물질 E465의 투과율 및 흡수율을 보여준다. $A = \log_{10}(1/T)$ 의 등식에 의해 흡수율(A)은 투과율(T)과 관계가 있다. 이 경우, 투과율은 0과 1 사이이다($0 < T < 1$). 투과율은 종종 퍼센트로 표현된다(즉, $0\% < T < 100\%$). E465 염료는 465 미만의 파장을 차단하고, 통상적으로 이 파장을 높은 흡광도(optical density)(OD > 4)로 차단하기 위하여 제공된다. 다른 파장을 차단하는 유사한 제품들이 사용 가능하게 존재한다. 예를 들면, GENTEX사의 E420은 420nm 미만의 파장을 차단한다. 다른 염료의 예로는 포르피린(porphyrin), 페틸렌(perylene), 및 청색 파장에서 흡수할 수 있는 유사한 염료가 있다.

- [0090] 단과장에서의 흡수는 염료 농도를 낮춤으로써 감소될 수 있다. 이러한 또는 다른 염료 물질은 430nm 범위에서 ~50%의 투과율을 달성할 수 있다. 도 12는 420nm-440nm의 범위에서 어느 정도 흡수하면서 430nm 범위에서 흡수하기에 적절한 농도의 염료를 갖는 폴리카보네이트 기관의 투과율을 보여준다. 이것은 염료 농도를 낮추고 폴리카보네이트 기관의 효과를 포함시킴으로써 달성되었다. 이 시점에서는 기관의 후면(rear surface)에 반사 방지 코팅이 되지 않았다.
- [0091] 염료 농도도 역시 안과용 시스템의 외관 및 색 시프트에 영향을 준다. 농도를 낮춤으로써 다양한 정도의 색 시프트들이 나타나는 시스템들이 얻어질 수 있다. 여기서 사용되는 "색 시프트"는 참조 광(reference light)이 안과용 시스템에 대해 투과 및/또는 반사한 후에 CIE 좌표가 변화되는 양을 나타낸다. 백색으로 전형적으로 인지되는 다양한 타입들의 광(예를 들어, 태양광, 배열광, 및 형광)의 차이로 인해 상기 시스템에 의해 야기되는 색 시프트로써 상기 시스템을 특징짓는 것도 유용할 수 있다. 따라서, 입사광이 상기 시스템에 대해 투과 및/또는 반사된 때, 입사광의 CIE 좌표가 시프트되는 양에 기초하여 상기 시스템을 특징짓는 것이 유용할 수 있다. 예를 들어, (0.33, 0.33)의 CIE 좌표를 갖는 광이, 투과 후에, (0.30, 0.30)의 CIE를 갖는 광으로 되는 시스템은 (-0.03, -0.03), 또는, 더욱 일반적으로는 (± 0.03 , ± 0.03)의 색 시프트를 야기하는 것으로 묘사될 수 있다. 따라서, 시스템에 의해 야기되는 색 시프트는 얼마나 "본연의(natural)" 광 및 아이템(보여지는)이 상기 시스템 작용자에게 보여지는 지를 나타낸다. 아래에서 더욱 자세히 설명되는 바와 같이, (± 0.05 , ± 0.05) 내지 (± 0.02 , ± 0.02) 미만의 색 시프트를 야기하는 시스템이 제조될 수 있다.
- [0092] 안과용 시스템에서 단-과장 투과율의 감소는, A2E의 여기(excitation)와 같은 눈에서 광전 효과로 인한 세포 사멸을 감소시키는데 유용할 수 있다. 430 ± 30 nm의 입사광을 약 50% 감소시킴으로써 세포 사멸을 약 80% 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다. 예를 들어, 자넷 알 스팔로우(Janet R. Sparrow) 등, "청색광-흡수 인공수정체 및 망막색소상피 체외 보호," 백내장 굴절 수술 저널(J. Cataract Refract. Surg.), 2004, vol.30, pp.873-78가 참조될 수 있는데, 여기에 개시된 내용은 그 전체로서 본 명세서에 참조로 병합된다. 더욱이, 430-460 nm의 광 같은 청색광의 양을 5%만 줄여도, 세포 사멸 및/또는 퇴화가 유사하게 감소됨으로써 위축성 노년성 황반 퇴화와 같은 상태 악영향이 방지되거나 감소될 수 있을 것으로 여겨진다.
- [0093] 원치 않는 과장의 광을 차단하기 위하여 흡수성 염료가 사용될 수 있으나, 상기 염료는 그 부작용으로서 렌즈에 색 염색을 발생시킬 수 있다. 예를 들어, 많은 청색 차단 안과용 렌즈들은 황색 빛깔을 갖는데, 이것은 종종 바람직스럽지 못하고/못하거나 미적으로 불쾌하게 만든다. 이 빛깔을 상쇄시키기 위하여, 흡수성 염료를 그 안에 포함하고 있는 기관의 일면 또는 양면에 색 밸런싱 코팅이 가해질 수 있다.
- [0094] 반사 방지(AR) 코팅들(간접 필터들임)은 상업적 안과용 코팅 산업에서 잘 알려져 있다. 전형적인 코팅들은 주로 10개 미만의 몇 개의 층들로서, 폴리카보네이트 기관으로부터의 반사를 1% 미만으로 감소시키는데 전형적으로 사용된다. 폴리카보네이트 기관 상의 이러한 코팅의 예를 도 13이 보여준다. 이 코팅의 색 플롯(plot)을 도 14가 보여주는데 색이 상당히 상쇄되었음을 알 수 있다. 총 반사율은 0.21%로 나타났다. 반사광은 (0.234, 0.075)의 CIE 좌표를 갖는 것으로 나타났다; 투과광은 (0.334, 0.336)의 CIE 좌표를 가졌다.
- [0095] 더욱 높은 투과율을 달성하기 위하여, AR 코팅은 렌즈 또는 다른 안과용 장치의 양 면들에 가해질 수 있다. 그러한 구조가 도 15에 나타나 있는데, 더 검은 라인(1510)이 AR 코팅된 폴리카보네이트이고, 더 얇은 라인(1520)이 코팅되지 않은 폴리카보네이트 기관이다. 이 AR 코팅은 총 투과광을 10% 증가시킨다. 폴리카보네이트 기관 내에서의 흡수로 인한 자연적 광 손실이 어느 정도 있다. 이 예에서 사용된 특정 폴리카보네이트 기관은 약 3%의 투과 손실을 갖는다. 안과 산업에서, AR 코팅은 렌즈의 투과율을 증가시키기 위해 양 면들에 가해지는 것이 일반적이다.
- [0096] 본 발명에 의한 시스템에서, AR 코팅들 또는 다른 색 밸런싱 필름들이 흡수성 염료와 같이 사용될 수 있는데, 이것은 전형적으로 430nm 영역의 청색광 과장을 흡수함과 동시에 투과율을 향상시키기 위함이다. 전술한 바와 같이, 단지 430nm 영역의 광을 제거하는 것은 어느 정도의 잔존 색채를 갖는 렌즈를 야기한다. 색 중립 투과를 달성하기 위하여 광을 분광 조정(spectrally tailor)하기 위하여, 하나 이상의 AR 코팅이 변형됨으로써 투과광의 전체 색상이 조정될 수 있다. 본 발명에 의한 시스템에서, 다음의 렌즈 구조를 만들기 위하여 이러한 조정이 렌즈의 전면 상에서 실시될 수 있다:
- [0097] 공기(사용자 눈으로부터 가장 먼) / 전방 볼록 렌즈 코팅 / 흡수성 안과용 렌즈 기관 / 후방 오목 반사 방지 코팅 / 공기(사용자 눈에 가장 가까운).
- [0098] 이러한 형태에서, 전방 코팅은 통상적인 렌즈에서 전형적으로 수행되는 반사 방지 기능 외에 기관 내 흡수로부

터 야기되는 색조를 상쇄시키기 위한 분광 조정(spectral tailoring) 기능도 제공할 수 있다. 따라서, 렌즈는 투과광 및 반사광 모두에 대하여 적절한 컬러 밸런싱을 제공할 수 있다. 투과광의 경우 색 밸런싱은 적절한 색 식별력을 가능하게 하고, 반사광의 경우 색 밸런싱은 적절한 렌즈 심미감을 제공할 수 있다.

- [0099] 어떤 경우에는, 색 밸런싱 필름이 다른 안과용 재료의 두 개 층들 사이에 배치될 수 있다. 예를 들어, 필터, AR 필름, 또는 다른 필름이 안과용 재료 내에 배치될 수도 있다. 예를 들어, 다음의 구조가 사용될 수 있다:
- [0100] 공기(사용자 눈으로부터 가장 먼) / 안과용 재료 / 필름 / 안과용 재료 / 공기(사용자 눈에 가장 가까운).
- [0101] 색 밸런싱 필름은 렌즈의 안쪽 면 또는 바깥 쪽 면에 가해지는 하드 코팅과 같은 코팅일 수도 있다. 다른 구조들도 가능하다. 예를 들어, 도 3을 참조하면, 안과용 시스템은 청색-흡수 염료가 도핑된 안과용 재료(301) 및 하나 이상의 색 밸런싱 층들(302, 303)을 포함할 수 있다. 다른 구조에서는, 내측 층(301)이 청색-흡수 염료가 도핑된 안과용 재료(302, 303)에 의해 둘러싸인 색 밸런싱 층일 수 있다. AR 코팅과 같은 부가적 층들 및/또는 코팅들이 시스템의 하나 이상의 면 상에 배치될 수 있다. 얼마나 유사한 재료 및 구조들이, 예를 들어 도 4-8b와 관련하여 설명되었던 시스템들에서 사용될 수 있는지 이해될 것이다.
- [0102] 따라서, AR 코팅과 같은 광학 필름 및/또는 코팅이 흡수성 염료를 갖는 렌즈의 전체적 분광 응답을 세밀하게 조율하기 위하여 사용될 수 있다. 가시 스펙트럼에서 투과율 변화는 잘 알려져 있고, 광학 코팅 내의 층의 두께 및 개수에 따라 변한다. 본 발명에서, 필요에 따라 분광 특성을 조정하기 위하여 하나 이상의 층이 사용될 수 있다.
- [0103] 예시적 시스템에서, TiO_2 (통상적인 AR 코팅 물질) 단일 층에 의해 색 변화가 발생된다. 도 16은 106nm 두께의 TiO_2 단일 층의 분광 투과율을 보여준다. 이와 동일한 층의 색 플롯을 도 17이 보여준다. 투과광에 대해 나타난 CIE 색좌표(x, y)(1710)는 (0.331, 0.345)이다. 반사광은 (0.353, 0.251)(1720)의 색좌표를 가지면서 자주빛 같은 분홍색(purplish-pink color)를 띠었다.
- [0104] 도 18 및 19에 각각 나타난 134nm의 층의 투과 스펙트럼 및 색 플롯으로부터 알 수 있는 바와 같이, TiO_2 층의 두께를 변화시키면 투과광의 색도 변한다. 이 시스템에서, 투과광은 (0.362, 0.368)의 CIE 좌표(1910)를 보였고, 반사광은 (0.209, 0.229)의 CIE 좌표(1920)를 가졌다. 다양한 AR 코팅들의 투과 특성 및 그에 대한 예측 또는 평가 방법이 당업계에 공지되어 있다. 예를 들어, 공지된 두께를 갖는 AR 물질 층의 투과 효과는 다양한 컴퓨터 프로그램을 이용하여 산출되고 예측될 수 있다. 이러한 프로그램의 예로는 썬 필름 센터, 인크(Thin Film Center, Inc.)사의 이센셜 맥레오드 썬 필름 소프트웨어(Essential Macleod Thin Film Software), 소프트웨어 스펙트라, 인크(Software Spectra, Inc.)사의 티에프칼크(TFCalc), 및 에프티지 소프트웨어 어소시에이트(FTG Software Associates)의 필름스타 옵티컬 썬 필름 소프트웨어(FilmStar Optical Thin Film Software)가 있는데, 프로그램이 이들로 한정되는 것은 아니다. AR 코팅 또는 그와 유사한 코팅 또는 필름의 거동을 예측하기 위하여 다른 방법들이 이용될 수도 있다.
- [0105] 본 발명에 따른 시스템에서, 청색을 차단하며 색 밸런싱된 시스템을 제공하기 위하여, 청색-흡수 염료는 코팅 또는 다른 필름에 결합될 수 있다. 상기 코팅은, 투과광 및/또는 반사광의 색을 바로잡기 위하여 변형된, 전방면 상의 AR 코팅일 수 있다. 도 20 및 21은 예시적 AR 코팅의 투과율 및 색 플롯을 각각 보여준다. 도 22 및 23은 AR 코팅 없이 청색 흡수 염료를 갖는 폴리카보네이트 기관의 투과율 및 색 플롯을 각각 보여준다. 염색된 기관은 420-440nm 영역에서 흡수를 보이면서 430nm 영역에서 가장 강한 흡수를 보였다. 상기 염색된 기관은, 도 20-21에 예시된 바와 같이, 시스템의 전체적 투과율을 향상시키기 위하여 적절한 AR 코팅과 결합될 수 있다. 후방의 AR 코팅을 갖는 염색된 기관의 투과율 및 색 플롯이 도 24 및 25에 각각 나타나 있다.
- [0106] AR 코팅은 안과용 시스템의 전방(즉, 상기 시스템의 착용자의 눈으로부터 가장 멀리 떨어진 면)에 적용될 수도 있는데, 이 경우 도 26 및 27에 각각 나타난 투과율 및 색 플롯이 얻어졌다. 상기 시스템은 높은 투과율을 나타내고 투과광은 상대적으로 중립적이지만, 반사광은 (0.249, 0.090)의 CIE를 갖는다. 따라서, 청색 흡수 염료의 효과에 대하여 더욱 완전히 색 밸런싱하기 위하여, 전방의 AR 코팅은, 색 중립적 구조를 만들기 위해 필요한 색 밸런싱을 달성할 수 있도록 변형될 수 있다. 이러한 구조의 투과율 및 색 플롯이 도 28 및 29에 각각 나타나 있다. 이 구조에서, 투과광과 반사광 모두 색 중립 달성을 위하여 최적화될 수 있다. 내부 반사광(interior reflected light)이 약 6%인 것이 바람직할 수 있다. 만약 반사율 레벨이 시스템 착용자를 괴롭힐 정도라면, 가시광의 다른 파장을 흡수할 다른 흡수성 염료를 렌즈 기관에 부가함으로써 반사율이 더욱 감소될 수 있다. 그러나, 이와 같은 구조의 설계는 놀라운 성능을 달성하고, 여기에서 설명된 청색을 차단하며 색 밸런싱된 시스템에 대한 요구를 만족시킨다. 총 투과율은 90% 이상이고, 투과광 및 반사광 모두 색 중립적인 백색 포인트에 아주

근접하다. 도 27에 나타난 바와 같이, 반사광은 (0.334, 0.334)의 CIE를 갖고, 투과광은 (0.341, 0.345)의 CIE를 갖는데, 이것은 색 시프트가 거의 발생하지 않았거나 아예 발생하지 않은 것을 나타낸다.

[0107] 어떤 구조에서는, 상기 전방의 변형된 반사 방지 코팅이, 억제되어야 할 청색광 파장의 100%를 차단하도록 설계될 수 있다. 그러나, 이것은 착용자를 향하는 약 9% 내지 10%의 백(back) 반사를 일으킬 수 있다. 이 정도의 반사율은 착용자를 괴롭힐 수 있다. 따라서, 흡수성 염료를 렌즈 기판에 결합시킴으로써 상기 전방의 변형된 반사 방지 코팅에 의한 반사에 대한 원하는 효과가 달성될 수 있고, 반사율이 착용자가 수용할 수 있는 정도로 낮추어질 수 있다. 하나 이상의 AR 코팅을 포함하는 시스템의 착용자에게 관찰되는 반사광은 8% 이하, 또는 더욱 바람직하게는 3% 이하로 감소될 수 있다.

[0108] 전방 및 후방 AR 코팅의 조합은 유전체 적층물(dielectric stack)으로 지칭될 수 있고, 안과용 시스템의 투과 및 반사 특성들을 더욱 변형시키기 위하여 다양한 물질들 및 두께가 사용될 수 있다. 예를 들어, 특별한 색 밸런싱 효과를 달성하기 위하여, 전방의 AR 코팅 및/또는 후방의 AR 코팅은 서로 다른 두께 및/또는 물질로 형성될 수 있다. 어떤 경우에는, 유전체 적층물을 만들기 위하여 사용된 물질들은 반사 방지 코팅을 만드는데 전통적으로 사용되어 왔던 물질이 아닐 수 있다. 즉, 상기 색 밸런싱 코팅은 반사 방지 기능을 수행하지 않으면서 청색 흡수 염료에 의해 야기되는 색 시프트를 보정할 수 있다.

[0109] 전술한 바와 같이, 필터는 청색 차단을 위한 또 다른 기술이다. 따라서, 기술되었던 청색 차단 요소 모두가 청색 차단 필터이거나, 이것을 포함하거나, 이것과 결합될 수 있다. 이러한 필터는 루게이트 필터, 간섭 필터, 대역-통과 필터, 대역-차단 필터, 노치 필터 또는 다이크로익 필터(dichroic filter)를 포함할 수 있다.

[0110] 본 발명의 실시예들에서, 앞에서 개시된 청색-차단 기법들 중 하나 이상은 다른 청색-차단 기법들과 함께 사용될 수 있다. 일 예에 불과하지만, 렌즈 또는 렌즈의 요소가 청색광을 효과적으로 차단하기 위하여 염료/색재 및 루게이트 노치 필터 모두를 사용할 수 있다.

[0111] 400-460nm의 또는 그 근처의 청색광 파장을 차단하기 위하여, 앞에서 설명한 모든 구조 및 기술들이 본 발명의 안과용 시스템에 채택될 수 있다. 예를 들어, 어떤 실시예에서는 차단되는 청색광 파장이 소정의 범위 내일 수 있다. 어떤 실시예에서는 상기 범위가 $430\text{nm} \pm 30\text{nm}$ 일 수 있다. 다른 실시예에서는, 상기 범위가 $430\text{nm} \pm 20\text{nm}$ 일 수 있다. 또 다른 실시예에서는, $430\text{nm} \pm 10\text{nm}$ 일 수 있다. 어떤 실시예에서, 상기 시스템은 위와 같이 정해진 범위 내의 청색 파장의 투과를 입사 파장의 90%로 제한할 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 시스템은 위와 같이 정해진 범위 내의 청색 파장의 투과를 입사 파장의 80%로 제한할 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 시스템은 위와 같이 정해진 범위 내의 청색 파장의 투과를 입사 파장의 70%로 제한할 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 시스템은 위와 같이 정해진 범위 내의 청색 파장의 투과를 입사 파장의 60%로 제한할 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 시스템은 위와 같이 정해진 범위 내의 청색 파장의 투과를 입사 파장의 50%로 제한할 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 시스템은 위와 같이 정해진 범위 내의 청색 파장의 투과를 입사 파장의 40%로 제한할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 상기 시스템은 위와 같이 정해진 범위 내의 청색 파장의 투과를 입사 파장의 30%로 제한할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 상기 시스템은 위와 같이 정해진 범위 내의 청색 파장의 투과를 입사 파장의 20%로 제한할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 상기 시스템은 위와 같이 정해진 범위 내의 청색 파장의 투과를 입사 파장의 10%로 제한할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 상기 시스템은 위와 같이 정해진 범위 내의 청색 파장의 투과를 입사 파장의 5%로 제한할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 상기 시스템은 위와 같이 정해진 범위 내의 청색 파장의 투과를 입사 파장의 1%로 제한할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 상기 시스템은 위와 같이 정해진 범위 내의 청색 파장의 투과를 입사 파장의 0%로 제한할 수 있다. 달리 말하면, 상기 안과용 시스템에 의한, 위에서 특정된 범위의 파장에서의 전자기 스펙트럼의 감쇠는 최소 10%; 또는 최소 20%; 또는 최소 30%; 또는 최소 40%; 또는 최소 50%; 또는 최소 60%; 또는 최소 70%; 또는 최소 80%; 또는 최소 90%; 또는 최소 95%; 또는 최소 99%; 또는 실질적으로 100%이다.

[0112] 어떤 경우에는, 400nm-460nm 영역과 같이 청색 스펙트럼의 상대적으로 작은 부분을 필터링하는 것이 특히 바람직할 수 있다. 예를 들어, 청색 스펙트럼의 너무 많은 부분을 차단하는 것은 암소시(scotopic vision) 및 생물학적 주기 리듬(circadian rhythms)을 방해할 수 있는 것으로 나타났다. 종래의 청색 차단 안과용 렌즈는 전형적으로 청색 스펙트럼의 넓은 범위에 걸쳐 더욱 많은 양을 차단하는데, 이것은 착용자의 "생체 시계(biological clock)"에 악영향을 줄 수 있고 다른 부작용을 가질 수 있다. 따라서, 여기에서 설명된 바와 같이, 청색 스펙트럼의 상대적으로 좁은 범위를 차단하는 것이 바람직할 수 있다. 상대적으로 좁은 범위에 걸쳐 상대적으로 적은 양의 광을 필터링할 수 있는 예시적 시스템은, 400nm-460nm, 410nm-450nm, 및 420nm-440nm의 파장을 갖는 광의 5-50%, 5-20%, 및 5-10%를 차단 또는 흡수하는 시스템을 포함한다.

