



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년10월11일
(11) 등록번호 10-1906481
(24) 등록일자 2018년10월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61N 5/06 (2006.01) A61M 21/00 (2006.01)
F21K 99/00 (2016.01) F21V 9/00 (2018.01)
H05B 33/08 (2006.01) H05B 37/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61N 5/0618 (2018.08)
A61M 21/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7031686
(22) 출원일자(국제) 2014년04월03일
심사청구일자 2017년11월03일
(85) 번역문제출일자 2015년11월04일
(65) 공개번호 10-2015-0138385
(43) 공개일자 2015년12월09일
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/032858
(87) 국제공개번호 WO 2014/165692
국제공개일자 2014년10월09일
(30) 우선권주장
61/808,584 2013년04월04일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20100244740 A1*
JP2009259639 A*
JP2012064860 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
설캐디언 지클라이트 아이엔씨.
미국 02180, 메사추세츠 스톤햄, 스위트 310, 메
인 스트리트 2
(72) 발명자
무어-에드, 마틴, 크리스토퍼
미국, 02481 매사추세츠, 웰즐리 핸드레즈 로드
110
차코, 레베카, 메리
미국, 02446 매사추세츠, 브루클린 에이피티. 4,
비콘 스트리트 1489
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
성낙훈

전체 청구항 수 : 총 39 항

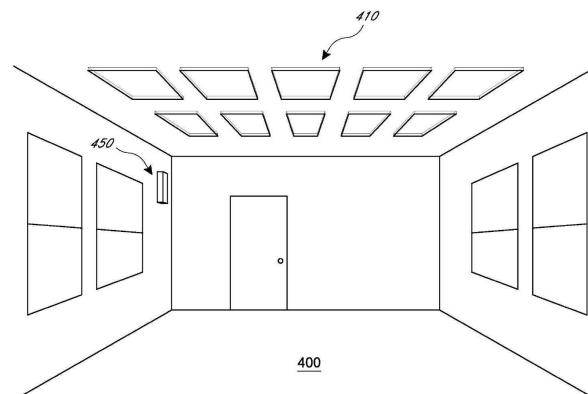
심사관 : 최철원

(54) 발명의 명칭 일주기성 신경내분비 기능을 보호하기 위한 조명 시스템

(57) 요약

야간 이용 동안에 사람의 일주기성 신경내분비 기능을 보호하기 위한 조명 시스템, 방법 및 디바이스가 기술되었
다. 적합한 조명 조건이 작업 환경을 위해 제공될 수 있는 동시에 야간 동안에 조명되는 작업공간에 있는 사람
의 일주기성 신경내분비 시스템을 보호한다. 조명 시스템, 방법 및 디바이스가 야간 근무자의 병리학적 일주기
(뒷면에 계속)

대표도



성 혼란의 실질적인 감소를 제공할 수 있다. 조명 시스템, 방법 및 디바이스는 일주기성 혼란의 원인이 되는 광의 특정 대역을 감소시킬 수 있다. LED 조명 시스템, 방법 및 디바이스는 종래의 LED와 상이한 스펙트럼의 부분에서 증가된 세기를 제공할 수 있으며, 이는 파장의 원치 않는 부분들이 노치 필터에 의해 감소될 때에도 이용가능한 백색광을 제공한다. LED 조명 시스템, 방법 및 디바이스가 낮시간 구성과 밤시간 구성 사이에서 전환할 수 있으며, 낮시간 구성은 필터링되지 않은 광을 제공하고 밤시간 구성은 필터링된 광을 제공한다.

(52) CPC특허분류

F21K 9/00 (2013.01)

F21V 9/00 (2013.01)

H05B 33/0872 (2013.01)

H05B 37/0281 (2013.01)

H05B 37/029 (2013.01)

A61M 2021/0044 (2013.01)

A61M 2205/3368 (2013.01)

A61M 2205/50 (2013.01)

A61N 2005/0652 (2013.01)

(72) 발명자

헤이트만, 앤케, 마릴스

미국, 02476 매사추세츠, 알링턴 애플턴 스트리트 427

캐스퍼, 로버트, 프레데릭

캐나다, 엠4티 1에이치5 온타리오, 토론토, 잉글우드 드라이브 110

칼리섹, 로버트, 프랭크, 주니어

미국, 12065 뉴욕, 클리프턴 피. 오. 박스 421

플래티카, 도로스

미국, 15222 펜실베이니아, 피츠버그 스위트 1702, 7 스트리트 100

트루츠셀, 우도

독일, 99891 타바츠 위켈베르백 1

명세서

청구범위

청구항 1

인공 광원으로로서,

상기 인공 광원은 가시광 범위 내의 광을 전달하고, 선택된 생리활성(bioactive) 파장 대역 범위 내의 전달된 광이 상기 가시광 범위 내의 상기 인공 광원으로부터의 총 방사 조도(irradiance)의 6% 미만을 전달하는 일주기성 밤 모드(Circadian Night Mode; CNight Mode)를 제공하며,

상기 CNight Mode 자색 광이 400nm와 440nm 사이, 400nm와 435nm 사이, 400nm와 430nm 사이, 400nm와 425nm 사이 및 400nm와 415nm 사이로 구성된 그룹으로부터 선택된 자색 파장 대역 내에 제공되고,

상기 자색 광은 상기 가시광 범위 내의 광원으로부터 총 가시 방사 조도의 4%를 초과하는 방사 조도를 전달하며, 상기 자색 광의 방사 조도는 400nm와 700nm 사이의 스펙트럼 출력 분포(SPD) 곡선 아래의 총 영역의 비율로서 상기 자색 파장 대역 내의 스펙트럼 출력 분포 (SPD) 곡선 아래의 총 영역으로 정의되는, 인공 광원.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 CNight Mode 내의 상기 선택된 생리활성 파장 대역 범위는: 430nm 내지 500nm, 430nm 내지 490nm, 430nm 내지 480nm, 430nm 내지 470nm, 435nm 내지 500nm, 435nm 내지 490nm, 435nm 내지 480nm, 435nm 내지 470nm, 440nm 내지 500nm, 440nm 내지 490nm, 440nm 내지 480nm, 440nm 내지 470nm, 450nm 내지 500nm, 450nm 내지 490nm 및 460nm 내지 500nm의 생리활성 파장 대역 범위들로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 인공 광원.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 CNight Mode 내의 상기 선택된 생리활성 파장 대역 범위가 상기 가시광 범위 내의 상기 인공 광원으로부터의 상기 총 방사 조도의 4% 미만, 2% 미만 및 1% 미만으로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달하는, 인공 광원.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 인공 광원에 연결되도록 적응된 노치 필터를 포함하되,

상기 노치 필터는 상기 CNight Mode에서 상기 생리활성 파장 대역 내의 상기 인공 광원에 의해 방출되는 광을 필터링하도록 구성되는, 인공 광원.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 노치 필터는 고정된 상기 인공 광원에 대해 이동가능한, 인공 광원.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 노치 필터는 이색성(dichroic) 필터인, 인공 광원.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 노치 필터는 흡수성 필터인, 인공 광원.

청구항 8

제 3 항에 있어서,

상기 광원이 자색 펌프 LED + 인광 칩을 포함하는, 인공 광원.

청구항 9

제 3 항에 있어서,

상기 인공 광원이 함께 조합되어 백색광을 생산하는 자색 LED, 녹색 LED 및 적색 LED를 포함하는 LED들의 어레이를 포함하는, 인공 광원.

청구항 10

제 3 항에 있어서,

상기 인공 광원이 갈륨 질화물 및 인듐 LED, 사파이어 LED 상의 갈륨 질화물, 또는 실리콘 탄화물 LED 상의 갈륨 질화물을 포함하는, 인공 광원.

청구항 11

제 3 항에 있어서,

상기 인공 광원이 갈륨 질화물 LED 상의 갈륨 질화물을 포함하는, 인공 광원.

청구항 12

조명 시스템으로서,

제 3 항의 인공 광원을 포함하고,

상기 CNight Mode는 상기 인공 광원 또는 제2 광원에 의해 제공되는 일주기성 낮 모드(Circadian Day Mode; CDay Mode)와 교대하고, 상기 CDay Mode의 상기 선택된 생리활성 파장 대역 범위가 상기 가시광 범위 내의 상기 광원으로부터의 상기 총 방사 조도의 4% 초과, 6% 초과 및 10% 초과로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달하는, 조명 시스템.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 시스템은 사전결정된 일주기-단계(circadian-phase) 또는 하루의 시간 지시에 응답하여 상기 CDay Mode와 상기 CNight Mode 사이에서 전이(transition)하도록 구성되며, CDay의 지속시간 및 타이밍과 CNight의 지속시간 및 타이밍이 계절 조정된 시간 또는 고정된 시계 시간에 기초할 수 있거나 또는 사용자에게 의해 사전설정될 수 있는, 조명 시스템.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 시스템은 상기 CDay Mode와 상기 CNight Mode 사이에서 점진적으로 전이하도록 구성되는, 조명 시스템.

청구항 15

제 12 항에 있어서,

상기 인공 광원은 오직 상기 CNight Mode 내의 광만을 전달하고, 상기 시스템은 상기 CDay Mode 내의 광을 전달하는 제2 광원을 포함하는, 조명 시스템.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 제2 광원은 상기 인공 광원 또는 인공으로 조명되는 환경 공간 내의 기존 광원과 병행하여 설치되는, 조명 시스템.

청구항 17

제 12 항에 있어서,

상기 인공 광원은 LED를 포함하는, 조명 시스템.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 LED는 유기 발광 다이오드 또는 양자점 LED를 포함하는, 조명 시스템.

청구항 19

광원으로서,

개별-제어되는 LED 칩들의 제1 및 제2 세트들을 포함하되,

상기 LED 칩들의 제1 세트가 CDay 모드에서 스위치-온 되도록 구성되고, 400nm-700nm 범위에 걸친 가시광 스펙트럼을 방출하며, 상기 LED 칩들의 제2 세트가 자색 LED를 포함하고, 상기 LED 칩들의 제2 세트가 CNight 모드에서 스위치-온 되도록 구성되고, 상기 CNight 모드에서 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 6% 미만을 전달하도록 상기 LED 칩들의 제2 세트가 상기 생리활성 파장 대역 내의 광을 제한하며, 그에 따라 낮-밤 패턴 조명이 상기 LED 칩들의 제1 세트와 제2 세트 사이에서 전환함으로써 획득되도록 적응되고,

상기 CNight 모드는 400nm와 440nm 사이, 400nm와 435nm 사이, 400nm와 430nm 사이, 400nm와 425nm 사이, 및 400nm와 415nm 사이로 구성된 그룹으로부터 선택된 파장 대역 내의 자색 광을 제공하고,

상기 자색 광은 상기 가시광 범위 내의 광원으로부터 총 가시 방사 조도의 4%를 초과하는 파장 대역 내의 방사 조도를 전달하며,

상기 파장 대역 내의 방사 조도는 상기 파장 대역 내의 스펙트럼 출력 분포(SPD) 곡선 아래의 총 영역으로 정의되는, 광원.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 CNight 모드 내의 상기 생리활성 파장 대역은: 430nm 내지 500nm, 430nm 내지 490nm, 430nm 내지 480nm, 430nm 내지 470nm, 435nm 내지 500nm, 435nm 내지 490nm, 435nm 내지 480nm, 435nm 내지 470nm, 440nm 내지 500nm, 440nm 내지 490nm, 440nm 내지 480nm, 440nm 내지 470nm, 450nm 내지 500nm, 450nm 내지 490nm 및 460nm 내지 500nm의 생리활성 파장 대역 범위들로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 광원.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 CNight 모드 내의 상기 생리활성 파장 대역이 상기 가시광 범위 내의 상기 광원으로부터의 상기 총 방사 조도의 4% 미만, 2% 미만 및 1% 미만으로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달하는, 광원.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 LED 칩들의 제1 세트 및 상기 LED 칩들의 제2 세트 중 하나 또는 둘 모두가 단일 타입 LED를 포함하는, 광원.

청구항 23

제 21 항에 있어서,

상기 LED 칩들의 제1 및 제2 세트 모두가 자색 LED 칩들을 포함하고, 상기 LED 칩들의 제1 세트 및 상기 LED 칩들의 제2 세트가 상이한 인광 또는 인광들의 조합으로 코팅되는, 광원.

청구항 24

제 21 항에 있어서,

상기 자색 LED 칩들 상에 사용되는 코팅 재료는 콜로이드 양자점(colloidal quantum dot)을 포함하는, 광원.

청구항 25

제 21 항에 있어서,

상기 자색 LED 칩들 상에 사용되는 코팅 재료는 알킬 나노결정을 포함하는, 광원.

청구항 26

제 21 항에 있어서,

상기 광원은 갈륨 질화물 LED 상의 갈륨 질화물을 포함하는, 광원.

청구항 27

조명 시스템으로서,

제1 및 제2 채널들을 통해 광을 방출하는 복수의 LED 칩들을 포함하는 광원을 포함하되,

상기 제1 채널은 CNight 모드 동안에 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 상기 광원으로부터의 총 방사 조도의 6% 미만을 전달하도록 상기 생리활성 파장 대역 내의 광 투과율을 제한하는 인광 또는 인광들의 세트로 코팅되고, 상기 제2 채널은 CDay 모드 동안에 스위치-온 되도록 구성되고, 상기 CDay 모드에서 상기 생리활성 파장 대역이 상기 가시광 범위 내의 상기 광원으로부터의 상기 총 가시 방사 조도의 6% 초과를 전달하고,

상기 CNight 모드는 400nm와 440nm 사이, 400nm와 435nm 사이, 400nm와 430nm 사이, 400nm와 425nm 사이, 및 400nm와 415nm 사이로 구성된 그룹으로부터 선택된 파장 대역 내의 자색 광을 제공하고,

상기 자색 광은 상기 가시광 범위 내의 광원으로부터 총 가시 방사 조도의 4%를 초과하는 파장 대역 내의 방사 조도를 전달하며,

상기 파장 대역 내의 방사 조도는 상기 파장 대역 내의 스펙트럼 출력 분포(SPD) 곡선 아래의 총 영역으로 정의되는, 조명 시스템.

청구항 28

제 27 항에 있어서,

상기 CNight 모드 내의 상기 생리활성 파장 대역 범위는: 430nm 내지 500nm, 430nm 내지 490nm, 430nm 내지 480nm, 430nm 내지 470nm, 435nm 내지 500nm, 435nm 내지 490nm, 435nm 내지 480nm, 435nm 내지 470nm, 440nm 내지 500nm, 440nm 내지 490nm, 440nm 내지 480nm, 440nm 내지 470nm, 450nm 내지 500nm, 450nm 내지 490nm 및 460nm 내지 500nm의 생리활성 파장 대역 범위들로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 조명 시스템.

청구항 29

제 28 항에 있어서,

상기 CNight 모드 내의 상기 생리활성 파장 대역이 상기 가시광 범위 내의 상기 광원으로부터의 상기 총 방사 조도의 4% 미만, 2% 미만 및 1% 미만으로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달하는, 조명 시스템.

청구항 30

제 29 항에 있어서,

상기 광원은 갈륨 질화물 LED 상의 갈륨 질화물을 포함하는, 조명 시스템.

청구항 31

제 1 항에 있어서,

상기 인공 광원에 의해 제공된 광은, (i) 상기 생리활성 파장 대역 내의 전달되는 광을 제한하고, (ii) 상기 자색 파장 대역 및 490nm와 700nm 사이의 파장 대역 내의 광을 방출하도록 구성된 광 이미터 및 하나 이상의 인광에 의해 전달되는, 인공 광원.

청구항 32

제 19 항에 있어서,

상기 CNight 모드 동안 LED 칩들의 제2 세트는, (i) 상기 생리활성 파장 대역 내의 전달되는 광을 제한하고, (ii) 상기 자색 파장 대역 및 490nm와 700nm 사이의 파장 대역 내의 광을 방출하도록 구성된 광 이미터 및 인광 또는 인광들의 세트에 의해 전달되는, 광원.

청구항 33

제 27 항에 있어서,

상기 CNight 모드 동안 상기 광원에 의해 제공되는 광은, (i) 상기 생리활성 파장 대역 내의 전달되는 광을 제한하고, (ii) 상기 자색 파장 대역 및 490nm와 700nm 사이의 파장 대역 내의 광을 방출하도록 구성된 광 이미터 및 인광 또는 인광들의 세트에 의해 전달되는, 조명 시스템.

청구항 34

제 1 항에 있어서,

상기 자색 광은 상기 가시광 범위 내의 광원으로부터 총 가시 방사 조도의 6%를 초과하는 방사 조도를 전달하는, 인공 광원.

청구항 35

제 19 항에 있어서,

상기 자색 광은 상기 가시광 범위 내의 광원으로부터 총 가시 방사 조도의 6%를 초과하는 방사 조도를 전달하는, 광원.

청구항 36

제 27 항에 있어서,

상기 자색 광은 상기 가시광 범위 내의 광원으로부터 총 가시 방사 조도의 6%를 초과하는 방사 조도를 전달하는, 조명 시스템.

청구항 37

제 1 항에 있어서,

상기 자색 광은 상기 가시광 범위 내의 광원으로부터 총 가시 방사 조도의 10%를 초과하는 방사 조도를 전달하는, 인공 광원.

청구항 38

제 19 항에 있어서,

상기 자색 광은 상기 가시광 범위 내의 광원으로부터 총 가시 방사 조도의 10%를 초과하는 방사 조도를 전달하는, 광원.

청구항 39

제 27 항에 있어서,

상기 자색 광은 상기 가시광 범위 내의 광원으로부터 총 가시 방사 조도의 10%를 초과하는 방사 조도를 전달하는, 조명 시스템.

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제

청구항 68

삭제

청구항 69

삭제

청구항 70

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] [관련 출원에 대한 참조]

[0002] 출원 정보 문서 또는 그에 대한 임의의 보정서에 식별된 임의의 그리고 모든 우선권 주장이 37 CFR 1.57 하에서 본 명세서에 참조로서 포함된다.

[0003] 본 발명은 조명 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 특히 밤에 사용하는 동안에 일주기성 신경내분비 기능(circadian neuroendocrine function)을 보호하기 위한 발광 다이오드("LED") 조명 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0004] 복미의 노동력의 대략 25%는 보통의 낮시간대 외 작업과 관련된다. 이전의 작업은 야간 교대근무, 특히 회전식 교대근무가 주간 교대근무에 비교하여 단기 및 장기 모두에 있어서 해로운 영향을 가질 수 있음을 나타내었다. 단기적으로는 감소된 각성도로 인한 사고율의 증가 및 업무 수행 손상이 존재하는 반면, 장기적으로는 교대근무와 연관된 병리학이 심혈관 질병, 비만증, 신진대사장애 및 제II형 당뇨병과 같은 물질 대사 교란, 위장 질병 및 유방암, 전립선암 및 결직장암을 포함하는 몇몇 서로 다른 유형의 암을 포함하며, 2007년 세계 보건 기구는 교대근무를 "인간 내의 가능한 발암물질"로서 공표하였다.

[0005] 이러한 건강상의 부작용은 야간의 밝은 광 노출로 인한 일주기성 리듬 혼란과 강하게 관련된다. 일주기성 리듬은 수면/각성 사이클, 신경내분비 리듬, 섭식 시간, 분위기, 각성도, 세포 증식 및 다양한 조직 유형에서의 유전자 발현을 포함하지만 이것으로 제한되지 않는 광범위한 생리학적 기능에서 관찰되는 대략 24시간의 패턴이다. 이러한 리듬은 눈의 망막 내의 망막-신경절(retinoganglion) 세포에 의해 검출되고 망막-시상하부(retinohypothalamic) 신경 경로를 통해 시상하부의 시교차상 핵(Suprachiasmatic Nuclei; SCN) 내에 위치한 최상의 24시간 주기 심장박동조절장치("생리학적 시계")에 전달되는 환경적인 (실외 및 실내) 빛과 어둠의 일주기에 대한 노출에 의해 동기화된 내생적 (내부) 일주기성 타이밍 시스템에 의해 조절된다. 야간에 밝은 빛에 노출되는 것은 SCN을 비동기화하여 SCN의 상태가 변경되게 할 수 있으며, 이것은 수면-각성 패턴 및 복구하는 데에 몇일 또는 몇주까지 걸릴 수 있는 다수의 중요한 신체 신경내분비 시스템의 혼란을 발생시켜 피로와 불쾌감 및 허약한 건강 상태로 이어진다.

[0006] 교대근무자가 마주하는 일부 문제점들이 수면 양과 품질에서의 급격한 그리고 만성적인 감소와 직접 연결되는 한편, 야간 광 노출의 결과로서의 만성적인 일주기성 혼란은 교대근무의 의학적 결과의 일부의 발병에 있어서 중요한 요인인 것으로 나타난다. 설치류 연구는 약간의 누적된 수면 손실에 의해 동반되는 만성적인 일주기성 혼란이 심혈관 질병, 물질 대사 교란 및 암 모델들의 가속도를 생산한다는 것을 나타낸다. 최근의 인간 실험 연구는 급격한 일주기성 오정렬도 측정가능한 물질 대사 혼란을 생성함을 나타내었다. 또한, 두 요인들이 모두 측정된 유행병 연구에서, 교대근무에서 방해된 수면이 심혈관 위험의 증가를 설명하는 것으로 나타나지 않았다. 증거는 또한 생리학적 밤 동안의 광 노출이 송과체(pineal) 멜라토닌 분비의 억제를 발생시키며, 교대근무에 대한 수년간 노출에 걸친 이러한 종양정지(oncostatic) 호르몬의 만성적인 감소는 야간 교대에서 작업하는 여성에게서 나타나는 암, 특히 유방암의 위험도 증가에 기여할 수 있다는 것을 제안한다.

[0007] 멜라토닌(N-아세틸-5-메톡시트립타민)은 SCN에 의해 동기화된 일주기성 기능의 중요한 조절자인 송과샘(pineal gland)에 의해 분비되는 중요한 호르몬이다. 멜라토닌은 다수의 생리학적 기능들, 특히 빛과 어둠의 지속기간에 의해 제어되는 생리학적 기능들의 타이밍을 중재한다. 멜라토닌은 n-아세틸 전달효소 또는 NAT에 의해 N-아세틸화된 다음 hydroxyindol-0-methyl 전달효소에 의해 메틸화되는, 세로토닌을 통해 트립토판으로부터 합성된다. NAT 효소는 멜라토닌의 합성을 위한 비율 제한적인 효소이고, 송과샘 내의 교감신경 단부에서 노르에피네프린에 의해 증가된다. 노르에피네프린은 이러한 신경 단부로부터 야간에 또는 어두운 상태에 있을 때 분비된다. 따라서, 멜라토닌 분비는 빛과 어둠 노출의 타이밍에 의해 강하게 영향을 받는다.

[0008] 멜라토닌은 내생적인 일주기성 리듬을 가지고 송과샘으로부터 분비되어 밤에 최고조에 이르지만, 멜라토닌의 분

비는 빛에 대해 매우 민감하다. 야간 광 노출은 멜라토닌 분비를 상당히 억제한다. 빛의 멜라토닌 억제 효과는 눈의 망막-신경절 세포 내의 멜라놉신 광수용체의 고유한 스펙트럼 민감도로 인해 서로 다른 파장을 이용하여 달라진다. (440nm-470nm 사이의 피크 민감성을 갖는) 420nm과 520nm 사이의 비교적 짧은 파장의 광 노출이 가장 확연한 억제 효과를 갖는다. 멜라토닌은 크로노바이오틱(chronobiotic) 조절, 면역조정(immunomodulation), 항산화 효과, 계절적 번식 및 종양정지 효과의 타이밍 조절과 같은 다양한 기능들을 갖는 것으로 나타난다. 멜라토닌의 종양정지 효과는 생체 외에서 나타내어졌으며, 동물 실험에서는 광에 대한 일관된 노출이 멜라토닌 억제로 인해 발암 현상을 뚜렷하게 촉진한다고 나타낸다. 그러므로, 야간의 밝은 빛에 의한 멜라토닌 억제가 회전식 교대근무의 부정적인 효과의 중요한 중재자로서 제안되었다.