- [0113] 청색광 파장이 위에서 기술된 바와 같이 선택적으로 차단되는 것과 동시에, 가시 전자기 스펙트럼의 다른 부분의 최소 80%, 최소 85%, 최소 90%, 또는 최소 95%가 안과용 시스템에 의해 투과될 수 있다. 달리 말하면, 상기 안과용 시스템에 의한, 청색광 스펙트럼 밖의 파장들, 예를 들어 약 430nm 범위 외의 파장들에서의 전자기 스펙트럼의 감쇠는 20% 이하, 15% 이하, 10% 이하, 및 다른 실시예들에서는 5% 이하일 수 있다.
- [0114] 추가적으로, 본 발명의 실시예들은 700nm보다 긴 파장을 갖는 적외선은 물론이고 UVA 및 UVB 스펙트럼 대역의 자외선을 더 차단할 수 있다.
- [0115] 위에서 설명된 안과용 시스템 모두가, 안경, 선글라스, 고글 또는 콘택트 렌즈와 같은 외부적으로 착용되는 안경류를 포함하는 안경류 제품에 그 일부로서 포함될 수 있다. 이러한 안경류에서, 시스템의 청색-차단 요소가 색 밸런싱 요소의 후방에 위치하기 때문에, 상기 안경류가 착용될 때 상기 청색-차단 요소는 상기 색 밸런싱 요소에 비해 언제나 눈에 가깝게 될 것이다. 상기 안과용 시스템은 수술을 통해 삽입될 수 있는 인공 수정체와 같은 제품에 사용될 수도 있다.
- [0116] 본 명세서에서 한 요소가 어떤 파장 범위를 "선택적으로 억제"하거나 "선택적으로 필터링"한다고 함은, 상기 범위 밖의 가시 파장의 투과에는 거의 영향을 미치지 않거나 아무 영향을 미치지 않으면서 상기 범위 내에서는 어느 정도 투과를 억제하는 것을 말한다. 예를 들어, 선택적 필터가 400-460nm의 파장을 필터링한다면, 이 파장들만을 감쇠시키고 다른 가시 파장들은 감쇠시키지 않는다. 상기 선택적 필터가 상기 선택된 범위 밖의 파장을 감쇠시키지 않는다고 하더라도, 상기 필터는 시스템 내에서 하나 이상의 다른 필터, 예를 들어 UV 필터, IR 필터, 또는 다른 소정 범위(중첩될 가능성도 있지만)를 목적으로 하는 또 다른 선택적 필터와 결합될 수 있다. 이중 필터 시스템(dual filter system)의 일 예가 US2008/0291392호에서 제공되었는데, 이것은 그 전체로서 본 명세서에 병합된다. 상기 선택된 파장 범위 내에서의 감쇠는 그 범위 내에서 실질적으로 일정한 크기를 보이거나(루게이트 필터에서와 같이), 상기 범위 내에서 감쇠 정도를 달리할 수도 있다(흡수 피크를 갖는 염료에서와 같이). 유사하게, 상기 "선택된 범위"는 상기 선택적 필터에 의해 감쇠되는 파장 범위를 가리킨다. "청색광 파장의 선택된 범위"는 400-500nm 내의 청색광 파장 범위를 지칭하는 것으로서, 이것은 400-500nm의 전체 범위를 모두 망라하는 것은 아니다. 따라서, 선택적 필터는 가시광의 전체 스펙트럼보다는 적게 감쇠시키고, 바람직하게는 청색광 파장의 전체 스펙트럼(400-500nm)보다 적게 감쇠시킨다.
- [0117] 몇 개의 실시예들이 청색광 차단을 위하여 필름을 사용한다. 안과용 또는 다른 시스템에서 상기 필름은 400nm-460nm 범위 내의 청색광의 최소 5%, 최소 10%, 최소 20%, 최소 30%, 최소 40%, 및/또는 최소 50%를 선택적으로 억제할 수 있다. 상기 필름 또는 상기 필름을 포함하는 시스템은 관찰자 및/또는 사용자에게 무색으로 인지될 수 있도록 색 밸런싱될 수 있다. 본 발명에 따른 필름을 포함하는 시스템은 가시광에 대하여 85% 이상의 암소시감 투과율(scotopic luminous transmission)을 가질 수 있으며, 상기 필름 또는 시스템을 통해 사물을 바라보는 사람이 가장 정상적인 색 식별력을 가질 수 있도록 한다.
- [0118] 도 30은 본 발명의 예시적 실시예를 보여준다. 필름(3002)이 하나 이상의 베이스 물질(3001, 3003)의 2개 층들 또는 영역들 사이에 배치될 수 있다. 본 명세서에서 설명된 바와 같이, 상기 필름에는 광의 특정 파장을 선택적으로 억제하는 염료가 함유되어 있을 수 있다. 렌즈, 안과용 시스템, 창문, 또는 필름이 안에 배치될 수 있는 다른 시스템에 적절한 그 어떠한 물질도 상기 베이스 물질 또는 물질들이 될 수 있다.
- [0119] 본 발명에 따른 예시적 필름의 광학적 투과율 특성이 도 31에 나타나 있는데, 여기서 430nm±10nm 범위의 청색광의 약 50%가 차단되었지만 가시 스펙트럼 내의 다른 파장들에 대한 손실 극히 적었다. 도 31에 나타난 투과율은 예시적인 것이며, 많은 응용에 있어서 청색광의 50% 미만이 선택적으로 억제되는 것이 바람직할 수 있고/있거나 억제되는 특정 파장이 변할 수 있다는 것이 이해될 것이다. 많은 응용에 있어서 청색광의 50% 미만을 차단함으로써 세포 사멸이 감소되거나 방지될 수 있다고 여겨진다. 예를 들어, 400-460nm 범위의 광의 바람직하게는 약 40%, 더욱 바람직하게는 약 30%, 더욱 바람직하게는 약 20%, 더욱 바람직하게는 10%, 그리고 더욱 바람직하게는 약 5%가 선택적으로 억제된다. 더 적은 양의 광을 선택적으로 억제시키는 것은, 상기 억제가 시스템 사용자에게 있어서 암소시 및/또는 생물학적 주기에 악영향을 주지 않기에 충분히 적은 양이면서도, 높은 에너지의 광에 기인하는 손상을 방지할 수 있다.
- [0120] 도 32는 본 발명에 따른 안과용 렌즈(3200) 안에 포함되어 있는 필름(3201)을 보여주는데, 이것은 안과용 재료(3202, 3203)의 층들 사이에 끼워져 있다. 안과용 재료의 전방 층의 두께는, 일 예에 불과하지만, 200 마이크로론 내지 1,000 마이크로론의 범위 내이다.
- [0121] 유사하게, 도 33은 자동차 바람막이 창(windshield)과 같은 본 발명의 예시적 시스템을 보여준다. 필름(3301)이

시스템(3300) 내에 포함될 수 있는데, 이것은 베이스 물질(3302, 3303)의 층들 사이에 끼워져 있다. 예를 들어, 상기 시스템이 자동차 바람막이 창인 경우, 상기 베이스 물질(3302, 3303)은 통상적으로 사용되는 것과 같은 바람막이용 유리일 수 있다. 시각적용, 디스플레이용, 안과용, 및 다른 시스템들을 포함하는 많은 종류의 다른 시스템들에 있어서 다른 베이스 물질들이 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 사용될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0122] 일 실시예에서, 본 발명에 따른 시스템은 관련된 방출 가시광이 매우 특별한 스펙트럼을 가지는 환경 내에서 사용될 수 있다. 이러한 체제에서는, 상기 제품에 의해 투과, 반사, 또는 방출되는 광을 최적화시키기 위하여 필름의 필터링 효과를 조정하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 본 발명에 따른 필름이 카메라 플래시 또는 플래시 필터 내에 또는 이와 함께 사용되는 경우, 이미지 또는 프린트의 인지되는 색은 가능한 한 실제 색과 가까운 것이 바람직하다. 다른 예로서, 본 발명에 따른 필름은 질병 파악을 위해 환자의 눈 뒤편을 관찰하기 위한 장비에서 사용될 수 있다. 이러한 시스템에서는, 상기 필름이 망막의 실제 관찰 색을 변질시키지 않는 것이 중요할 수 있다. 또 다른 예로서, 본 발명의 필름을 활용한 파장-맞춤형 필터를 특정 형태의 인공 조명에 사용하면 유리할 수 있다.

[0123] 일 실시예에서, 본 발명의 필름은, 광변색성(photochromic), 감전발색성(electro-chromic), 또는 가변색성(changeable tint)의 안과용 렌즈, 창문 또는 자동차 바람막이 창 내에서 활용될 수 있다. 이러한 시스템은, 염색이 활성화되지 않은 환경에서 UV 광 파장, 직사 태양광 광도, 및 청색광 파장으로부의 보호를 가능하게 한다. 이 실시예에서, 상기 필름의 청색광 파장 보호 속성은 상기 염색의 활성화 여부와 관계없이 유효할 수 있다.

[0124] 일 실시예에서, 필름은 색 밸런싱된 상태에서 청색광을 선택적으로 억제할 수 있고, 가시광에 대하여 85% 이상의 암소 시감 투과율(scotopic luminous transmission)을 가질 것이다. 이러한 필름은 운전용 안경 또는 스포츠용 안경과 같이 낮은 광 투과율을 갖는 것에 유용할 수 있고, 증가된 대비 감도(contrast sensitivity)에 기인한 증가된 시각적 성능을 제공할 수 있다.

[0125] 어떤 응용들에서는, 본 발명에 따른 시스템이 본 명세서에서 설명된 바와 같이 청색광을 선택적으로 억제하고, 가시 스펙트럼에 대하여 약 85% 미만, 전형적으로 약 80-85%의 시감 투과율을 갖는다. 예를 들어, 시스템에서 사용된 베이스 물질이 그것의 높은 굴절율로 인해 모든 가시 파장들에 걸쳐 더 많은 광을 억제하는 경우가 이에 해당할 수 있다. 구체적인 예로서, 높은 굴절율(예를 들어, 1.7)의 렌즈는 파장들에 걸쳐 더 많은 광을 반사함으로써 85% 미만의 시감 투과율을 나타낼 수 있다.

[0126] 종래의 청색-차단 시스템에 존재하던 문제들을 피하고, 줄이고, 또는 불식시키기 위하여, 광독성 청색광의 투과를 감소시키는 것, 그러나 제거하지는 않는 것이 바람직할 수 있다. 눈의 동공은 트롤랜드(troland) 단위의 명소 망막 조도(photopic retinal illuminance)에 반응을 하는데, 파장에 따른 망막의 감도 및 동공의 투사 면적과 함께 입사량(incident flux)에 의해 반응이 결정된다. 인공 수정체에서와 같이 눈 속에 위치하거나, 콘택트 렌즈 또는 각막교체에서와 같이 눈에 부착되거나, 또는 안경 렌즈에서와 같이 눈의 광학적 경로에 존재하는 지에 관계없이, 망막의 전방에 위치한 필터는 망막에 가해지는 광의 총량을 감소시키고 동공을 팽창시킴으로써 필드 조도(field illuminance)의 감소를 보상한다. 필드에서 일정 밝기에 노출되면, 동공의 지름은 일반적으로 어떤 크기에서 변동을 거듭하는데, 밝기가 저하되면 그것은 커진다.

[0127] 동공 면적과 필드 조도 사이의 함수 관계가, 동공 직경에 대한 다음의 등식을 사용하여 문(Moon)과 스펜서(Spencer), J. Opt. Soc. Am. v. 33, p.260 (1944)에 의해 기술되었다:

[0128]
$$d = 4.9 - 3 \tanh(\text{Log}(L) + 1) \quad (0.1)$$

[0129] 여기서, d는 밀리미터이고, L은 cd/m^2 단위의 조도이다. 도 34a는 필드 조도(cd/m^2)에 따른 동공 직경(mm)을 보여준다. 도 34b는 조도에 따른 동공 면적(mm^2)을 보여준다.

[0130] 조도는, 파장에 대한 시감도의 분광 가중 적분(spectrally weighted integration of visual sensitivity over wavelength)으로 국제 CIE 표준에 의해 정의되어 있다.

[0131]
$$\begin{aligned} L &= K_m \int L_{e,\lambda} V_\lambda d\lambda && \text{명소시} \\ L' &= K'_m \int L_{e,\lambda} V'_\lambda d\lambda && \text{암소시} \end{aligned} \quad (0.2)$$

[0132] 여기서, K_m '는 암소(밤)에 대하여 1700.06 lm/W이고, 명소(낮)에 대하여 $K_m=683.2$ lm/W이며, 분광 시각 효율 함수(spectral luminous efficiency functions) V_λ 및 V'_λ '는, 예를 들어 마이클 캘로니아티스(Michael Kalloniatis)와 찰리스 루(Charles Luu), "시각의 정신물리학(Psychophysics of Vision)"의 도 9에 예시되어 있는데, 이것은 <http://websision.med.utah.edu/Phych1.html>에서 구할 수 있으며(2007년 8월 8일 마지막 방문) 본 명세서에 참조로서 병합된다.

[0133] 흡수성 안과용 요소를 인공 수정체, 콘택트 렌즈, 또는 안경 렌즈의 형태로 삽입하는 것은 다음의 식에 따른 조도를 감소시킨다:

$$\begin{aligned} L &= K_m \int T_\lambda L_{s,\lambda} V_\lambda d\lambda & \text{명소시} \\ L' &= K'_m \int T_\lambda L_{s,\lambda} V'_\lambda d\lambda & \text{암소시} \end{aligned} \quad (0.3)$$

[0134]

[0135] 여기서, T_λ 는 광학 요소의 파장에 따른 투과율이다. 선행기술의 청색 차단 렌즈들 각각에 대하여, 등식 1.2로부터 산출된 필터링되지 않은 조도 값으로 정규화된(normalized) 등식 1.3에서의 적분 값들을 표 I에 나타내었다.

[0136] [표 I]

구분	도면	명소 비율	암소 비율
필터 無		1.000	1.000
프렛 '430		0.280	0.164
메인스터 2005/0243272		0.850	0.775
본 시스템	35	0.996	0.968
본 시스템	36 (실선)	0.993	0.947
본 시스템	37	0.978	0.951

[0137]

[0138] 표 I을 참조하면, 프렛(Pratt)에 의한 안과용 필터는 암소 감도를 필터링되지 않은 때 값의 83.6% 만큼 감소시키는데, 이러한 감쇠는 야간 시력을 저하시키고 등식 1.1에 따른 동공 팽창을 야기한다. 메인스터(Mainster)에 의해 기술된 장치는 암소 광속을 22.5% 만큼 감소시키는데, 이것은 프렛 장치보다는 덜 심각하기는 하지만 여전히 심각한 정도이다.

[0139] 대조적으로, 본 발명에 따른 필름은, 암소 조도를 필터링되지 않은 때 값의 기껏해야 15% 이하를 감소시키면서, 흡수성 또는 반사성 안과용 요소를 이용하여 보라색 및 청색 광을 부분적으로 감쇠시킨다. 놀랍게도, 본 발명에 따른 시스템은 명소시 및 암소시에 거의 또는 전혀 영향을 주지 않으면서도 청색광의 원하는 영역을 선택적으로 억제하는 것으로 나타났다.

[0140] 일 실시예에서, 페틸렌($C_{20}H_{12}$, CAS#198-55-0)이 그것의 최대 흡수를 나타내는 437nm에서 광의 약 3분의 2를 흡수하기에 충분한 농도 및 두께로 안과용 장치에 포함될 수 있다. 이 장치의 투과 스펙트럼이 도 35에 나타나 있다. 이 필터에 의해 초래되는 조도 변화는, 표 I에 나타난 바와 같이, 암소 조건 하에서는 단지 약 3.2%이고, 명소 조건 하에서는 약 0.4%이다. 상기 장치에서 페틸렌의 농도 또는 두께를 증가시키면, 비어의 법칙(Beer's law)에 따라 각 파장에서의 투과율이 감소한다. 도 36은 도 6의 경우보다 페틸렌 농도가 2.27배 높은 장치의 투과 스펙트럼을 보여준다. 이 장치는 도 6의 장치보다 광독성 청색광을 더 많이 선택적으로 차단하지만, 암소 조도를 6% 미만 밖에, 그리고 명소 조도를 0.7% 미만 밖에 감소시키지 않는다. 한편, 염료에 의한 흡수 효과만을 보여주기 위하여, 도 35 및 36에서 반사율은 생략되었다.

[0141] 페틸렌 외의 다른 염료들도 청색 또는 거의 청색 파장 범위에서 강한 흡수성을 가지고 가시 스펙트럼의 다른 영역에서는 거의 또는 전혀 흡수성을 갖지 않을 수 있다. 이러한 염료의 예로는, 도 46에 예시된 바와 같이, 포르피린(porphyrin), 쿠마린(coumarin), 및 아크리딘(acridine)에 기초한 분자들이 있는데, 이들은 400-460nm에서 투과율을 아예 없애지는 않지만 감소된 투과율을 제공하기 위하여 단독 또는 조합으로 사용될 수 있다. 따라서, 본 명세서에서 설명되는 방법들 및 시스템들은, 페틸렌, 포르피린, 마그네슘 테트라메시틸포르피린(MgTMP), 쿠마린, 및 아크리딘, 또는 이들의 유도체들의 투과 스펙트럼을 모방하는 다른 분자 구조에 기초한 유사한 염료를 소정 농도로 사용할 수 있다.

- [0142] 일 실시예에서, 선택적 필터는 본 명세서에서 제공된 예시적 염료들의 하나 이상의 투과 스펙트럼을 모방한다. 따라서, 본 명세서에서 제공된 염료들은 다른 대체 가능한 물질을 사용한 유사한 필터를 설계하기 위한 참조용 필터로서 사용된다. 필터는 참조용 필터와 거의 동일한 파장을 필터링함으로써 상기 참조용 필터의 투과 스펙트럼을 모방할 수 있다. 예를 들어, 모방 필터는 참조용 필터와 거의 동일한 파장 범위(참조용 필터의 범위의 한 쪽 또는 양쪽 끝 부분에서 $\pm 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25$, 또는 30의 파장)를 필터링할 수 있다. 다른 실시예에서, 필터는 선택된 파장을 거의 동일한 억제 레벨로 필터링함으로써 참조용 필터의 투과 스펙트럼을 모방할 수 있다. 예를 들어, 참조용 필터의 최대 억제(또는 최소 투과)와 모방 필터의 최대 억제(또는 최소 투과)는 서로의 약 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 또는 30% 이내일 수 있다. 다른 실시예에서, 모방 필터는 참조용 필터의 파장 범위와 억제 레벨 모두를 모방한다.
- [0143] 본 발명의 실시예들에 따라 광학 경로에 염료를 삽입하는 것은 광학 제조업에서 흔히 실시되는 다양한 방법들에 의해 달성될 수 있다. 상기 염료 또는 염료들은 기관 내에 그 일부로서 직접 포함되거나, 고분자 코팅에 첨가되거나, 렌즈 내로 흡수되거나, 염료가 함침된 층을 포함하는 적층 구조에 포함되거나, 또는 염료가 함침된 미세 입자들(microparticles)을 갖는 복합체로서 포함될 수 있다.
- [0144] 본 발명의 다른 실시예에 의하면, 보라색과 청색 스펙트럼 영역에서 부분적으로 반사성을 갖고 더 긴 파장들에 대해서는 반사 방지성을 갖는 유전체 코팅(dielectric coating)이 적용될 수 있다. 적절한 유전체 광학 필터의 설계 방법이 앵거스 맥레오드(Angus McLeod)의 썬 필름 옵티컬 필터(Thin Film Optical Filters)[맥그로-힐:뉴욕(McGraw-Hill:NY) 1989]와 같은 교과서에 요약되어 있다. 본 발명에 따른 SiO_2 및 ZrO_2 의 6층 적층물의 투과 스펙트럼이 도 37에 예시되어 있다. 표 I을 다시 참조하면, 이 광학 필터는 광독성의 청색 및 보라색 광을 차단 하면서, 암소 조도를 5% 미만 밖에, 그리고 명소 조도를 3% 미만 밖에 감소시키지 않는 것으로 나타났다.
- [0145] 많은 종래의 청색 차단 기법들이 가능한 한 많은 양의 청색 광을 억제하려고 하지만, 최근의 연구는, 많은 응용에 있어서 상대적으로 적은 양의 청색광을 억제하는 것이 바람직하다고 제안하고 있다. 예를 들어, 암소시에 좋지 않은 효과를 방지하기 위하여, 본 발명의 안과용 시스템은 청색(즉, 380-500nm) 파장 광의 약 30%만을 억제하는 것이 바람직하데, 또는, 더욱 바람직하게는 청색광의 약 20%만, 더욱 바람직하게는 약 10%만, 그리고 더욱 바람직하게는 약 5%만이다. 청색광의 5% 정도만을 억제시켜도 세포 사멸이 감소할 수 있다고 여겨지는데, 이러한 청색광 감소 정도는 상기 시스템의 사용자들의 암소시 및/또는 생물학적 주기의 행동에 거의 또는 전혀 영향을 미치지 않는다.
- [0146] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 청색광을 선택적으로 억제하는 본 발명에 따른 필름의 광 억제 정도는 상기 필름을 포함하고 있는 베이스 시스템에 대하여 상대적으로 계산된 양으로 표현된다. 예를 들어, 안과용 시스템은 폴리카보네이트 또는 렌즈용의 다른 유사한 베이스를 사용할 수 있다. 이러한 베이스를 위해 전형적으로 사용되는 물질들은 가시 파장에서 다양한 양의 광을 억제할 수 있다. 본 발명에 따른 청색-차단 필름이 상기 시스템에 부가된 경우, 그 필름은 모든 청색 파장들의 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 및/또는 50%를 선택적으로 억제할 수 있는데, 이것들은 그 필름이 존재하지 않는 상태에서 동일한 파장들에서 투과되었을 광의 양에 대하여 상대적으로 계산된 것이다.
- [0147] 본 명세서에서 개시되는 방법들 및 장치들은 청색-차단으로부터 야기되는 색 인지에서의 시프트를 최소화하거나, 바람직하게는 제거할 수 있다. 서로 다른 분광 응답 특성을 갖는 망막 색소들에 가해지는 광 신호들에 대하여 신경 처리가 수행됨으로써 인간의 시각 시스템에 의해 색이 인지된다. 색 인지를 수학적으로 설명하기 위하여, 분광복사조도(spectral irradiance)와 3개의 파장-의존 색 매칭 함수들(wavelength-dependent color matching functions)의 곱을 합함으로써 색 공간이 구성된다. 인지된 색을 특징짓는 3개의 숫자들이 그 결과로서 도출된다. 다른 대체 가능한 색 표준에 기초한 유사한 계산들이 색 과학 분야의 당업자에게 알려져 있고 또한 사용될 수도 있지만, 국제조명위원회(Commission Internationale de L'eclairage)(CIE)에 의해 창시된 균등(L^*, a^*, b^*) 색 공간이, 인지된 색들을 특징짓기 위해 사용될 수 있다. 상기 (L^*, a^*, b^*) 색 공간은 L^* 축 상의 명도(brightness) 및 a^* 와 b^* 축들에 의해 정의되는 평면 내의 색상을 정의한다. CIE 표준에 의해 정의된 것과 같은 균등 색 공간은 컴퓨터를 이용하고(computational) 비교를 하는(comparative) 응용에 바람직할 수 있는데, 이것은 상기 공간의 카티션 거리(Cartesian distances)가 2 개의 대상물들 사이의 인지되는 색차(color difference)의 크기에 비례하기 때문이다. 균등 색 공간의 이용은 업계에 일반적으로 알려져 있는데, 예를 들어 위스체키와 스타일스(Wyszecki and Stiles), 색채 과학(Color Science): 개념 및 방법, 정량적 데이터 및 공식(Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae) [윌리(Wiley): 뉴욕] 1982에 설명되어 있다.
- [0148] 본 명세서에서 설명되는 방법들 및 시스템들에 따른 광학 설계는 시각 환경을 보여주는 스펙트럼의 팔레트

(palette)를 사용할 수 있다. 이것의 비제한적 예로는 먼셀 매트 컬러 팔레트(Munsell matte color palette)가 있는데, 이것은, 정신물리학적 실험에 의해 서로 식별될 수 있는 최소 차이가 있는 것으로 규명된 1,269개의 컬러 타일들을 포함한다. 이 타일들의 분광복사조도(spectral irradiance)가 표준 조명 조건 하에서 측정되었다. D65 일광 광원에 의해 조사된 이 타일들 각각에 대응하는 (L^*, a^*, b^*) 색 공간에서의 색 좌표들 배열은 색 왜곡에 대한 참조가 되며, 도 38에 나타나 있다. 이어서 상기 컬러 타일들의 분광복사조도가 청색-차단 필터에 의해 조절되고, 새로운 색 좌표 세트가 계산된다. 각 타일의 인지되는 색은 (L^*, a^*, b^*) 좌표들의 기하학적 이동에 대응하는 크기로 시프트된다. 이러한 계산이 프랫(Pratt)의 청색-차단 필터에 적용되었는데, 여기서 평균 색 왜곡은 (L^*, a^*, b^*) 공간에서 41 최소 식별차(just noticeable difference)(JND) 단위들이다. 프랫 필터에 의해 야기되는 최소 왜곡은 19 JNDs이고, 최대는 66이며, 표준편차는 7 JNDs이다. 1,269개의 컬러 타일들 모두에 대한 색 시프트의 막대 그래프가 도 39a (top)에 나타나 있다.

[0149] 도 39b를 참조하면, 메인스터 청색-차단 필터에 의해 야기되는 색 시프트의 최소는 6이고, 평균은 19이고, 최대는 34이며, 표준편차는 6 JNDs이다.

[0150] 2가지 농도의 페릴렌 염료들을 사용하거나 전술한 반사형 필터를 사용한 본 발명의 실시예들은, 표 II에 예시된 바와 같이, 평균, 최소, 또는 최대 왜곡 모두에 있어서 종래의 장치들보다 실질적으로 작은 색 시프트를 가질 수 있다. 도 35의 투과 스펙트럼을 갖는 본 발명에 따른 페릴렌으로 염색된 기관의 색 시프트의 막대 그래프가 도 40에 나타나 있다. 특히, 모든 컬러 타일들에 대하여 시프트가 메인스터, 프랫 등에 의해 기술된 종래 장치들의 그것보다 실질적으로 낮고 좁은 것으로 관찰되었다. 예를 들어, 시뮬레이션 결과, 본 발명에 따른 필름들에 대하여 (L^*, a^*, b^*) 시프트가 12 및 20 JNDs의 낮은 값을 나타내었고, 모든 타일들에 대한 평균 시프트는 7-12 JNDs의 낮은 값을 나타내었다.

[0151] [표 II]

구분	도면	평균 δ (L^*, a^*, b^*)	최소 δ (L^*, a^*, b^*)	최대 δ (L^*, a^*, b^*)	표준편차 δ (L^*, a^*, b^*)
프랫		41	19	66	12
메인스터		19	6	34	6
본 시스템	35	7	2	12	2
본 시스템	36	12	4	20	3
본 시스템	37	7	2	12	2

[0152] 일 실시예에서, 반사형 및 흡수성 요소들의 결합은 상대적으로 높은 시각 투과율(luminous transmission)을 유지하면서도 유해한 청색 광자들을 필터링할 수 있다. 이것은, 본 발명에 따른 시스템이 동공 팽창을 방지하거나 감소시키고, 야간 시야를 유지시키거나 야간 시야가 훼손되는 것을 방지하며, 색 왜곡을 감소시킬 수 있도록 한다. 이와 같은 방식의 일 예로, 도 37에 나타난 유전체 적층물과 도 35의 페릴렌 염료를 결합시킴으로써 도 41에 나타난 투과 스펙트럼을 얻었다. 상기 장치는 97.5%의 명소 투과율, 93.2%의 암소 투과율, 및 11 JNDs의 평균 색 시프트를 갖는 것으로 나타났다. 일광(daylight)에서 먼셀 타일에 대한 상기 장치의 색 왜곡을 요약하는 막대 그래프가 도 42에 나타나 있다.

[0154] 다른 실시예에서, 안과용 필터가 예를 들어 안경 렌즈, 고글(goggle), 차양(visor) 등과 같이 눈의 외부에 위치한다. 종래의 전통적 필터가 사용될 때, 착용자의 얼굴 색은 외부의 관찰자가 바라볼 때 렌즈에 의해 염색될 수도 있다. 즉, 다른 사람에게 보여질 때 얼굴 색 또는 피부 톤(tone)이 청색-차단 렌즈에 의해 전형적으로 시프트된다. 청색광 흡수에 수반되는 이러한 황색 변색은 종종 미적으로 바람직하지 못하다. 이러한 색 시프트를 최소화하는 방법은 먼셀 타일들에 대하여 위에서 설명된 방법과 동일한데, 착용자의 피부 반사가 먼셀 컬러 타일들의 반사를 대신한다. 피부 색은 색소, 혈류, 및 조명 조건의 함수이다. 서로 다른 인종 대상들로부터 얻어진 일련의 대표적 피부 반사 스펙트럼들이 도 43a-b에 나타나 있다. 백인을 대상으로 한 예시적 피부 반사 스펙트럼이 도 44에 나타나 있다. 일광(D65) 조명에서 이 피부의 (L^*, a^*, b^*) 색 좌표는 (67.1, 18.9, 13.7)이다. 프랫 청색-차단 필터의 삽입은 상기 색 좌표를 (38.9, 17.2, 44.0)으로 변화시키는데, 이것은 69 JND 단위들 만큼의 시프트에 해당한다. 메인스터 청색-차단 필터는 상기 색 좌표를 (62.9, 13.1, 29.3)으로 17 JND 단위들 만큼 시프트시킨다. 이와 대조적으로, 본 명세서에서 설명된 페릴렌 필터는 단지 6 JNDs, 또는 메인스터 필터의 3분의 1에 해당하는 색 시프트만을 야기한다. 일광 조명 하에서 다양한 청색-차단 필터들을 사용하면서 얻어진 예시적 백인 피부의 미용적 색 시프트를 표 III에 요약하였다. 표 I에 나타난 데이터는 베이스 물질에 의해 야기되

는 효과를 모두 제거하기 위하여 정규화(normalized)되었다.

[표 III]

구분	도면	L*	a*	b*	$\delta(L^*, a^*, b^*)$
피부	14-15	67	19	14	0
프렛		39	17	44	69
메인스터		63	13	29	17
본 시스템	35	67	17	19	6
본 시스템	36	67	15	23	10
본 시스템	37	67	17	19	6

일 실시예에서, 망막으로 향하는 청색광을 제거하지는 않되 감소시키기 위하여 광원이 필터링될 수 있다. 이것은, 전술한 원리들을 사용하여 시야(field of view)와 광원 사이에 흡수성 또는 반사성 요소들을 위치시킴으로써 달성될 수 있다. 예를 들어, 건축물의 창문을 페릴렌을 함유하는 필름으로 덮음으로써 상기 창문의 투과 스펙트럼이 도 35에 나타난 것과 매칭되도록 할 수 있다. 이러한 필터는 전형적으로, 코팅되지 않은 창문과 비교할 때, 동공 팽창을 유도하지 않으며, 외부의 일광이 그것을 통과할 때 인지될 수 있을 정도의 색 시프트를 야기하지도 않는다. 본 발명에 의한 청색 필터는 형광, 백열, 아크, 섬광, 및 다이오드 등(lamp), 디스플레이 등과 같은 인공 조명 상에 사용될 수도 있다.

다양한 물질들이 본 발명에 따른 필름들을 제조하는데 사용될 수 있다. 폴리 비닐 알코올(PVA) 및 폴리 비닐 부틸알(PVB)가 그러한 2개의 예시적 물질들이다. PVA 필름의 경우, 아세테이트기의 제거를 위한 폴리비닐 아세테이트의 부분적 또는 완전한 가수분해에 의해 그것이 제조될 수 있다. PVA 필름은, 유리한 필름 형성 특성, 예열선화 특성, 및 접착 특성으로 인해 바람직할 수 있다. 더욱이, PVA 필름은 높은 인장강도, 유연성, 고온 안정성을 가지며 우수한 산소 장벽을 제공한다.

PVB 필름은 부탄알(butanol) 내에서 폴리비닐 알코올의 반응에 의해 제조될 수 있다. PVB는 높은 강도, 광학적 선명성, 유연성 및 엑셈(toughness)을 요구하는 분야에 적합할 수 있다. PVB는 또한 필름 형성 특성 및 접착 특성을 갖는다.

PVA, PVB, 및 다른 적절한 필름들은 압출되거나, 용액으로부터 주조되거나, 스핀 코팅 후 경화되거나, 또는 딥(dip) 코팅 후 경화될 수 있다. 당업계에서 공지된 다른 제조 방법들이 사용될 수도 있다. 바람직한 필름의 분광 프로파일을 얻기 위해 필요한 염료들을 통합시키는 몇 가지 방법들이 존재한다. 염료-통합을 위한 예시적 방법들로는 기상증착(vapor deposition), 필름 내에서의 화학적 가교, 폴리머 미소 구체(microsphere) 내에 용해시킨 후 필름 내에 통합 등이 있다. 적절한 염료들이 키스톤(Keystone), 비피아이(BPI) 및 판텀(Phantom)을 포함하는 회사들로부터 상업적으로 이용 가능하다.

대부분의 안경 염색은 렌즈가 제조사로부터 운송된 후 수행된다. 따라서, 렌즈 자체가 제조되는 동안에 청색-흡수성 염료를 포함시키는 것이 바람직할 수 있다. 그러기 위해서, 필터링 및 색 밸런싱 염료들을 하드 코팅 및/또는 그와 결부된 프라이머 코팅 내에 포함시킬 수 있는데, 상기 프라이머 코팅은 하드 코팅과 렌즈 물질의 접착력을 향상시키기 위한 것이다. 예를 들어, 프라이머 코팅과 그와 결부된 하드 코팅은 제조 공정 중 마지막 단계에서 최종 제품에 추가적인 내구성 및 내스크래치성(scratch resistance)을 제공하기 위하여 안경 렌즈 또는 다른 안과용 시스템의 상면 상에 종종 부가된다. 전형적으로, 상기 하드 코팅은 시스템의 가장 바깥쪽 층이고, 상기 시스템의 전방 면, 후방 면, 또는 전방 및 후방의 양쪽 면들에 위치할 수 있다.

도 47은 하드 코팅(4703) 및 그와 결부된 접착-촉진 프라이머 코팅(4702)을 갖는 예시적 시스템을 보여준다. 예시적인 하드 코팅들 및 접착 촉진 프라이머 코팅들이 토쿠야마(Tokuyama), 울트라옵틱스(UltraOptics), 에스디씨(SDC), 피피지(PPG), 및 엘티아이(LTI)와 같은 제조사들로부터 이용 가능하다.

본 발명에 따른 시스템에서, 청색 차단 염료 및 색 밸런싱 염료 모두가 프라이머 코팅(1802) 내에 포함될 수 있다. 청색 차단 염료 및 색 밸런싱 염료 모두가 하드 코팅(1803) 내에 포함될 수도 있다. 상기 염료들이 동일한 코팅층에 포함될 필요는 없다. 예를 들어, 청색 차단 염료는 하드 코팅(1803) 내에 포함되고, 색 밸런싱 염료는 프라이머 코팅(1802) 내에 포함될 수 있다. 색 밸런싱 염료가 하드 코팅(1803) 내에 포함되고, 청색 차단 염료가 프라이머 코팅(1802) 내에 포함될 수도 있다.

본 발명에 따른 프라이머 및 하드 코팅들은 스핀-코팅, 딥-코팅, 스프레이-코팅, 증발, 스퍼터링, 및 화학기상

증착을 포함하는 당업계에서 공지된 방법들을 사용하여 증착될 수 있다. 각 층에 포함되어야 할 청색 차단 및/또는 색 밸런싱 염료들은, 염료가 액상의 코팅 물질 내에 용해된 혼합물이 시스템에 적용되는 경우에서와 같이, 상기 층과 동시에 증착될 수 있다. 상기 염료들은, 상기 코팅이 경화되거나 건조되거나 또는 적용되기 전에 염료가 표면에 스프레이되는 경우에서와 같이, 별개의 공정 또는 부-공정(sub-process)을 통해 증착될 수 있다.

[0165] 하드 코팅 및/또는 프라이머 코팅은 필름에 대하여 본 명세서에 설명된 기능 및 이익을 수행하고 달성할 수 있다. 특히, 상기 코팅 또는 코팅들은, 바람직한 명소시, 암소시, 생물학적 주기 리듬, 및 광독성 레벨을 유지하면서도 청색광을 선택적으로 억제할 수 있다. 본 명세서에서 설명된 하드 코팅 및/또는 프라이머 코팅은 본 명세서에서 설명된 필름을 포함하는 안과용 시스템에 그 어떠한 다양한 조합으로도 사용될 수 있다. 구체적인 예로서, 안과용 시스템은 청색광을 선택적으로 억제하는 필름 및 색 보정을 제공하는 하드 코팅을 포함할 수 있다.

[0166] 본 발명의 선택적 필터는 향상된 대비 감도(contrast sensitivity)를 제공할 수도 있다. 이러한 시스템은, 명소시, 암소시, 색 식별력, 및/또는 생물학적 주기 리듬에 최소한의 영향을 주고, 수용 가능한 또는 심지어 향상된 대비 감도를 유지하면서, 유해한 비가시(invisible) 및 가시(visible) 광을 선택적으로 필터링하는 기능을 수행한다. 어떤 실시예에서는 선택적 필터가 적용되는 장치의 최종 잔존 색이 거의 무색이고, 거의 투명한 잔존 색이 요구되지 않는 다른 실시예에서는 잔존 색이 누르스름한 색일 수 있다는 것으로 본 발명이 표현될 수 있다. 바람직하게는, 선택적 필터의 황색화가 개개의 주관적 착용자에게 받아들여질 수 있다. 황색화는 ASTM E313-05와 같은 황색화 지수를 이용하여 정량적으로 측정될 수 있다. 바람직하게는, 상기 선택적 필터는 단지 50, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 9, 7, 또는 5 이하의 황색화 지수를 갖는다.

[0167] 본 발명은 선택적 광 파장 필터링 실시예들을 포함할 수 있는데, 이러한 실시예들로는 다음의 것들이 있다: 창문, 자동차 바람막이 창, 백열 전구, 섬광 전구, 형광등 조명, LED 조명, 텔레비전, 컴퓨터 모니터 등. 망막에 영향을 주는 어떠한 빛이라도 본 발명에 의해 선택적으로 필터링될 수 있다. 본 발명은, 예를 들어, 선택적 필터링 염료 또는 안료를 포함하는 필름에 의해 실시 가능해질 수 있는데, 염료 또는 안료 요소는 기관이 제조된 후 부가되거나, 염료 요소는 기관 재료의 구성 또는 제제 내에 포함되어 있거나, 안료는 멜라닌, 루테인(ruthein), 또는 제아잔틴(zeaxanthin)과 같은 합성 또는 비합성의 안료이거나, 선택적 필터링 염료 또는 안료는 콘택트 렌즈에서와 같이 가시적 염료(하나 이상의 색을 갖는)로서 제공되거나, 선택적 필터링 염료 또는 안료는 안과용 내스크래치성 코팅(하드 코팅) 내에 제공되거나, 선택적 필터링 염료 또는 안료는 안과용 반사 방지 코팅 내에 제공되거나, 선택적 광 파장 필터링 염료 또는 안료는 소수성 코팅, 간섭 필터, 선택적 광 파장 필터 내에 제공되거나, 선택적 광 파장 필터링 염료 또는 안료는 광변색성 렌즈 내에 제공되거나, 또는 선택적 광 파장 필터링 염료 또는 안료는 백열 전구 또는 튜브의 매트릭스 내에 제공된다. 본 발명이 고려하는 선택적 광 파장 필터는, 하나의 특정 범위의 파장 또는 다수의 특정 범위들의 파장을 선택적으로 필터링하는 것으로서, 가시 스펙트럼의 전체 파장에 대해 균등하게 필터링하는 것은 절대 아님을 명심하여야 한다.

[0168] 당업자는 기관 재료에 선택적 광 파장 필터를 제공하는 방법을 용이하게 알 것이다. 일 예에 불과하지만, 상기 선택적 필터는, 흡수되거나, 주입되거나, 함침되거나, 기관의 원료에 첨가되거나, 중합 전에 수지(resin)에 첨가되거나, 상기 선택적 필터 염료 또는 안료를 포함하는 필름을 통해 광학 렌즈 내에 적층될 수 있다.

[0169] 본 발명은, 예를 들어 페릴렌, 포르피린 또는 이들의 유도체들과 같은 염료 및 또는 안료를 적절한 농도로 사용할 수 있다. 페릴렌의 농도 변화에 따른 약 430nm에서의 광 파장 차단 성능을 살펴보기 위하여 도 48이 참조된다. 투과 레벨이 염료 농도에 의해 조절될 수 있다. 다른 염료의 화학반응들을 이용함으로써 흡수 피크의 위치를 조정할 수 있다.

[0170] 적절한 농도 레벨의 페릴렌은, 거의 무색의 외관을 유지시키면서도, 명소시, 암소시, 생물학적 주기, 및 광독성 비율들의 밸런싱을 제공한다:

[0171] [표 IV]

구분	명소 비율- V_{λ} (%)	암소 비율- V'_{λ} (%)	광독성 비율 (B_{λ}) (%)	생물학적 주기 비율 (M'_{λ}) (%)
필터 無	100	100	100	100
폴리카보네이트 - 비염색	88	87	86	74
프렛	28	16	4	7
메인스터	86	78	39	46
메인스터 (-20nm 시프트)	86	83	63	56
메인스터 (+20nm 시프트)	84	68	15	32
HPOO 염료 (2x)	88	81	50	62
HPOO 염료 (x)	88	84	64	63
HPOO (x/2)	87	84	72	66
HPOO (x/4)	89	87	79	71

[0172]

[0173]

적절한 농도의 페릴렌에서 대비 감도의 증가가 관찰된다. 실시예 2, 표 VI 참조. 본 발명을 실시 가능하게 하기 위하여, 오직 일 예에 불과하지만, 페릴렌계 염료 또는 안료 군(family)이 사용되는 것에 주목하여야 한다. 이러한 염료가 이용되는 경우, 실시예 또는 응용분야에 따라, 상기 염료가 침출되어 나오지 않도록, 상기 염료가 분자적으로(molecularly) 또는 화학적으로 기관 또는 상기 기관에 가해진 코팅에 결합할 수 있도록 상기 염료가 만들어질 수 있다. 오직 일 예에 불과하지만, 이 응용은 콘택트 렌즈, IOLs, 각막 인-레이(corneal in-lays), 각막 온-레이(corneal on-lays) 등에 사용을 위한 것이다.

[0174]

과학에 의해 다른 가시광 파장이 유해한 것으로 밝혀지면, 그 다른 목표 파장을 억제하기 위하여 선택적 필터들이 결합될 수 있다. 예를 들어, 추가적인 유해성이 확인되었을 때, 하나를 초과하는 목표 파장 범위를 억제하기 위하여 선택적 필터들이 결합될 수 있다. 일 실시예에서, 시스템은 1) A2E 발색단과 연계된 유해성을 감소시키기 위한 선택적 필터 및 2) 확인된 또 다른 유해성, 예를 들어 가시광 파장 유해성을 감소시키기 위한 하나 이상의 부가적 필터들을 포함한다.

[0175]

일 실시예에서, 콘택트 렌즈는, 염료가 상기 콘택트 렌즈 재료 밖으로 침출되어 나오지 않도록 제조된 페릴렌 염료를 포함한다. 또한, 상기 염료는 황색 발현의 색조를 제공할 수 있도록 제조된다. 이러한 황색 발현은 착용자를 위하여 상기 콘택트 렌즈가 소위 처리 색조(handling tint)를 갖도록 한다. 또한, 상기 페릴렌 염료 또는 안료는 도 48에 나타난 선택적 필터링을 제공한다. 이 필터링은, 착용자의 명소시, 암소시, 색 식별력, 또는 생물학적 주기 리듬을 그 어떠한 유의미한 방식으로 희생시키지 않으면서도 망막을 보호하고 대비 감도를 강화시킨다.

[0176]

본 발명의 콘택트 렌즈 실시예 경우에 있어서, 염료 또는 안료는, 착용자의 동공과 일치하는 상기 콘택트 렌즈의 중심으로부터 10mm 이하의 직경, 바람직하게는 6-8mm 내의 직경의 원 안에 위치하도록, 예를 들어 흡수(imbibing)에 의해 상기 콘택트 렌즈로 부여될 수 있다. 이 실시예에서, 선택적 광 파장 필터링을 제공하는 염료 또는 안료의 농도는, 착용자의 명소시, 암소시, 색 식별력, 또는 생물학적 주기 리듬을 그 어떠한 유의미한 방식(하나 이상의, 또는 모든 방식)으로 희생시키지 않으면서도 향상된 대비 감도(콘택트 렌즈를 착용하지 않았을 때에 비하여)를 착용자에게 제공할 수 있는 레벨로 증가된다.

[0177]

바람직하게는, 사용자의 평서널 어큐어티 콘트라스트 테스트(Functional Acuity Constrast Test)[FACTTM 정현파 격자 테스트(sine-wave grating test)]에서 최소한 약 0.1, 0.25, 0.3, 0.5, 0.7, 1, 1.25, 1.4, 또는 1.5 포인트 증가에 의해 대비 감도의 증가가 증명된다. 착용자의 명소시, 암소시, 색 식별력, 및/또는 생물학적 주기 리듬에 있어서, 상기 안과용 시스템은 상기 특성들의 하나 또는 전부를 상기 안과용 시스템이 없을 때의 특성 레벨들의 15%, 10%, 5%, 또는 1% 범위 이내로 유지시키는 것이 바람직하다.

[0178]

콘택트 렌즈를 이용하는 본 발명의 다른 실시예에 있어서, 누르스름한 색조를 야기하는 염료 또는 안료가 제공되는데, 이것은 상기 콘택트 렌즈의 중앙의 직경 5-7mm 내에 위치하고, 제2 색의 색조가 상기 중앙의 색조의 주변부에 부가된다. 이 실시예에서, 선택적 광 파장 필터링을 제공하는 염료의 농도는, 착용자의 명소시, 암소시,

색 식별력, 또는 생물학적 주기 리듬을 그 어떠한 유의미한 방식(하나 이상의, 또는 모든 방식)으로 회생시키지 않으면서도 매우 우수한 대비 감도를 착용자에게 제공할 수 있는 레벨로 증가된다.