[0009]

또한, 광은 특히 글루코코르티코이드인 다수의 다른 내분비 네트워크를 혼란시킨다. 글루코코르티코이드는 부신피질에서 생산되는 스테로이드 호르몬 종류이다. 코르티솔은 가장 중요한 사람의 글루코코르티코이드이며, 다양한 심혈관, 물질대사, 면역 및 항상성 기능과 연관된다. 상승된 코르티솔 레벨은 스트레스 반응과 연관된다. 광은 SCN-교감신경계를 통해 부신 내의 유전자 발현을 유도하고 이러한 유전자 발현은 상승된 플라스마 및 뇌 글루코코르티코이드와 연관된다. 혈청 내에 존재하는 코르티솔의 양은 일반적으로 일 변화(diurnal variation)를 겪으며, 이른 아침에 최고 레벨이 존재하고 밤에 최저 레벨이 존재한다. 광에 의해 분비되는 글루코코르티코이드의 규모 또한 광 세기에 의존적으로 상관된 양이다. 글루코코르티코이드의 광-유도 클록-의존적 분비는 밤 환경에서 광에 대한 세포 물질대사를 조정하기 위한 적응성 기능으로서의 역할을 할 수 있지만, 야간 조명에 응답한 스트레스의 존재도 나타낼 수 있다. 상승된 글루코코르티코이드는 고혈압, 정신 질환, 인슐린 저항성과 상승된 혈당 수치 및 면역 시스템의 억제를 포함하는 다수의 건강 위험을 제기한다. 증가된 글루코코르티코이드 레벨은 다양한 상피성 암, 특히 유방암의 더욱 빠른 증식 속도와도 연결되었다. 임신 동안 코르티솔의 상승된 레벨은 자손의 신진대사장애와 추가로 연관된다. 다양한 사람들에서의 역학 연구(epidemiological study)는 저체중 출산과 고혈압, 인슐린 저항성, 제2형 당뇨병 및 심혈관 질환의 후속 발달 사이의 연관성을 입증하였다. 이러한 연관성은 전통적인 성인 생활방식 위험 인자에 대해 독립적으로 나타난다. 설명에서, 성장 및 발달의 과도기 동안의 자극적이거나 모욕적인 행동이 조직 구조 및 기능을 영구적으로 변화시킨다고 제안되었으며, 이러한 현상은 "태아 프로그래밍(fetal programming)"으로 지칭된다. 흥미롭게도, 이러한 현상이 제1 세대 자손에만 국한되지 않고 프로그래밍 효과가 이후의 세대들에서도 지속될 수 있다는 것이 증명되었다. 사람들에서의 역학 연구는 출생 체중, 심혈관 위험 인자 및 제2형 당뇨병에 대한 세대간 영향을 제안한다. 유사하게, 출생 체중, 글루코오스 내성, 혈압 및 시상하부 뇌하수체 부신피질 축에 대한 초세대적 영향이 동물 모델에서 보고되었다. 태아 프로그래밍을 설명하기 위한 하나의 주요 가설은 글루코코르티코이드에 대한 태아의 과다노출을 언급한다. 글루코코르티코이드는 장기적인 조직적 영향을 가하고 기관(organ) 발달 및 성숙을 조절한다. 사실, 글루코코르티코이드는 폐와 같은 기관들의 성숙 속도를 변화시키도록 임신 기간에서 치료적으로 이용된다. 임신 중 글루코코르티코이드 치료는 동물 및 사람에서의 출생 무게를 감소시킨다. 또한, 코르티솔 레벨은 자궁 내 성장 지연을 갖는 인간 태아에서, 또는 태아의 스트레스 반응을 반영할 수 있는 자간전증(preeclampsia)을 겪는 임신부에서 증가된다. 임신의 마지막 1/3 기간 동안 텍사메타손(합성 글루코코르티코이드)에 노출된 쥐가 낮은 출생 체중을 가지며 성체가 되었을 때 고혈압 및 글루코오스 과민증이 발생한다고 나타났다.

[0010]

멜라토닌의 시간생물학적 속성은 다양한 신체 시스템들에서의 일주기성을 동기화하는 것을 돕는다. 멜라토닌의 부재시에 일부 생리학적 프로세스의 상태 또는 타이밍이 외부 시간 신호와 정렬하지 않기 때문에 일주기성 리듬의 비동기화가 존재할 수 있다. 이러한 예는 수면과 행동의 습관적인 시간에 대응하지 않는 수면주기지연증후군(DSPS)을 갖는 환자들에서의 슬립 온셋 및 오프셋의 현저하게 지연된 시간이다. 이러한 개인들은 통상적인 활동 시간에 순응하게 되었을 때 낮은 각성도 및 정신운동 수행을 나타낸다. 또한, 이러한 근본적인 일주기성 리듬 오정렬은 종종 자신을 아증후군적 우울증(subsyndromal depression)에서 주요우울증(major depression)의 범위를 갖는 명시적인 생리학적 장애로서 나타낼 수 있다.

[0011]

DSPS를 가진 사람들에서의 우울증의 존재가 이전에 보고되었다. DSPS는 환자가 잠이 들 수 있기 전에 긴 시간을 소요할 수 있는 슬립 온셋 불면증에 의해 특징지어진다. 이것은 비동기화된 중심 생리학적 시계에 의해 발생하는 일주기성 리듬 수면 장애이다. DSPS 환자들이 낮은 자존감, 신경과민 및 감정적 표현의 제어 부재와 같은 감정적인 특성을 나타내었음을 보고하였다. 이러한 특징들은 사회적 위축을 악화시킬 수 있고, 일주기성 리듬의 동기화에서의 사회적 신호의 손실을 발생시킨다. 따라서, 위상 이동이 더욱 심해지고 악순환이 계속된다.

[0012]

일주기성 리듬 오정렬을 갖는 개인들에서의 생리학적 장애와는 별도로, 우울증의 존재 또한 낮은 멜라토닌 분비에서 주목되었다. 최근 몇 년 동안 이루어진 몇몇 연구들은 멜라토닌 분비의 진폭 및 리듬이 단극(unipolar)

우울증을 겪는 환자들뿐 아니라 양극성 정서장애를 겪는 환자들에서도 변화된다는 것을 나타내었다.

[0013] 보통의 빛-어둠 주기의 혼란과 연관된 상태를 향상시키고자 하는 노력에서 취해지는 일 접근법은 밤에는 각성도를 증가시키고 아침 시간대 동안 수면을 유도하고자 하는 밝은 광 치료법을 이용하는 지연된 위상에 대한 일주기성 리듬의 동조(entrainment)를 포함한다. 그러나, 야간근무의 끝에서, 자연적인 실외의 밝은 일조에 대한 노출은 강한 일주기성 시간 신호("자연시계(Zeitgeber)")로서의 역할을 하며, 밝은 빛 간섭의 잠재적으로 유리한 효과가 최우선시 되고 일주기성 리듬 동조를 무효화한다. 또한, 밤에 부여되는 밝은 빛은 밤에 멜라토닌 분비를 방지함으로써 신체의 자연적인 일주기성 멜라토닌 프로파일을 혼란시킨다. 실질적인 연구 증거가 암, 심혈관 질환, 위장 장애 및 기분 장애의 증가된 위험 및 자신의 연관 이환율(morbidity) 및 사망률을 포함하는 교대근무 연관 위험 요인의 잠재적인 장기 결과의 원인임을 보여주기 위해 알려졌다. 최근의 연구는 멜라토닌 분비 혼란이 이러한 위험 요인의 원인임을 나타낸다.

[0014] 최근에 이러한 문제를 해결하기 위해 이용가능한 노력은 실질적이고, 광범위하게 적용가능하며 효율적인 치료법의 목표에 미치지 못했다. 예를 들어, 교대근무자에서의 낮시간 수면 혼란 및 졸음의 약학적 치료가 이제 이용가능하지만, 광범위한 교대근무 인원에서의 이러한 약물의 광범위한 만성적인 활용에 대한 명백한 우려가 존재한다. 또한, 수면 방해 및 졸음의 약학적 치료는 내부 일주기성 타이밍 시스템과 교대근무 스케줄 사이의 근본적인 부조화를 변경시키지 않는다. 최근의 동물 및 인간 데이터는 행동 및 내부 타이밍의 만성적인 오정렬이 교대근무자들에게서 나타나는 물질대사 질병, 심혈관 질병 및 암의 높아진 유병율을 중재할 때 적어도 만성적인 수면 부족만큼 중요한 모델을 제안한다. 이론에서, 이러한 단점은 근무자의 빛-어둠 스케줄의 조작에 의해 해결될 수 있다. 이러한 조작은 작업 스케줄과의 향상된 일주기성 정렬을 생성하도록 연구실 시뮬레이션에서 나타내어졌다. 그러나, 개선된 작업공간 조명이 교대근무 물리적 환경 및 교대근무 스케줄의 전체 어레이에 폭넓게 적용가능하지는 않다. 보다 제한적인 이러한 조작은 전형적으로 근무자 스케줄 이행 및 휴일에도 적용되는 빛-어둠 노출 제한에 의존하며, 그 결과 널리 수용되지 않았다.

[0015] 과도하게 피로를 증가시키거나 각성도를 감소시키지 않고 야간 광 노출의 광범위하고 폭넓은 건강에 대한 부작용을 제한하기 위한 간단하고 효율적이며 비용이 높지 않은 시스템에 대한 필요성이 존재한다.

[0016] 따라서, 교대근무자 각성도를 향상시키는 한편 서로 다른 교대근무 설정에 널리 적용가능하고 단지 진단가능한 질병을 갖지 않은 다수의 교대근무자에게 이용가능한 일주기성 혼란의 잠재적인 건강 결과를 동시에 제한하기 위한 수단에 대한 필요성이 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0017] 본 명세서에 기술된 시스템, 방법 및 디바이스는 획기적인 양태를 가지며, 이들 중 어느 것도 필수적이거나 이들의 원하는 속성에 대해 단독으로 책임을 갖지 않는다. 특허청구범위를 제한하지 않고, 바람직한 특성들의 일부가 이제 요약될 것이다.

[0018] 연구는 교대근무 스케줄에 있어서 야간 시간대 동안의 광 노출이 교대근무자의 건강에 대해 상당히 부정적인 영향을 가진다고 제안한다. 광의 유해한 영향은 시각적 스펙트럼의 청색 광 부분의 작은 구성요소로 인한 것일 수 있다. 교대근무의 유해한 영향은 교대근무 설정을 조명하도록 사용되는 광의 이러한 구성요소를 필터링함으로써 감소될 수 있다. 청색 광을 필터링하는 것은 호르몬 분비의 리듬의 정규화를 발생시키고 야간근무 동안의 각성도 및 경계 수행을 향상시킨다.

[0019] 서로 다른 LED들은 그들의 설계 및 전원에 의존하여, 서로 다른 파장에서 다양한 레벨의 빛의 세기를 제공할 수 있다. 일부 실시예들에서, 백색광은 비용이 높지 않은 사파이어 또는 실리콘 탄화물 기관 상에서 성장된 단색성(monochromatic)에 가까운 청색 광(전형적으로는 440-470nm 범위 내에 있음)을 방출하는 LED들을 사용하여 가장 효과적으로 획득된다. 청색 LED 칩은 청색의 단색성에 가까운 광의 스파이크를 방출하고 그 다음 칩이 충분한 백색광 조명을 제공하는데 필요한 광 파장의 더 넓은 스펙트럼을 생성하도록 인광으로 코팅된다. 조명 시스템들에서 사용되는 다수의 높은 효율성 LED 칩들은, 다른 LED 칩들을 덜 효율적으로 만드는 제조 한계로 인해 대략 440-470nm에서 광의 세기를 증가시키는 펌프로서 동작한다. 테스트는 종래의 LED에서 약 440nm에서의 세

기 스파이크가 멜라토닌을 크게 억제한다는 것을 나타내었다. 또한 테스트는 노치 필터가 일주기성 혼란의 원인이 되는 특정 대역을 감쇠시키도록 활용될 때, 종래의 LED가 필터링되지 않은 광과 유사한 백색광을 제공하지 않을 수 있다는 사실도 나타내었다. 일부 환경 하에서, 예를 들어 500nm 미만의 광 파장을 제거하는 노치 필터를 구비한 종래의 LED는, 일부 적용에서 효율적인 작업 환경을 수행할 수 없을 수 있는 노란 색조를 제공할 수 있다.

[0020] 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템은 대략 440nm에서의 종래의 스파이크에 상반되게 대략 415nm에서의 광 세기를 증가시키는 펌프를 포함하는 자색 LED들을 포함한다. 테스트는 노치 필터가 일주기성 혼란의 원인이 되는 특정 대역을 감쇠시키도록 활용될 때, 415nm 펌프를 갖는 LED들이 예상치 않게 필터링되지 않은 조명과 실질적으로 유사한 조명을 생산한다는 것을 나타내었다. 이러한 향상된 필터링된 조명이 야간 근무자의 병리학적인 일주기성 혼란의 실질적인 감소를 제공할 수 있는 동시에 이들을 작업공간 내에서 기민하고, 생산성 있으며 안전하게 유지시키기 위한 품질 좋은 광원을 제공할 수 있다. 향상된 필터 조명은 각성도 향상, 경계 향상, 인식 수행의 향상, 사고 및 부상의 감소를 제공할 수 있다.

[0021] 일부 실시예들에서, 415nm 펌프를 갖는 자색 LED들은 부합된 갈륨 질화물 기판 상의 갈륨 질화물을 활용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 415nm에서의 자색 광은 더 높은 색상 렌디션 지수(renderition index) 및 발광 효율을 생성할 수 있는 자색 스파이크 및 청색 밸리(valley)를 발생시키는 인광 재료를 여기(excite)하도록 사용된다.

[0022] 테스트는 스펙트럼-특정 LED 조명 솔루션이 종래의 조명에 대한 야간 노출과 연관된 일주기성 혼란을 방지할 수 있다는 것을 확인하였다. 또한, 결과들은 필터링된 광원이 밤에 깨어있는 동안 사람의 정상적인 야간 멜라토닌 패턴을 보존하는 것과 관련하여 효율적일 수 있음을 나타내었다. 일 예시적인 실시예에 따르면, 테스트는 430-500nm 노치 필터를 구비한 415nm 펌프 LED들에 의해 생산된 조명이 특히 야간 멜라토닌 패턴의 혼란에 대한 원인이 되는 스펙트럼 범위에 대한 노출을 최소화하고 작업 조건에 적합한 광을 제공하기 때문에 야간 교대를 위한 조명에 특히 적합하다는 것을 나타내었다. 또한 본 명세서에서 논의된 바와 같이, 더 좁거나 상이한 차단 파장의 범위가 원하는 멜라토닌 효과 및 특정 환경에 대한 원하는 조건을 유지하는 동시에 생성된 광의 스펙트럼을 추가로 개선할 수 있다.

[0023] 본 발명의 실시예들은 일반적으로 밤시간 사용 동안에 사람의 일주기성 신경내분비 기능을 보호하기 위한 조명 시스템, 방법 및 디바이스에 관한 것이다. 일부 양태들에서, 이러한 시스템, 디바이스 및 방법은 밤시간 동안 조명되는 작업공간에 있는 사람들의 일주기성 신경내분비 시스템을 보호하는 동시에 작업을 위한 적합한 조명 상태를 제공한다. 일부 양태들에서, LED 조명 시스템, 방법 및 디바이스는 야간 근무자의 병리학적인 일주기성 혼란의 실질적인 감소를 제공하도록 적용된다. 일부 양태들에서, LED 조명 시스템, 방법 및 디바이스는 일주기성 혼란의 원인이 되는 광의 특정 대역을 감쇠시키도록 적용된다. 일부 양태들에서, LED 조명 시스템, 방법 및 디바이스는 파장의 원치 않는 부분이 노치 필터에 의해 감쇠될 때 사용가능한 백색광을 제공하는, 종래의 LED와는 상이한 스펙트럼 부분에서 증가된 세기를 제공하도록 적용된다. 일부 양태들에서, LED 조명 시스템, 방법 및 디바이스는 낮시간 구성 및 밤시간 구성 사이에서 전환하도록 구성되며, 낮시간 구성은 필터링되지 않은 광을 제공하고 밤시간 구성은 필터링된 광을 제공한다.

[0024] 본 개시내용의 비-제한적인 일 실시예는 복수의 LED들 및 노치 필터를 포함하는 LED 조명 시스템을 포함하며, 이때 복수의 LED들은 대략 415nm에서 세기의 스파이크를 포함하고, 노치는 430nm와 500nm 사이의 광의 1% 미만을 전달한다.

[0025] 본 개시내용의 다른 비-제한적인 실시예는 복수의 LED들 및 노치 필터를 포함하는 LED 조명 시스템을 포함하며, 이때 복수의 LED들은 대략 380-430nm의 범위 내에서 세기의 스파이크를 포함하고, 노치는 약 420nm와 500nm 사이; 약 425nm와 500nm 사이; 약 430nm와 500nm 사이; 약 440nm와 500nm 사이; 약 450nm와 500nm 사이; 약 460nm와 500nm 사이; 약 420nm와 490nm 사이; 약 430nm와 490nm 사이; 약 440nm와 490nm 사이; 약 450nm와 490nm 사이; 약 460nm와 490nm 사이; 약 420nm와 480nm 사이; 약 430nm와 480nm 사이; 약 440nm와 480nm 사이; 약 450nm와 480nm 사이; 약 460nm와 480nm 사이; 약 420nm와 470nm 사이; 약 430nm와 470nm 사이; 약 440nm와 470nm 사이; 약 450nm와 470nm 사이; 약 420nm와 460nm 사이; 및 약 440nm와 460nm 사이의 범위들 중 하나인 광의 1% 미만을 전달한다.

[0026] 본 개시내용의 다른 비-제한적인 실시예는 대략 400-420nm의 범위 내의 세기의 스파이크를 포함하는 복수의 LED들을 포함할 수 있다.

[0027] 본 개시내용의 다른 비-제한적인 실시예는 대략 415nm의 세기의 스파이크를 포함할 수 있는 복수의 LED들을 포

함할 수 있다.

- [0028] 본 개시내용의 다른 비-제한적인 실시예는 LED 과우연을 제공하는 것을 포함하는 밤시간 동안에 작업공간을 조명하는 방법을 포함하며, 이때 LED 광원은 낮시간 동안 필터링되지 않은 광을 제공하고 LED 광원은 밤시간 동안 필터링된 광을 제공한다.
- [0029] 본 개시내용의 다른 비-제한적인 실시예는 본 명세서에 기술된 시스템, 디바이스 및 구성요소들을 제조하는 방법에 관한 것이다.
- [0030] 본 개시내용의 다른 비-제한적인 실시예는 본 명세서에 기술된 시스템, 디바이스 및 구성요소들을 이용하는 방법에 관한 것이다.
- [0031] 다른 비-제한적인 실시예는 밤시간 동안 작업공간 내의 근무자들의 일주기성 리듬을 유지하는 동시에 안전하고 생산적인 작업 환경을 위한 적합한 조명을 제공하기 위한 수단에 관한 것이다.
- [0032] 본 개시내용의 다른 비-제한적인 실시예는 인공으로 조명되는 환경 시스템이 그 안에 위치될 한 명 이상의 사람을 위해 적응되는, 인공으로 조명되는 환경 시스템을 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다. 정의된 환경 공간이 제공된다. 인공 광원은 정의된 환경 공간 내에서 광을 전달하도록 적응된다. 인공 광원은 인공으로 조명되는 환경의 정의된 환경 공간 내에서 광을 전달하는 임의의 자연 광원 존재를 고려한 후에, 그리고 광학, 표면의 스펙트럼 반사율, 및/또는 형광을 내는 정의된 환경 공간 내의 재료들의 특성과 같이 인공으로 조명되는 환경의 정의된 환경 공간 내에 존재하는 임의의 환경적 구성요소의 특성을 고려한 후에, 인공 광원이 임의의 기여하는 자연 광원 및/또는 환경적 구성요소와 함께 정의된 환경 공간의 바닥 레벨 위 약 2피트와 약 7피트 사이에서 가시광 범위(약 400nm 내지 약 700nm)에 있는 약 50럭스와 약 2,000럭스 사이의 광을 전달하도록 구성된다. 선택된 생리활성 파장 대역 범위 내에서 광이 전달되는 일주기성 밤 모드(CNight Mode)는 바람직하게는 임의의 방향에서 측정되었을 때 약 $1\mu\text{Watts}/\text{cm}^2$ 의 평균 방사 조도를 초과하지 않고, 선택된 생리활성 파장 대역 범위는 적어도 약 10nm에 걸치며, 선택된 생리활성 파장 대역 범위는 약 430nm와 약 500nm 사이의 일반적인 파장 대역 범위 내에 있다. 일부 실시예들에서, CNight Mode 내의 선택된 생리활성 파장 대역 범위는 바람직하게는, 임의의 방향에서 측정되었을 때: 약 $0.7\mu\text{Watts}/\text{cm}^2$, 약 $0.5\mu\text{Watts}/\text{cm}^2$, 약 $0.2\mu\text{Watts}/\text{cm}^2$ 및 약 $0.1\mu\text{Watts}/\text{cm}^2$ 로 구성된 그룹으로부터 선택된 평균 방사 조도를 초과하지 않는다.
- [0033] 본 개시내용의 다른 비-제한적인 실시예는 인공 광원을 포함하는 조명 시스템을 위한 시스템 및 방법에 관련된다. 이 인공 광원은 가시광 범위(약 400nm 내지 약 700nm) 내의 광을 전달하고, 선택된 생리활성 파장 대역 범위 내에서 전달되는 광이 가시광 범위 내의 인공 광원으로부터의 총 방사 조도의 6% 미만을 전달하는 일주기성 밤 모드(CNight Mode)를 포함한다. 선택된 생리활성 파장 대역 범위가 가시광 범위 내의 인공 광원으로부터의 총 방사 조도의 4% 미만, 2% 미만 및 1% 미만으로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달할 수 있다. CNight Mode 자색 광이 약 400nm와 약 440nm 사이, 약 400nm와 약 435nm 사이, 약 400nm와 약 430nm 사이, 약 400nm와 약 425nm 사이 및 약 400nm와 약 415nm 사이로 구성된 그룹으로부터 선택된 파장 대역 내에 제공되고, 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 약 4% 초과, 약 6% 초과 및 약 10% 초과로 구성된 그룹으로부터 선택된 평균 방사 조도를 가진다. CNight Mode는 바람직하게는 일주기성 낮 모드(CDay Mode)와 교대하고, 선택된 생리활성 파장 대역 범위가 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 약 4% 초과, 약 6% 초과 및 약 10% 초과로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달한다. 이 시스템은 사전결정된 일주기-단계 또는 하루의 시간 지시에 응답하여 CDay Mode와 CNight Mode 사이에서 자동으로 전이하도록 구성될 수 있다. CDay의 지속시간 및 타이밍과 CNight의 지속시간 및 타이밍이 사용자에게 의해 사전설정될 수 있다. 사전결정된 일주기-단계 또는 하루의 시간 지시가 계절로 조정된 시간을 포함하는 지시, 고정된 시계 시간을 포함하는 지시 및 사용자에게 의해 선택된 시간을 포함하는 지시로 구성된 그룹으로부터 선택될 수 있다.
- [0034] 본 개시내용의 다른 비-제한적인 실시예는 광원을 포함하는 조명 시스템을 위한 시스템 및 방법에 관련된다. 광원은 바람직하게는 약 400nm와 약 430nm 사이, 일부 실시예들에서는 약 약 400nm와 약 440nm 사이의 자색 스파이크를 갖는 스펙트럼 분포 패턴을 구비하는 광을 방출하도록 구성된다. 노치 필터가 광원에 연결되도록 적응될 수 있다. 노치 필터는 광원에 의해 방출되는 광을 필터링하여 생리활성 파장 대역이 CNight 스펙트럼 분포 패턴에 상응하는 제1 필터링 구성에서의 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 약 6% 미만을 전달하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 6% 미만, 4% 미만, 2% 미만 및 1% 미만으로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달할 수 있다. 제2 비-필터링 구성은 CDay 스펙트럼 분포 패턴에 상응한다. 생리활성 파장 대역은 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 약 4% 초과를 전달할 수 있다.