- [0179] 콘택트 렌즈를 이용하는 본 발명의 또 다른 실시예에 있어서, 염료 또는 안료가 상기 콘택트 렌즈의 거의 한쪽 끝에서 다른 한쪽 끝까지 그 최대 직경 내에 위치하도록 제공된다. 이 실시예에서, 선택적 광 파장 필터링을 제공하는 염료의 농도는, 착용자의 명소시, 암소시, 색 식별력, 또는 생물학적 주기 리듬을 그 어떠한 유의미한 방식(하나 이상의, 또는 모든 방식)으로 회생시키지 않으면서도 매우 우수한 대비 감도를 착용자에게 제공할 수 있는 레벨로 증가된다.
- [0180] 본 발명의 다양한 실시예들이 인간 또는 동물의 조직 내에 또는 그 위에 사용될 때, 염료가 주변의 각막 조직 내로 침출되어 나오지 않도록, 상기 염료가 인레이(inlay) 기판에 화학적으로 결합할 수 있도록 제조될 수 있다. 이러한 결합을 가능하게 하는 화학적 고리(chemical hook)를 제공하는 방법들이 화학 및 고분자 산업계에 잘 알려져 있다.
- [0181] 본 발명의 또 다른 실시예에 있어서, 인공수정체는 누르스름한 색조를 갖는 선택적 광 파장 필터를 포함하고, 착용자의 명소시, 암소시, 색 식별력, 또는 생물학적 주기 리듬을 그 어떠한 유의미한 방식(하나 이상의, 또는 모든 방식)으로 회생시키지 않으면서도 향상된 대비 감도를 착용자에게 제공한다. 상기 선택적 필터가 인공수정체 상에 또는 그 내에 사용될 때에는, 인공수정체의 미감이 착용자를 바라보는 사람에게는 보이지 않기 때문에 염료 또는 안료의 레벨을 안경의 경우에 비해 높게 증가시킬 수 있다. 이것은, 염료 또는 안료의 농도 증가를 가능하게 하고, 착용자의 명소시, 암소시, 색 식별력, 또는 생물학적 주기 리듬을 그 어떠한 유의미한 방식(하나 이상의, 또는 모든 방식)으로 회생시키지 않으면서도 더욱 높은 레벨의 향상된 대비 감도를 제공한다.
- [0182] 본 발명의 또 다른 실시예에 있어서, 안경 렌즈는 페틸렌을 갖는 염료를 포함하는 선택적 광 파장 필터를 포함하는데, 상기 염료의 제제는 거의 무색의 외관을 갖는 안경 렌즈를 제공한다. 게다가, 착용자의 명소시, 암소시, 색 식별력, 또는 생물학적 주기 리듬을 그 어떠한 유의미한 방식(하나 이상의, 또는 모든 방식)으로 회생시키지 않으면서도 향상된 대비 감도를 착용자에게 제공한다. 이러한 본 발명의 특정 실시예에 있어서, 상기 염료 또는 안료는 상기 안경 렌즈 내에 또는 그 표면에 위치된 필름 내에 부여된다.
- [0183] 일 실시예에 있어서, 상기 시스템은 청색-차단 요소 및 광변색성 요소 모두를 포함한다. 더욱 구체적으로, 상기 안과용 시스템은, 약 430nm의 파장을 포함하는, 청색광 파장 중의 선택된 범위를 선택적으로 필터링하는 청색-차단 요소, 및 활성화될 때 상기 청색광 파장의 선택된 범위 밖의 파장들을 포함하는 가시광을 필터링하는 광변색성 요소를 포함할 수 있다.
- [0184] 상기 요소의 기술어(descriptors)인 "광변색성(photochromic)" 및 "청색-차단(blue-blocking)"이 반드시 서로 배타적인 것은 아니다. 예를 들어, 광변색성 염료가, 반드시 그렇지는 않으나, 최소한 어느 정도의 청색광 파장을 차단할 수 있다. 마찬가지로, 청색-차단 요소가 광변색성 또는 비-광변색성일 수 있다. 일 실시예에서, 청색-차단 요소는 지속적인 청색-차단 기능, 즉, 모든 또는 실질적으로 모든 조명 조건 하에서의 청색-차단 기능을 제공하기 위하여 비-광변색성이다. 심지어 청색-차단 요소가 광변색성인 실시예들에서조차도, 상기 청색-차단 요소가 모든 또는 실질적으로 모든 조명 조건 하에서 지속적으로 기능을 발휘하는 것이 여전히 바람직하다. 따라서, 상기 청색-차단 요소는 상기 광변색성 요소와는 독립적으로 기능을 한다.
- [0185] 상기 광변색성 청색-차단 시스템은, 예를 들어, 안과용 렌즈(처방 및 비처방 렌즈들을 포함), 안경 렌즈, 콘택트 렌즈, 인공수정체, 각막 인레이(corneal inlay), 각막 온레이(corneal onlay), 각막 그래프트(corneal graft), 전기 활성 렌즈(electro-active lens), 바람막이 창(windshield), 또는 창문일 수 있다.
- [0186] 상기 청색-차단 요소는 본 명세서에서 설명된 그 어떠한 청색-차단 실시예일 수 있다. 따라서, 일 실시예에 있어서, 청색-차단 요소는 페틸렌(perylene), 포르피린(porphyrin), 쿠마린(coumarin), 아크리딘(acridine), 및 이들의 유도체들 중 적어도 하나이다. 일 실시예에 있어서, 상기 청색-차단 요소는 포르피린 또는 그 유도체를 포함한다. 다른 실시예에 있어서, 상기 청색-차단 요소는 마그네슘 테트라메시틸포르피린(magnesium tetramesitylporphyrin)(MgTMP)와 같은 포르피린 또는 그 유도체를 포함한다. 상기 청색-차단 요소는 염료 혼합물들을 포함할 수도 있다.
- [0187] 일 실시예에 있어서, 상기 청색-차단 요소는 청색광 파장의 상기 선택된 범위 내의 광의 적어도 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 95%, 99%, 또는 약 100%를 선택적으로 필터링한다. 청색광 파장의 상기 선택된 범위는 약 430nm, 예를 들어, $430\text{nm} \pm 10$, 20, 또는 30nm의 파장을 포함할 수 있다. 다른 실시예에 있어서, 청색광 파장의 상기 선택된 범위는 약 420nm 내지 약 440nm, 약 410nm 내지 약 450nm, 또는 약 400nm 내지 약

460nm의 파장을 포함할 수 있다.

- [0188] 트랜지션스 옵티컬(Transitions Optical)에 의해 제조된 것들과 같은 광변색성 렌즈들이 당업계에 잘 알려져 있다. 광변색성 요소는 특정 파장을 갖는 광의 활성화 자극에 의해 활성화된다. 활성화된 광변색성 요소는 시스템의 투과율을 감소시킨다. 다시 말하면, 활성화된 광변색성 요소는 시스템을 어렵게 한다. 상기 활성화 자극(예를 들어, 활성화 파장)이 제거될 때, 상기 광변색성 요소는 비활성 상태로 복귀할 수 있는데, 이것은 투과율의 증가에 의해 특징지어진다.
- [0189] 일 실시예에 있어서, 활성화된 시스템에서 가시 스펙트럼 전체의 평균 투과율은, 비활성 시스템에서 가시 스펙트럼 전체의 평균 투과율보다 20% 이상 적다. 다른 실시예들에 있어서, 활성화는 가시 스펙트럼 전체의 평균 투과율을 적어도 약 10%, 20%, 25%, 30%, 40%, 50%, 60%, 또는 70% 감소시킨다.
- [0190] 일 실시예에 있어서, 상기 광변색성 요소는 외부 조명 조건, 특히 활성화 자극원의 변화에 신속히 반응한다. 따라서, 일 실시예에서, 비활성 광변색성 요소가 활성화 자극을 받게 되면 상기 광변색성 요소는 10, 7, 5, 4, 3, 2, 또는 1 분도 되지 않아 활성화 상태로 전환될 것이다. 유사하게, 다른 실시예에서, 상기 활성화 자극을 제거하면 상기 활성화된 광변색성 요소는 10, 7, 5, 4, 3, 2, 또는 1 분도 되지 않아 비활성 상태로 전환될 것이다.
- [0191] 예시적인 광변색성 염료들은 트리아릴메탄(triarylmethanes), 스틸벤(stilbenes), 아자스틸벤(azastilbenes), 니트론(nitrones), 풀기드(fulgides), 스피로피란(spiropyrans), 나프토피란(naphthopyrans), 스피로-옥사진(spiro-oxazines), 및 퀴논(quinones)을 포함하지만 이들로 제한되는 것은 아니다.
- [0192] 광변색성 요소의 선택은, 부분적으로, 원하는 활성화 자극에 의존한다. 일 실시예에서, 상기 광변색성 요소는 UVB, UVA, 청색광, 가시광, 및 적외선의 파장들 중 적어도 하나에 의해 활성화된다. 다른 실시예에서, 상기 광변색성 요소는 UVB, UVA, 또는 적외선의 파장들에 의해 활성화된다. UVB 또는 UVA 파장들을 활성화 자극으로 선택함으로써, 상기 광변색성 요소는, 유리하게도, 실외에서는 활성화되고 실내에서는 비활성화될 것이다. 상기 활성화 자극이 청색광 또는 다른 가시 파장들일 수는 있으나, 이러한 실시예들은 실내 환경을 어렵게 만들 수 있어 어떤 응용에 있어서는 바람직하지 못할 수 있다. 선택적으로, 상기 청색-차단 요소도 역시 광변색성이라면, 이 요소의 활성화 상태를 실내외에서 유지함으로써 망막을 보호하는 활성화 자극을 갖는 것이 바람직할 수 있다.
- [0193] 또 다른 실시예에서, 상기 광변색성 요소는 약 380nm 내지 약 410nm의 파장을 갖는 광에 의해 활성화된다. 미국 특허 제7,166,357호에 기술되어 있는 바와 같이, 이러한 활성화 자극은 자동차 바람막이 창과 같은 UV 필터의 뒤에 위치한 광변색성 요소도 활성화시킨다. 이것은, 유리하게도, 자동차 내의 사용자에게 의해 착용되는 동안 광-응답성을 유지할 수 있는 안과용 렌즈를 제공한다.
- [0194] 상기 시스템은 UVA 및/또는 UVB 필터와 같은 UV 필터를 더 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 상기 UV 필터는 어떠한 광변색성 요소의 활성화도 방해하지 않는다. 이것은, 예를 들어, UV 필터를 광변색성 요소 뒤에(후방에) 위치시켜 상기 UV 광이 상기 광변색성 요소에 먼저 입사되고 착용자에게 도달하기 전에 상기 UV 필터에 의해 필터링되도록 함으로써 달성될 수 있다. 다른 예에서, 상기 UV 필터는 상기 광변색성 요소를 활성화시키는 파장들을 필터링하지 않거나, 적어도 활성화를 방해할 정도로 그 파장들을 필터링하지는 않는다.
- [0195] 광변색성 요소 및 청색-차단 요소를 모두 포함함으로써, 상기 시스템은 외부 조명 조건에 따라 가시광 투과율을 조정하면서도 청색광 파장의 망막 보호를 언제나 이상적으로 제공한다.
- [0196] 일 실시예에서, 활성화된 시스템에서 청색광 파장의 상기 소정 범위의 평균 투과율은, 비활성 시스템에서 청색광 파장의 상기 소정 범위의 평균 투과율보다 적다. 시스템이 활성화될 때, 상기 청색-차단 요소 및 광변색성 요소 모두가 상가 효과(additive effect)를 창출하면서 청색광 파장의 상기 소정 범위를 필터링하기 때문에, 청색광 파장의 상기 소정 범위의 평균 투과율이 이론에 관계없이 감소되는 것으로 여겨진다. 이 실시예는, 특히 활성화 상태에서, 강화된 망막 보호를 특징으로 한다. 밝은 빛 조건은 망막 손상의 위험을 증가시키며 동공을 팽창시킬 수 있다. 이 실시예에 있어서는, 밝은 빛 조건이 시스템을 활성화시키기도 함으로써 증가된 청색광 보호를 제공하고, 따라서 착용자를 증가된 노출로부터 보호할 수 있다.
- [0197] 온도 변화와 같은 다른 환경 조건, 특히 추운 온도는 청색광 파장을 필터링하는 광변색성 렌즈의 능력을 약화시킬 수 있다. 따라서, 청색-차단 요소도 포함하는 광변색성 시스템은 특정 환경 조건 하에서 망막 보호의 축소를 보충할 수 있다.
- [0198] 다른 실시예에서, 활성화된 시스템에서 청색광 파장의 상기 소정 범위의 평균 투과율은, 비활성 상태의 동일 시

시스템에서 청색광 파장의 상기 소정 범위의 평균 투과율과 실질적으로 동일하다. 일 실시예에서, 활성화된 시스템에서 청색광 파장의 상기 소정 범위의 평균 투과율은 비활성 시스템에서 청색광 파장의 상기 소정 범위의 평균 투과율의 50%, 40%, 30%, 25%, 15%, 10%, 5%, 3%, 또는 1% 이내이다. 또 다른 실시예에서, 활성화된 시스템이 가시 스펙트럼 전체에 대하여 실질적으로 균일한 필터링을 제공하도록, 상기 활성화된 시스템에서 청색광 파장의 상기 소정 범위의 평균 투과율은 상기 활성화된 시스템의 가시 스펙트럼 전체에 대한 평균 투과율의 50%, 40%, 30%, 25%, 15%, 10%, 5%, 3%, 또는 1% 이내이다. 추가적 청색 광장 필터링에 의해 광변색성 렌즈의 색 밸런싱(예를 들어, 백색광 투과의 CIE 또는 황색화 지수)이 이론에 관계없이 상당히 방해받는 것으로 여겨진다. 청색광 파장의 상기 소정 범위의 평균 투과율을 일정하게 유지함으로써 색 밸런싱이 실질적으로 유지될 수 있다고 여겨진다. 이 실시예는 외부 조명 조건과 관계없이 망막 보호를 여전히 제공하면서 강화된 색 밸런싱을 제공하는 것을 특징으로 한다.

[0199] 일 실시예에서, 우수한 색 밸런싱을 갖는 광변색성 청색-차단 시스템을 제공하기 위하여, 청색광 파장의 상기 소정 범위에 대하여 본질적으로 비상가 효과(non-additive effect)를 달성할 수 있도록 광변색성 요소와 청색-차단 요소가 선택된다. 이것은, 예를 들어, 활성화되었을 때 청색광 파장의 상기 소정 범위 밖의 파장들을 주로 필터링하는 광변색성 요소를 선택함으로써 달성될 수 있다. 이와 같은 방식으로, 활성화된 광변색성 요소가 청색광 파장의 상기 소정 범위의 평균 투과율에 심각한 영향을 주지 않게 된다. 이러한 목적에 부합하는 예시적인 광변색성 염료는, 활성화되었을 때 약 400nm, 410nm, 420nm, 430nm, 440nm, 450nm, 또는 460nm를 초과하는 파장을 차단하는 염료들을 포함한다. 다른 실시예에서, 광변색성 염료는 약 430nm, 440nm, 450nm, 또는 460nm를 초과하는 파장을 선택적으로 차단한다.

[0200] 상기 광변색성 청색-차단 시스템은 본 명세서에서 설명된 대비 감도, 색 밸런싱, 색 식별력, 명소시, 암소시, 및 생물학적 주기 리듬을 포함하는 유익한 특징들을 달성하기 위하여 사용될 수도 있다. 따라서, 일 실시예에서, 상기 광변색성 청색-차단 시스템은 평서널 어큐어티 콘트라스트 테스트(Functional Acuity Constrast Test)[FACTTM 정현파 격자 테스트(sine-wave grating test)]에서 최소한 약 0.1, 0.25, 0.3, 0.5, 0.7, 1, 1.25, 1.4, 또는 1.5 포인트만큼 대비 감도를 증가시킨다. 다른 실시예에서, 상기 광변색성 청색-차단 시스템은 단지 50, 40, 35, 30, 25, 23, 20, 15, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 또는 1 이하의 황색화 지수를 갖는다. 또 다른 실시예에서, 상기 광변색성 청색-차단 시스템은, 비활성 시스템, 활성화된 시스템, 또는 비활성 시스템과 활성화된 시스템 모두에 있어서 광이 투과할 때 (0.33 ± 0.05 , 0.33 ± 0.05) 또는 (0.33 ± 0.02 , 0.33 ± 0.02)의 CIE를 갖는다.

[0201] 상기 청색-차단 요소 및 광변색성 요소는 당업계에 공지된 그 어느 방법에 의해서도, 예를 들어 폴리머 기판에 염료를 코팅 또는 함침시킴으로써 제조될 수 있다. 상기 청색-차단 요소 및 광변색성 요소 각각은 서로 독립적으로 시스템 전체에 걸쳐 존재하거나, 시스템에 국부적으로 존재할 수 있는데, 예를 들어 환형 부분 또는 주변부에 국부적으로 존재할 수 있다. 각 요소는 독립적 층으로서 존재할 수 있다. 상기 청색-차단 요소는 상기 광변색성 요소와 물리적으로 접촉하거나 또는 그로부터 격리될 수 있다(예를 들어, 장벽층 또는 그 사이의 다른 안과용 요소에 의해). 상기 청색-차단 요소는 상기 광변색성 요소의 후방에 위치하거나, 또는 그 반대일 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 청색-차단 요소 및 광변색성 요소는 서로 섞여 단일의 기판 또는 코팅에 포함될 수 있다.

[0202] 청색-차단 요소는 약 1ppm 내지 약 50ppm, 약 1ppm 내지 약 20ppm, 약 1ppm 내지 약 10ppm, 약 1ppm 내지 약 5ppm, 약 2ppm 내지 약 10ppm, 또는 약 1ppm, 2ppm, 3ppm, 4ppm, 5ppm, 6ppm, 7ppm, 8ppm, 9ppm, 10ppm, 12ppm, 15ppm, 17ppm, 20ppm, 25ppm, 30ppm, 35ppm, 또는 50ppm의 농도로 존재할 수 있다. 이 농도들은 페릴렌 및 그 유도체들에 특히 효과적인데, 다른 청색-차단 염료들에 대해서는 적절한 농도가 당업자에 의해 채택될 수 있다.

[0203] 당업자라면 이해할 수 있듯이, 본 명세서에 개시된 내용으로부터의 다양한 변경 및 변형은 명백할 것이고 첨부된 청구항들의 범위 및 사상 내에 속하는 것으로 의도된다. 몇몇 실시예들이 다음의 비제한적 실시예들에 의해 더욱 설명될 것이다.

[0204] 실시예들

[0205] 실시예 1: 가변 농도의 청색-차단 염료를 갖는 내장 필름을 갖는 폴리카보네이트 렌즈가 제조되었고, 각 렌즈의 투과 스펙트럼이 도 45에 나타난 바와 같이 측정되었다. 2.2mm의 렌즈 두께에서 35, 15, 7.6, 및 3.8 ppm의 페릴렌 농도들이 사용되었다. 각 렌즈들에 대한 다양한 측정값들이 도 45의 참조번호에 대응하는 구분들과 함께 표 IV에 나타나 있다. 선택적 광 흡수는 비어의 법칙(Beer's law)에 의해 주로 염료의 농도와 코팅 두께의 곱에

의존하기 때문에, 하드 코팅 및/또는 프라이머 코팅을 필름과 함께 또는 그 대신에 사용함으로써 비교할 만한 결과들이 얻어질 수 있다.

[표 V]

렌즈	구분	명소 비율 (V_{λ})	암소 비율 (V'_{λ})	생물학적 주기 비율 (M'_{λ})	광독성 비율 (B_{λ})
필터링되지 않은 광 (렌즈 無)		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
폴리카보네이트 렌즈 (염료 無)	4510	87.5%	87.1%	74.2%	85.5%
3.8 ppm (2.2 mm)	4520	88.6%	86.9%	71.0%	78.8%
7.6 ppm (2.2 mm)	4530	87.0%	84.1%	65.9%	71.1%
15 ppm (2.2 mm)	4540	88.3%	83.8%	63.3%	63.5%
35 ppm (2.2 mm)	4550	87.7%	80.9%	61.5%	50.2%

35ppm의 염료를 갖는 렌즈를 예외로 하고, 표 IV 및 도 45에서 묘사된 모든 렌즈들이, 380nm 미만의 UV 파장들을 억제하기 위한 안과용 렌즈 시스템에서 전형적으로 사용되는 UV 염료를 포함한다. 명소 비율(photopic ratio)은 정상적 시야(normal vision)를 지칭하는 것으로서, 필터 투과 스펙트럼과 V_{λ} [명소 시감도(photopic visual sensitivity)]의 적분을, 필터링되지 않은 광과 이 동일한 감도 곡선의 적분으로 나눔으로써 산출된다. 암소 비율(scotopic ratio)은 어두운 조명 조건에서의 시야를 지칭하는 것으로서, 필터 투과 스펙트럼과 V'_{λ} [암소 시감도(scotopic visual sensitivity)]의 적분을, 필터링되지 않은 광과 이 동일한 감도 곡선의 적분으로 나눔으로써 산출된다. 생물학적 주기 비율(circadian ratio)은 생물학적 주기 리듬에 미치는 광의 영향을 지칭하는 것으로서, 필터 투과 스펙트럼과 M'_{λ} [멜라토닌 억제 감도(melatonin suppression sensitivity)]의 적분을, 필터링되지 않은 광과 이 동일한 감도 곡선의 적분으로 나눔으로써 산출된다. 광독성 비율(phototoxicity ratio)은 고에너지의 광에 노출됨으로써 야기되는 눈의 손상을 지칭하는 것으로서, 필터 투과와 B_{λ} [유수정체 UV-청색 광독성(phakic UV-blue phototoxicity)]의 적분을, 필터링되지 않은 광과 이 동일한 감도 곡선의 적분으로 나눔으로써 산출된다. 이러한 값들을 산출하기 위하여 사용된 반응 함수들은, 메인스터(Mainster)와 스팔로우(Sparrow)의 "인공수정체(IOL)는 얼마만큼의 청색광을 투과시켜야 하는가?" 영국 안과학 저널(Br. J. Ophthalmol.), 2003, v.87, pp. 1523-29, 메인스터의 "인공수정체는 UV 복사 및 보라색을 차단하여야 하지만 청색을 차단하여서는 않된다," 아크 오프탈(Arch. Ophthalmol.), v. 123, p.550 (2005), 및 메인스터의 "보라색 및 청색 광을 차단하는 인공수정체: 광보호(photoprotection) v. 광수용(photoreception)," 영국 안과학 저널(Br. J. Ophthalmol), 2006, v.90, pp. 784-92에 개시된 것들에 상응한다. 어떤 응용 분야들에서는 다른 광독성 곡선이 적절하지만 산출 방식은 동일한다. 예를 들어, 인공수정체 응용에 있어서는, 무수정체 광독성 곡선(aphakic phototoxicity curve)이 사용되어야 한다. 또한, 광독성 광 메카니즘에 대한 이해가 향상됨에 따라 새로운 광독성 곡선이 적용될 수 있다.

위에서 예시된 데이터들로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 발명에 의한 시스템은, 적어도 약 85%의 명소 시감 투과율(photopic luminous transmission)과 약 80% 미만, 바람직하게는 약 70% 미만, 더욱 바람직하게는 약 60% 미만, 및 더더욱 바람직하게는 약 50% 미만의 광독성 양을 여전히 제공하면서도, 청색광, 특히 400nm - 460nm 영역의 청색광을 선택적으로 억제할 수 있다. 전술한 바와 같이, 본 명세서에서 설명된 기술들을 이용하여 95% 또는 그 이상까지의 명소 시감 투과율이 달성될 수도 있다.

동공 팽창, 암소 감도, 안과용 장치를 통한 색 왜곡, 및 외부 안과용 장치를 얼굴에 착용한 사람을 바라보는 관찰자의 관점에서의 상기 장치의 미감을 감소시키지 않으면서도 광독성 청색광의 소정 부분을 필터링할 목적으로, 여기에서 설명된 원리들이 다양한 광원, 필터, 및 피부 톤에 적용될 수 있다.

본 발명의 몇 가지 실시예들이 여기에서 구체적으로 예시되고/예시되거나 설명되었다. 그러나, 본 발명의 변경 및 변형들이 본 발명의 기술적 사상 및 의도된 범위를 벗어나지 않고 상술한 교시에 의해 포함되고 첨부된 청구항들의 범위 내에 있다는 것이 이해될 것이다. 예를 들어, 여기서 설명된 방법들 및 시스템들이 염료, 유전체 광학 필터, 피부 톤, 및 광원들의 특정 예들을 이용하여 설명되었지만, 다른 대체 가능한 염료, 필터, 피부 색, 및 광원들이 사용될 수도 있음이 이해될 것이다. 또한, 여기서 사용된 용어 "하나의"("a" 또는 "an")는, 단일의 것이라고 특히 언급되지 않으면, 하나 이상을 의미하는 것이다.

[0212] 실시예 2: 대조군(control)로서 투명 필터를 사용하고, 1X 및 2X의 염료 농도를 사용하여 9명의 환자들에 대하여 대비 감도(constrast sensitivity)를 테스트하였다. 평서널 어큐어티 콘트라스트 테스트(Functional Acuity Constrast Test)[FACTTM 정현파 격자 테스트(sine-wave grating test)]에 의하면, 9명의 환자들 중 7명이 전체적으로 향상된 대비 감도를 나타내었다. 표 VI 참조.

[0213] X 및 2X의 로딩(loadings)을 갖는 염료 샘플들에 대한 대비 감도 테스트. 테스트는 2007년 2월에 매릴랜드주 하브레 디 그레이스(Havre de Grace, Maryland)에서 앤디 이삭 박사(Dr. Andy Ishak)에 의해 실행되었다. 테스트는 10명의 환자로 구성되었는데, FACT 대비 감도 테스트 방법을 이용하여 각각이 2개의 필터들로 테스트되었다.

[0214] [표 VI]

[illegible]

[0215]

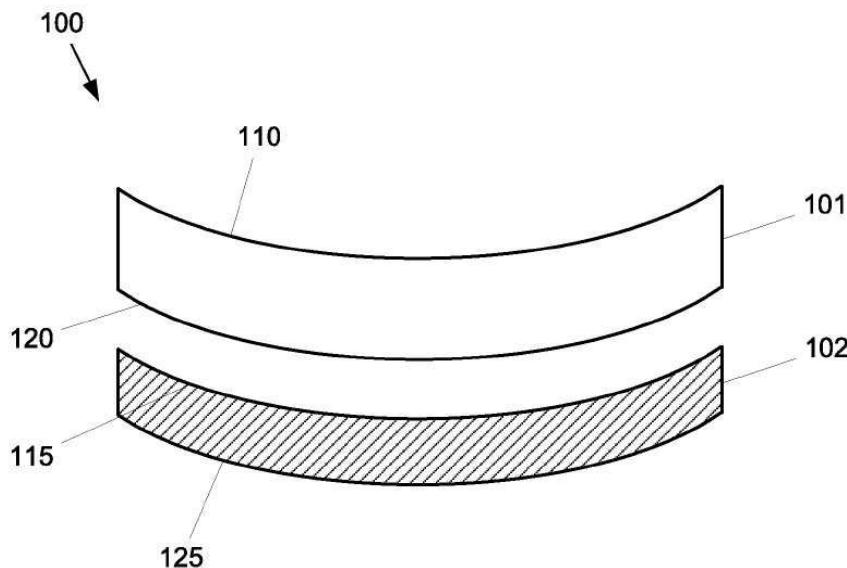
[0216] 비) 고:

[0217] 1. 8번 환자 데이터는 폐기되었다. 이 환자는 60살이었고, 당뇨병이 있었으며, 백내장을 앓고 있었다.

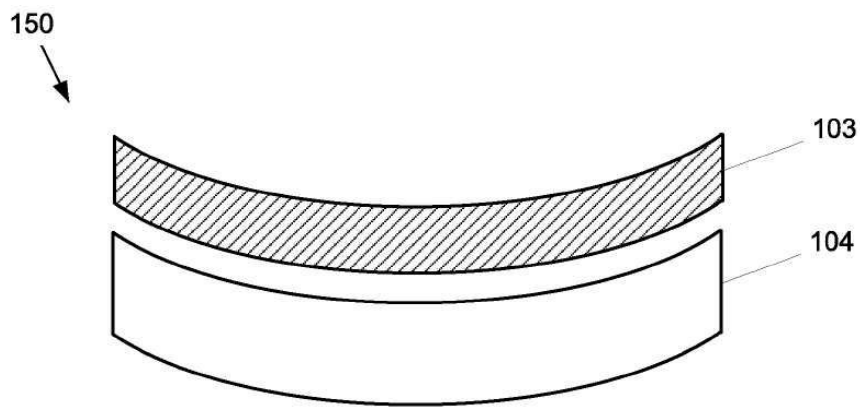
- [0218] 2. 10번 환자는 한쪽 눈만 테스트되었다.
- [0219] 3. dotted와 solid란 용어는 환자들의 두 눈들을 지칭하는 것으로서 이들이 테스트 결과 형태에서 어떻게 나타나는 지를 말함.
- [0220] 4. "NO"라는 제목은 투명 필터, 즉 대조구를 갖는 렌즈를 지칭한다. Lt 및 Dk 용어들은 테스트되는 필터들에 로딩된 염료를 지칭한다.
- [0221] 5. 각 환자들에 있어서, 위 라인은 그들의 실제 점수이다. 두 번째 라인은 필터와 필터링되지 않은 "대조구"의 차이이다.
- [0222] 6. 녹색으로 표시된 칸은 향상을 나타내고, 적색으로 표시된 칸은 부정적 결과를 나타낸다.
- [0223] 7. 총점(라인 22)은 모든 환자들에서 특정 테스트 열에서 획득한 점수들을 더한 것이다.
- [0224] 8. 총 차이(열 33)는 각 환자가 두 눈들에 대하여 5개 테스트 열들(A-E)에서 전체적으로 획득한 점수를 보여준다.
- [0225] 9. 주석(note): 각 환자는(10번 제외) 차이 점수를 획득하기 위하여 20번의 기회들을 가졌다. -- 2개의 눈들 × 테스트 상의 5개의 열들 × 2개의 필터들
- [0226] 10. 더 좋음(better)과 더 나쁨(worse)의 숫자들(행들 27-28, 열들 34-35)은 투명한 대조구에 비하여 필터를 사용했을 때 더 좋은 점수를 획득한 경우들 또는 더 나쁜 점수를 획득한 경우들을 단순히 더한 것이다.
- [0227] 결과:
- [0228] 1. 9명의 환자들 중 7명이 전체적으로 향상된 대비 감도 결과를 보여주었다(열들 33-35).
- [0229] 2. 환자들 전체가 20번의 기회들(2개의 눈들 × 2개의 필터들 × 5개의 FACT 열들)(행들 27-28) 중 18번에서 두 눈들에 있어 향상을 보여주었다.
- [0230] 3. 평균적으로, 환자들은 모두 20번의 기회들에 대하여 0.3 - 1.4 만큼 향상되었다(행 25).

도면

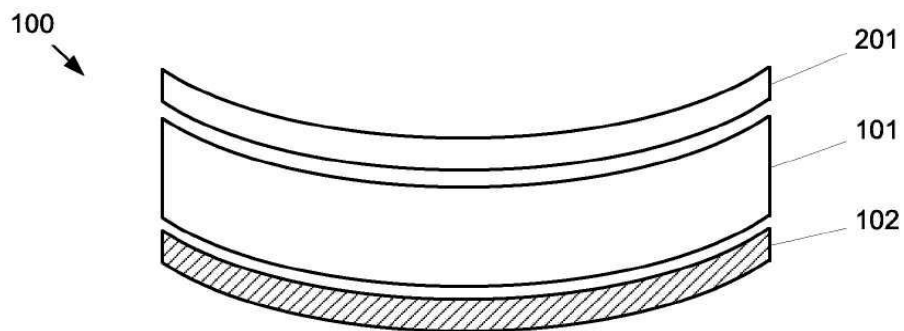
도면1a



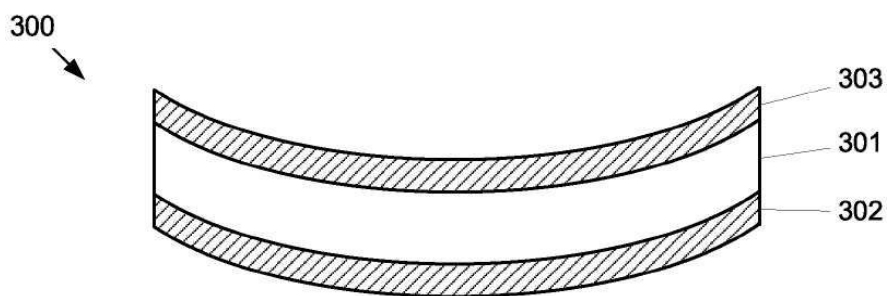
도면1b



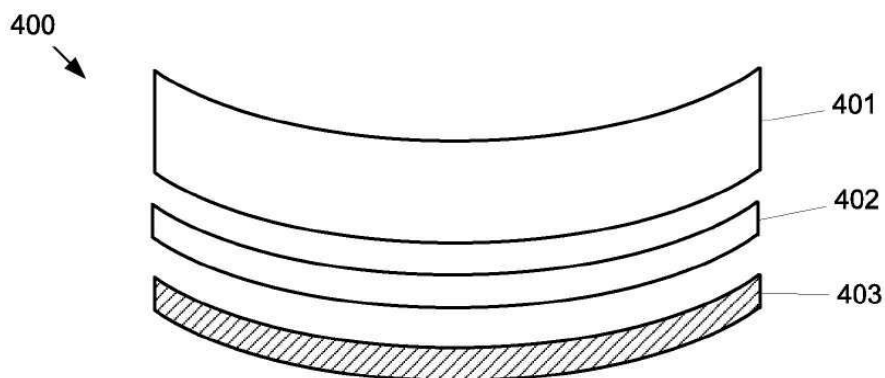
도면2



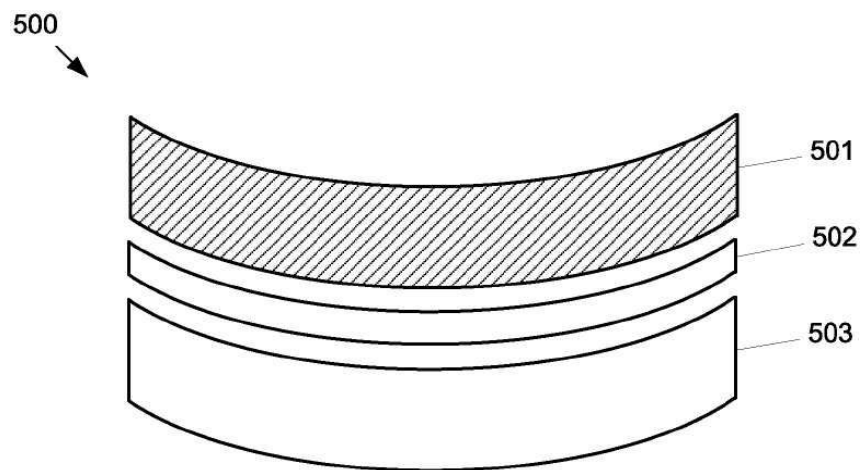
도면3



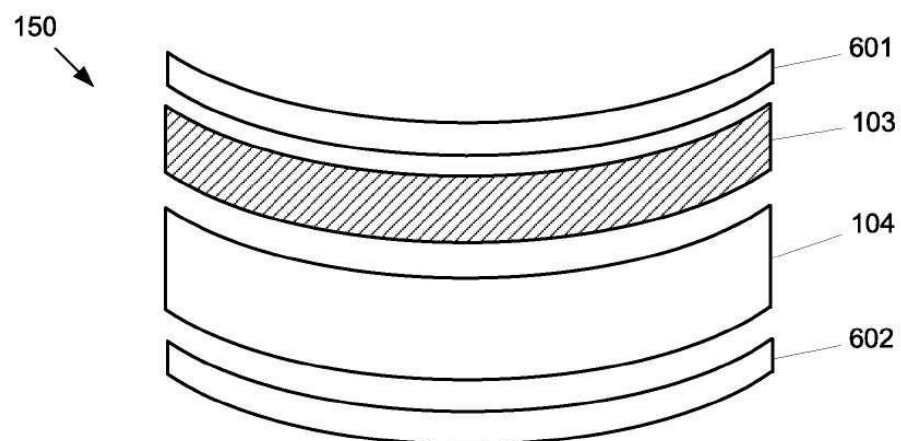
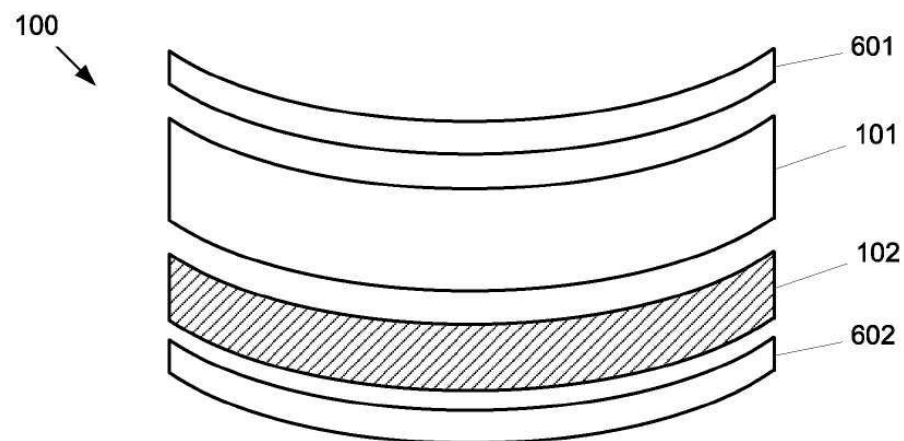
도면4