- [0035] 본 개시내용의 다른 비-제한적인 실시예는 복수의 개별 파장 방출 LED 칩들을 포함하는 광원을 구비하는 시스템 및 방법에 관련된다. 복수의 LED 칩들이 CDay 모드에서 풀 비주얼 광 스펙트럼(full visual light spectrum)을 함께 구성한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 개별 파장 방출 LED 칩들이 CNight 모드에서 선택적으로 스위치-오프되도록 구성되어 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 1% 미만을 전달한다. 일부 실시예들에서, 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 6% 미만, 4% 미만, 2% 미만 및 1% 미만으로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달할 수 있다. 하나 이상의 LED 칩들은 단색성일 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 LED 칩들이 거의 단색성이다. 풀 비주얼 광 스펙트럼이 바람직하게는 자색, 청색, 녹색, 황색 및 적색 파장에 대한 개별 파장 칩들을 포함한다. 청색 LED 칩이 CNight 모드에서 바람직하게는 선택적으로 스위치-오프되도록 구성된다.
- [0036] 본 개시내용의 다른 비-제한적인 실시예는 자색 LED 칩들의 제1 및 제2 개별-제어되는 세트들을 포함하는 광원을 위한 시스템 및 방법에 관련된다. 자색 LED 칩들의 제1 세트가 CDay 모드에서 스위치-온 되도록 구성되고, 자색 광을 흡수하고 400nm-700nm 범위에 걸친 가시 광 스펙트럼을 방출하는 인광으로 코팅된다. 자색 LED 칩들의 제2 세트가 CNight 모드에서 스위치-온 되도록 구성되고, 생리활성 파장 대역 내의 광을 제한하는 상이한 인광 또는 인광들의 조합으로 코팅되어 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 1% 미만을 전달한다. 일부 실시예들에서, 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 6% 미만, 4% 미만, 2% 미만 및 1% 미만으로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달할 수 있다. 낮-밤 패턴 조명은 인광-코팅된 LED들의 제1 및 제2 세트들 사이에서 전환함으로써 획득될 수 있다. 일부 실시예들에서, 자색 LED 칩들 상에 사용된 코팅 재료는 종래의 희토류 인광이 아니지만 유사한 흡수 및 방출 특징들을 가진다. 자색 LED 칩들 상에 사용된 코팅 재료는 콜로이드 양자점 및/또는 알킬 나노결정을 포함할 수 있다.
- [0037] 본 개시내용의 다른 비-제한적인 실시예는 제1 및 제2 채널들을 통해 광을 방출하는 복수의 LED 칩들을 포함하는 광원을 포함하는 조명 시스템을 위한 시스템 및 방법에 관련된다. 일부 실시예들에서, 제1 채널은 CNight 모드 동안에 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 약 1% 미만을 전달하도록 생리활성 파장 대역 내의 광 투과율을 제한하는 인광 또는 인광들의 세트로 코팅된다. 일부 실시예들에서, 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 6% 미만, 4% 미만, 2% 미만 및 1% 미만으로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달할 수 있다. 제2 채널은 CDay 모드 동안에 스위치-온 되도록 구성되고 인광 코팅을 갖지 않는다. CDay 모드에서 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 4% 초과를 전달한다. CDay 모드 내의 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 6% 초과 및 10% 초과로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달할 수 있다.
- [0038] 본 명세서에 기술된 주제사항의 하나 이상의 구현의 세부사항이 첨부된 도면 및 아래의 설명에 개진되었다. 다른 특성들, 양태들 및 장점들이 상세한 설명, 도면 및 청구범위로부터 명백해질 것이다. 아래의 도면들에서 상대적인 치수가 실제 축적대로 도시되지 않았을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0039] 도면들에 걸쳐, 참조번호가 참조 요소들 사이의 일반적인 대응관계를 나타내도록 재사용될 수 있다. 도면들은 본 명세서에 기술된 예시적인 실시예를 나타내고자 제공되었으며 본 개시내용의 범주를 제한하고자 하는 것은 아니다.
- 도 1a는 PAR38 LED를 포함하는 조명 시스템의 일 실시예의 사시도.
- 도 1b는 MR16 LED를 포함하는 조명 시스템의 일 실시예의 사시도.
- 도 2는 LED 조명의 일 실시예의 사시도.
- 도 3은 노치 필터의 일 실시예의 상면도.
- 도 4는 복수의 천장 패널들이 설치된 작업공간의 일 예를 도시한 도면.
- 도 5a는 필터 플레이트의 일 실시예의 저면도.
- 도 5b는 이동가능한 필터들을 구비한 LED 칩 어레이들의 일 실시예의 저면도.
- 도 6a는 필터링되지 않는 위치에 있는 MR 16 LED를 포함하는 LED 조명 시스템의 일 실시예의 측면도.

- 도 6b는 필터링되는 위치 내의 MR 16 LED를 포함하는 LED 조명 시스템의 일 실시예의 측면도.
- 도 6c는 필터링되지 않는 위치 내의 LED 어레이들을 포함하는 LED 조명 시스템의 일 실시예의 측면도.
- 도 6d는 필터링되는 위치 내의 LED 어레이들을 포함하는 LED 조명 시스템의 일 실시예의 측면도.
- 도 7a는 MR 16 LED 및 제어 시스템을 포함하는 LED 조명 시스템을 도시한 도면.
- 도 7b는 LED 칩 어레이들 및 제어 시스템을 포함하는 LED 조명 시스템을 도시한 도면.
- 도 8은 필터링된, 그리고 필터링되지 않은 대략 440nm 펄스 LED에 의해 생산된 시각적 스펙트럼에 걸친 광 세기를 도시한 도면.
- 도 9는 대략 415nm 펄스 LED의 몇몇 색온도 다양성에 의해 생산된 스펙트럼에 따른 상대적인 광 세기를 도시한 도면.
- 도 10은 430-500nm 노치 필터를 포함하는 다양한 대략 415nm 펄스 LED에 의해 생산된 스펙트럼에 따른 상대적인 광 세기를 도시한 도면.
- 도 11a는 440nm 펄스를 갖는 LED 상의 455-490nm 노치 필터에 대한 광 투과 백분율을 나타낸 도면.
- 도 11b는 440nm 펄스를 갖는 LED 상의 서브 500nm 컷오프 필터에 대한 광 투과 백분율을 나타낸 도면.
- 도 11c는 415nm 펄스를 갖는 LED 상의 430-500nm 노치 필터에 대한 광 투과 백분율을 나타낸 도면.
- 도 12a는 455-490nm 노치 필터와 맞춰진 대략 440nm 펄스 LED에 대한 분광계 측정값을 나타낸 도면.
- 도 12b는 서브 500nm 컷오프 필터와 맞춰진 대략 440nm 펄스 LED에 대한 분광계 측정값을 나타낸 도면.
- 도 12c는 필터가 없는 대략 415nm 펄스 LED에 대한 분광계 측정값을 나타낸 도면.
- 도 12d는 430-500nm 노치 필터를 갖는 대략 415nm 펄스 LED에 대한 분광계 측정값을 나타낸 도면.
- 도 13a는 대략 440nm 펄스 LED에 의해 생산된 455-490nm의 필터링된 광 및 필터링되지 않은 광에 노출된 12명의 피험자에 대한 멜라토닌 레벨을 도시한 도면.
- 도 13b는 대략 440nm 펄스 LED에 의해 생산된 455-490nm의 필터링된 광 및 필터링되지 않은 광에 노출된 9명의 피험자에 대한 멜라토닌 레벨을 도시한 도면.
- 도 14는 대략 440nm 펄스 LED에 의해 생산된 필터링된 광 및 필터링되지 않은 광에 노출된 4명의 피험자에 대한 멜라토닌 레벨을 도시한 도면.
- 도 15는 대략 440nm 펄스 LED에 의해 생산된 필터링된 광 및 필터링되지 않은 광 및 대략 415nm 펄스 LED에 의해 생산된 필터링된 광에 노출된 4명의 피험자에 대한 멜라토닌 레벨을 도시한 도면.
- 도 16은 필터링되지 않은, 그리고 필터링된 Soraa MR16 광원의 스펙트럼들을 도시한 도면.
- 도 17은 필터링을 갖는 생리활성 대역 및 필터링을 갖지 않는 생리활성 대역 내의, 그리고 생리활성 대역 내에 있지 않은 가시광선의 파장 내의 총 방사 조도의 백분율을 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040]

아래의 상세한 설명에서, 본 개시내용의 일부를 형성하는 첨부된 도면들을 참조한다. 상세한 설명, 도면 및 청구범위에 기술된 예시적인 실시예는 제한을 의미하는 것이 아니다. 본 명세서에 제시된 주제사항의 사상 또는 범주로부터 벗어나지 않고 다른 실시예들이 활용될 수 있고 다른 변화들이 이루어질 수 있다. 본 명세서에 일반적으로 기술되고 도면에 도시된 바와 같이, 본 개시내용의 양태들이 광범위한 다양한 서로 다른 구성들로 배치되고, 대체되고, 결합되며 설계될 수 있고, 이들은 전부 명백하게 고려되어 본 개시내용의 부분을 형성한다. 예를 들어, 시스템 또는 디바이스가 구현될 수 있거나 또는 방법이 본 명세서에 개진된 임의의 수의 양태를 이용하여 실시될 수 있다. 또한, 이러한 시스템 또는 디바이스가 구현될 수 있거나 또는 이러한 방법이 본 명세서에 개진된 하나 이상의 양태에 더하여 또는 개진된 하나 이상의 양태 외의 다른 구조물, 기능, 또는 구조물과 기능을 사용하여 실시될 수 있다. 당업자 및 본 개시내용의 소유권을 가진 이에게 발생할 수 있는 본 명세서에 도시된 발명 특성들에 대한 대안적이고 추가적인 수정사항들 및 본 개시내용의 원리의 추가 적용이 본 개시내용의 범주 내에서 고려된다.

- [0041] 본 개시내용의 장점이 다양한 수단에 의해 획득될 수 있다. 아래는 명세서에서 사용된 용어들의 일부에 대한 정의를 제공한다:
- [0042] "일주기성 리듬(Circadian rhythm)"은 광범위한 용어이고 본 명세서에서 자신의 통상의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 일반적으로는 생물의 생리학적 프로세스 내의 대략 24시간의 사이클을 지칭한다. 위에서 논의된 바와 같이, 포유 동물에서 최상의 24시간 주기 심장박동조절장치(생리학적 시계)가 시상하부 내에 위치한 세포들의 그룹인 SCN 내에 위치된다. SCN은 눈을 통해 조도(illumination)에 대한 정보를 수신한다. 각 눈의 망막은 통상적인 광응답성 간상체(rod) 및 추상체(cone)와 함께 특별한 광응답성 망막 신경절 세포(RGC)를 포함한다. 이러한 RGC는 멜라놉신이라 불리는 광색소를 포함하고, 눈에 닿는 환경적인 빛과 어둠의 타이밍에 대한 정보가 RGC 멜라놉신 광색소에 의해 변환되어 망막-시상하부 관(tract)으로 불리는 신경 통로를 통해 전달되어 SCN으로 이어진다.
- [0043] 기본적인 사람 일주기 생리학 연구는 이러한 내생적 일주기성 시계에 대한 별개의 비-시각적 감광 경로(NVPP) 및 다른 뇌 영역으로 특징지어진다. 몇몇 연구들은 다색성(polychromatic) 백색광이 감쇠된 야간 광-유도 멜라토닌 분비 억제로부터 단파장(청색) 광(<530nm)을 필터링하는 것을 나타낸다. 최근의 작업은 이러한 시스템에 차등적으로 영향을 미치는 청색 광 스펙트럼의 특정 대역(<480nm)을 필터링하는 것이 야간 광에 노출된 쥐에서 멜라토닌, 코르티솔 및 클럭 유전자 발현을 포함하는 일주기성 혼란의 표시자를 정규화할 수 있다는 것을 나타내었다. <480nm인 광 파장의 저역 통과 필터를 갖는 안경을 이용하는 사람 피험체에서의 유사한 치료가 시물레이션된 야간근무 동안의 각성도 및 인식 수행의 측정에서의 향상을 갖는 등가의 내분비 및 시계-유전자 리듬의 보존을 생성하며, 이것은 최근에 12시간의 야간근무를 하는 간호사와 원자력발전소 제어실 운영자를 대상으로 한 필드 실험에서 확인되었다.
- [0044] 일주기성 리듬은 SCN 마스터 시계 밖의 신체 내의 세포에서 발견되며, 다시 말하면 신체 전반에 걸친 다양한 조직들 내의 유전자 발현 또한 일주기성 리듬 패턴을 따른다. 본 개시내용의 맥락에서, "클럭 유전자(clock gene)"는 광범위한 용어이고 본 명세서에서 자신의 통상의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 일반적으로 발현 패턴을 따르고 특정한 세포 생리학에서 일주기성 진동을 유지하는 책임이 있는 유전자를 지칭한다. 인간 게놈의 약 25%가 발현에서의 이러한 주기성을 나타내는 것으로 추정된다.
- [0045] 본 개시내용의 맥락에서, "생리활성 대역(bioactive band)" 또는 "생리활성 파장 대역"은 광범위한 용어이고 본 명세서에서 자신의 통상의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 일반적으로 본 명세서에 기술된 범위의 하위분할 또는 약 430-500nm의 범위 내의 가시광 스펙트럼의 파장을 지칭하며, 본 개시내용은 이러한 파장 대역에서의 방사조도 감소의 효과를 기술한다.
- [0046] 본 개시내용의 맥락에서, 발명의 명칭의 "일주기성 신경내분비 기능 보호"는 광범위한 용어이고 본 명세서에서 자신의 통상의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 일반적으로 지구물리학 빛/어둠 주기에 노출된 피험자에서 존재할 수 있는 클럭 유전자 발현, 코르티솔 분비 및 멜라토닌을 포함하지만 이것으로 제한되지 않는 생리학적 프로세스에서 관찰되는 일주기성 진동의 진폭, 상태 및 주기성을 유지하는 것을 지칭한다.
- [0047] 클럭 유전자의 발현 생성의 "레벨 정규화"는 광범위한 용어이고 본 명세서에서 자신의 통상의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 일반적으로 규칙적인 지구물리학적 빛/어둠 주기에 노출된 동일한 피험자에서 발견될 수 있는 생산 레벨에 더욱 가깝게 대응하도록 발현 레벨을 증가시키거나 감소시키는 것을 지칭한다. 보다 구체적으로, 멜라토닌과 관련하여, 이것은 어두운 곳에서 유지된 동일한 개인에서의 레벨의 적어도 50%를 유지하는 것을 지칭한다.
- [0048] 본 개시내용에서, 멜라토닌의 레벨을 정규화하는 것은 밤에 빛에 노출된 피험자에 존재할 수 있는 레벨에 비교하여 멜라토닌의 레벨을 증가시키는 것을 포함한다. 코르티솔의 맥락에서, 이것은 밤에 빛에 노출된 피험자에서 존재할 수 있는 레벨에 비교하여 코르티솔의 레벨을 감소시키는 것을 포함한다.
- [0049] 본 개시내용을 참조하면, "피험체"는 광범위한 용어이고 본 명세서에서 자신의 통상의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 일반적으로 포유동물, 바람직하게는 사람을 지칭한다. 피험자가 여성 피험자인 경우 특히 장점들을 부여할 수 있으며 피험자가 임신부인 경우 더욱 바람직하다.
- [0050] "약(about)"은 광범위한 용어이고 본 명세서에서 자신의 통상의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 파장 범위의 맥락에서 일반적으로 $\pm 5\text{nm}$ 를 지칭한다. 본 개시내용의 맥락에서, "필터"는 광범위한 용어이고 본 명세서에서 자신의 통상의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 일반적으로 비-전달 광 파장의 범위를 실질적으로 차단하는 디바이스이다.

- [0051] "망막 노출"은 광범위한 용어이고 본 명세서에서 자신의 통상의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 일반적으로 피험자의 망막 상에서의 광 충돌을 지칭한다.
- [0052] "밤"은 광범위한 용어이고 본 명세서에서 자신의 통상의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 일반적으로 어둠의 자연적 시간을 지칭하고, 보다 구체적으로는 지구물리학적 빛/어둠 주기의 어두운 상태를 지칭한다. 여름에는, 적도 부근 위도 주위에서, 멜라토닌 생산의 피크 시간인 약 21:00시(오후 9시)에서 약 06:00시(오전 6시)와 대략 동일하다. "밤시간 동안"은 광범위한 용어이고 본 명세서에서 자신의 통상의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 일반적으로 이러한 기간 동안의 임의의 시간을 지칭하고; 바람직하게는 본 개시내용의 방법은 밤에 걸쳐 실시된다.
- [0053] "일주기성 밤"은 광범위한 용어이고 본 명세서에서 자신의 통상의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 일반적으로 개인이 빛과 어둠의 환경적인 낮/밤 주기에 동기화되었는지 여부의 일주기성 리듬 및 개인의 생리학적 시계의 야간 상태를 지칭한다.
- [0054] "일주기성 낮"은 광범위한 용어이고 본 명세서에서 자신의 통상의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 일반적으로 개인이 빛과 어둠의 환경적인 낮/밤 주기에 동기화되었는지 여부의 일주기성 리듬 및 개인의 생리학적 시계의 낮시간 상태를 지칭한다.
- [0055] 본 개시내용의 맥락에서, 조명 시스템 또는 다른 조명기구가 일주기성 밤에 대한 일주기성 낮 동안의 광에 대한 생리학적 시스템의 서로 다른 반응성을 고려하기 위해 일주기성 낮 동안의 소정의 특징 및 일주기성 밤 동안의 다른 특징을 제공하도록 설계될 수 있다. 이와 달리, 조명 시스템은 밤에 대한 낮 동안의 광에 대한 생리학적 시스템의 서로 다른 반응성을 고려하기 위해 낮 동안의 소정의 특징 및 밤 동안의 다른 특징을 구비할 수 있다.
- [0056] "일주기성 낮 모드"(또는 "CDay Mode")는 광범위한 용어이고 본 명세서에서 자신의 통상의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 일반적으로 일주기성 낮에 적합한 특징 속성들을 갖는 광을 제공하도록 구성된 조명 시스템 또는 다른 조명기구를 지칭한다.
- [0057] "일주기성 밤 모드"(또는 "CNight Mode")는 광범위한 용어이고 본 명세서에서 자신의 통상의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 일반적으로 일주기성 밤에 적합한 특징 속성들을 갖는 광을 제공하도록 구성된 조명 시스템 또는 다른 조명기구를 지칭한다.
- [0058] "펄프"는 광범위한 용어이고 본 명세서에서 자신의 통상의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 일반적으로 광 스펙트럼 내의 정의된 범위 내에 있는 광의 높은 세기 스파이크를 생성하는 LED 칩의 품질을 지칭한다.
- [0059] 연구는 교대근무 스케줄에 있어서 야간 시간대 동안의 광 노출이 교대근무자의 건강에 대해 상당히 부정적인 영향을 갖는다고 제안한다. 광의 유해한 영향은 시각적 스펙트럼의 청색 광 부분의 작은 구성요소로 인한 것일 수 있다. 교대근무의 유해한 영향은 교대근무 설정을 조명하도록 사용되는 광의 이러한 구성요소를 필터링함으로써 감소될 수 있다. 청색 광을 필터링하는 것은 호르몬 분비의 리듬의 정규화를 발생시키고 야간근무 동안의 각성도 및 경계 수행을 향상시킨다. Casper 외 다수에 의한 미국 특허 제7,520,607호 및 Casper 외 다수에 의한 미국 특허 제7,748,845호는 광의 특정 파장에 대한 망막 노출을 차단하기 위한 디바이스 및방법을 기술하였으며, 이들은 그 전체가 본 명세서에 참조로서 포함되었다. Rahman 외 다수는 스펙트럼 변조가 밤의 필터링되지 않은 광 노출의 부정적인 생리학적 효과를 감소하는 방식을 기술한다. Shadab A. Rahman, Shai Marcu, Colin M. Shapiro, Theodore J. Brown, Robert F. Casper는 그 전체가 본 명세서에서 참조로서 포함된 Am J Physical Endocrinal Metab 300: E518-E527, 2011에서 스펙트럼 변조가 야간 광 노출에 의해 유도된 분자적, 내분비성 그리고 신경행동적 혼란을 감소한다고 기술한다. 또한, 여기에는 본 명세서에 참조로서 포함되고 본 개시내용의 부분을 형성하는 재료들이 첨부되었다.
- [0060] 아래에 기술된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 이제 더욱 효율적인 접근법이 가능하다. 최근의 연구는 내재적 일주기성 시계 및 다른 뇌 영역으로의 개별 비-시각적 감광 경로(NVPP)를 식별하였다. 이러한 시스템은 시각 시력을 중재하는 경로로부터 해부학적으로 그리고 기능적으로 별개이다. 특히, 관련된 광수용체의 동작 스펙트럼이 시력의 간상체 및 추상체와 상이하다. 시각적 광 스펙트럼의 특징적인 좁은 대역을 필터링하는 것은 야간 광에 노출된 피험자들에서 멜라토닌, 코르티솔 및 클럭 유전자 발현을 포함하는 일주기성 혼란의 표시자를 정규화할 수 있다. 480nm보다 작은 파장을 필터링하는 저역 통과 필터를 갖는 안경은 시뮬레이션된 야간근무 동안의 각성도 및 인식 수행의 측정에서의 향상을 갖는 등가의 내분비 및 시계-유전자 리듬의 보존을 생성하였다. 이러한 결과는 또한 12시간의 야간근무를 하는 간호사와 원자력발전소 제어실 운영자를 대상으로 한 필드 실험에서도 확인되었다. 정상 멜라토닌 분비를 포함하는 정상 일주기성 조직의 보존은, 각성도 및 수행에서의 즉각

적인 향상을 넘어 야간 교대근무에서의 만성적인 일주기성 혼란과 연관된 건강 위험의 의미 있는 감쇠로 해석되어야만 한다.

[0061] 본 명세서에 기술된 실시예들은 일반적으로 조명 시스템과 관련된 시스템, 디바이스 및 방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 일부 실시예들은 일주기성 혼란과 연관된 스펙트럼 구성요소들이 존재하지 않는 사용가능한 실내 조명을 제공하는 스펙트럼-특정적인 실내 LED 조명 시스템과 관련된다. 일부 다른 실시예들에서, LED 조명 시스템 외의 조명 시스템 또한 사용될 수 있다. 예를 들어, 특정 파장 범위 내의 원하는 광 세기를 제공할 수 있는 광원이 일부 실시예들에서 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이 LED 조명 시스템은 뚜렷한 일주기성 혼란을 생성하지 않고 밤에 사용될 수 있고, 각성도 및 수행의 즉각적인 향상 및 교대근무자 건강에서의 장기적인 향상 가능성을 제공하며, 밤 근무를 요구하는 최근 경제의 넓고 성장하는 부분에서 상당한 적용 잠재성을 가질 수 있다.

[0062] 도 1a는 PAR38 LED를 포함하는 조명 시스템(100)의 일 실시예의 사시도를 도시한다. 도 1b는 MR16 LED를 포함하는 조명 시스템(100)의 일 실시예의 사시도를 도시한다. 도 2는 LED 조명(110)의 일 실시예의 사시도를 도시한다. 도 3은 노치 필터(notch filter)(120)의 일 실시예의 상면도를 도시한다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템(100)은 광 스펙트럼의 해로운 부분을 제거하기 위해 LED 조명(110) 및 노치 필터(120)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, LED 조명(110)이 PAR38 LED를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, LED 조명(110)이 MR16 LED를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, LED 조명(110)은 LED 어레이를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, LED 조명(110)은 당업자에게 알려진 다른 타입의 LED를 포함할 수 있다. LED 조명(110)은 하우징(112) 및 복수의 LED들(114)을 포함할 수 있다. 하우징(112)은 LED들(114)을 바람직한 구성으로 배향시킬 수 있고 LED들(114)을 전원에 접속시킬 수 있다. 일부 실시예들에서, 하우징(112)은 또한 노치 필터(120)를 LED 조명(110)에 연결할 수 있다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템(100)은 실질적으로 일주기성 혼란의 원인이 되는, 예를 들어 대략 460-480nm를 포함할 수 있는 특정 대역을 차단할 수 있지만, 여전히 기능적인 백색에 가까운 조명을 제공할 수 있다. LED 조명 시스템(100)은 작업공간 환경 및 작업 스케줄과 무관하게 야간 근무자의 병리학적인 일주기성 혼란의 실질적인 감소를 제공할 수 있다. 당업자는 본 명세서에 기술된 실시예들이 LED를 대신하여 예를 들어 할로겐 또는 형광을 포함할 수 있는 다른 광원을 사용할 수 있다는 것을 이해할 것이다. 일부 실시예들에서, 도 1a에 도시된 바와 같이, LED 조명(110)이 PAR38 LED일 수 있다. 일부 실시예들에서, 도 1b에 도시된 바와 같이, LED 조명(110)이 MR16 LED일 수 있다.

[0063] 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템(100)은 분광(spectroscopic) 노치 필터(120)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 노치 필터(120)는 필터링된 투과 범위를 총 스펙트럼 출력의 40%보다 작은 정도까지 감쇠시킨다. 일부 실시예들에서, 노치 필터(120)는 필터링된 투과 범위를 총 스펙트럼 출력의 40%보다 작은 정도까지 감쇠시킨다. 일부 실시예들에서, 노치 필터(120)는 필터링된 투과 범위를 총 스펙트럼 출력의 30%보다 작은 정도까지 감쇠시킨다. 일부 실시예들에서, 노치 필터(120)는 필터링된 투과 범위를 총 스펙트럼 출력의 20%보다 작은 정도까지 감쇠시킨다. 일부 실시예들에서, 노치 필터(120)는 필터링된 투과 범위를 총 스펙트럼 출력의 10%보다 작은 정도까지 감쇠시킨다. 일부 실시예들에서, 노치 필터(120)는 필터링된 투과 범위를 총 스펙트럼 출력의 5%보다 작은 정도까지 감쇠시킨다. 일부 실시예들에서, 노치 필터(120)는 필터링된 투과 범위를 총 스펙트럼 출력의 1%보다 작은 정도까지 감쇠시킨다. 일부 실시예들에서, 노치 필터(120)는 필터링된 투과 범위를 총 스펙트럼 출력의 0.1%보다 작은 정도까지 감쇠시킨다. 일부 실시예들에서, 노치 필터(120)는 전송된 범위들 중 하나 또는 몇몇 범위들의 일부분을 포함할 수 있는 필터링된 투과 범위를 감쇠시킨다.

[0064] 일부 실시예들에서, 필터링된 투과 범위는 420nm, 430nm, 440nm, 450nm, 460nm, 470nm, 480nm, 490nm, 500nm, 510nm, 520nm의 파장들 중 하나보다 아래인 임의의 조명의 컷오프를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 필터링된 투과 범위는 약 420nm와 490nm 사이; 약 430nm와 490nm 사이; 약 440nm와 490nm 사이; 약 450nm와 490nm 사이; 약 460nm와 490nm 사이; 약 420nm와 480nm 사이; 약 430nm와 480nm 사이; 약 440nm와 480nm 사이; 약 450nm와 480nm 사이; 약 460nm와 480nm 사이; 약 420nm와 470nm 사이; 약 430nm와 470nm 사이; 약 440nm와 470nm 사이; 약 450nm와 470nm 사이; 약 420nm와 460nm 사이; 및 약 440nm와 460nm 사이의 범위들 중 임의의 하나를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 필터링된 투과 범위는 460-480nm일 수 있다. 일부 실시예들에서, 필터링된 투과 범위는 430-490nm일 수 있다. 다른 실시예들에서, 필터링된 투과 범위는 원하는 조명 조건에 기초한 다른 범위들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 노치 필터(120)는 흡수 노치의 양측 상에서의 날카로운 전이(transition) 및 노치 내측의 높은 광학적 밀도를 생성할 수 있다. 노치 필터(120)의 정확도는 LED 조명 시스템(100)이 실질적으로 부정적인 영향을 갖는 조명의 작은 대역을 차단하는 동시에 실질적으로 현재의 조명 시스템과 유사한 조명을 생산하는 것을 가능하게 한다.

- [0065] 자신의 설계 및 전원에 의존하여, 서로 다른 LED들이 서로 다른 파장에서 다양한 광 세기 레벨을 제공할 수 있다. 종래의 LED들은 440nm 및 470nm의 대략적인 범위 내의 LED에서 광 세기를 증가시키는 펌프를 포함한다. 테스트는 종래의 LED에서 약 440nm에서의 세기 스파이크(intensity spike)가 멜라토닌을 크게 억제시킨다는 것을 나타내었다. 테스트는 또한 노치 필터가 일주기성 혼란의 원인이 되는 특정 대역을 감쇠시키도록 활용될 때, 종래의 LED가 필터링되지 않은 조명과 유사한 백색광을 제공하지 않을 수 있다는 것을 나타내었다. 일부 환경 하에서, 노치 필터를 구비한 종래의 LED는 일부 적용에서 효율적인 작업 환경에 적합하지 않을 수 있는 노란 색조를 제공할 것이다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템은 440nm 및 470nm의 대략적인 범위 내에 있는 종래의 스파이크에 상반되게 400-420nm의 대략적인 범위 내에 있는 광 세기를 증가시키는 펌프를 포함하는 LED들(114)을 포함한다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템은 대략 440nm 및 470nm 사이의 대략적인 파장 범위 내의 종래의 스파이크에 상반되게 380 과 430nm의 대략적인 범위 내에 있는 광 세기를 증가시키는 펌프를 포함하는 LED들(114)을 포함한다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템은 대략 415nm에 있는 광 세기를 증가시키는 펌프를 포함하는 LED들(114)을 포함한다. 테스트는 노치 필터가 일주기성 혼란의 원인이 되는 특정 대역을 감쇠시키도록 활용될 때, 415nm 펌프를 갖는 LED들이 예상치 않게 필터링되지 않은 조명과 실질적으로 유사한 조명을 생산한다는 것을 나타내었다. 이러한 향상된 필터링된 조명이 야간 근무자의 병리학적 일주기성 혼란의 실질적인 감소를 제공할 수 있는 동시에 이들을 작업공간 내에서 기민하고, 생산성 있으며 안전하게 유지시키기 위한 품질 좋은 광원을 제공할 수 있다. 향상된 필터 조명은 각성도(alertness) 향상, 경계(vigilance) 향상, 인식 수행의 향상, 사고 및 부상의 감소를 제공할 수 있다.
- [0066] LED는 전류를 한 방향으로만 통과시키는 특별한 타입의 다이오드이다. LED는 다이오드를 통과하는 전류에 의해 소멸되는 에너지를 광으로 변환시킨다. 방출된 광의 색상은 디바이스의 활성 영역 내에서 사용되는 반도체 재료의 유형에 의해, 그리고 활성 영역 내의 개별적인 층들의 두께에 의해 결정된다. 일부 실시예들에서, LED들은 백색광을 생성하기 위해 갈륨 질화물("GaN")을 사용한다. (볼트로 측정된) 순방향 전압 강하 및 (암페어 또는 밀리암페어로 특정된) 다이오드를 통한 전류기 다이오드의 와트수(wattage)를 측정한다. 일부 실시예들에서, 이것은 LED가 변동하거나 연소하는 것을 방지하기 위해서 안정적인 전압 및 전류를 유지하는 LED와 주전력 사이의 드라이브, 전자 회로에 의해 조절된다.
- [0067] 일 실시예에서, 높은 세기의 백색광이 세 개의 삼원색인 적색, 녹색 및 청색("RGB")를 방출한 다음 백색광을 형성하기 위해 모든 색상들을 혼합하는 개별적인 LED들을 이용하여 생산된다. 다른 실시예들에서, 높은 세기의 백색광이 전형적으로 청색인 단색 GaN 방출 광을 광범위 스펙트럼 백색광으로 변환하기 위해 인광 재료를 이용하여 GaN LED를 코팅함으로써 생산된다. 일부 실시예들에서, GaN 인광 백색광은 종종 형광 소스와 동등한 RGB 백색광보다 훨씬 더 나은 색상 렌더링을 제공한다. GaN 인광 백색광은 또한 RGB 백색광보다 훨씬 더 효율적일 수 있다.
- [0068] 일부 실시예들에서, GaN LED는 갈륨 질화물을 알루미늄 및/또는 인듐과 합금함으로써 UV-A(380nm) 내지 녹색(550nm)의 범위 내의 임의의 색상을 방출하도록 설계될 수 있다. 일부 실시예들에서, "백색" LED는 광 파장을 백색광을 제공하는데 필요한 광범위한 색상 스펙트럼 내에 분포시키는 노르스름한 인광 코팅에 의해 커버되는 440nm-470nm 범위 내의 청색 광을 방출하는 GaN LED를 사용한다. 일부 실시예들에서, GaN LED를 제조하는 방법은 예를 들어 사파이어 또는 실리콘 탄화물을 포함할 수 있는 기판 재료 상에 성장된 GaN의 결정 층들을 포함한다. GaN과 기판 재료 사이의 재료 성질들의 차이로 인해, GaN 결정이 기판 상에서 불완전하게 성장할 수 있으며 LED의 광 생성 효율을 감소시키는 높은 발생률의 불완전성을 생성할 수 있다. 이러한 효율성의 손실은 LED가 증가하는 전류를 이용하여 구동될 때 "드롭(drop)"으로 지칭될 수 있다. LED에 의한 높은 효율성을 갖는 높은 세기 광 생성을 위한 종래의 접근법은 440-470nm 범위 내의 청색 광의 스파이크를 방출하는 GaN 기반 LED에 초점을 맞추는 경향이 있다.
- [0069] 일부 실시예들에서, 이러한 흔히 입수가능한 LED의 광 스펙트럼은 멜라닌 망막 신경절 세포 수용체 및 일주기성 타이밍 시스템과 송과체(pineal)를 제어하는 비시각적 경로의 최대 자극을 발생시키는 시각적 스펙트럼 범위 내에 있다. 야간 시간 동안에 이러한 LED 기반 조명기가 자신이 수반하는 신경내분비 및 건강에 지장을 주는 영향을 이용하여 멜라토닌의 억제를 발생시킬 수 있다.
- [0070] 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템은 이러한 파장들의 조합(400-420nm과 500-750nm)이 야간에 멜라닌 시스템을 트리거하지 않기 때문에 400과 420nm 사이의 자색 파장 내의 높은 세기 광 스파이크를 방출하는 광원 및 425와 490nm 사이(또는 예를 들어 430-480nm 등과 같이 반복하여 결정될 변형예)의 광 파장을 제외하는 광학 필터를 포함할 수 있다.

- [0071] 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템이 425-490nm 청색 파장 내의 광을 제외하는 필터에 의한 노란색 왜곡 생성을 보상하기 위해 400-420nm 범위 내의 높은 세기 광 스파이크를 방출하는 광원을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템은 430-490nm 청색 파장 내의 광을 제외하는 필터에 의한 노란색 왜곡 생성을 보상하기 위해 380-430nm 자색 범위 내의 높은 세기 광 스파이크를 방출하는 광원을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 광원은 가장 효율적인 동시에 가장 저비용 솔루션인 LED-기반일 수 있지만, 유사한 높은 세기 광 스파이크를 제공하는 다른 광원들이 활용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 광원은 GaN LED를 포함할 수 있다.
- [0072] 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템은 400-420nm 범위 내의 광 세기 스파이크를 갖는 LED를 포함할 수 있고 405nm에서의 광을 방출하는 LED 칩을 인광 코팅과 결합할 수 있다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템은 높은 세기 광 출력을 획득하기 위해 드롭을 감소시키고 매우 높은 전류 밀도를 허용하는 감소된 결합 밀도를 제공할 수 있는 종래의 LED 칩에 대해 사용되는 사파이어 기판에 비교하여 훨씬 더 비싼 GaN 기판 상에서 칩을 성장 시킴으로써 400-420nm 범위 내의 광 세기 스파이크를 갖는 높은 효율성 GaN LED를 갖는 LED들을 포함할 수 있다. GaN 기판 상에 GaN 결정들을 성장시킴으로써, 결정들이 더욱 완벽하게 성장할 수 있으며, 따라서 훨씬 더 높은 전력 밀도를 수용하고 LED가 동일한 결정 영역으로부터 더 많은 광을 방출하는 것을 가능하게 한다.
- [0073] 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템(100)은 야간 구성과 주간 구성 사이에서 전환하기 위한 수단을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템(100)은 도 1a 및 도 1b에 도시된 바와 같은 노치 필터(120)를 포함하는 복수의 LED 조명들(110) 및 도 2에 도시된 바와 같이 필터를 포함하지 않는 복수의 LED 조명들(110)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템(100)은 야간 동안에 노치 필터(120)를 가진 복수의 LED 조명들(110)로부터 주간 동안에 노치 필터가 없는 복수의 LED 조명들(110)로 전환할 수 있다. 다른 실시예에서, LED 조명 시스템(100)은 현존하는 조명 시스템과 함께 설치될 수 있으며, 이는 시스템이 주간 동안에 현존하는 필터링되지 않은 광원으로부터 야간 동안에 필터링된 LED 조명 시스템(100)으로 전환하는 것을 가능하게 한다. LED 조명 시스템(100)이 필터링된 광과 필터링되지 않은 광 사이에서 앞뒤로 전환하는 능력은 낮시간대 동안에는 풀 스펙트럼 광을 제공할 수 있고 밤시간대 동안에는 필터링된 건강한 광을 제공할 수 있기 때문에 주간 근무자와 야간 근무자를 공유하는 시설에 있어서 이상적이다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템(100)은 조명의 일주기성 타이밍의 지능적이고 개인화된 동적 제어를 제공하기 위해 소프트웨어 및 제어 시스템 능력을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템(100)은 필터링된 광과 필터링되지 않은 광 사이를 전환하기 위한 간단한 타이머를 포함할 수 있다.
- [0074] 다른 실시예에서, LED 조명 시스템은 선택적으로 노치 필터(120)를 복수의 LED 조명들(110)에 적용시키는 수단을 포함할 수 있으며, 그에 따라 복수의 LED 조명들(110)이 밤 동안에는 오직 노치 필터(120)만을 거친다. 일부 실시예들에서, 노치 필터(120)의 선택적인 적용은 LED 조명들(110)에 의해 생산되는 광선 안팎으로 노치 필터(120)를 이동시키는 수단을 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 노치 필터(120)의 선택적인 적용은 노치 필터(120)의 필터 속성들을 활성화 또는 비활성화하는 수단을 포함할 수 있으며, 그에 따라 비활성화된 상태에서는 노치 필터(120)가 광의 풀 스펙트럼이 노치 필터(120)를 통과하는 것을 허용하지만 활성화된 상태에서는 노치 필터(120)가 광의 규정된 필터링 범위의 적어도 대부분이 노치 필터(120)를 통과하는 것을 방지한다. 일 실시예에서, 활성화된 상태에서 노치 필터(120)가 규정된 필터링 범위 내의 광의 1%보다 적은 광이 노치 필터(120)를 통과하게 할 수 있다.
- [0075] 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템(100)이 복수의 LED 조명들(110)을 포함하는 천장 패널을 포함한다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템(100)은 표준 조명 기구 또는 산업 및 상업적 작업공간 내의 종래의 패널 조명을 위한 현존하는 리셉터클(receptacle)로의 설치를 위해 구성되었으며, 이것은 현존하는 작업공간을 변환하고 LED 조명 시스템(100)을 설치하는 것과 관련된 비용을 최소화한다. 도 4는 설치된 복수의 천장 패널들(410)을 구비한 작업공간(400)의 일 예를 도시한다. 일부 실시예들에서, 천장 패널(410)은 대략 길이 24"×폭 24"일 수 있다. 일부 실시예들에서, 천장 패널(410)은 대략 길이 48"×폭 24"일 수 있다. 일부 실시예들에서, 천장 패널(410)은 길이 48"×폭 12"일 수 있다. 일부 실시예들에서, 다른 크기의 천장 패널(410)이 가능하다. 일부 실시예들에서, 천장 패널(410)은 4 내지 24개의 LED 조명들(110)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 천장 패널(410)은 12개의 LED 조명들(110)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템(100)의 동작 전압이 대략 50/60 Hertz에서 대략 90 내지 277 VAC일 수 있다. 일부 실시예들에서, 천장 패널(410)은 스틸 또는 알루미늄으로 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, LED 조명들(110)은 예를 들어 캘리포니아주 프리몬트에 소재한 Soraa, Inc.로부터 상업적으로 입수가 가능한 것과 같은 MR16 전구를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, LED 조명들(110)은 LED 칩 어레이를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, LED 조명들(110)은 예를 들어 캘리포니아주 프리몬트에 소재한 Soraa, Inc.로부터 상업적으로 입수가 가능한 것과 같은 GaN 칩 상에 GaN를 포함하는

LED 칩 어레이를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템은 게이트웨이(450) 또는 컨트롤러를 포함할 수 있다.

[0076] 도 5a는 필터 플레이트의 일 실시예의 저면도를 도시한다. 도 5b는 이동가능한 필터들을 갖는 LED 칩 어레이들의 일 실시예의 저면도를 도시한다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템(100)은 LED 조명 시스템(100)에 의해 생성된 광을 선택적으로 필터링할 수 있는 필터 플레이트(500)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 필터 플레이트(500)는 적어도 하나의 필터링되는 부분(502) 및 적어도 하나의 필터링되지 않는 부분(504)을 포함한다. 일부 실시예들에서, 필터링되는 부분(502)은 예를 들어 본 명세서에 기술된 임의의 필터를 포함할 수 있는 필터를 포함하는 복수의 개구(aperture)들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 필터링되지 않는 부분(504)은 필터를 포함하지 않는 복수의 개구들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 필터 플레이트(500)는 복수의 필터링되는 부분들(502) 및 필터링되지 않는 부분들(504)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 필터링되는 부분들(502) 및 필터링되지 않는 부분들(504)은, 플레이트의 이동이 본 명세서에 기술된 LED 조명들 중 하나에 의해 생성된 광을 포함할 수 있는 광이 통과하는 플레이트의 부분을 변화시키도록 필터 플레이트(500) 상에 배향된다. 광은 필터 플레이트(500)의 필터링되는 부분들(502) 또는 필터 플레이트(500)의 필터링되지 않는 부분들(504)을 통과할 수 있다. 일부 실시예들에서, 필터 플레이트(500)는 낮 동안에는 필터링되지 않는 부분들(504)을 통해 다이렉팅되고 밤 동안에는 필터링되는 부분들(502)을 통해 다이렉팅될 수 있게 슬라이딩하도록 구성된다.

[0077] 도 6a는 필터링되지 않는 위치 내에 MR16 LED들을 포함하는 LED 조명 시스템의 일 실시예의 측면도를 도시한다. 도 6b는 필터링되는 위치 내에 MR16 LED들을 포함하는 LED 조명 시스템의 일 실시예의 측면도를 도시한다. 도 6c는 필터링되지 않는 위치 내에 LED 어레이들을 포함하는 LED 조명 시스템의 일 실시예의 측면도를 도시한다. 도 6d는 필터링되는 위치 내에 LED 어레이들을 포함하는 LED 조명 시스템의 일 실시예의 측면도를 도시한다. 일부 실시예들에서, 필터들이 전술된 바와 같이 필터 플레이트(500) 내에 하우징될 수 있다. 일부 실시예들에서, 필터들이 개별적으로 또는 행들로 나란히 이동할 수 있다. 일부 실시예들에서, 도 6a 및 6c에 도시된 바와 같이, LED 조명 시스템은 필터들이 광의 경로 내에 있지 않고 어떠한 광도 감쇠시키지 않는 낮시간 구성에 있을 수 있다. 일부 실시예들에서, 도 6b 및 6d에 도시된 바와 같이, LED 조명 시스템은 필터들이 광의 경로 내에 있고 자신을 통과하는 광의 적어도 일부분을 감쇠시키는 밤시간 구성에 있을 수 있다. 일부 실시예들에서, 밤시간 구성에서 LED 조명 시스템은 필터링되지 않은 광의 상당한 부분이 작업공간(400)으로 통과하는 것을 허용하지 않을 것이다. 일부 실시예들에서, 필터링되는 부분들(502) 및 필터링되지 않는 부분들(504)을 포함하는 필터 플레이트가 LED 조명 시스템에 의해 생성된 광에 대해 실질적으로 직교하는 방향에서 좌우로 이동할 수 있다. 다른 실시예에서, 필터링되는 밤시간 구성과 필터링되지 않는 낮시간 구성 사이에서 필터들이 회전할 수 있다. 일부 실시예들에서, 필터 플레이트 또는 필터들의 이동이 서보(servo)에 의해 제어된다. 당업자는 MR16 LED들 또는 LED 어레이들 외의 광원들이 이동가능한 필터 또는 필터 플레이트와 함께 사용될 수 있다는 것을 인식할 것이다.

[0078] 도 7a는 MR16 LED들 및 제어 시스템을 포함하는 LED 조명 시스템을 도시한다. 도 7b는 LED 칩 어레이들 및 제어 시스템을 포함하는 LED 조명 시스템을 도시한다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템이 제어 시스템을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템은 단자 블록, 전원, 입력 회로, 마이크로컨트롤러, 주변 온도 센서, 서보 드라이브, 서보 및 액추에이터 제한 스위치를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 하루의 시간을 포함할 수 있는 임의의 입력 숫자에 기초하여, LED 조명 시스템이 필터링되지 않는 낮시간 구성에 있는지 또는 필터링되는 밤시간 구성에 있는지 여부를 제어 시스템이 제어할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제어 시스템은 LED 조명 시스템을 필터링되지 않는 낮시간 구성 또는 필터링되는 밤시간 구성으로부터 변경시키기 위해 서보를 활성화할 수 있다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템은 LED 조명 시스템이 필터링되는 상태 또는 필터링되지 않는 상태에 있기 위한 적절한 배향에 도달하였을 때를 제어 시스템이 인지하도록 액추에이터 제한 스위치를 포함할 수 있으며, LED 조명 시스템이 적절한 구성에 있음을 보장하기 위해 이러한 데이터를 사용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 전기 액추에이터는 필터 위치결정을 위해 사용될 수 있다.