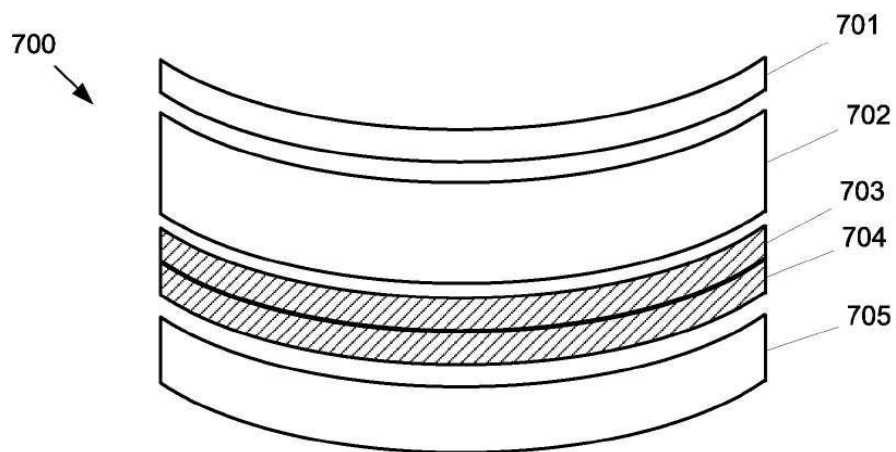
도면5



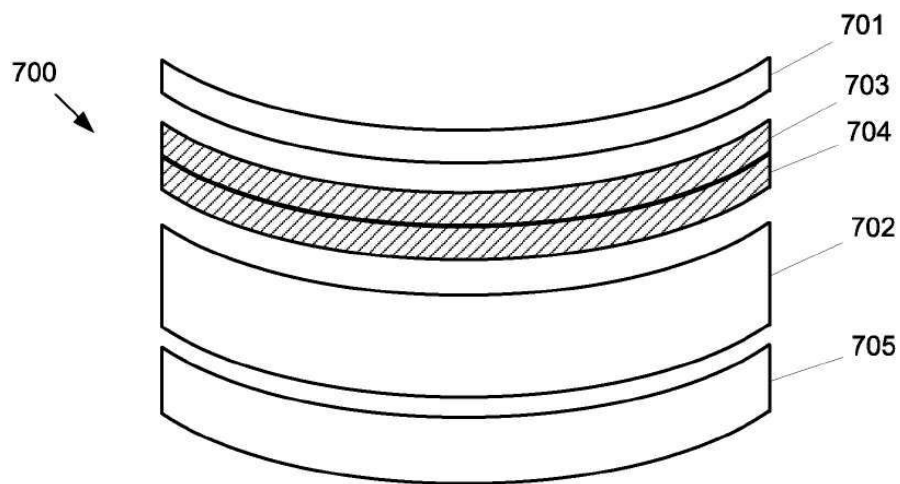
도면6



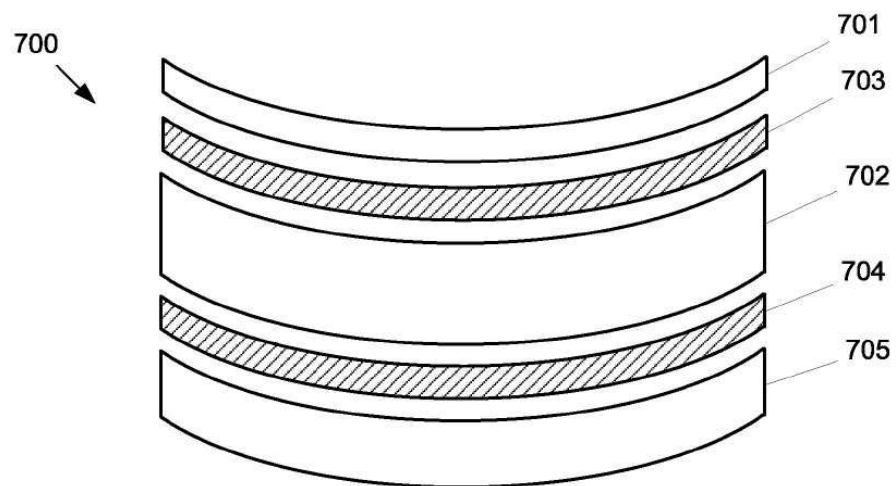
도면7a



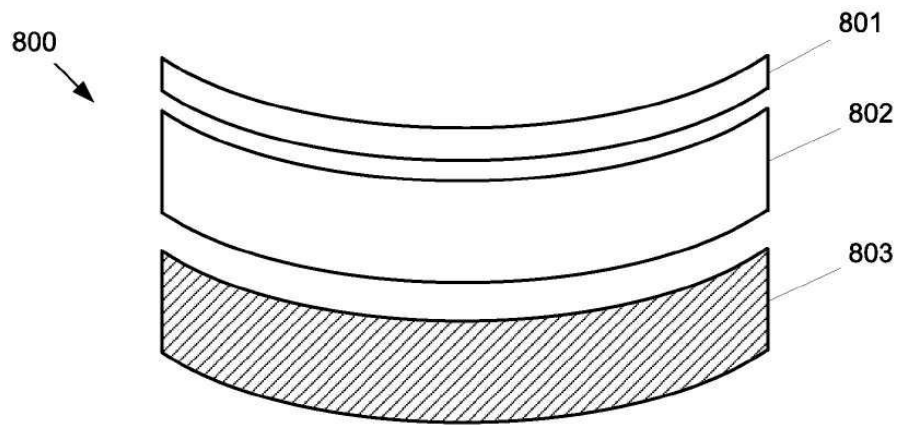
도면7b



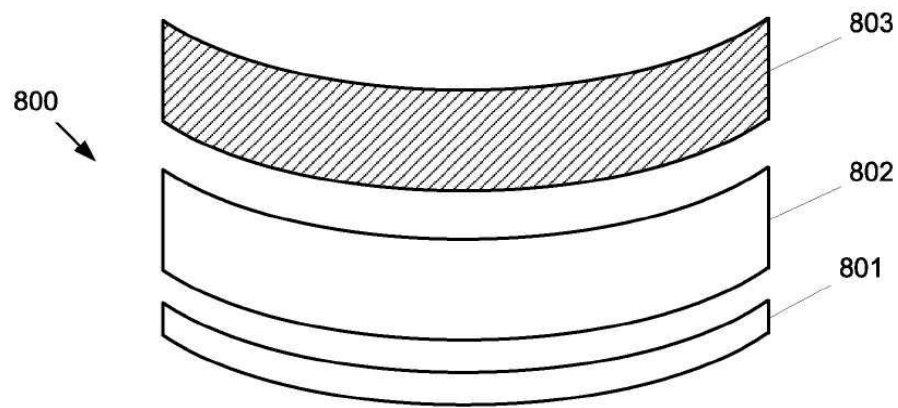
도면7c



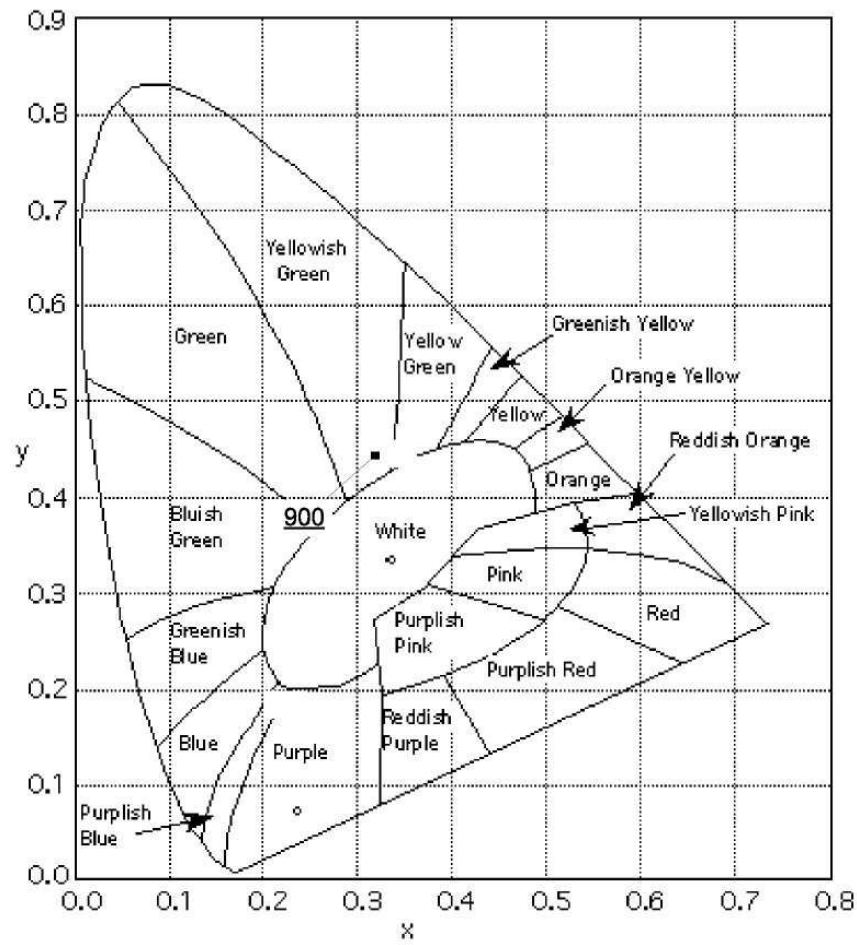
도면8a



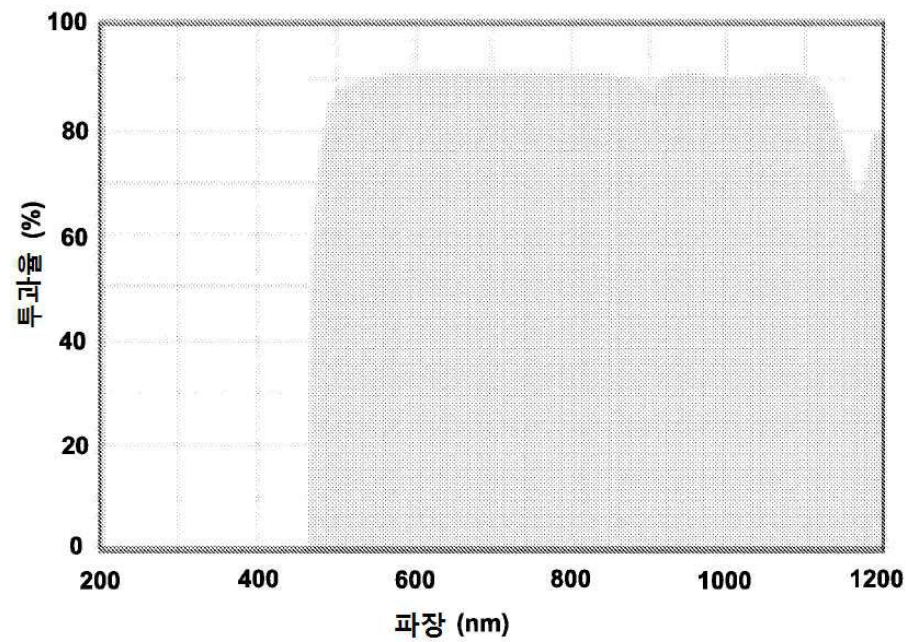
도면8b



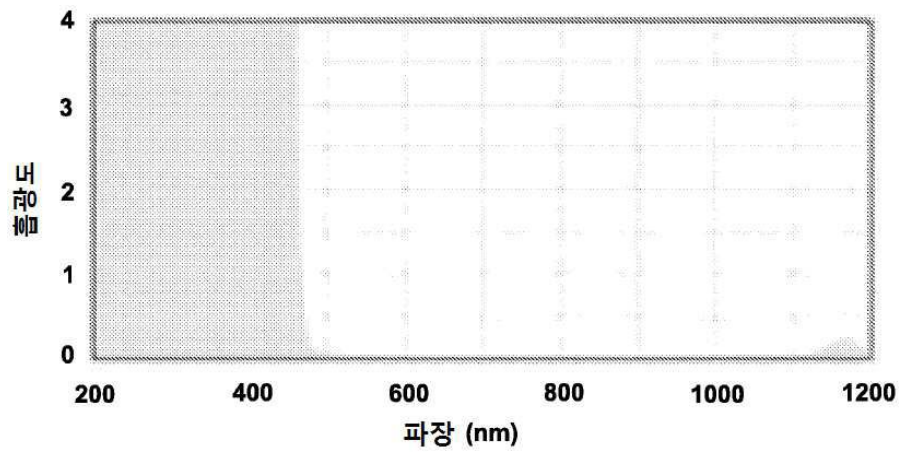
도면9



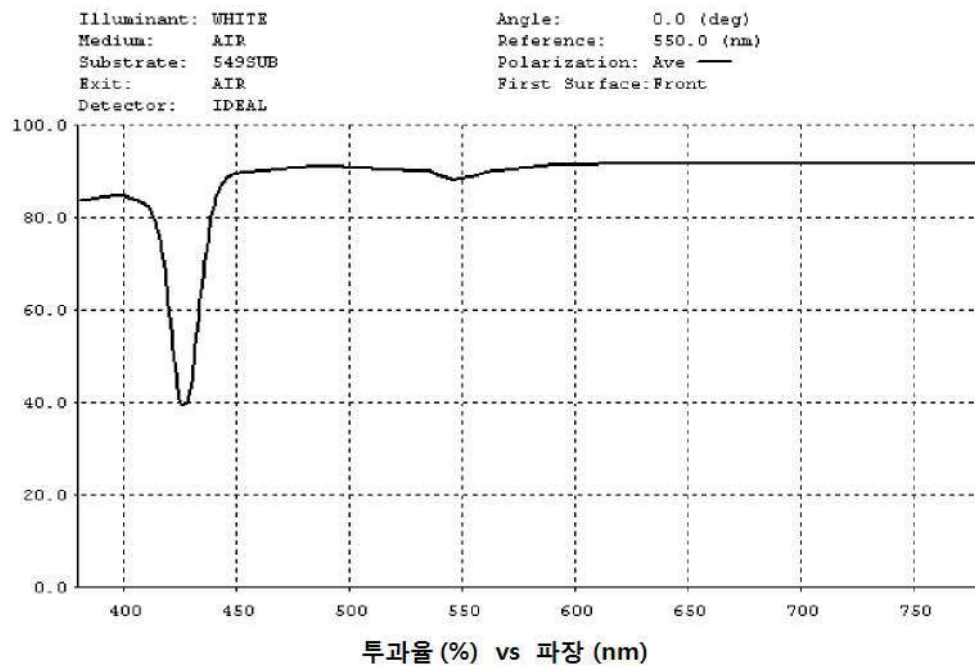
도면10



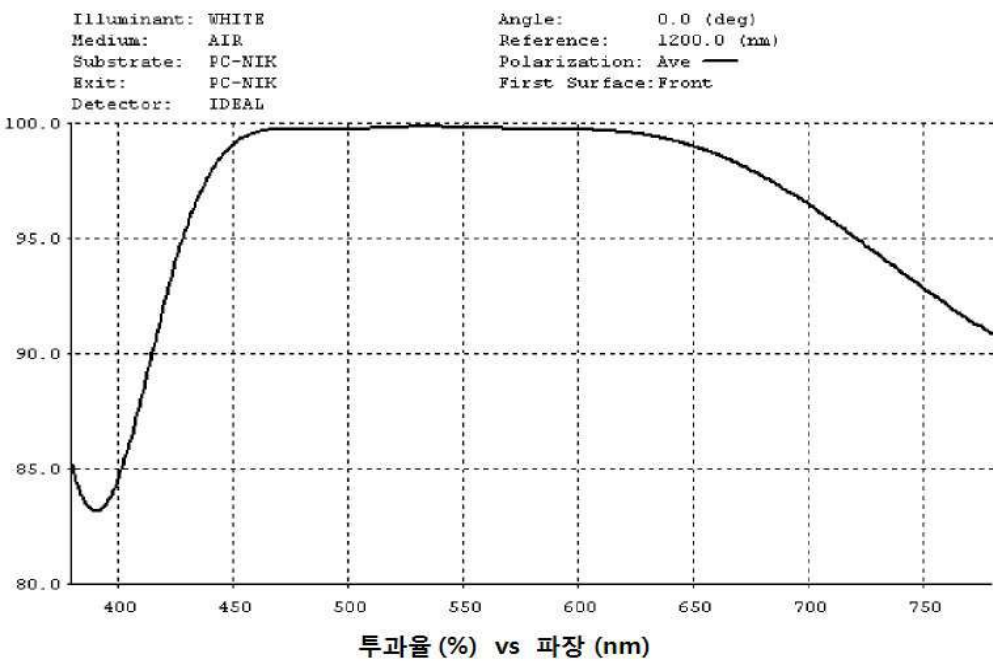
도면11



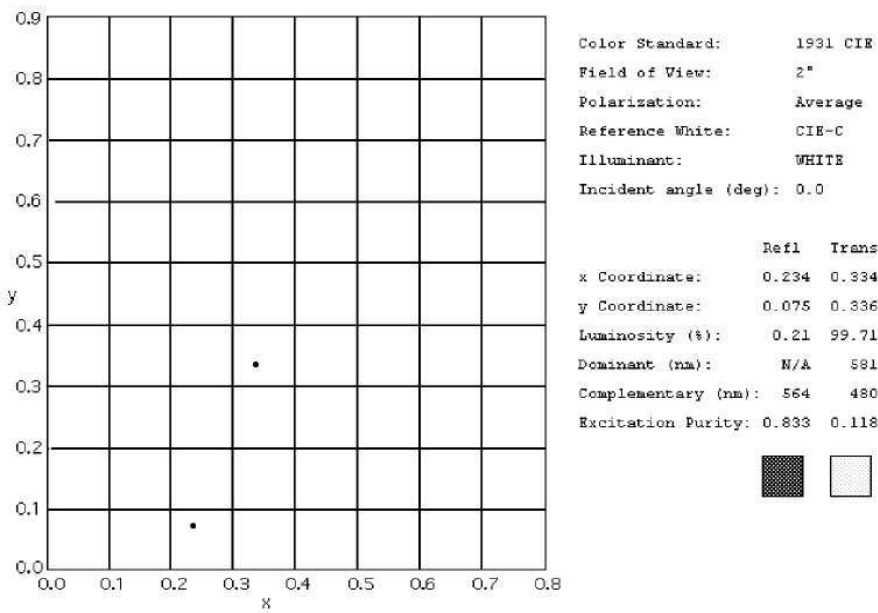
도면12



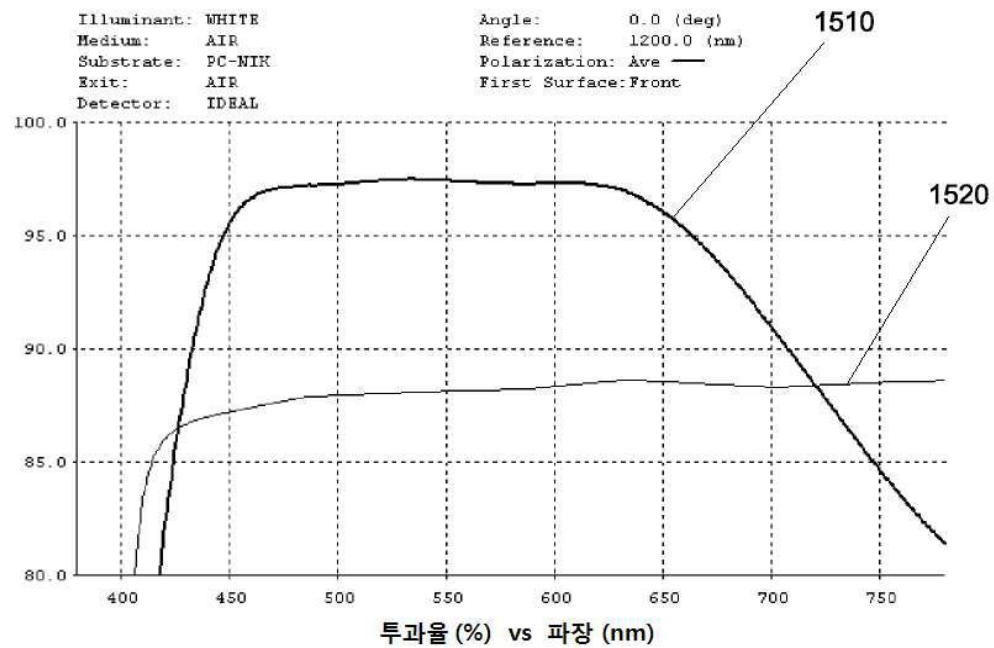
도면13



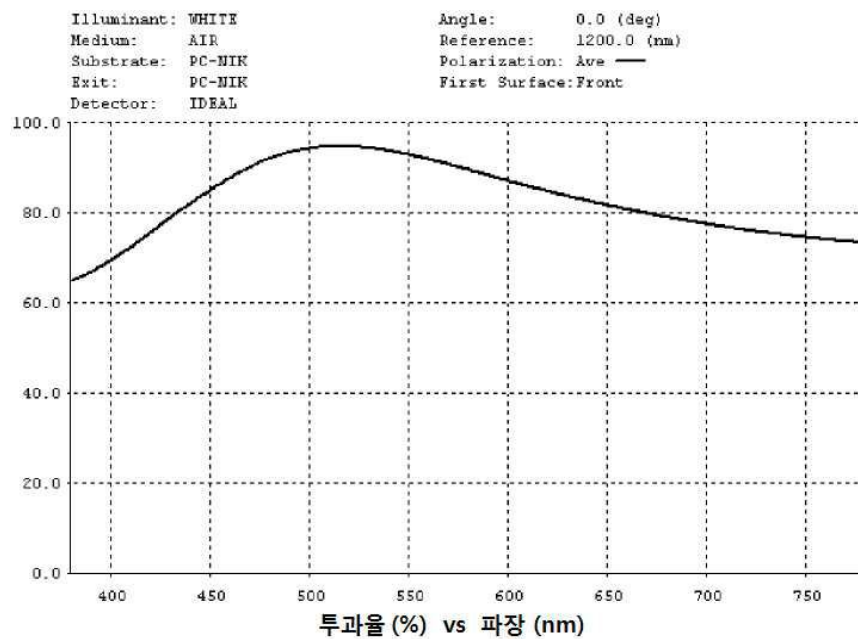
도면14



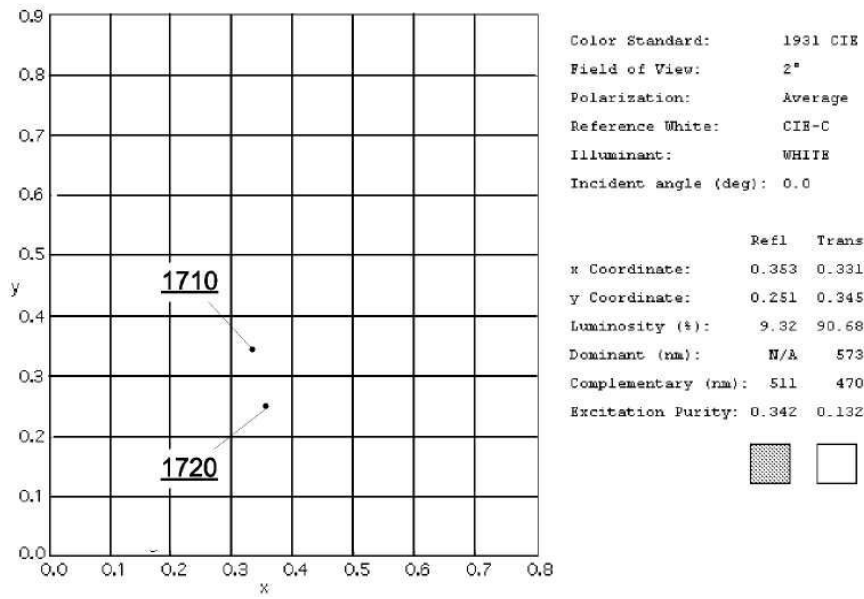
도면15



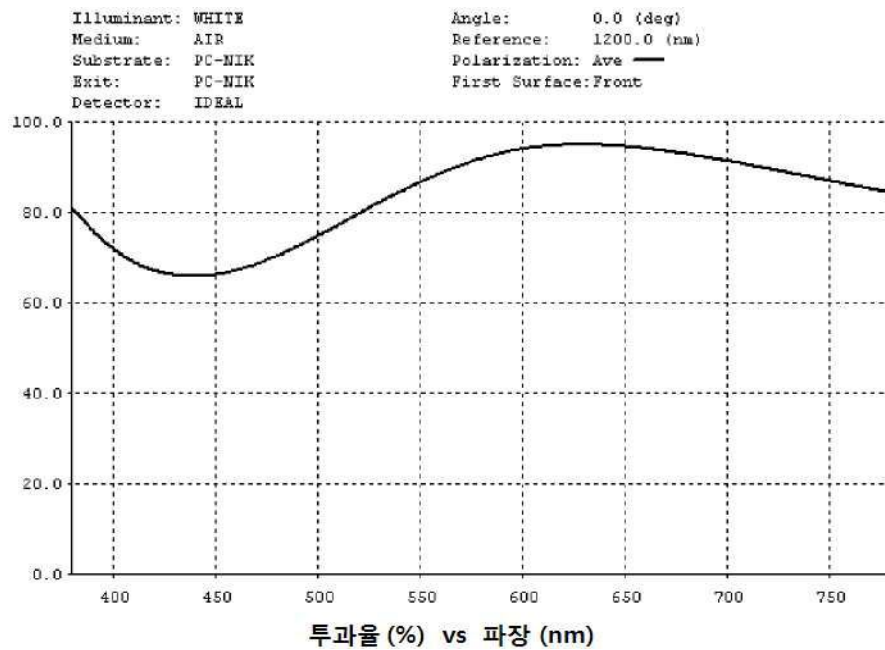
도면16



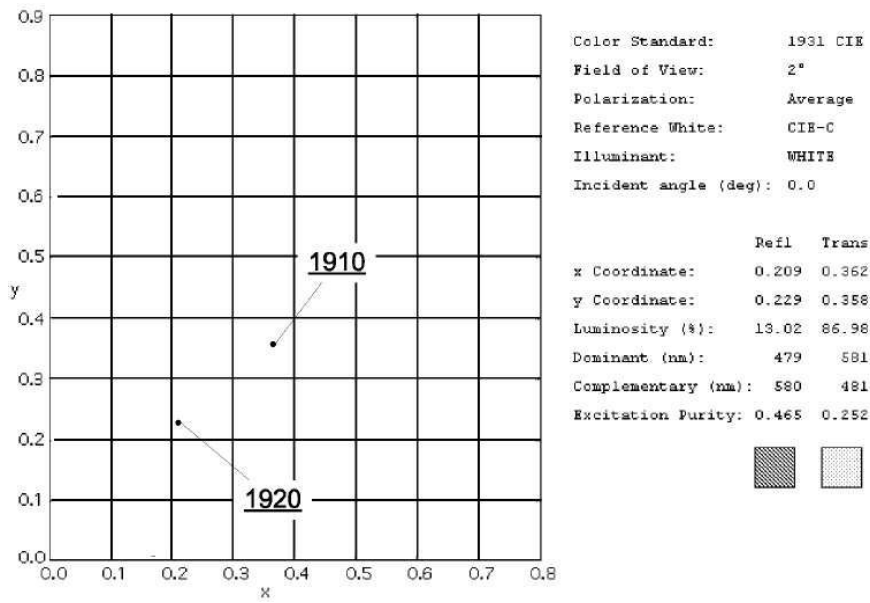
도면17



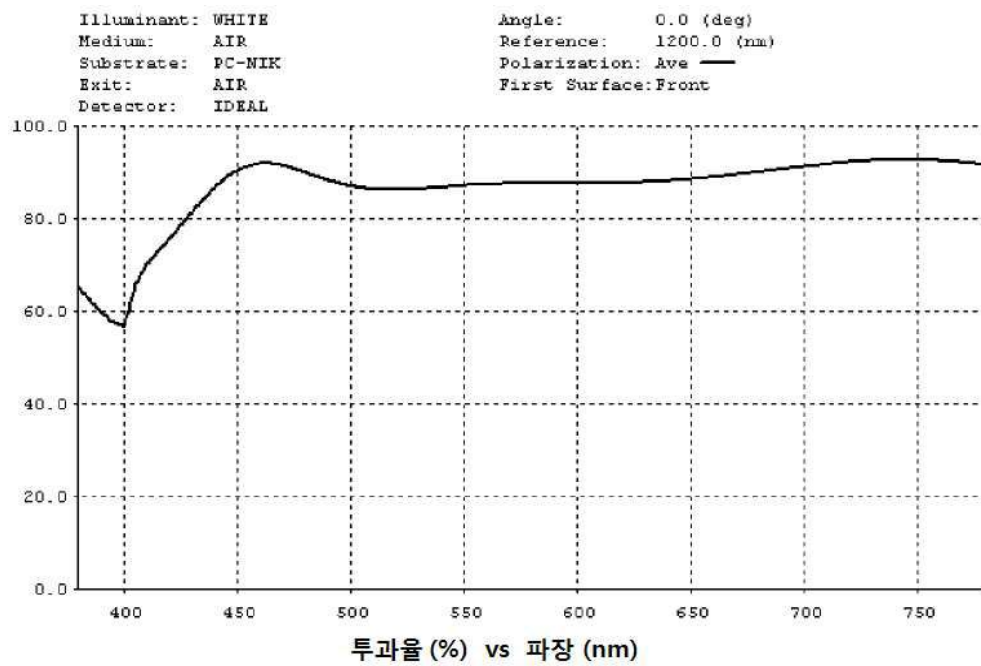
도면18



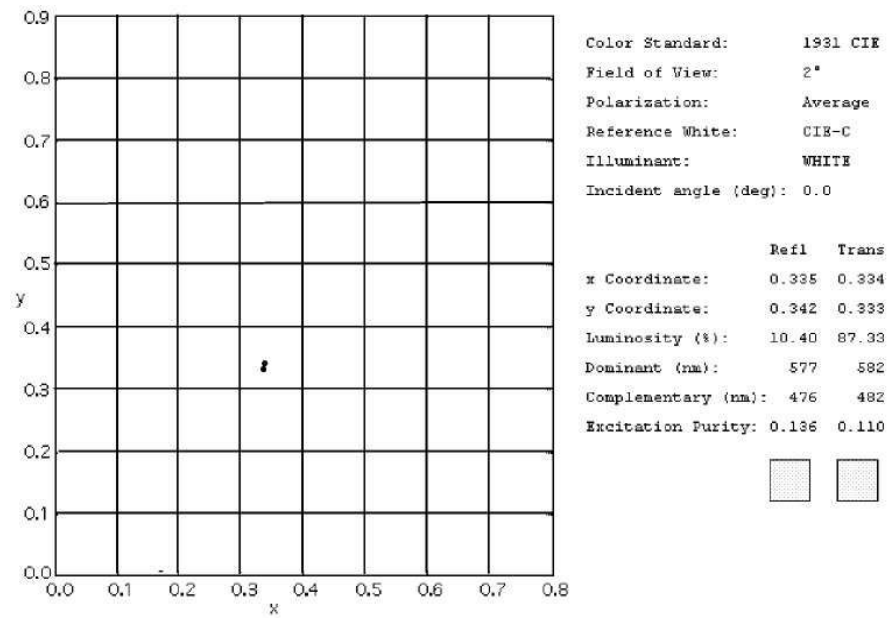