[0079] 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템은 전력선 통신을 통해 도 4에 도시된 바와 같은 실내 게이트웨이(450)로부터 원격 제어될 수 있다. 일부 실시예들에서, LED 조명 시스템의 제어는 X-10 또는 Insteon 표준을 사용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제어 시스템은 필터링되거나 필터링되지 않는 LED 조명 시스템의 구성뿐만 아니라 LED 조명 시스템의 밝기도 제어할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제어 시스템은 LED 조명 시스템 내의 모든 LED 조명들이 실질적으로 일치하여 실질적으로 동일한 시퀀스로 조정되는 것을 보장할 수 있다.

- [0080] 테스트 및 입증
- [0081] 전술된 바와 같이, 테스트는 종래의 LED에서 약 440nm에서의 세기 스파이크가 멜라토닌을 크게 억제한다는 것을 나타내었다. 테스트는 또한 노치 필터가 일주기성 혼란의 원인이 되는 특정 대역을 감쇠시키도록 활용될 때, 종래의 LED가 필터링되지 않은 조명과 유사한 백색광을 제공하지 않을 수 있다는 것을 나타내었다. 440nm 펌프를 포함하는 것과 415nm 펌프를 포함하는 두 타입의 LED 조명들이 테스트에서 활용되었다.
- [0082] 도 8은 필터링된, 그리고 필터링되지 않은 대략 440nm 펌프 LED에 의해 생성된 시각적 스펙트럼에 걸친 광 세기를 도시한다. 필터링된 스펙트럼은 455-490nm 사이의 필터링된 범위를 포함한다. 테스트는 440nm 펌프 LED와 조합된 455-490nm 노치 필터가 원하는 레벨까지 멜라토닌을 복구시키는데에 효율적이지 않음을 나타내었다. 추가로 테스트는 440nm 펌프 LED 상의 500nm보다 낮은 컷오프 필터가 원하는 레벨까지 멜라토닌을 복구시키는데에 효율적이지만, 결과적으로 필터링된 광이 일부 적용에 있어서 원하는 백색광에 대해 노란 색조를 제공하기 때문에 허용가능하지 않음을 나타내었다. 일부 다른 적용들에서, 컷오프 필터 및/또는 노란 색조를 갖는 광이 원한다면 필터링된 광의 허용가능한 환경을 제공할 수 있다.
- [0083] 도 9는 대략 415nm 펌프 LED의 몇몇 색온도 다양성에 의해 생산된 스펙트럼에 따른 상대적인 광 세기를 도시한다. 도 10은 430-500nm 노치 필터를 포함하는 다양한 대략 415nm 펌프 LED에 의해 생산된 스펙트럼에 따른 상대적인 광 세기를 도시한다. 테스트는 415nm 펌프 LED와 조합된 430-500nm 노치 필터가 원하는 레벨까지 멜라토닌을 복구시킬 뿐 아니라 원하는 백색광을 생성하는데에 효율적임을 나타내었다.
- [0084] 테스트 프로세스를 위해 몇몇 맞춤 필터들이 제작되었다. 도 11a는 440nm 펌프를 갖는 LED 상의 455-490nm 노치 필터에 대한 광 투과 백분율을 나타낸다. 도 11b는 440nm 펌프를 갖는 LED 상의 서브 500nm 컷오프 필터에 대한 광 투과 백분율을 나타낸다. 도 11c는 415nm 펌프를 갖는 LED 상의 430-500nm 노치 필터에 대한 광 투과 백분율을 나타낸다. 도 11a-11c 내의 그늘진 영역은 1%보다 낮은 투과율이 설계된 파장 범위를 나타내며, 모든 세 개의 필터들이 설계된 1%보다 낮은 투과율 요구사항을 만족하였다.
- [0085] 몇몇 원형(prototype) LED 조명 시스템들이 전술된 맞춤 필터들을 활용하는 테스트 프로세스를 위해 생산되었다. 도 12a는 455-490nm 노치 필터와 맞춰진 대략 440nm 펌프 LED에 대한 분광계 측정값을 나타낸다. 도 12b는 서브 500nm 컷오프 필터와 맞춰진 대략 440nm 펌프 LED에 대한 분광계 측정값을 나타낸다. 도 12c는 필터가 없는 대략 415nm 펌프 LED에 대한 분광계 측정값을 나타낸다. 도 12d는 430-500nm 노치 필터를 갖는 대략 415nm 펌프 LED에 대한 분광계 측정값을 나타낸다.
- [0086] 12명의 건강한 개인들이 밤사이의 연구에 참여하였다. 그룹은 5명의 여성과 7명의 남성으로 구성되었다. 연령은 22-34세 범위이며 평균 연령은 26.5세이다. 배제 기준에는 교대근무, 수면 장애, 안구/시력 장애, 색맹, 우울증 자가진단표(CES-D) 상의 16보다 큰 스코어, 우울증 기미, 약물 치료, 흡연, 23:00시와 07:00시부터 각각 2시간만큼 벗어나는 취침시간과 기상시간을 갖는 불규칙한 습관적 수면 양상이 포함되었다. 모든 여성 참가자들은 멜라토닌 분비에 영향을 미칠 수 있는 호르몬 가변성을 방지하도록 경구 피임약을 복용하였다. 심사과정의 일부로서, 피험자들은 멜라토닌 분석을 위해 어둡한/어두운 방 안에 있는 동안 그들의 야간 수면 중간에 집에서 수집한 타액 샘플을 제공하였다. 이러한 샘플링 시간은 멜라토닌이 전형적으로 피크인 시간과 일치하며, 중간/높은 멜라토닌 레벨을 가진 참가자들만이 야간 연구에 참여하였다(서로 다른 조명 조건 사이에서의 멜라토닌 생산에 있어서 많은 차이가 예상되지 않기 때문에 낮은 멜라토닌 분비자는 자격이 주어지지 않았다). 테스트를 하는 밤에 앞서, 피험자들은 수행 테스트를 실습하기 위해 트레이닝 세션에 참여하였다. 이들은 23:00 및 07:00로부터 각각 1시간보다 더 많이 벗어나지 않는 취침시간과 기상시간을 가지고 각각의 테스트하는 밤에 앞선 한 주 동안 그들의 규칙적인 수면 스케줄을 유지할 것을 요구받았다(수면 일기와 행동 모니터 기록에 의해 입증됨).
- [0087] 이 연구 설계는 수정된 광 필터 테스트를 이용한 추가된 파일럿 연구를 위해 참여자 그룹의 하위세트들과의 직접적인 개별 비교를 가능하게 하는 피험자-내 설계이다. 모든 12명의 피험자는 필터 없는 440nm 펌프 LED들로부터의 광뿐만 아니라 455-490nm 노치 필터를 갖는 440nm 펌프 LED들로부터의 광의 테스트를 완료하였다. 4명의 피험자 그룹이 서브 500nm 컷오프 필터를 갖는 440nm 펌프 LED들로부터의 광 및 430-500nm 노치 필터를 갖는 415nm 펌프 LED들로부터의 광을 이용한 추가적인 파일럿 테스트에 참여하였다.
- [0088] 야간 프로토콜은 20:00에서 08:00까지 매시간의 타액 샘플을 포함한다. 타액의 이중 샘플들이 멜라토닌 분석되었다. 매 2시간마다 아래의 테스트가 수행되었다: 시각적 아날로그 스케일을 이용한 무드에 대한 뉴로사이코메트릭(neuropsychometric) 주관식 테스트, 스탠포드 자가주간 졸림표(Stanford Sleepiness Scale)를 이용한 졸

럼, 샘-페렐리 스케일(Samn-Perelli Scale)을 이용한 피로, 토론토 병원 각성도 테스트를 이용한 각성도 및 2분 인지 수행 테스트. 매 4시간마다 숫자 경계 검사(Digit Vigilance Test)를 이용하여 객관적으로 측정된다. 피험자들은 한밤중에 그리고 각각의 테스트하는 밤에 조명 평가 설문지를 완료하였다. 피험자들은 네 명의 그룹들로 연구되었으며, 테스트 세션들 사이에 보드게임을 하였다. 수면은 허용되지 않았다. 타액 샘플링 후 매 4시간마다 같은 칼로리의 스낵이 제공되었으며, 피험자들은 섭취 후에 입을 행구었다. 타액 샘플링 전 25분간은 어떠한 음식 또는 물도 허용되지 않았다.

[0089] 서로 다른 조명 조건들이 천장 조명의 형태로 제공되었다. 응시 각도에서의 조명 세기는 약 300-400 럭스이다. 18:15에 실험실에 도착한 후에, 피험자들은 대략 20:00에 첫 번째 테스트 세션을 완료할 때까지 표준 사무실 형광 천장 조명에 노출되었다.

[0090] 도 13 내지 15는 다양한 LED 및 필터 조합을 거쳤을 때 시간에 따른 피험자들에서의 평균 멜라토닌 레벨을 도시한다. 도 13a는 대략 440nm 펌프 LED들에 의해 생산된 455-490nm의 필터링된 광 및 필터링되지 않은 광에 노출된 12명의 피험자들에 대한 멜라토닌 레벨들을 도시한다. A 라인은 필터가 없는 440nm 펌프 LED들로부터의 광에 노출되었을 때 피험자들의 야간 평균 멜라토닌 레벨들을 나타낸다. B 라인은 455-490nm 노치 필터를 구비한 440nm 펌프 LED들로부터의 광에 노출되었을 때 피험자들의 야간 평균 멜라토닌 레벨들을 나타낸다. 통계적으로 두 조명 조건들 간의 뚜렷한 차이가 이른 아침 시간대에 발견되지만, 멜라토닌 차이의 크기는 비교적 작다. 밤에 필터링되지 않은 광에 노출되었을 때 전형적으로 낮은 멜라토닌 레벨이 예상되며, 이것은 대다수의 피험자들에서 볼 수 있었다. LED 조명의 특별한 분광 조성에 대한 피험자들의 개별-특정적인 서로 다른 반응들로 인한 것일 수 있는 필터링되지 않은 조명 상태에서 증가된 기준치 멜라토닌 레벨을 갖는 피험자들 및 요구된 타액 부피를 획득하는데에 필요한 매우 긴 샘플링 시간으로 인해 극도로 높은 멜라토닌 기준치 레벨로 이어지는 낮은 타액 생성 기능을 갖는 피험자는 도 13b에 의해 도시된 후속하는 멜라토닌 분석으로부터 제외되었다. 도 13b는 대략 440nm 펌프 LED들에 의해 생성된 455-490nm의 필터링된 광 및 필터링되지 않은 광에 노출된 9명의 피험자에 대한 멜라토닌 레벨을 도시한다. 도 13b는 전술된 바와 같이 도 13a의 이상치(outlier)를 제외한다. 도 13a에서와 같이, A 라인은 필터가 없는 440nm 펌프 LED들로부터의 광에 노출되었을 때 피험자들의 야간 평균 멜라토닌 레벨들을 나타낸다. B 라인은 455-490nm 노치 필터를 구비한 440nm 펌프 LED들로부터의 광에 노출되었을 때 피험자들의 야간 평균 멜라토닌 레벨들을 나타낸다.

[0091] 나머지 피험자들 중 4명이 서브 500nm 컷오프 필터를 갖는 추가적인 440nm LED 조명원이 포함된 도 14에 도시된 바와 같은 추가적인 파일럿 테스트에 참여하였으며, 이들 중 세 명이 430-500nm 노치 필터를 갖는 415nm LED 조명이 포함된 도 15에 도시된 바와 같은 4번째 야간 연구에 참여할 수 있었다. 도 14는 대략 440nm 펌프 LED에 의해 생산된 필터링된 광 및 필터링되지 않은 광에 노출된 4명의 피험자에 대한 멜라토닌 레벨을 도시한다. A 라인은 필터가 없는 440nm 펌프 LED들로부터의 광에 노출되었을 때 피험자들의 야간 평균 멜라토닌 레벨들을 나타낸다. B 라인은 455-490nm 노치 필터를 구비한 440nm 펌프 LED들로부터의 광에 노출되었을 때 피험자들의 야간 평균 멜라토닌 레벨들을 나타낸다. C 라인은 서브 500nm 컷오프 필터를 구비한 440nm 펌프 LED들로부터의 광에 노출되었을 때 피험자들의 야간 평균 멜라토닌 레벨들을 나타낸다.

[0092] 도 15는 대략 440nm 펌프 LED에 의해 생산된 필터링된 광 및 필터링되지 않은 광 및 대략 415nm 펌프 LED에 의해 생산된 필터링된 광에 노출된 4명의 피험자에 대한 멜라토닌 레벨을 도시한다. A 라인은 필터가 없는 440nm 펌프 LED들로부터의 광에 노출되었을 때 피험자들의 야간 평균 멜라토닌 레벨들을 나타낸다. B 라인은 455-490nm 노치 필터를 구비한 440nm 펌프 LED들로부터의 광에 노출되었을 때 피험자들의 야간 평균 멜라토닌 레벨들을 나타낸다. C 라인은 서브 500nm 컷오프 필터를 구비한 440nm 펌프 LED들로부터의 광에 노출되었을 때 피험자들의 야간 평균 멜라토닌 레벨들을 나타낸다. D 라인은 430-500nm 노치 필터를 구비한 415nm 펌프 LED들로부터의 광에 노출되었을 때 피험자들의 야간 평균 멜라토닌 레벨들을 나타낸다. 이 데이터는 455-490nm 노치 필터를 구비한 440nm 펌프 LED들에 대한 멜라토닌 레벨(라인 B)이 필터링되지 않은 440nm 펌프 LED들에 대한 멜라토닌 레벨(라인 D)과 상당히 유사하다는 것을 나타내며, 제어 값은 종래의 작업공간 내의 광의 풀 스펙트럼을 표현한다. 이것은 광의 제어 풀 스펙트럼을 나타낸다. 이는 455-490nm 노치 필터와 함께 대략 440nm에서 증가된 세기를 갖는 종래의 LED가 밤시간 노출 동안 피험자들의 적절한 멜라토닌 레벨을 유지하는데에 효율적이지 않다는 것을 보여준다. 다른 한편으로, 서브 500nm 컷오프 필터를 구비한 440nm 펌프 LED들을 나타내는 라인 C 및 430-500nm 노치 필터를 구비한 415nm 펌프 LED들을 나타내는 라인 D는 밤시간 노출 동안 원하는 멜라토닌 레벨을 유지한다. 파일럿 테스트는 스펙트럼-특정적인 필터링된 LED 조명, 특히 430-500nm 노치 필터를 구비한 415nm 펌프 LED들에 의해 생산된 조명에 의해 야간 광-유도 멜라토닌 억제가 제한될 수 있음을 명확하게 나타낸다.

[0093] 테스트는 또한 선정에 대한 잠재적인 장벽을 식별하기 위해 각 광원의 주관적인 평가를 포함하였다. 피험자들

은 각 밤의 중간과 끝에 광 평가 설문을 완료하였다. 전반적인 조도(illumination), 방 안의 밝기 및 광 분포, 광 색상, 눈부심, 피험자가 세부사항을 명확하게 볼 수 있는 능력, 피험자가 명암 및 색상을 명확하게 인식하는 능력, 광의 쾌적함(pleasantness), 조명기구의 물리적 외형 및 조명을 볼 때 편안한 정도를 포함하는 시각적 아날로그 스케일이 평가에 사용되었다. 455-490nm 노치 필터를 구비한 440nm 펌프 LED들에 의해 생산된 필터링된 조명에 대한 피험자들의 평가의 평균은 필터링되지 않은 조명에 대한 피험자들의 평가와 매우 유사하다. 필터링된 광 대 필터링되지 않은 광의 전반적인 선호도는 개인마다 달랐으며 이러한 비교에 참여한 12명의 연구된 피험자들에서 일관적인 트렌드를 나타내지 않았다.

[0094] 서브 500nm 컷오프 필터를 구비한 440nm 펌프 LED 조명을 갖는 440nm 펌프 LED 조명에 의해 생산된 필터링된 조명의 평가는 예상된 바와 같이 상당히 달랐으며, 필터링되지 않은 조명 또는 좁은 노치 필터를 구비한 조명보다 전반적으로 덜 호의적인 것으로 판정되었다(예를 들어, 타협된 색 인식). 컷오프 필터를 이용하여 차단된 파장의 범위가 매우 넓기 때문에 이것은 놀라운 일이 아니다. 이러한 조명은 일부 작업공간 조명 환경에 있어서 실용적인 선택이 아닐 수 있으며, 테스트는 주로 광범위한 필터링을 갖는 광 조건 하에서의 멜라토닌 보존에 대한 기준을 확립하도록 수행되었다.

[0095] 도 12b에 도시된 바와 같이, 서브 500nm 컷오프 필터를 포함하는 440nm 펌프 LED는 다수의 작업 환경에서 바람직하지 않을 수 있는 비-백색광을 생성하는 광의 스펙트럼의 바닥을 컷오프한다. 다른 한편으로, 도 12d에 도시된 바와 같이, 430-500nm 노치 필터를 구비한 415nm 펌프 LED가 아래에서 나타내어지고 도 15 도시된 바와 같이 피험자들 내의 멜라토닌 원하는 멜라토닌 레벨을 유지하는 것에 더하여 작업 환경에 대한 적절한 백색광을 생성한다. 430-500nm 노치 필터를 구비한 415nm 펌프 LED 조명을 갖는 최종 광 조건은 컷오프 필터를 갖는 조명보다 더 나은 순위를 가졌다. 430-500nm 노치 필터를 구비한 415nm 펌프 LED 조명 조명의 쾌적함 및 편안함이 좁은 노치 필터를 구비한 조명 및 필터링되지 않은 조명에 유사하게 평가되었다. 430-500nm 노치 필터를 구비한 415nm 펌프 LED를 이용하여 테스트된 네 명의 피험자들 중 세 명은, 이러한 조명이 건강 및 복지에 대해 긍정적인 효과를 갖는다고 가정할 때, 종래의 작업공간 천장 조명보다는 이러한 타입의 조명을 선택할 것이라 언급하였다.

[0096] 테스트는 스펙트럼-특정 LED 조명 솔루션이 종래의 조명에 대한 야간 노출과 연관된 일주기성 혼란을 방지할 수 있다는 것을 확인하였다. 또한, 결과들은 필터링된 광원이 밤에 깨어있는 동안 사람의 정상적인 야간 멜라토닌 패턴을 보존하는 것과 관련하여 효율적일 수 있음을 나타내었다. 특히, 테스트는 430-500nm 노치 필터를 구비한 415nm 펌프 LED들에 의해 생산된 조명이 특히 야간 멜라토닌 패턴의 혼란에 대한 원인이 되는 스펙트럼 범위에 대한 노출을 최소화하고 작업 조건에 적합한 광을 제공하기 때문에 야간 교대를 위한 조명에 특히 적합하다는 것을 나타내었다. 또한 본 명세서에서 논의된 바와 같이, 더 좁거나 상이한 차단 파장의 범위가 원하는 멜라토닌 효과 및 특정 환경에 대한 원하는 조건을 유지하는 동시에 생성된 광의 스펙트럼을 추가로 개선할 수 있음이 예상된다.

[0097] 도 16은 본 개시내용의 일부 시스템 및 방법에 따른 Soraa MR16 광원에 대한 생리활성 대역 내의 필터링되지 않은 파장 및 필터링된 파장에 대해 바닥으로부터 대략 4 피트에서 측정된 방사 조도(irradiance)를 도시한다. 도 17은 아래에서 더욱 자세하게 논의될 본 개시내용의 일부 측면들에 따라 필터링을 갖는 생리활성 대역 및 필터링을 갖지 않는 생리활성 대역, 그리고 생리활성 대역 내에 있지 않은 가시광선의 파장 내의 총 방사 조도의 백분율을 도시한다.

[0098] 추가적인 예들 및 실시예들

[0099] 일부 바람직한 시스템 및 방법의 예시적인 특성 및 양태가 본 명세서에 추가로 기술되었다. 예를 들어, 개선된 조명 시스템 솔루션을 제공하기 위한 시스템 및 방법이 기술되었다. 효율적인 일주기-수정된 스펙트럼 분포 패턴을 제공하기 위한 시스템 및 방법 또한 개시되었다. 일부 실시예들에 따르면, 시스템들이 본 개시내용의 소정의 특성, 양태 및 장점에 따라 배치되고 구성되었다. 시스템은 일부 양태에서 본 명세서에 기술된 다른 시스템들과 유사하다. 시스템은 본 명세서에 추가로 기술된 일부 양태에서 고유하다. 시스템 및 방법이 하나 이상의 아래의 특성 및 그 조합을 포함할 수 있다.

[0100] 일부 바람직한 측면들에 따르면, 한 영역을 조명하기 위한 시스템 및 방법은 본 명세서에 기술된 하나 이상의 패턴과 같은 특정한 효율적인 일주기-수정된 스펙트럼 분포 패턴을 제공하는 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 높은 자색 스파이크(예를 들어, 약 400-430nm)를 가지고 생리활성 청색 광 (예를 들어, 약

430nm 내지 490nm 및/또는 본 명세서에 기술된 바와 같은 다른 대안)이 제거되거나 이것의 매우 낮은 레벨을 방출하고, 약 490nm 내지 700nm 가시광 파장의 정상 레벨을 방출하는 야간 스펙트럼 분포 패턴을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 시스템 및 방법이 생리활성 청색 광(예를 들어, 약 430-490nm)의 정상 또는 상승된 레벨을 갖는 전체 400nm-700nm 광 스펙트럼을 갖는 낮시간 스펙트럼 분포 패턴을 포함할 수 있다.

[0101] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "야간(nocturnal)" 및 "낮시간(daytime)" 및/또는 "낮/밤"은 광범위한 용어이고 본 명세서에서는 자신의 보통의 의미로 사용되었으며, 예를 들어 일반적으로 개인의 일주기성(생물학) 시계에 의해 결정되는(대략 24시간인) 일주기 하루의 서로 다른 특정한 일주기-단계(circadian-phase)를 지칭한다. 이러한 용어들이 반드시 일몰과 일출 사이, 또는 일출과 일몰 사이의 간격과 관련되는 것은 아니다. 일부 실시예들에 따라, 광 파장 스펙트럼 분포의 낮과 밤 명세가 스위치-온 및 스위치-오프 될 때, 야간과 낮시간 조건의 24시간의 정확한 시간 및(예를 들어, 갑작스러운 온-오프 또는 여명 및 황혼과 같이 점진적인) 조건들 사이에서 사용되는 전이 파형이 시스템의 사용자 또는 제조장 의해 선택 및/또는 제어될 수 있고/있거나, 사전결정되거나 시스템에 의해 자동으로 결정될 수 있다.

[0102] 일부 실시예들에서, 시스템은 특정한 일주기-수정된 광 파장 프로파일을 방출하는 조명기구를 포함한다. 일부 실시예들에서, 조명기구는 조명 장치이다. 일부 실시예들에서, 조명기구는 조명 전구이다. 이 시스템은 바람직하게는 조명기구에 의해 생성된 정의된 일주기성 낮/밤 시간의 파장 분포를 제공한다.