도면19



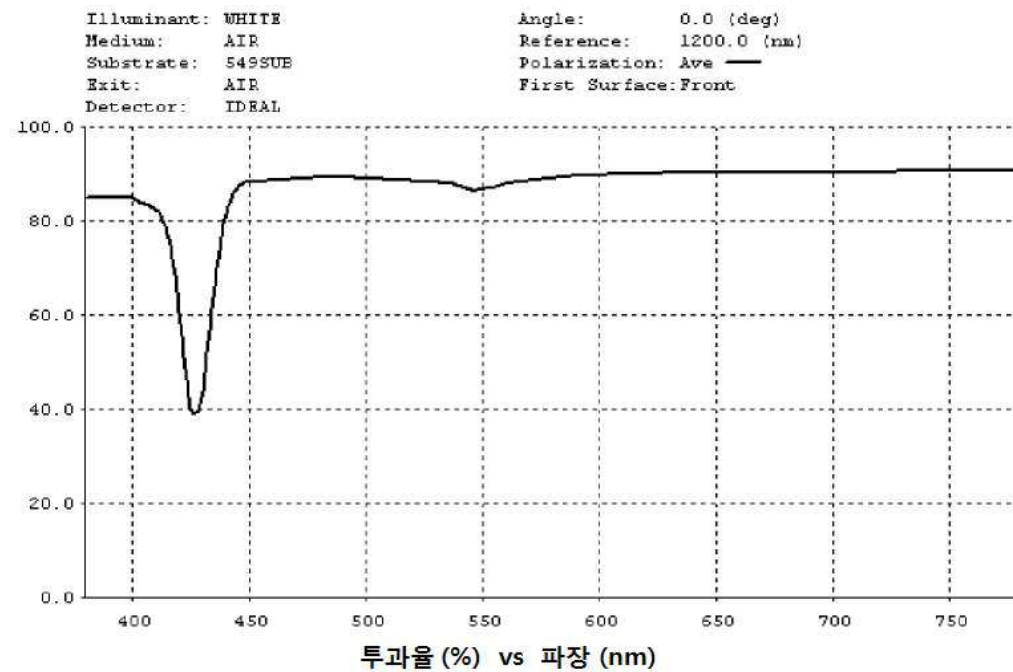
도면20



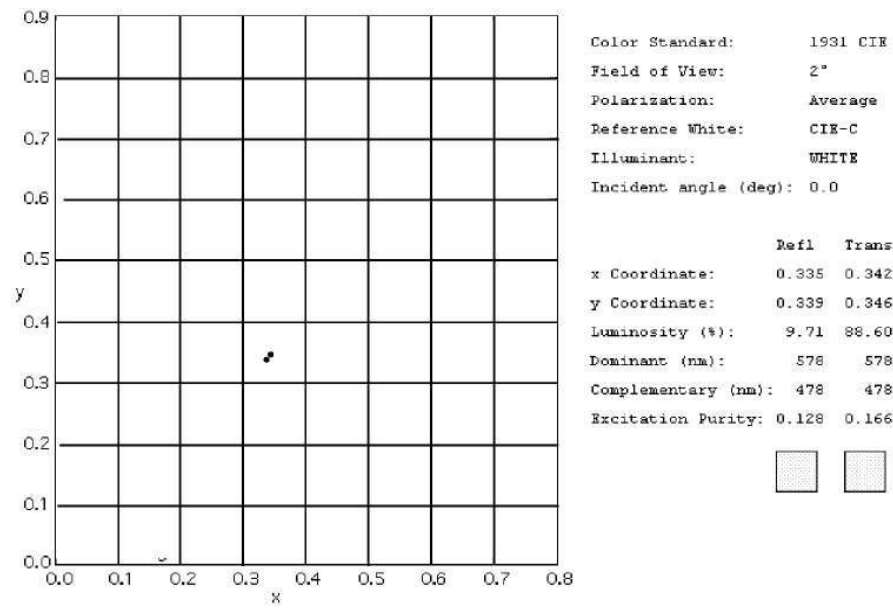
도면21



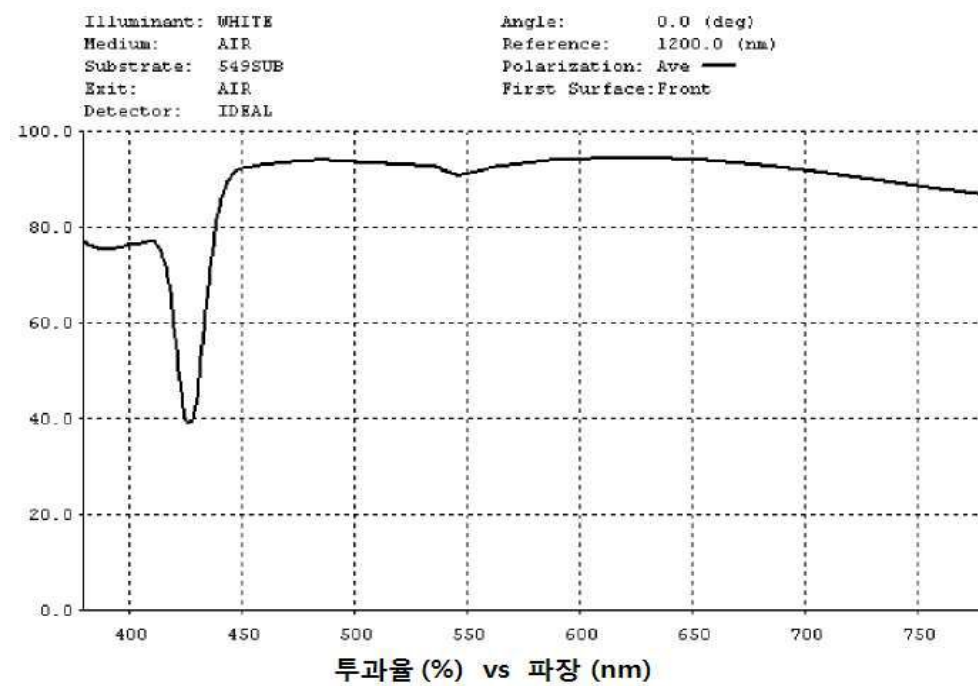
도면22



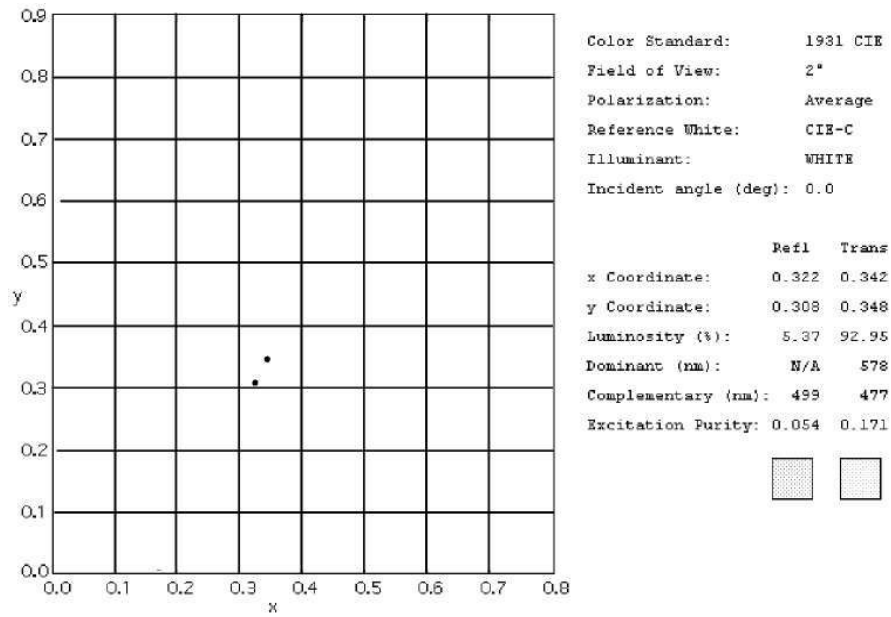
도면23



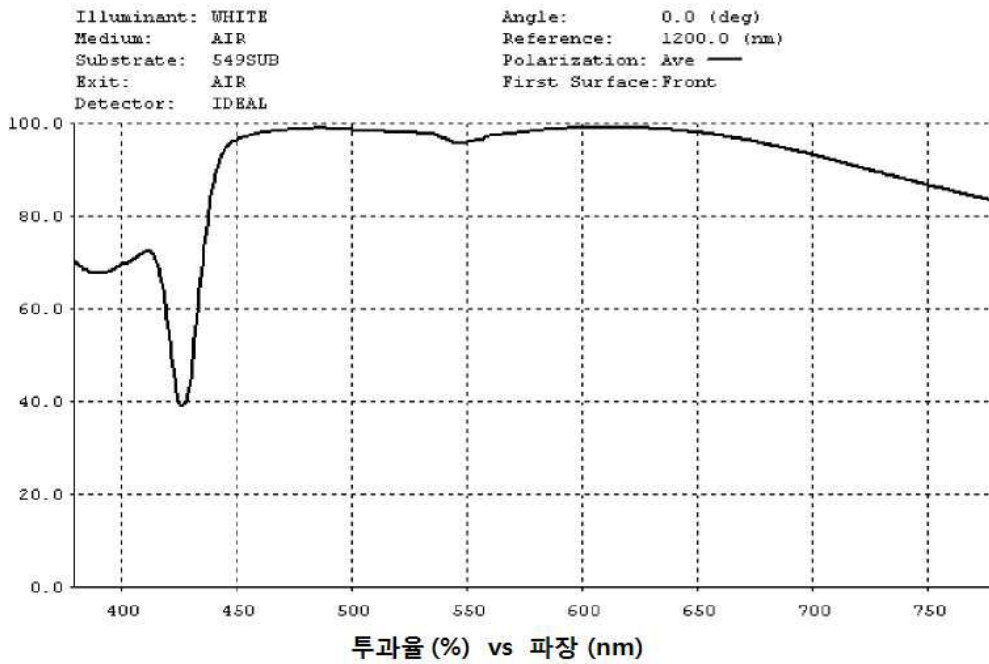
도면24



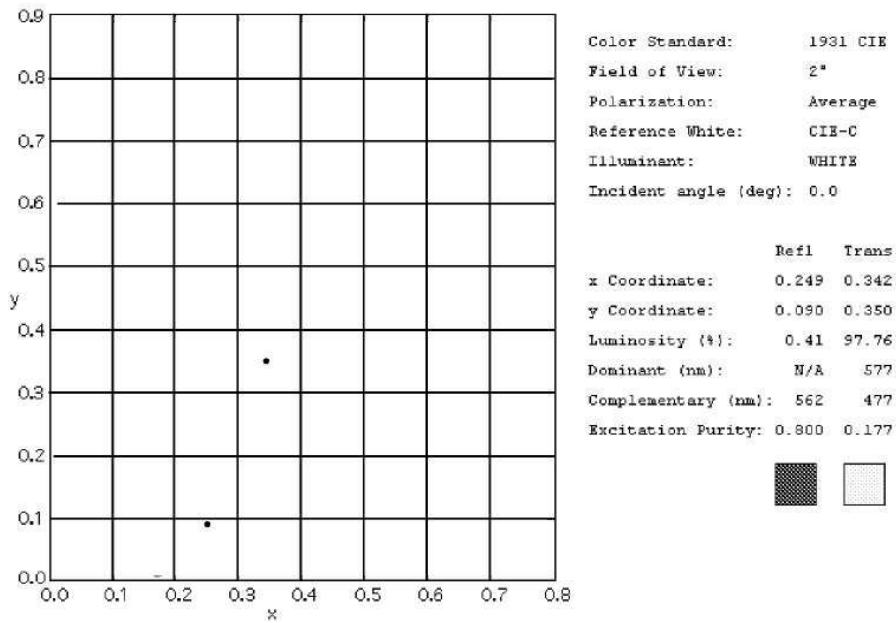
도면25



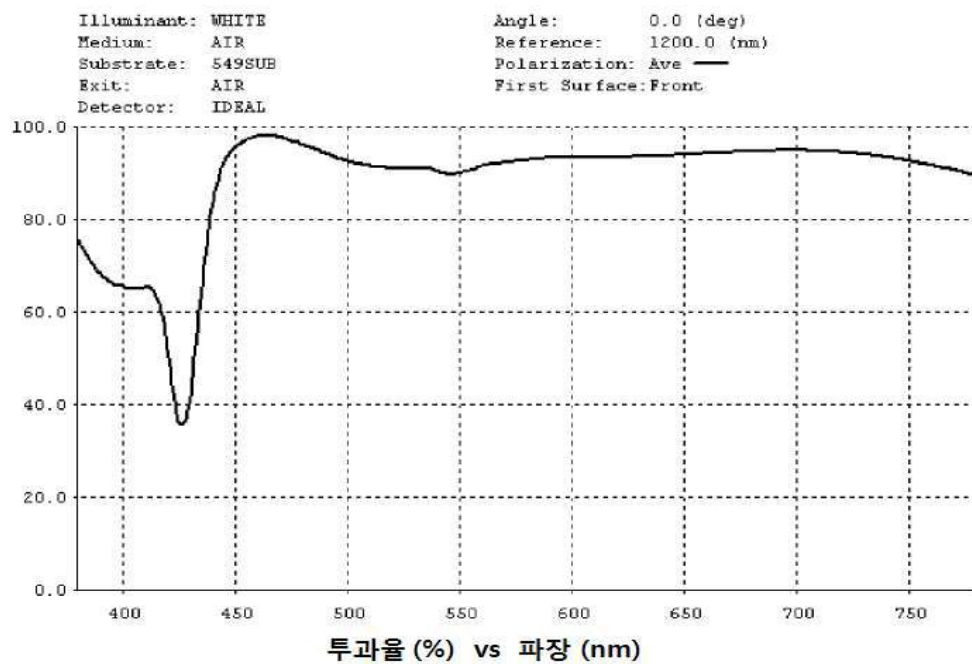
도면26



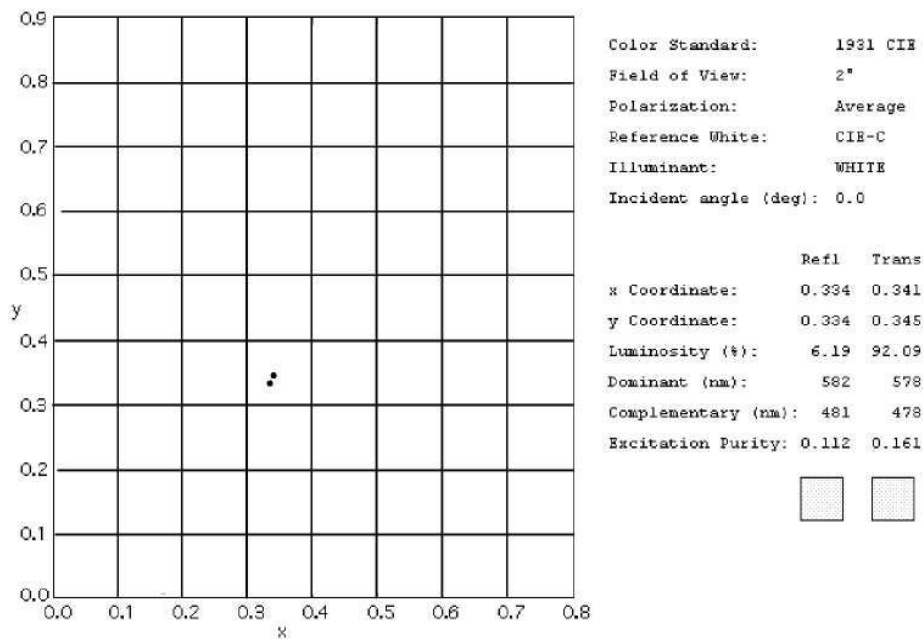
도면27



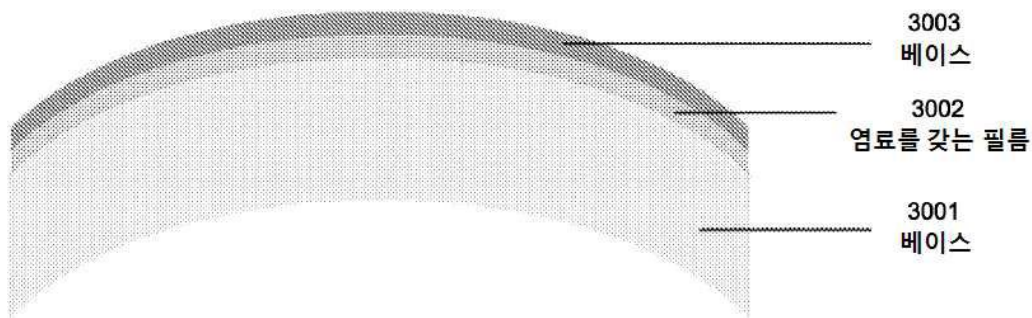
도면28



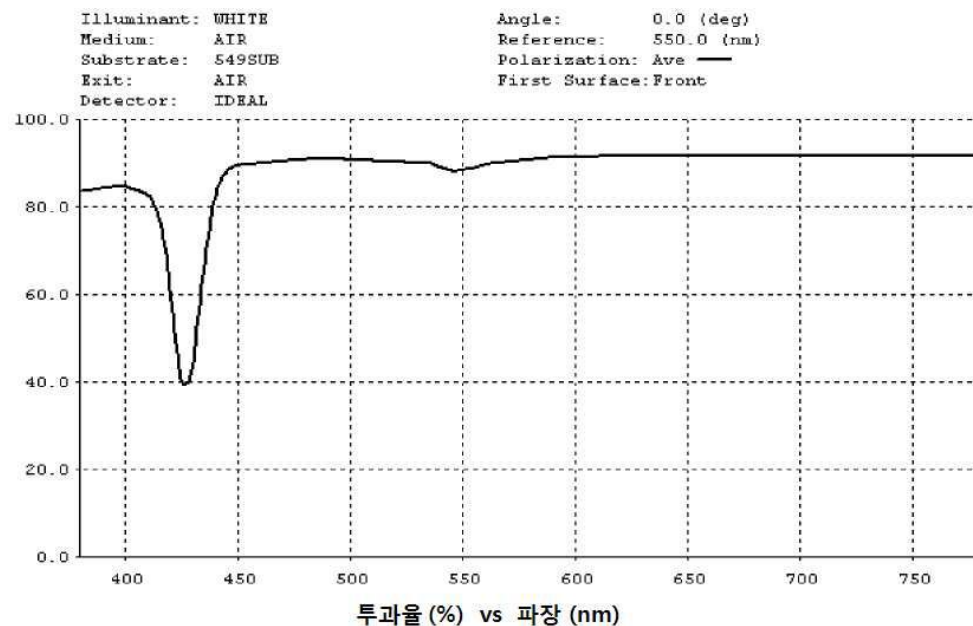
도면29



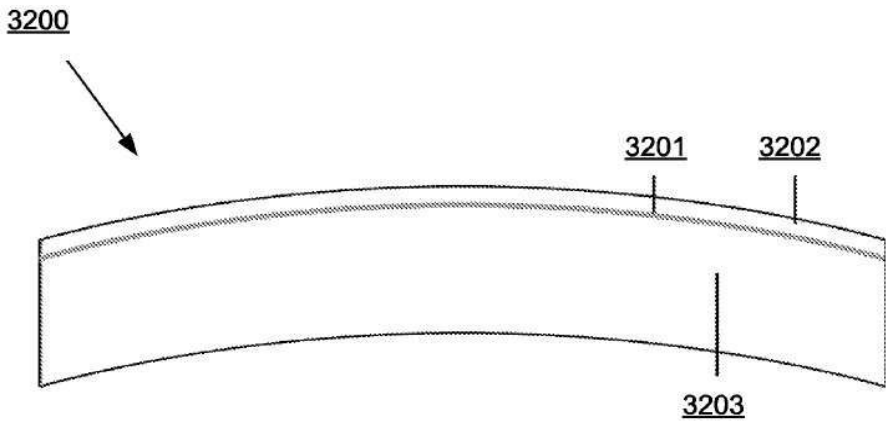
도면30



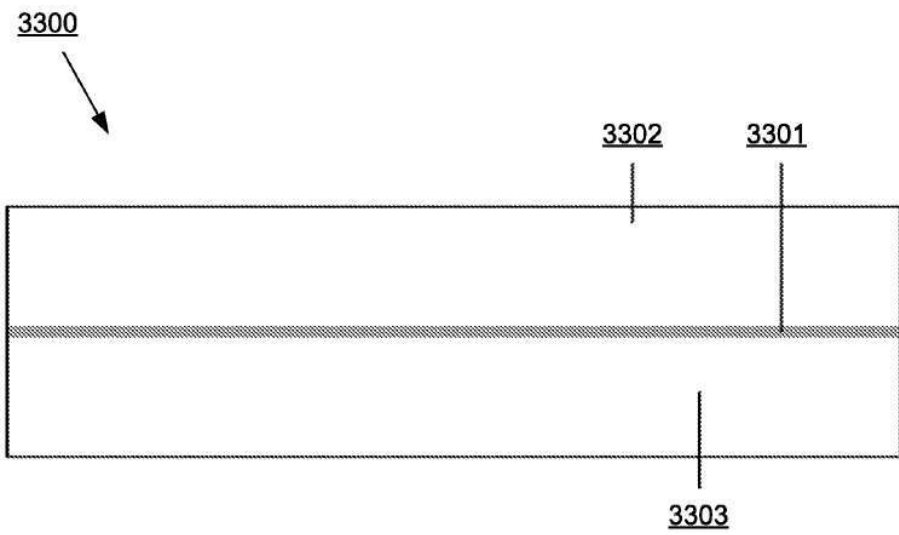
도면31



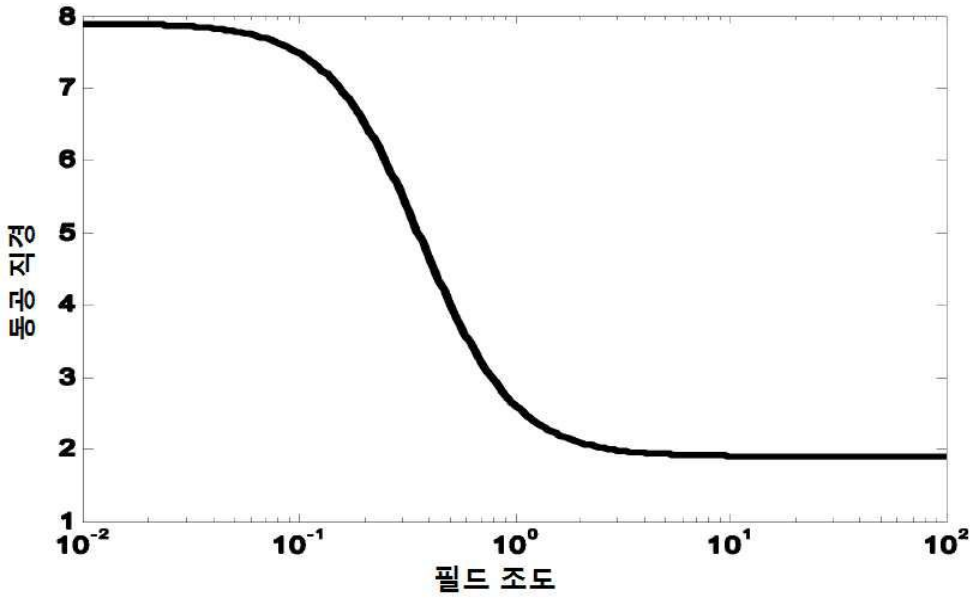
도면32



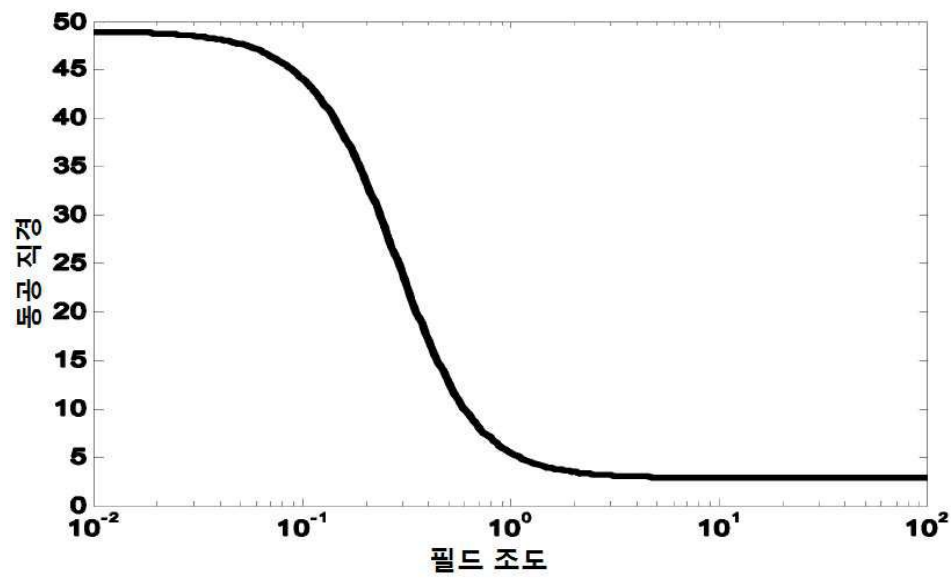
도면33



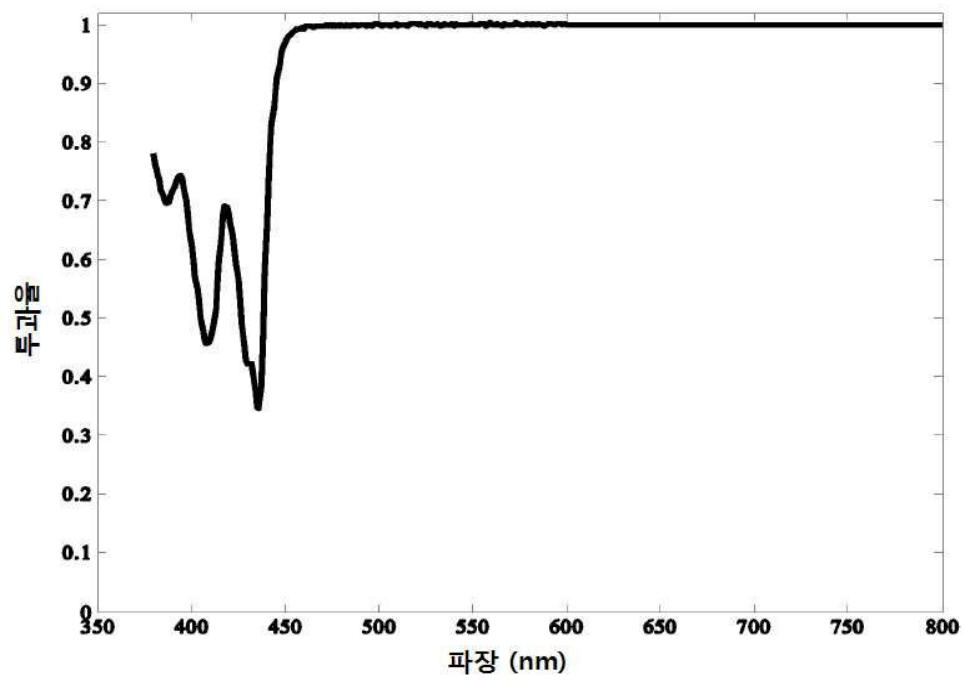
도면34a



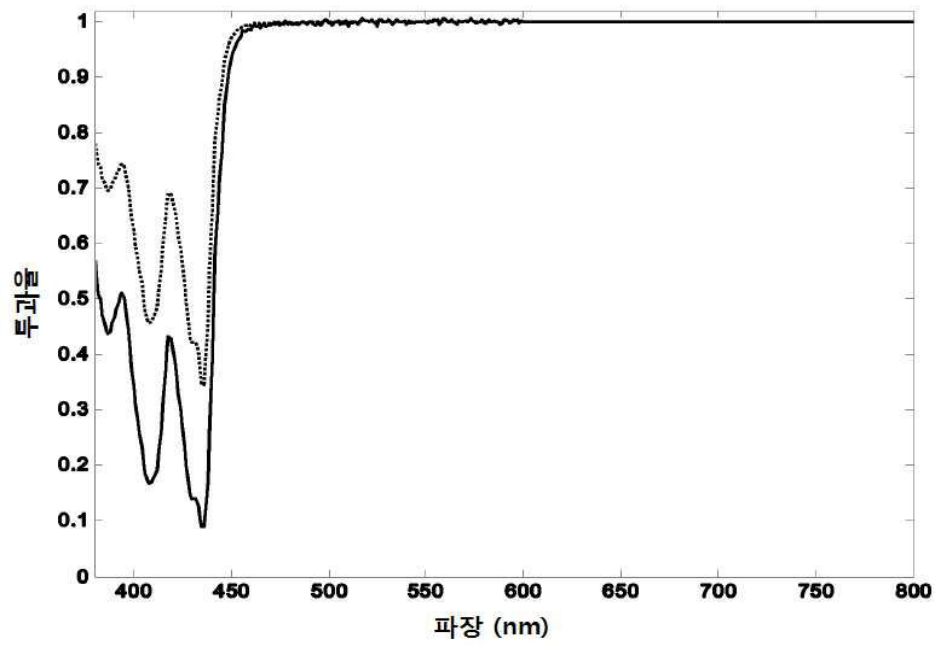
도면34b



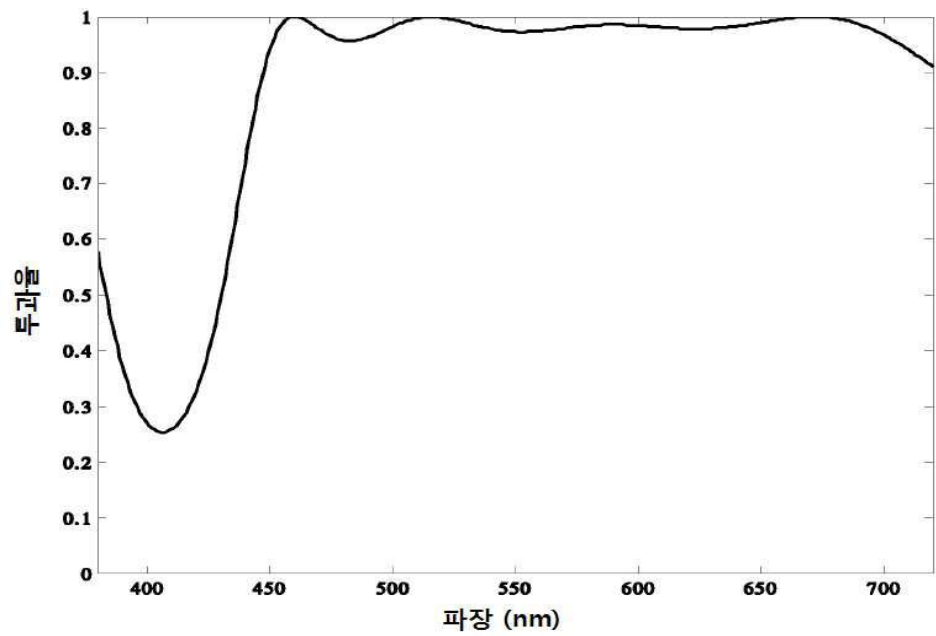
도면35