[0103] 일부 실시예들에서, 시스템은 기계적으로 이동하는 필터를 포함한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 시스템은 풀 비주얼 광 스펙트럼을 생성하는 단일 타입의 자색 LED + 인광 칩 어레이(예를 들어, GaN 칩 어레이 상의 Soraa GaN)를 사용한다. 야간 조건 동안에, 시스템은 밤 동안의 청색 광(약 430-490nm)을 제거하거나 크게 감소시키기 위해 칩 어레이에 대해 광학적 파장 필터들을 기계적으로 위치시키도록 구성된다. 야간 조건 후에, 시스템은 낮 동안의 생리활성 청색 광 파장을 포함하는 광범위한 스펙트럼 광의 방출을 가능하게 하도록 필터를 제공하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 자색 스파이크 LED가 특정 청색 파장이 밤에 필터링될 때에도 우수한 품질의 광을 획득하기 위해 바람직하다. 다양한 타입의 광학 필터들이 사용될 수 있다. 필터들은 정의된 양만큼 청색 광의 파장의 특정 범위 투과율을 바람직하게는 차단하거나 상당히 감소시킨다. 본 명세서에 기술된 하나 이상의 필터 범위가 원하는 바와 같이 사용될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 필터들은 이색성(dichroic)일 수 있다(예를 들어, "반사성" 또는 "박막"또는 "간섭" 필터). 일부 실시예들에서, 필터는 흡수성 필터일 수 있다. 일부 실시예들에 따르면, 칩 어레이가 필터링되지 않은 광과 필터링된 광 사이의 낮/밤 시간의 교대를 획득하기 위해 이동하는 부분일 수 있다. 일부 실시예들에 따르면, 광학 필터가 필터링되지 않은 광과 필터링된 광 사이의 낮/밤 시간의 교대를 획득하기 위해 이동하는 부분일 수 있다. 일부 실시예들에서, 칩 어레이와 광학 필터 모두가 필터링되지 않은 광과 필터링된 광 사이의 낮/밤 시간의 교대를 획득하기 위해 이동할 수 있다.

[0104] 일부 실시예들에서, 시스템은 필터링된 LED + 인광 칩들과 필터링되지 않은 LED + 인광 칩들 사이를 전환하도록 배치되고 구성된다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 시스템은 풀 스펙트럼 광을 방출하는 단일 타입의 자색 LED 인광-코팅된 칩 또는 칩 어레이(예를 들어, GaN 칩 어레이 상의 Soraa GaN)의 두 세트를 사용한다. 하나의 세트는 바람직하게는 고정된 광학 파장 필터가 장착되고 다른 세트는 바람직하게는 일부 실시예들에 따라 밤에 필터링되지 않은 칩 어레이를 스위치-오프 하고 필터링된 광 칩 어레이로부터의 광 방출만을 남겨둌으로써 원하는 낮/밤 패턴이 달성되도록 필터링되지 않는다. 예를 들어, 낮 동안에 필터링된 칩들 또는 칩 어레이들의 세트가 스위치-오프 될 수 있는 동시에, 필터링되지 않은 세트가 스위치-온 된다. 바람직하게는 사용된 LED + 인광이 광학 파장 필터가 장착된 세트 내의 색상 품질을 유지하도록 자색 파장(약 400-430nm) 내의 강한 방출 피크를 가진다.

[0105] 일부 실시예들에서, 시스템은 두 채널을 통해 광을 방출하는 LED 칩들과 배치 및 구성된다. 예를 들어, 하나의 채널은 바람직하게는 청색 광(예를 들어, 약 430-490nm)을 제거하거나 최소화하지만 다른 파장들(예를 들어 약 400-430nm 및 약 490-700nm)에 걸쳐 광을 방출하는 인광 또는 인광들의 세트로 코팅되며, 다른 채널은 바람직하게는 인광 코팅을 갖지 않거나 거의 갖지 않으며 청색 파장(예를 들어, 약 430-490nm)을 방출한다. 일부 실시예들에 따르면, 시스템이 종래의 청색-스파이크 LED 칩들을 사용하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 낮 동안에 두 채널들이 스위치-온 될 수 있다. 밤 동안에, 바람직하게는 인광(들)을 가진 채널만이 스위치-온 될 수 있다.

[0106] 일부 실시예들에서, 시스템은 다수의 인광들과 배치 및 구성된다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 시스템은 바람직하게는 단일 타입의 비-생리활성(예를 들어, 약 400-430nm) 범위 내의 방출을 갖는 자색 LED 칩의 두 세트

를 사용한다. 하나의 LED 칩 세트는 바람직하게는 자색 광을 흡수하고 풀 가시광 스펙트럼을 방출하는 인광으로 코팅된다. 다른 LED 칩 세트가 바람직하게는 정의된 청색 광 범위(예를 들어, 약 430-490nm, 약 425-480nm, 등) 내의 광을 방출하지 않지만 490-750nm 범위 내의 광을 방출하는 상이한 인광 또는 인광들의 조합으로 코팅된다. 일부 실시예들에 따르면, 낮/밤 패턴 조명이 인광 코팅된 LED들의 하나의 세트로부터 다른 세트 사이에서 스위칭함으로써 획득될 수 있다. 일부 실시예들에서, 대안적인 코팅 재료들이 종래의 희토류 인광이 아니지만 동일하거나 유사한 흡수 및 방출 특징들을 갖는 자색 LED 상에서 사용될 수 있다. 예를 들어, (예를 들어, 칩 상에 직접 배치된) 콜로이드 양자점(colloidal quantum dot), 또는 알킬 나노결정이 종래의 인광을 대체할 수 있다. 콜로이드 양자점 인광들은 나노결정 이미터(emitter)이고 희토류 원소들을 포함하지 않는다.

[0107] 일부 실시예들에서, 시스템은 RGB 타입 조명 솔루션을 가지고 배치되며 구성된다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 시스템은 풀 비주얼 광 스펙트럼(예를 들어, 자색, 청색, 녹색, 황색 및 적색)을 함께 구성하는 다수의 개별 파장 방출(단색 또는 거의 단색인) LED 칩들을 사용할 수 있고 밤 동안 청색 LED 칩을 스위치-오프 하고 낮 동안 이를 다시 스위치-온 한다. 일부 실시예들에서, 이러한 다수의 LED 기반 시스템이 3개만큼 적은 개별 LED들을 구비할 수 있거나 또는 가능한 한 많은 LED들을 구비할 수 있다. 예를 들어, 시스템은 일부 실시예들에서 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16개에 이르는, 또는 더 많은 색상 시스템들을 포함할 수 있다. 시스템들은 다수의 개별 색상 채널을 포함할 수 있다. 일부 바람직한 시스템에서, 청색 구역(예를 들어, 약 430-490nm)에서 방출하는 LED들이 조명 시스템의 야간 상태에서 스위치-오프 될 수 있다. 일부 실시예들에서, 패브리-페롯(Fabry-Perot) 간섭계가 단일 색상 LED 칩들 사이의 표적 청색 파장(예를 들어, 약 430-490nm) 내에서 광이 방출되지 않거나 거의 방출되지 않는 파장 구역을 생성하도록 생리활성 청색 구역(예를 들어, 약 430-490nm) 부근의 단일 색상 LED의 방출된 광 스펙트럼의 범위의 외부 에지에서의 방출을 감소시키도록 사용될 수 있다.

[0108] 광 스펙트럼의 낮/밤 제어를 위한 일부 시스템 및 방법에 따르면, OLED(유기 발광 다이오드) 기반 시스템이 LED들에 상반되게 원하는 파장 내의 광 방출 소스로서 사용될 수 있으며, 이때 OLED들의 하나의 세트는 풀 스펙트럼 광을 제공하고 OLED들의 다른 세트가 생리활성 청색 파장을 제외한 광을 방출한다. 예를 들어, OLED 시스템이 본 명세서에 개시된 실시예들 중 일부에서 LED를 대체할 수 있다. 일부 실시예들에서, OLED들 및 LED들의 조합이 사용될 수 있다.

[0109] 광 스펙트럼의 낮/밤 제어의 일부 시스템 및 방법에 따르면, 선명한 (예를 들어, "고휘도(sunlight readable)" 플라스마 또는 액정 컴퓨터 모니터 디스플레이 스크린 기반-시스템이 낮 동안에 풀-스펙트럼 광을 제공하고 밤 동안에는 생리활성 청색 파장을 제외한 광을 제공하도록 프로그램된 컴퓨터 스크린을 갖는 원하는 파장에서의 광 방출 소스로서 사용될 수 있다. 다른 모니터, 스크린, 및/또는 디스플레이 또한 낮 동안에 풀-스펙트럼 광을 제공하고 밤 동안에는 생리활성 청색 파장을 제외한 광을 제공하도록 프로그램된 모니터, 스크린, 및/또는 디스플레이를 갖는 원하는 파장에서의 광 방출 소스로서 채택 및/또는 구성될 수 있다. 일부 실시예들에 따르면, 본 명세서에 기술된 바람직한 모니터, 스크린, 및/또는 디스플레이를 구비한 디바이스가 개인 컴퓨팅 디바이스, 랩탑, 태블릿, 전화, 키오스크, 텔레비전을 포함하고, 일반적으로 정지 디바이스 및 이동 디바이스를 포함할 수 있다.

[0110] 일부 실시예들에서, 시스템은 착용가능한 필터를 포함한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 시스템은 풀 비주얼 광 스펙트럼을 생성하는 단일 타입의 자색 LED + 인광 칩 어레이(예를 들어, GaN 칩 어레이 상의 Soraa GaN)를 사용한다. 야간 조건 동안에, 시스템의 사용자에게는 예를 들어 안경, 고글, 쉴드(shield) 및/또는 다른 착용가능한 필터 구성과 같은 착용가능한 필터 시스템이 제공되며, 이것은 밤 동안 청색 광(약 430-490nm)을 제거하거나 크게 감소시키기도록 칩 어레이의 환경 내의 사용자에게 광학적 파장 필터를 위치시킴으로써 사용자를 개인적으로 쉴딩하도록 사용될 수 있다. 야간 조건 후에, 사용자는 낮 동안에 생리활성 청색 광 파장을 포함하는 광범위한 스펙트럼 광의 방출을 가능하게 하도록 필터를 제거할 수 있다. 일부 실시예들에서, 특정한 청색 파장이 밤에 필터링될 때 자색 스파이크 LED가 우수한 품질의 광을 획득하기 위해 바람직하다. 다양한 타입의 착용가능한 및/또는 개인적인 광학 필터들이 사용될 수 있다. 필터들은 정의된 양만큼 청색 광 파장의 특정 범위 투과율을 바람직하게는 차단하거나 충분히 감소시킨다. 하나 이상의 필터 특징 및/또는 본 명세서에 기술된 범위가 원하는 대로 사용될 수 있다.

[0111] 일부 실시예들에서, 시스템이 필터링된 밤시간 광원을 이용하는 야외 조명 애플리케이션에 대해 배치되고 구성된다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 시스템은 광원 및 필터를 사용한다. 시스템은 풀 스펙트럼 광을 방출하는 자색 LED 인광-코팅된 칩 또는 칩 어레이(예를 들어, GaN 칩 어레이 상의 Soraa GaN)를 구비할 수 있다. 본 명세서에 기술된 것과 다른 광원 및 배치 또한 사용될 수 있다. 광원에는 바람직하게는 일부 실시예들에 따라

고정된 광학적 파장 필터가 장착된다. 다른 실시예들에서, 투과된 광의 원하는 스펙트럼이 본 명세서에 기술된 방식들 중 임의의 방식으로 획득될 수 있다. 예를 들어, 낮 동안에 칩들 또는 칩 어레이들의 필터링된 세트가 전형적으로 스위치-오프 될 수 있다. 바람직하게는 사용된 광원이 청색 파장(예를 들어, 약 430-490nm) 내의 밤 방출을 제한하도록 광학적 파장 필터가 장착된 세트 내의 색상 품질을 유지하기 위해 자색 파장(약 400-430nm) 내의 방출의 강한 피크를 가진다. 일부 실시예들에 따르면, 본 명세서에 기술된 바와 같이 바람직한 필터링된 광원을 갖는 야외 조명 디바이스는 거리 조명, 스타디움 조명, 코트 조명, 자동차 헤드라이트, 마당 조명, 테라스 조명, 공원 조명, 놀이공원 조명, 주차장 및/또는 구조물 조명, 투광 조명(flood light), 건설 조명, 밤에 건축 구조물을 밝히기 위한 조명을 포함하는 악센트 조명 및 대개 밤시간 조명 사용에 적합한 다른 조명 시스템을 포함한다.

[0112] 광 스펙트럼의 낮/밤 제어를 위한 일부 시스템 및 방법에 따르면, 다른 타입의 파장 관리 디바이스가 사용될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 흡수재 시스템이 사용될 수 있다. 흡수재 시스템은 일부 실시예들에서 흡수가 광 입사각에 의존하지 않을 수 있다는 점에서 간섭 필터와 다를 수 있다. 흡수재는 (본 명세서에서 논의된 것과 유사한) 인광일 수 있거나 또는 단순히 열만을 생성하는 흡수재일 수 있다. 일부 실시예들에서, 파장 관리 디바이스는 금지 구역 내의 광을 흡수 또는 전달하도록 전기변색 재료 및/또는 구조물을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 파장 관리 디바이스는 광자 결정 필터 소자를 포함할 수 있다. 광자 결정은 바람직하게는 금지 구역 내의 광의 전파를 제한 및/또는 방지하도록 광학적 밴드갭으로 설계된다. 일부 실시예들에서, 광자 결정은 2D 광자 결정 소자이다. 일부 실시예들에서, 광자 결정은 3D 광자 결정 소자이다. 일부 실시예들에서, 파장 관리 디바이스는 금지 구역 내의 광을 흡수하도록 설계된 플라즈모닉(plasmonic) 구조물을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 파장 관리 디바이스가 임의의 적합한 및/또는 효율적인 파장 관리 디바이스들 및/또는 간섭 필터들의 조합을 포함할 수 있다.

[0113] 일부 시스템 및 방법에 따르면, 설계는 장치를 제조하도록 사용된 LED 패키지, 모듈, 1차 옵틱, 2차 및/또는 3차 옵틱에서 LED 반도체 요소 내의 및/또는 상의 파장 관리 디바이스의 사용을 포함할 수 있다. 일부 시스템 및 방법에 따르면, (예를 들어, OLED가 LED의 특정 타입으로서 포함되는) LED들 및/또는 LED 인광 조합으로부터의 방사에 의해 접촉되는 장치 내의 명목상 반사성 표면 상에서 직접 파장 관리 시스템(예를 들어, 흡수재, 플라즈모닉)을 사용하는 것을 포함할 수 있다. 일부 시스템 및 방법에 따르면, 설계는 조명 시스템 및/또는 조명 기기의 설계 및 동작에서 사용될 수 있는 (예를 들어, 평면, 곡선, 섬유 기반의) 도파관 구조물 상의 및/또는 내의 파장 관리 디바이스의 사용을 포함할 수 있다.

[0114] 일부 시스템 및 방법에 따르면, 광원의 스펙트럼 밀도를 동작으로 제어하기 위해 필요하기 때문에, 동적 스펙트럼 관리를 위한 특성들이 인광을 갖거나 갖지 않는 LED들의 다양한 그룹으로부터의 광 방출의 디지털 및/또는 아날로그 제어를 포함할 수 있다. 일부 시스템 및 방법에 따르면, 동적 스펙트럼 관리를 위한 특성들이 금지 구역 내의 광의 투과 또는 흡수를 관리하도록 사용될 수 있는 전자변색 흡수재의 디지털 및/또는 아날로그 제어를 포함할 수 있다. 일부 시스템 및 방법에 따르면, 동적 스펙트럼 관리를 위한 특성들은 흡수재들 및/또는 필터들의 조합이 금지 구역 내의 광을 동적으로 차단 및/또는 전달하도록 사용될 수 있는 기계적 구조물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 구조물(들)은 (예를 들어, 다양한 물리적 구성으로) 1차, 2차 및/또는 3차 광학적 시스템의 임의의 부분 또는 전체 부분 내에 있을 수 있다.

[0115] 일부 시스템 및 방법에 따르면, 본 개시내용의 일 양태는 작업공간, 주거공간 또는 공공 장소와 같이 인공 조명되는 환경의 입주자에게 소정의 세기 및 스펙트럼 파장 조성을 전달하도록 조명 시스템을 설계할 때, 조명 시스템 및/또는 조명기기뿐만 아니라 그러한 환경의 특징도 고려 및/또는 정의하는 것이 바람직하다고 인식한다.

[0116] 개인의 눈에 도달하는 광의 품질 및 세기는 광의 스펙트럼 조성뿐만 아니라, 색상, 반사율 및 질감을 포함하는 환경적 표면의 재료 속성들에도 의존할 수 있다. 일부 애플리케이션들에서, 광원 방출의 양적인 측정이 형광 염료 및 재료의 영향을 포함하는 환경 내의 표면들의 반사성 속성을 완전히 고려하지 않을 수 있다.

[0117] 사람의 시력, 인지 수행 및 건강을 최적화하기 위해 광원을 설계 및 설치할 때 고려될 수 있는 다수의 조건들이 존재한다. 광이 표면을 때릴 때, 이것은 반사되거나, 흡수되거나 또는 전달되고, 또는 둘 또는 세 효과들의 조합이 발생할 수 있다. 편평한 검정 페인트와 같이 어두운 색상들은 광을 거의 반사시키지 않고 거의 모든 입사 광선들을 흡수하지만, 흰색 페인트와 같이 밝은 표면은 입사광을 거의 반사시킨다. 광이 광을 전달하지 않는 불투명한 표면을 때릴 때, 광의 일부가 흡수되고 일부는 반사된다. 유사하게, 매끈한 표면이 다시 광을 반사시키지만, 표면이 거울과 같은 완벽한 전송기가 아닌 경우 광의 일부가 흡수될 것이고 열로 전환된다. 또한, 서로 다른 표면이 서로 다른 방식으로 광을 반사시킨다. 예를 들어, 카펫이 무광(matt) 또는 분산된 반사를 나타

내며 이때 반사된 광이 모든 방향에서 동일하게 산란함에 따라 어떠한 방향으로부터도 동일한 밝기를 나타낸다.

- [0118] 따라서, 일부 애플리케이션들에서, 이들의 속성이 광을 반사시킬 수 있고 공간 내의 조도를 증가 또는 감소시킬 수 있기 때문에, 환경의 주 표면의 반사율을 측정하고 평가하는 것이 바람직하다.
- [0119] 일부 시스템 및 방법에 따르면, 인공으로 조명되는 환경 시스템이 그 안에 위치될 한 명 이상의 사람을 위해 적응된다. 정의된 환경 공간이 제공된다. 인공 광원은 정의된 환경 공간 내에서 광을 전달하도록 적응된다. 인공 광원은 인공으로 조명되는 환경의 정의된 환경 공간 내에서 광을 전달하는 임의의 자연 광원 존재를 고려한 후에, 그리고 광학, 표면의 스펙트럼 반사율, 및/또는 형광을 내는 정의된 환경 공간 내의 재료들의 특성과 같이 인공으로 조명되는 환경의 정의된 환경 공간 내에 존재하는 임의의 환경적 구성요소의 특성을 고려한 후에, 인공 광원이 임의의 기여하는 자연 광원 및/또는 환경적 구성요소와 함께 정의된 환경 공간의 바닥 레벨 위 약 2피트와 약 7피트 사이에서 가시광 범위(약 400nm 내지 약 700nm)에 있는 약 50럭스와 약 2,000럭스 사이의 광을 전달하도록 구성되고, 선택된 생리활성 파장 대역 범위 내의 전달된 광이 임의의 방향에서 측정되었을 때 약 $1 \mu\text{Watts}/\text{cm}^2$ 의 평균 방사 조도를 초과하지 않는 일주기성 밤 모드를 포함하고, 선택된 생리활성 파장 대역 범위는 적어도 약 10nm에 걸치며, 선택된 생리활성 파장 대역 범위는 약 430nm와 약 500nm 사이의 일반적인 파장 대역 범위 내에 있다.
- [0120] CNight Mode 내의 선택된 생리활성 파장 대역 범위는: 약 430nm 내지 약 500nm, 약 430nm 내지 약 490nm, 약 430nm 내지 약 480nm, 약 430nm 내지 약 470nm, 약 430nm 내지 약 460nm, 약 435nm 내지 약 500nm, 약 435nm 내지 약 490nm, 약 435nm 내지 약 480nm, 약 435nm 내지 약 470nm, 약 435nm 내지 약 460nm, 약 440nm 내지 약 500nm, 약 440nm 내지 약 490nm, 약 440nm 내지 약 480nm, 약 440nm 내지 약 470nm, 약 440nm 내지 약 460nm, 약 450nm 내지 약 500nm, 약 450nm 내지 약 490nm, 약 450nm 내지 약 480nm, 약 450nm 내지 약 470nm, 약 450nm 내지 약 460nm, 약 460nm 내지 약 500nm, 약 460nm 내지 약 490nm, 약 460nm 내지 약 480nm 및 약 460nm 내지 약 470nm의 생리활성 파장 대역 범위들로 구성된 그룹으로부터 선택될 수 있다.
- [0121] CNight Mode 내의 선택된 생리활성 파장 대역 범위는, 바닥으로부터 대략 2피트와 7 피트 사이의 임의의 방향에서 측정되었을 때: 약 $0.7 \mu\text{Watts}/\text{cm}^2$, 약 $0.5 \mu\text{Watts}/\text{cm}^2$, 약 $0.2 \mu\text{Watts}/\text{cm}^2$ 및 약 $0.1 \mu\text{Watts}/\text{cm}^2$ 로 구성된 그룹으로부터 선택된 평균 방사 조도를 초과하지 않는다.
- [0122] CNight Mode 자색 광은 약 400nm과 약 440nm 사이, 약 400nm과 약 430nm 사이, 약 400nm과 약 425nm 사이 및 약 400nm과 약 415nm 사이로 구성된 그룹으로부터 선택된 파장 대역 내에 제공될 수 있고, 바닥으로부터 대략 2-7피트 사이의 임의의 방향에서 측정되었을 때: 약 $0.5 \mu\text{Watts}/\text{cm}^2$ 초과, 약 $1.0 \mu\text{Watts}/\text{cm}^2$ 초과, 약 $1.5 \mu\text{Watts}/\text{cm}^2$ 초과 및 약 $2.0 \mu\text{Watts}/\text{cm}^2$ 초과로 구성된 그룹으로부터 선택된 평균 방사 조도를 가진다.
- [0123] CNight Mode는, 바닥으로부터 대략 2-7피트 사이의 임의의 방향에서 측정되었을 때 정의된 환경 공간의 레벨 위 약 2피트와 약 7피트 사이에서 다른 가시광 파장들의 방사 조도와 유사한 레벨에 있는 선택된 생리활성 파장 대역 범위 내의 방사 조도를 갖는 약 50럭스와 약 2,000럭스 사이의 광을 전달하는 일주기성 낮 모드(CDay Mode; Circadian Day Mode)와 교대할 수 있다.
- [0124] 이 시스템은 사전결정된 일주기-단계(circadian-phase) 또는 하루의 시간 지시에 응답하여 CDay Mode와 CNight Mode 사이에서 자동으로 전이(transition)하도록 구성될 수 있으며, CDay의 지속시간 및 타이밍과 CNight의 지속시간 및 타이밍이 사용자에게 의해 사전설정될 수 있다. 사전결정된 일주기-단계 또는 하루의 시간 지시가 계절로 조정된 시간을 포함하는 지시, 고정된 시계 시간을 포함하는 지시 및 사용자에게 의해 선택된 시간을 포함하는 지시로 구성된 그룹으로부터 선택될 수 있다. 환경은 인공으로 조명되는 환경 시스템에 의해 조명되는 개인들로부터 획득된 일주기-단계 데이터, 또는 정보에 기초하여 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이 시스템은 CDay Mode와 CNight Mode 사이에서 급격하게 전이하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 이 시스템은 CDay Mode와 CNight Mode 사이에서 점진적으로 전이하도록 구성된다.
- [0125] 일부 실시예 및 방법에 따르면, 조명 시스템은 인공 광원을 포함한다. 이 인공 광원은 가시광 범위(약 400nm 내지 약 700nm) 내의 광을 전달하고, 선택된 생리활성 파장 대역 범위 내에서 전달되는 광이 가시광 범위 내의 인공 광원으로부터의 총 방사 조도의 6% 미만을 전달하는 일주기성 밤 모드(CNight Mode)를 포함한다. 선택된 생리활성 파장 대역 범위가 가시광 범위 내의 인공 광원으로부터의 총 방사 조도의 6% 미만, 4% 미만, 2% 미만 및 1% 미만으로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달할 수 있다. CNight Mode 자색 광이 약 400nm와 약 435nm 사이, 약 400nm와 약 430nm 사이, 약 400nm와 약 425nm 사이 및 약 400nm와 약 415nm 사이로 구성된 그룹으로부터 선택된 파장 대역 내에 제공되고, 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 약 4% 초과,

약 6% 초과 및 약 10% 초과로 구성된 그룹으로부터 선택된 평균 방사 조도를 가진다. CNight Mode는 바람직하게는 일주기성 낮 모드(CDay Mode)와 교대하고, 선택된 생리활성 파장 대역 범위가 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 약 4% 초과, 약 6% 초과 및 약 10% 초과로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달한다. 이 시스템은 사전결정된 일주기-단계 또는 하루의 시간 지시에 응답하여 CDay Mode와 CNight Mode 사이에서 자동으로 전이하도록 구성될 수 있다. CDay의 지속시간 및 타이밍과 CNight의 지속시간 및 타이밍이 사용자에 의해 사전설정될 수 있다. 사전결정된 일주기-단계 또는 하루의 시간 지시가 계절로 조정된 시간을 포함하는 지시, 고정된 시계 시간을 포함하는 지시 및 사용자에 의해 선택된 시간을 포함하는 지시로 구성된 그룹으로부터 선택될 수 있다.

[0126] 일부 경우들에서, 인공 광원은 오직 CNight Mode 내의 광만을 전달한다. 예를 들어, 제2 광원이 일주기성 낮 모드(CDay Mode) 내의 광을 전달할 수 있다. 제2 광원은 종래의 광원을 포함할 수 있다. 제2 광원은 기존 조명 장치를 포함할 수 있고/있거나 인공 광원과 병행하여 설치될 수 있다. 인공 광원은: 천장 조명기구, 벽 조명기구, 데스크/테이블 램프, 휴대용 램프, 차량 램프, 실외 램프, 전자 디바이스의 스크린/모니터로 구성된 그룹으로부터 선택될 수 있다. 인공 광원은 LED 또는 비-LED-기반 광원을 포함할 수 있다.

[0127] 일부 시스템 및 방법에 따르면, 조명 시스템은 광원을 포함한다. 광원은 바람직하게는 약 400nm와 약 440nm 사이의 자색 스파이크를 갖는 스펙트럼 분포 패턴을 구비하는 광을 방출하도록 구성된다. 노치 필터가 광원에 연결되도록 적용될 수 있다. 노치 필터는 광원에 의해 방출되는 광을 필터링하여 생리활성 파장 대역이 CNight 스펙트럼 분포 패턴에 상응하는 제1 필터링 구성에서의 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 약 6% 미만을 전달하도록 구성될 수 있다. 제2 비-필터링 구성은 CDay 스펙트럼 분포 패턴에 상응한다. 생리활성 파장 대역은 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 약 4% 초과를 전달할 수 있다.

[0128] CNight 스펙트럼 분포 패턴 내의 생리활성 파장 대역은: 약 430nm 내지 약 500nm, 약 430nm 내지 약 490nm, 약 430nm 내지 약 480nm, 약 430nm 내지 약 470nm, 약 430nm 내지 약 460nm, 약 435nm 내지 약 500nm, 약 435nm 내지 약 490nm, 약 435nm 내지 약 480nm, 약 435nm 내지 약 470nm, 약 435nm 내지 약 460nm, 약 440nm 내지 약 500nm, 약 440nm 내지 약 490nm, 약 440nm 내지 약 480nm, 약 440nm 내지 약 470nm, 약 440nm 내지 약 460nm, 약 450nm 내지 약 500nm, 약 450nm 내지 약 490nm, 약 450nm 내지 약 480nm, 약 450nm 내지 약 470nm, 약 450nm 내지 약 460nm, 약 460nm 내지 약 500nm, 약 460nm 내지 약 490nm, 약 460nm 내지 약 480nm 및 약 460nm 내지 약 470nm의 생리활성 파장 대역 범위들로 구성된 그룹으로부터 선택될 수 있다.

[0129] 자색 스파이크가 약 400nm와 약 425nm 사이, 약 400nm와 약 415nm 사이, 약 410nm와 약 420nm 사이로 구성된 그룹으로부터 선택된 파장 대역 내에 제공될 수 있고, 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 약 4% 초과, 약 6% 초과 및 약 10% 초과로 구성된 그룹으로부터 선택된 평균 방사 조도를 가진다. CNight 스펙트럼 분포 패턴 내의 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 4% 미만, 2% 미만 및 1% 미만으로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달한다. CDay 스펙트럼 분포 패턴 내의 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 6% 초과 및 10% 초과로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달한다.

[0130] 일부 실시예들에서 노치 필터는 일반적으로 고정된 광원에 대해 이동가능하다. 일부 실시예들에서 광원은 일반적으로 고정된 노치 필터에 대해 이동가능하다. 일부 실시예들에서 광원 및 노치 필터는 독립적으로 이동가능하다. 광원은 자색 펌프 LED + 인광 칩 어레이를 포함할 수 있다. 광원은 GaN LED 상의 GaN + 인광 칩 어레이를 포함할 수 있다. 광원은 OLED를 포함할 수 있다. 노치 필터는 이색성 필터일 수 있다. 일부 실시예들에서 노치 필터는 흡수성 필터이다.

[0131] 일부 시스템 및 방법에 따르면, 광원은 복수의 개별 파장 방출 LED 칩들을 포함한다. 복수의 LED 칩들이 CDay 모드에서 풀 비주얼 광 스펙트럼(full visual light spectrum)을 함께 구성한다. 하나 이상의 개별 파장 방출 LED 칩들이 CNight 모드에서 선택적으로 스위치-오프되도록 구성되어 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 1% 미만을 전달한다. 일부 실시예들에서, 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 6% 미만, 4% 미만, 2% 미만 및 1% 미만으로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달할 수 있다. 하나 이상의 LED 칩들은 단색성일 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 LED 칩들이 거의 단색성이다. 풀 비주얼 광 스펙트럼이 바람직하게는 자색, 청색, 녹색, 황색 및 적색 파장에 대한 개별 파장 칩들을 포함한다. 청색 LED 칩이 CNight 모드에서 바람직하게는 선택적으로 스위치-오프되도록 구성된다.

[0132] 일부 시스템 및 방법에 따르면, 광원은 자색 LED 칩들의 제1 및 제2 개별-제어되는 세트들을 포함한다. 자색 LED 칩들의 제1 세트가 CDay 모드에서 스위치-온 되도록 구성되고, 자색 광을 흡수하고 400nm-700nm 범위에 걸

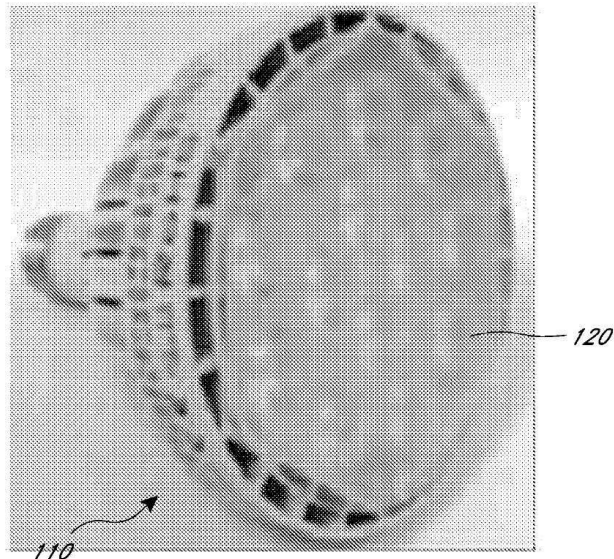
친 가시 광 스펙트럼을 방출하는 인광으로 코팅된다. 자색 LED 칩들의 제2 세트가 CNight 모드에서 스위치-온 되도록 구성되고, 생리활성 파장 대역 내의 광을 제한하는 상이한 인광 또는 인광들의 조합으로 코팅되어 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 1% 미만을 전달한다. 일부 실시예들에서, 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 6% 미만, 4% 미만, 2% 미만 및 1% 미만으로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달할 수 있다. 낮-밤 패턴 조명은 인광-코팅된 LED들의 제1 및 제2 세트들 사이에서 전환함으로써 획득될 수 있다. 일부 실시예들에서, 자색 LED 칩들 상에 사용된 코팅 재료는 종래의 희토류 인광이 아니지만 유사한 흡수 및 방출 특징들을 가진다. 자색 LED 칩들 상에 사용된 코팅 재료는 콜로이드 양자점 및/또는 알킬 나노결정을 포함할 수 있다.

[0133] 일부 시스템 및 방법에 따르면, 조명 시스템은 제1 및 제2 채널들을 통해 광을 방출하는 복수의 LED 칩들을 포함하는 광원을 포함한다. 제1 채널은 CNight 모드 동안에 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 약 1% 미만을 전달하도록 생리활성 파장 대역 내의 광 투과율을 제한하는 인광 또는 인광들의 세트로 코팅된다. 일부 실시예들에서, 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 6% 미만, 4% 미만, 2% 미만 및 1% 미만으로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달할 수 있다. 제2 채널은 CDay 모드 동안에 스위치-온 되도록 구성되고 인광 코팅을 갖지 않는다. CDay 모드에서 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 4% 초과를 전달한다. CDay 모드 내의 생리활성 파장 대역이 가시광 범위 내의 광원으로부터의 총 방사 조도의 6% 초과 및 10% 초과로 구성된 그룹으로부터 선택된 방사 조도를 전달할 수 있다.

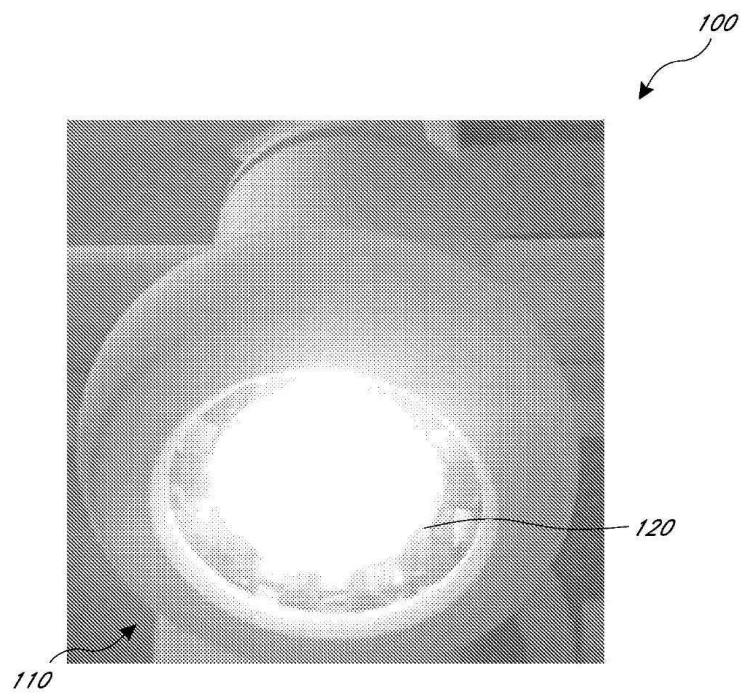
[0134] 본 명세서에 기술된 현재 바람직한 실시예들에 대한 다양한 변화 및 수정이 당업자에게 명백할 것이 인지되어야만 한다. 이러한 변화 및 수정은 본 개시내용의 사상 및 범주로부터 벗어나지 않고, 그리고 그의 부대 장점들을 축소하지 않고도 이루어질 수 있다. 예를 들어, 다양한 구성요소들이 원하는 바와 같이 재배치될 수 있다. 따라서 이러한 변화 및 수정이 본 개시내용의 범주 내에 포함될 것이 의도된다. 또한, 모든 특성들, 양태들 및 장점들이 본 개시내용을 실시하는데에 반드시 요구되는 것은 아니다. 따라서, 본 개시내용의 범주는 오직 특허청구범위에 의해서만 정의된다.