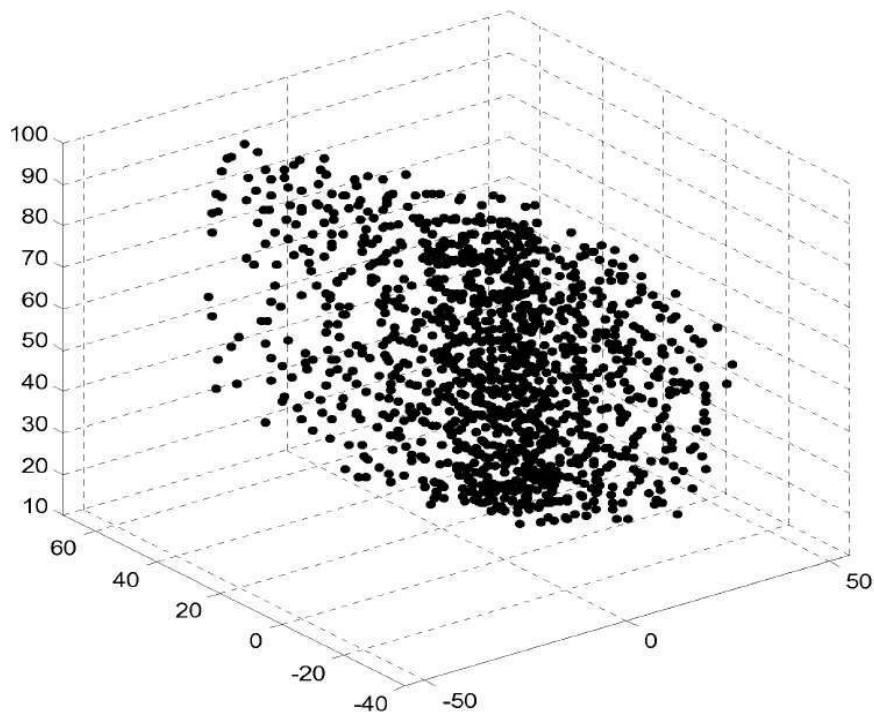
도면36



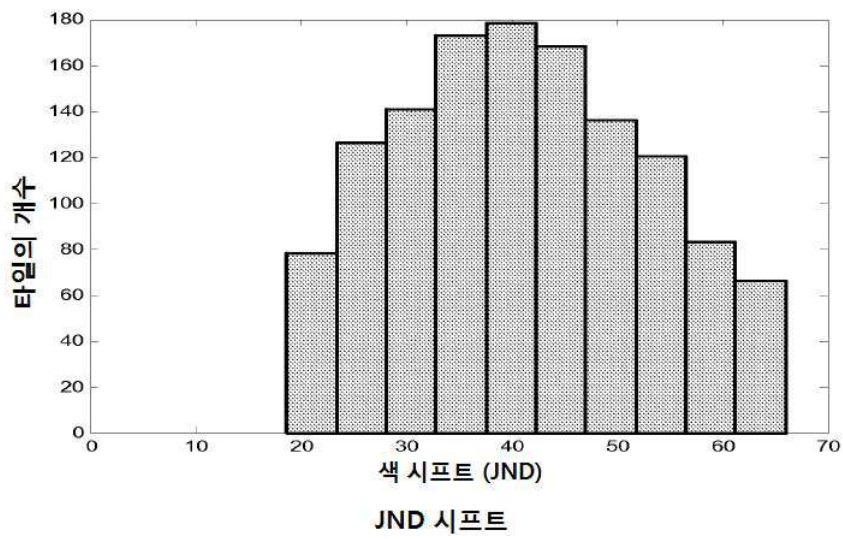
도면37



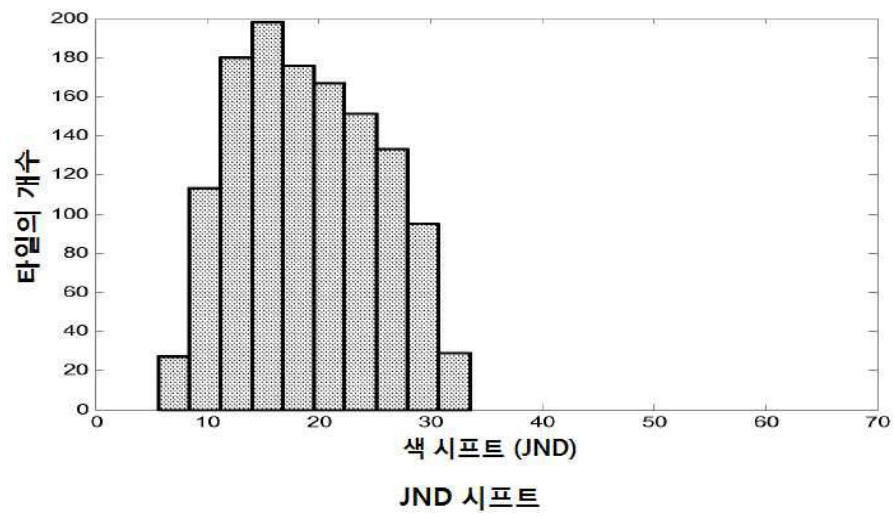
도면38



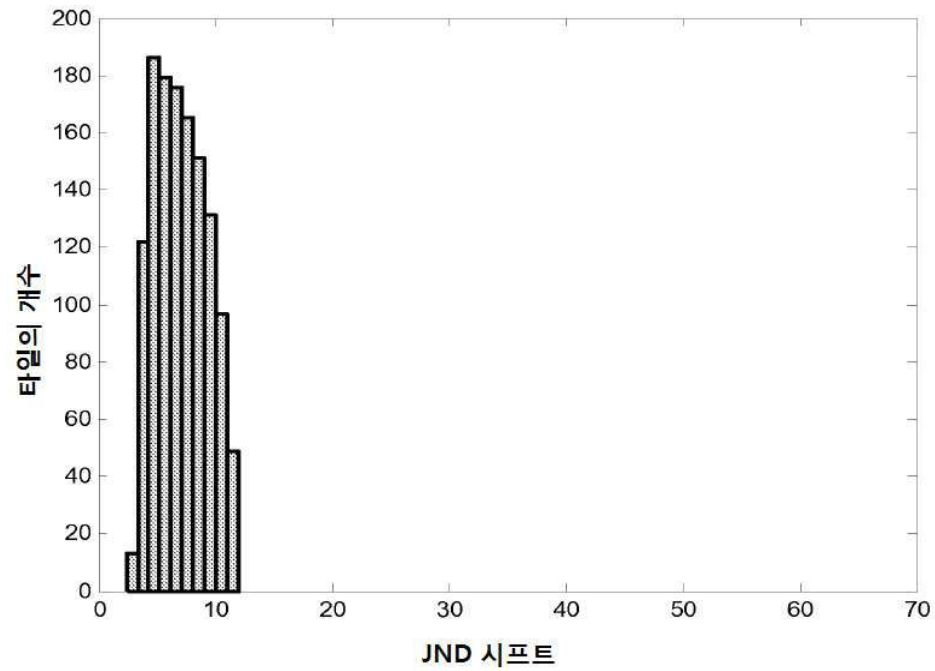
도면39a



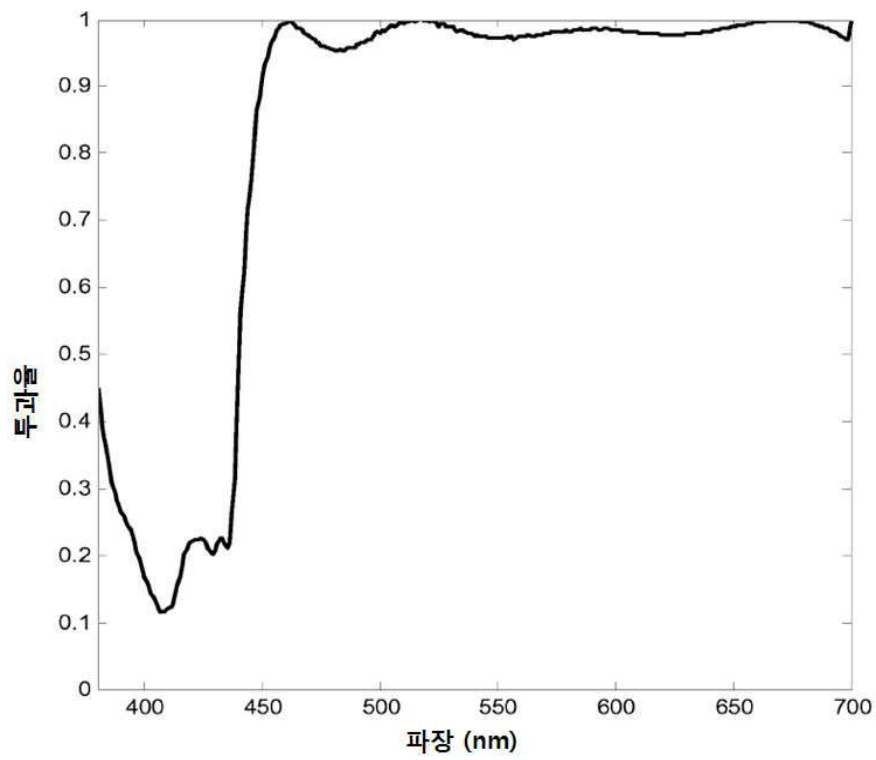
도면39b



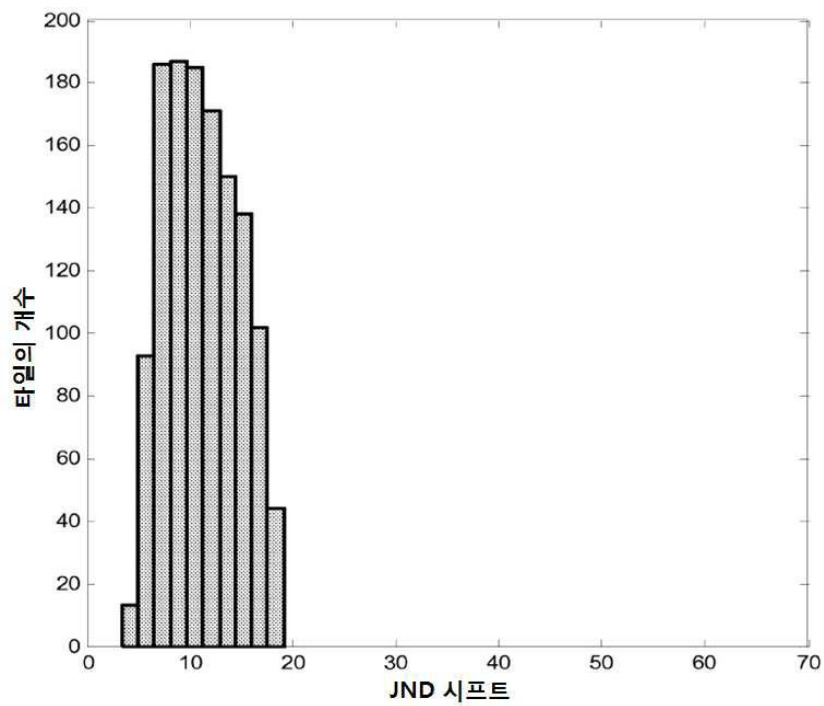
도면40



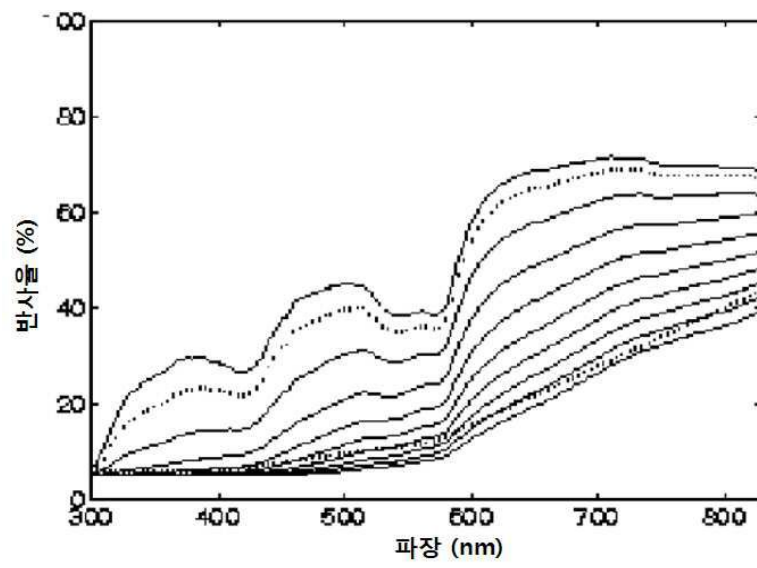
도면41



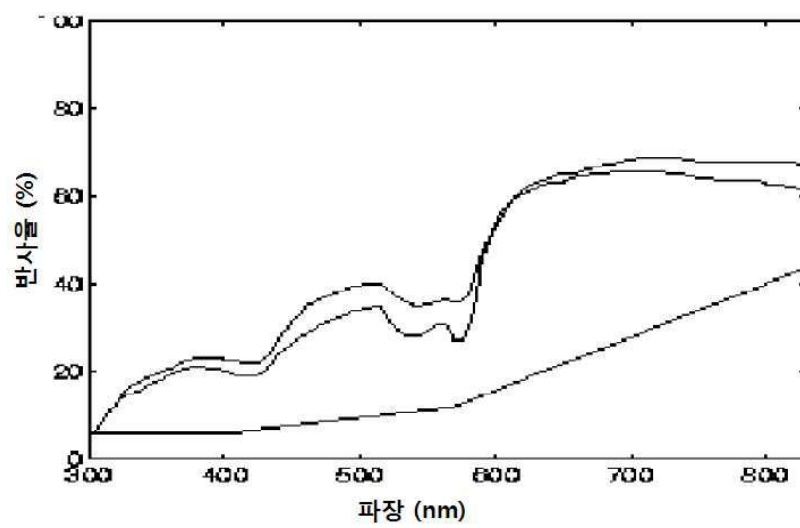
도면42



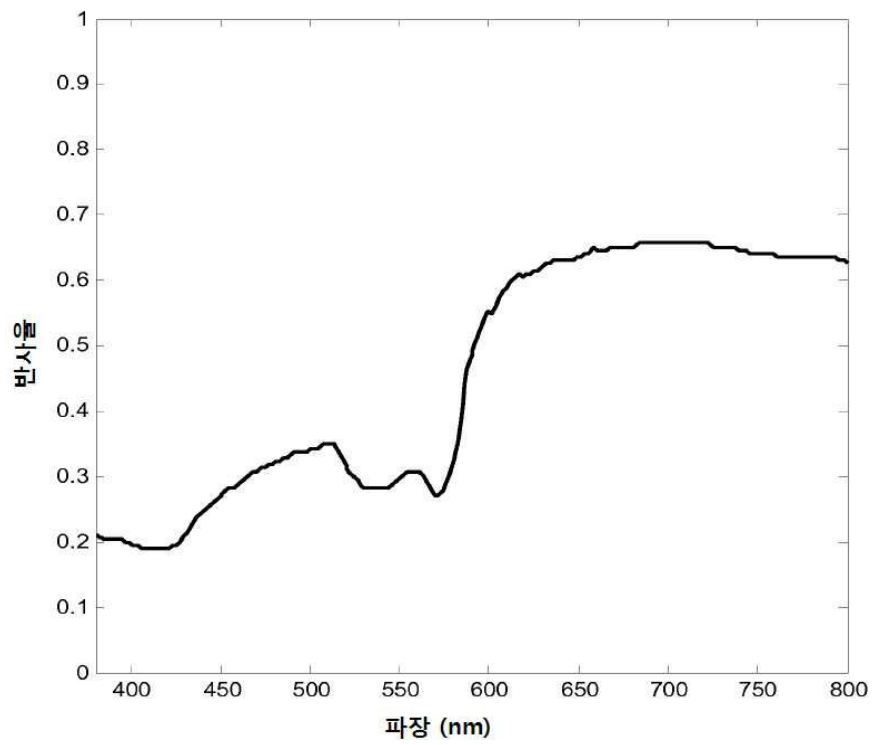
도면43a



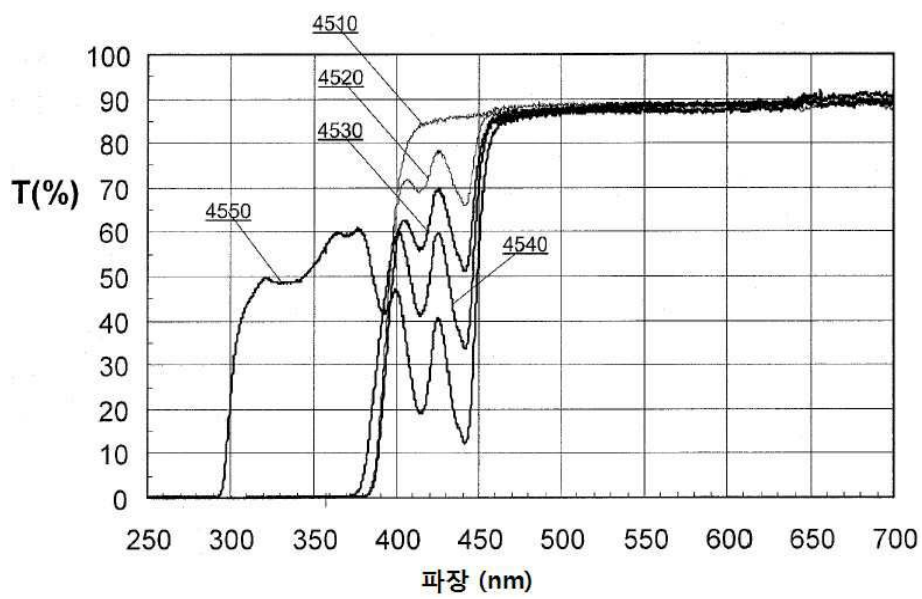
도면43b



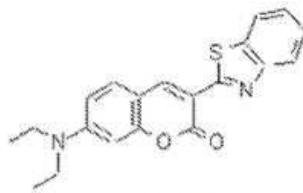
도면44



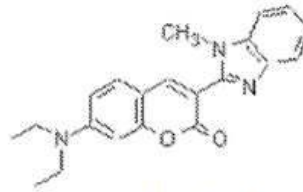
도면45



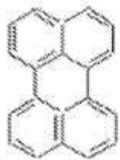
도면46



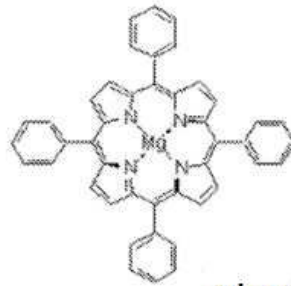
쿠마린 6



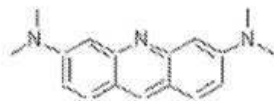
쿠마린 30



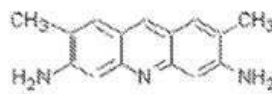
페릴렌



마그네슘
테트라페닐
포르피린

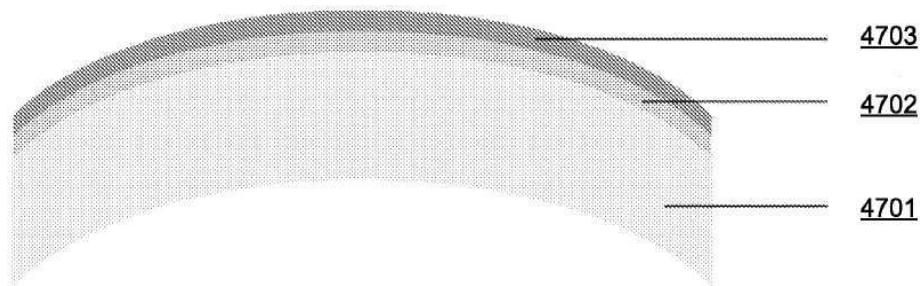


옐로우 오렌지



아크리딘 아크리딘

도면47



도면48