도면

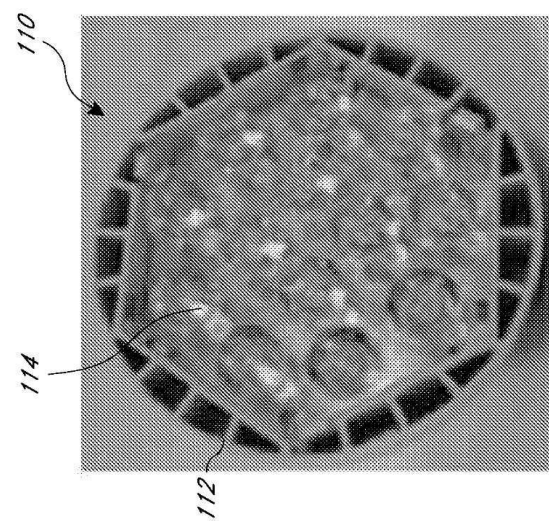
도면1a



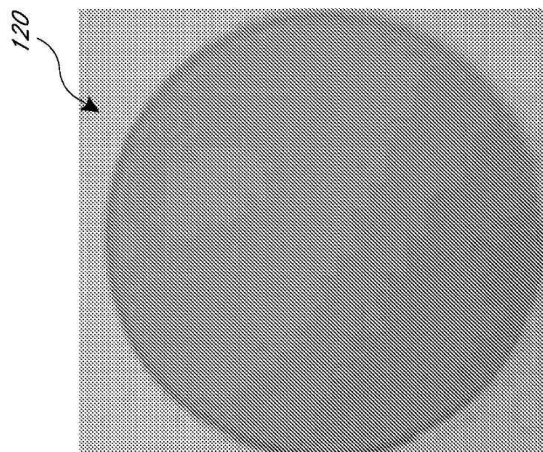
도면1b



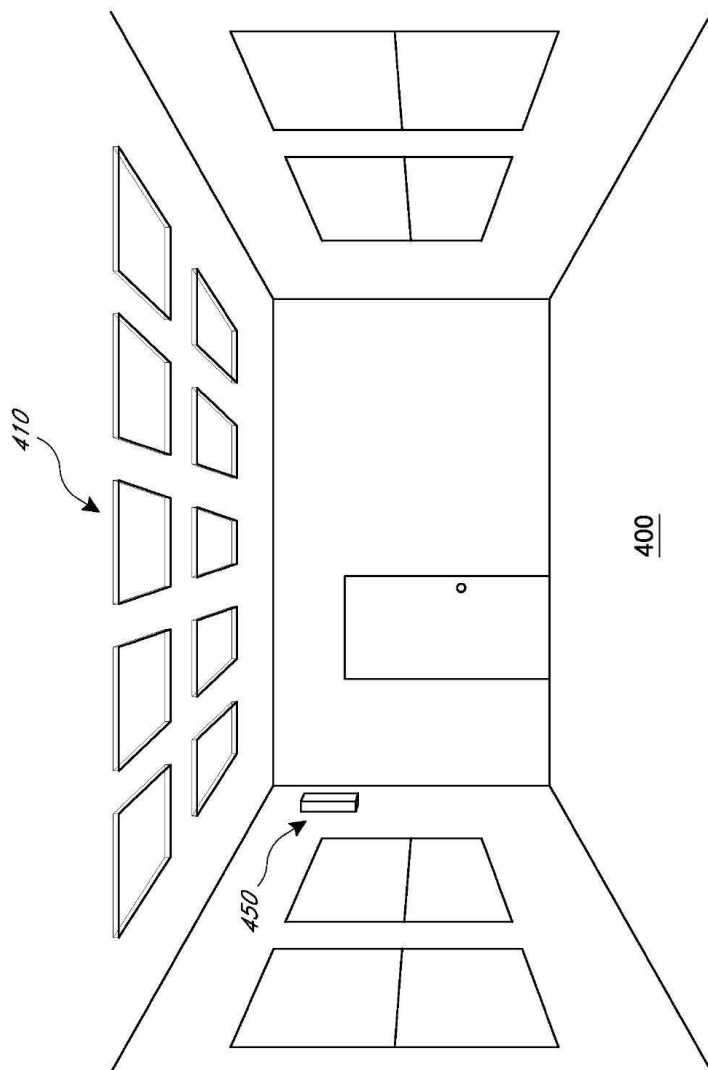
도면2



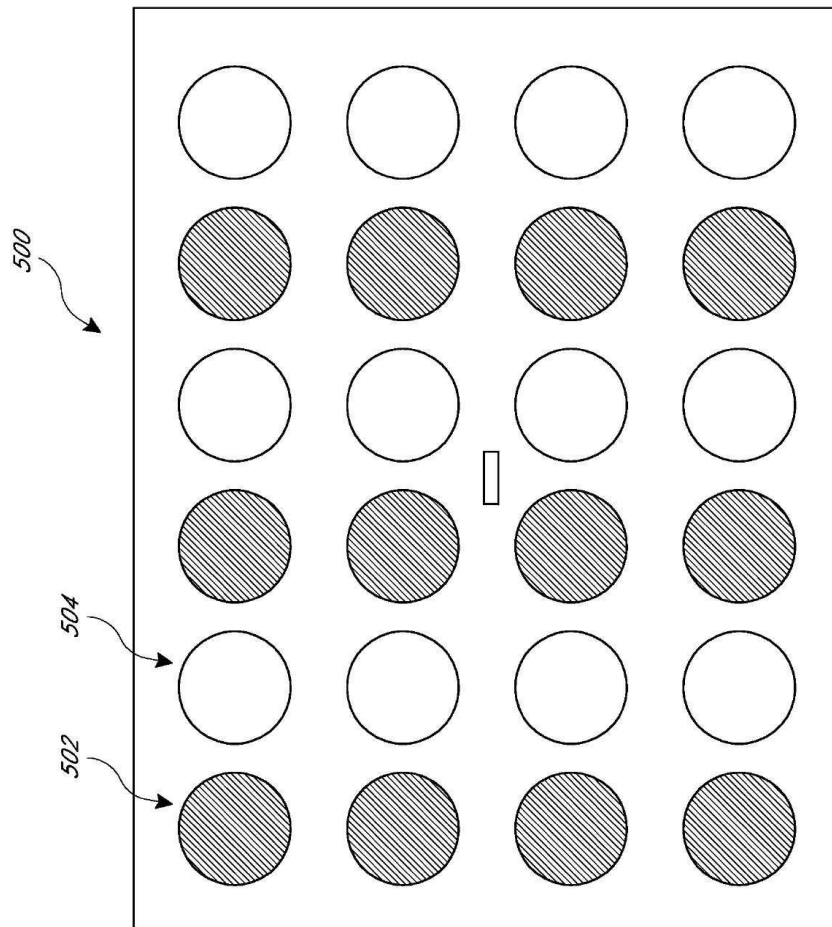
도면3



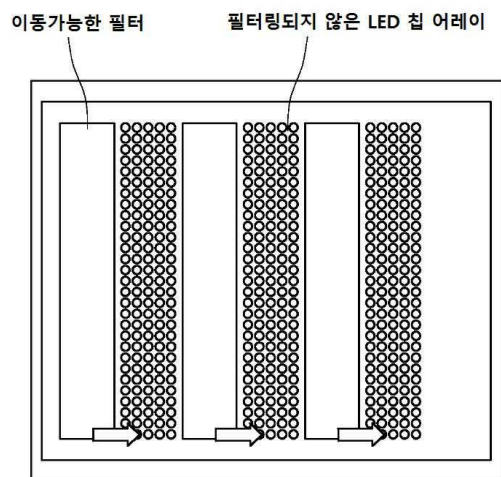
도면4



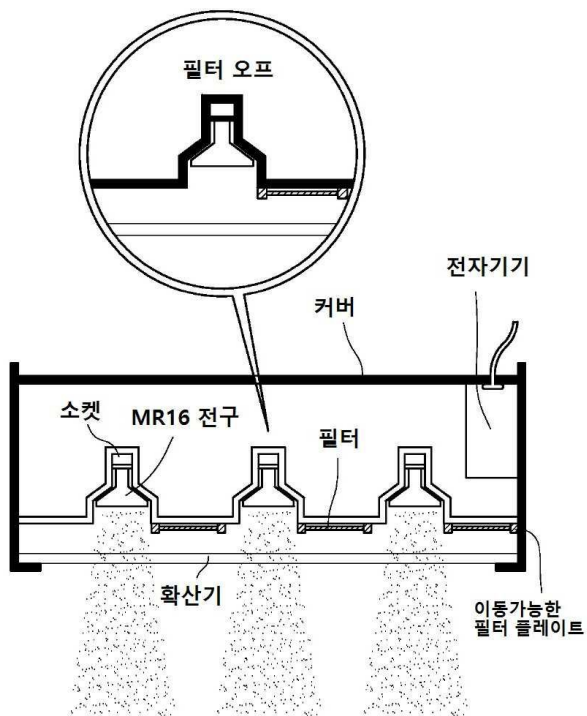
도면5a



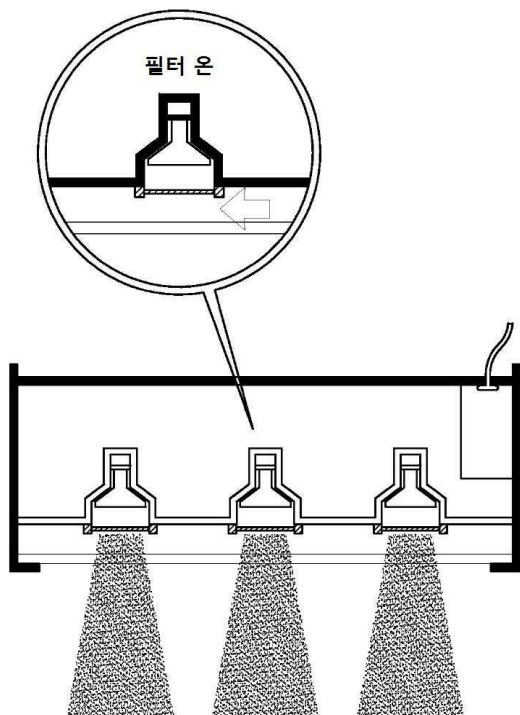
도면5b



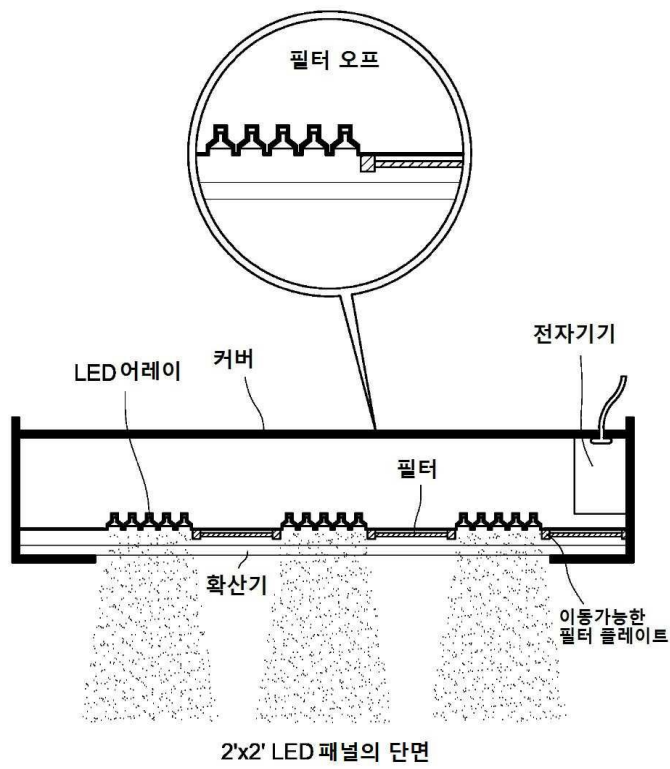
도면6a



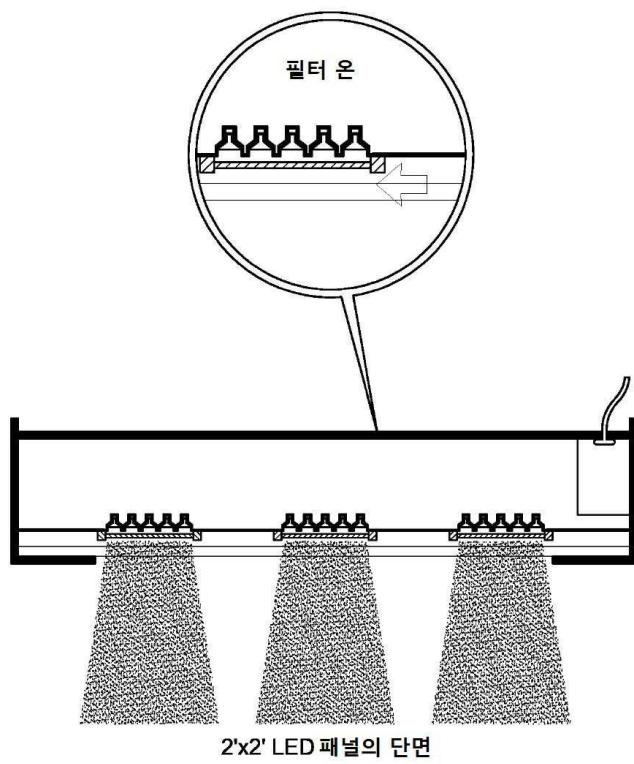
도면6b



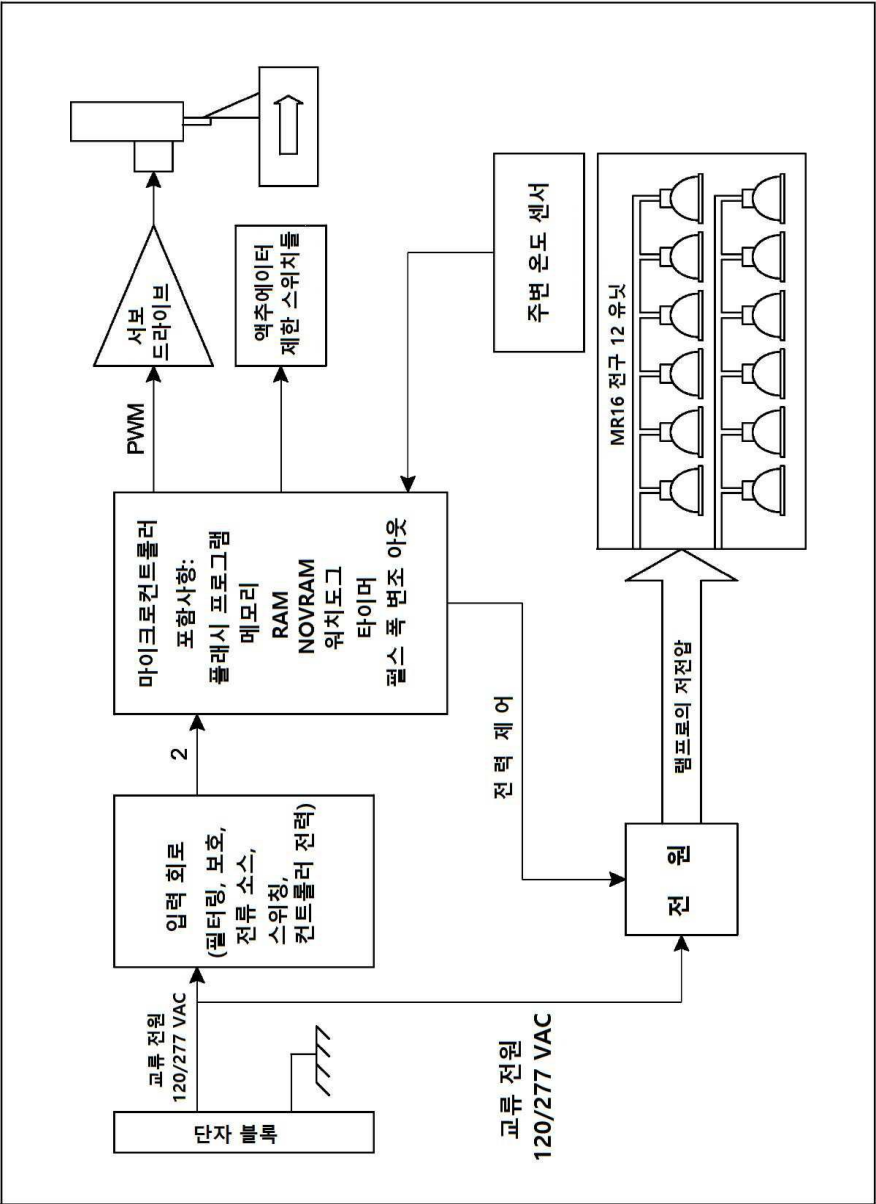
도면6c



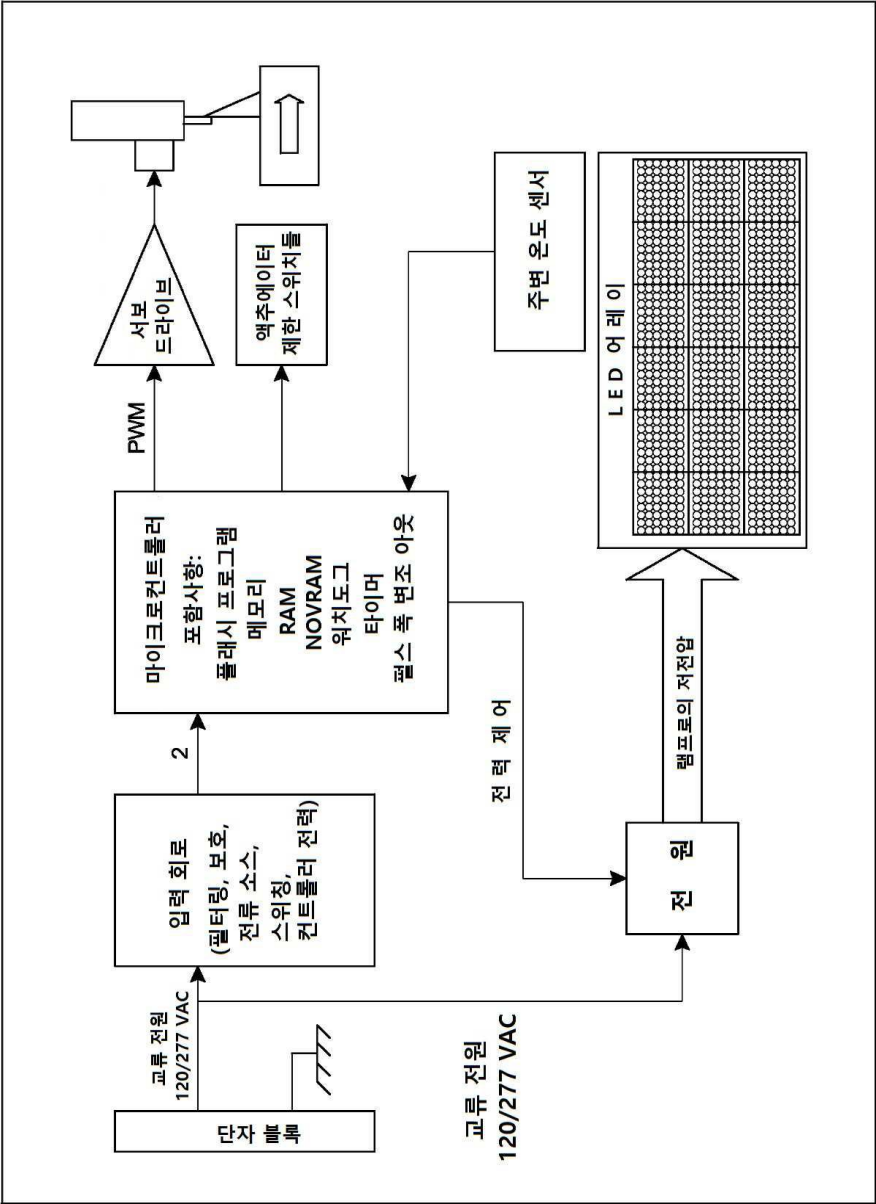
도면6d



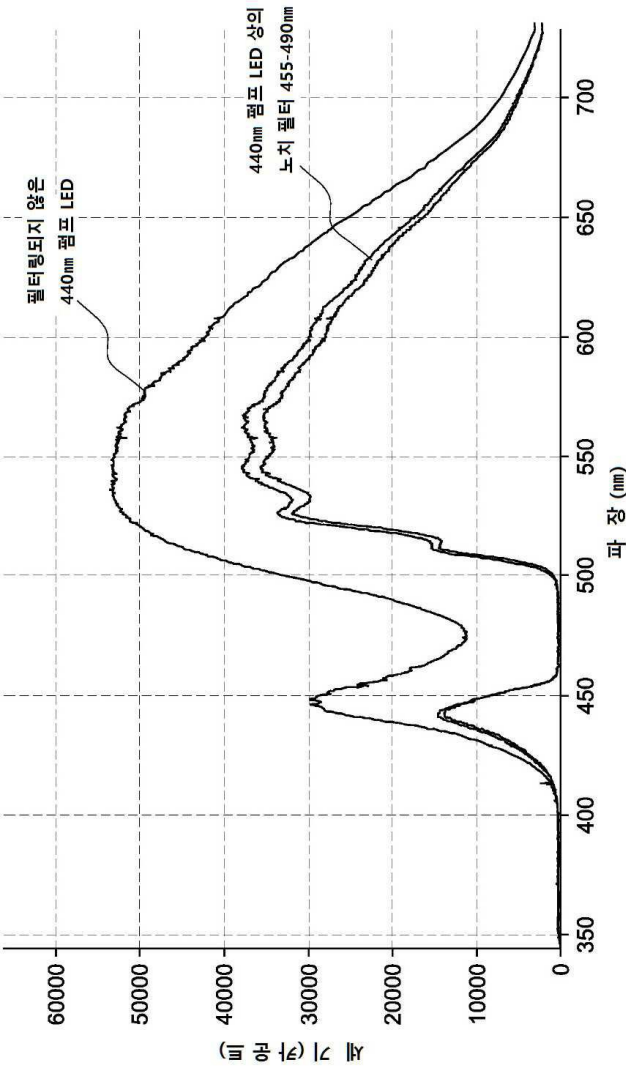
도면7a



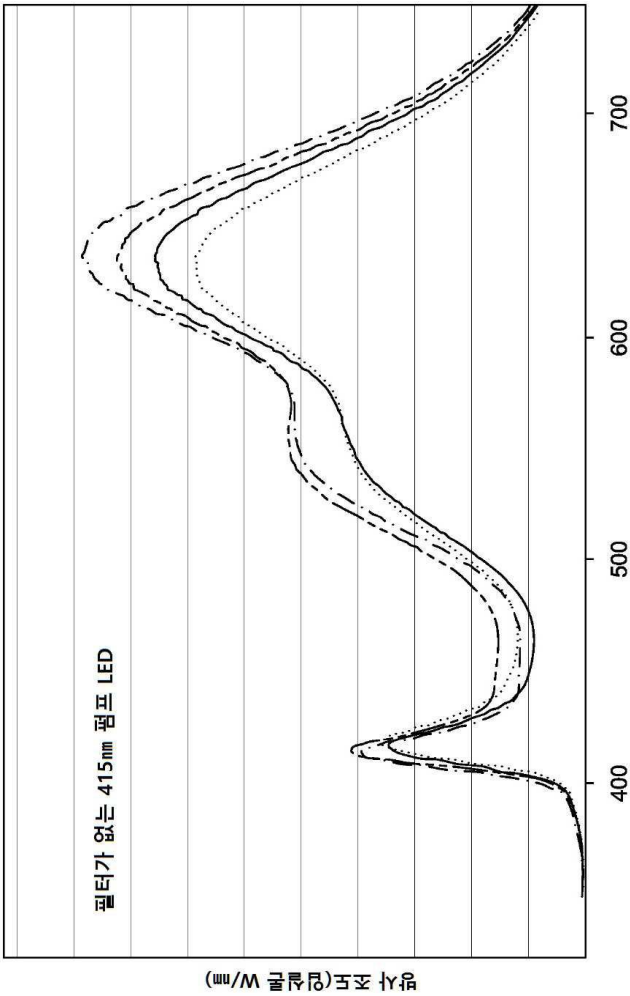
도면7b



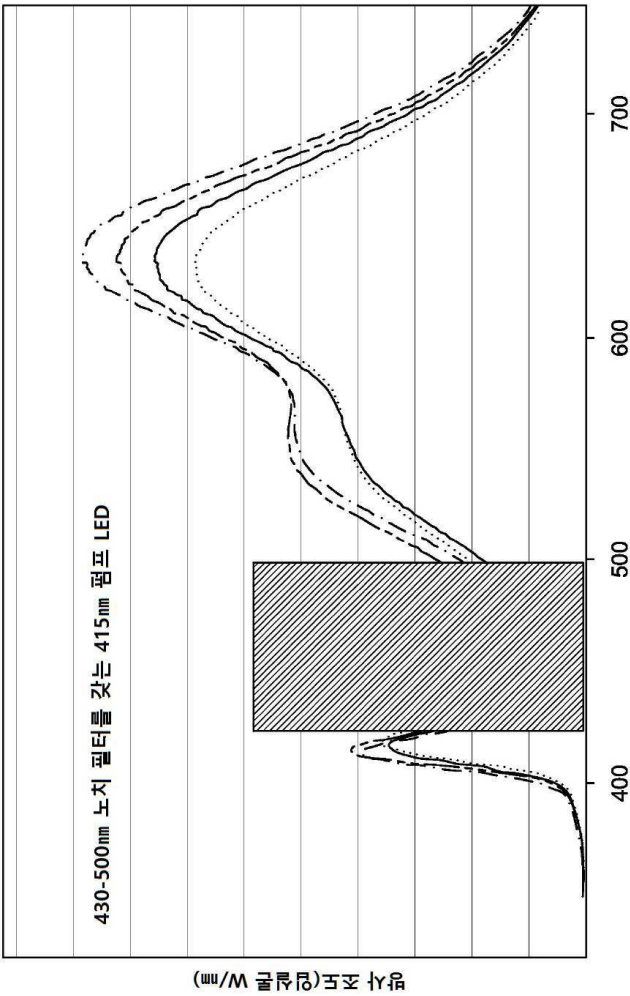
도면8



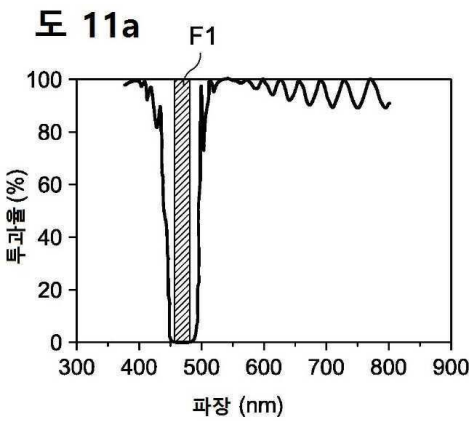
도면9



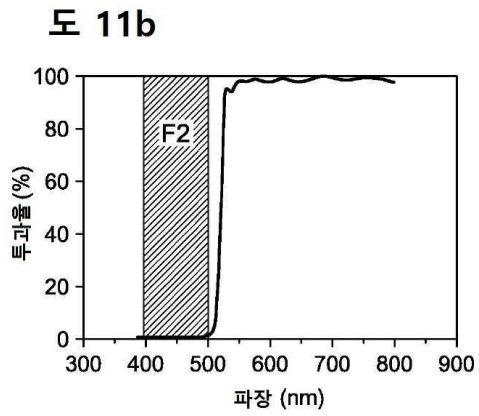
도면10



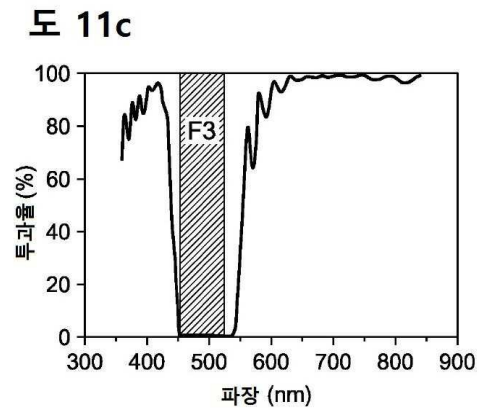
도면11a



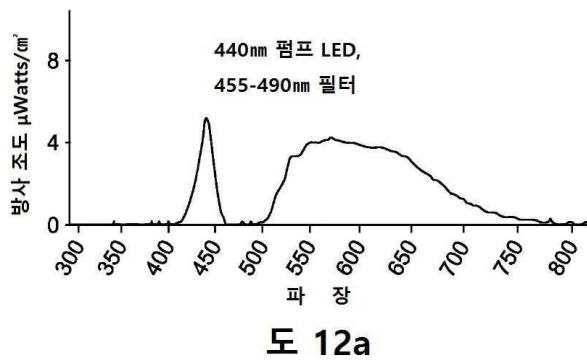
도면11b



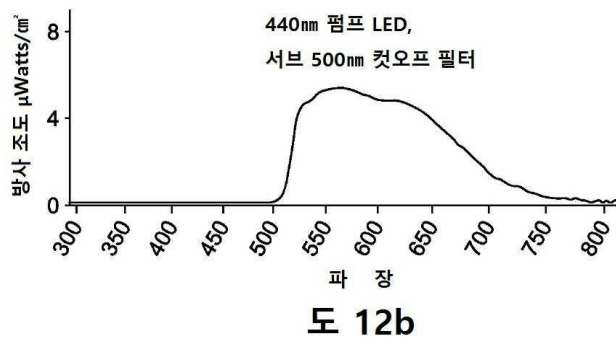
도면11c



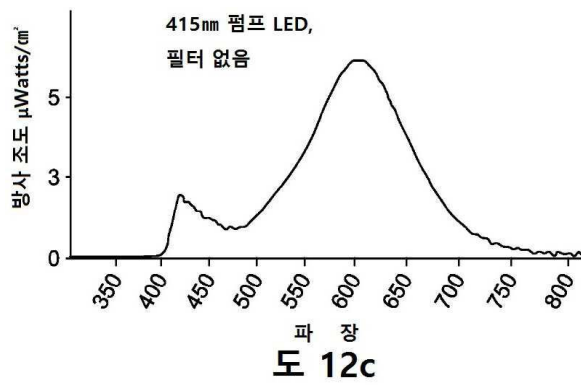
도면12a



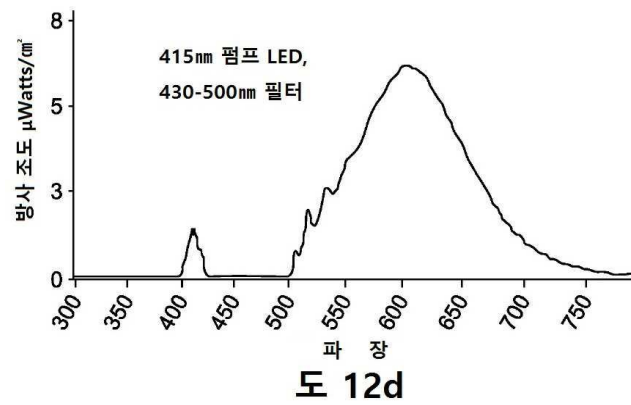
도면12b



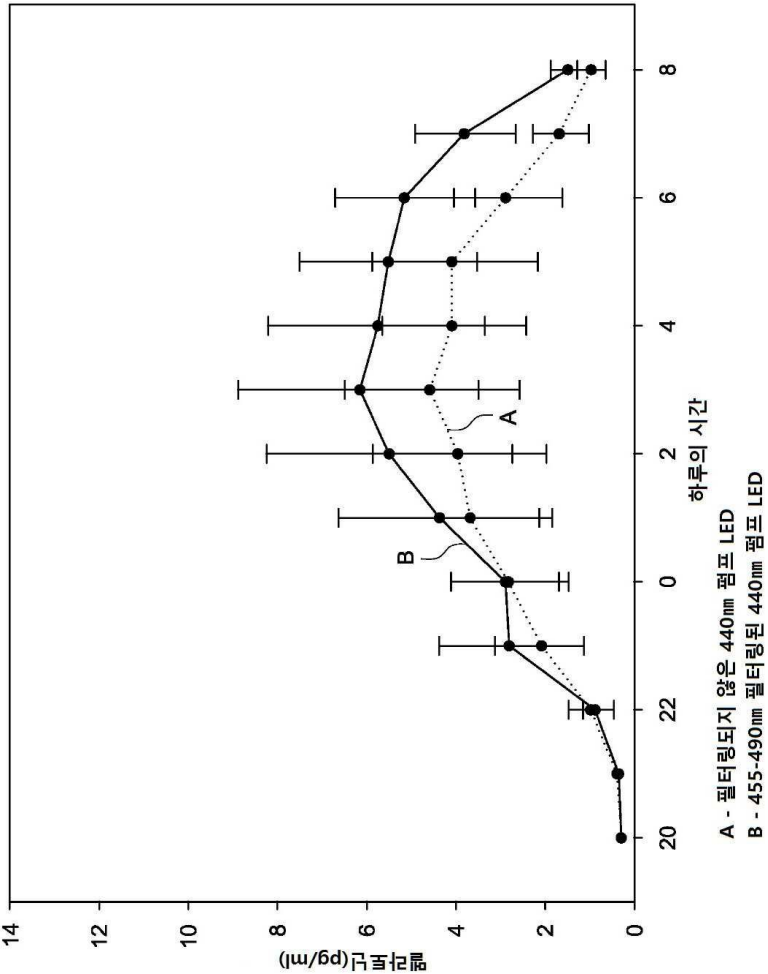
도면12c



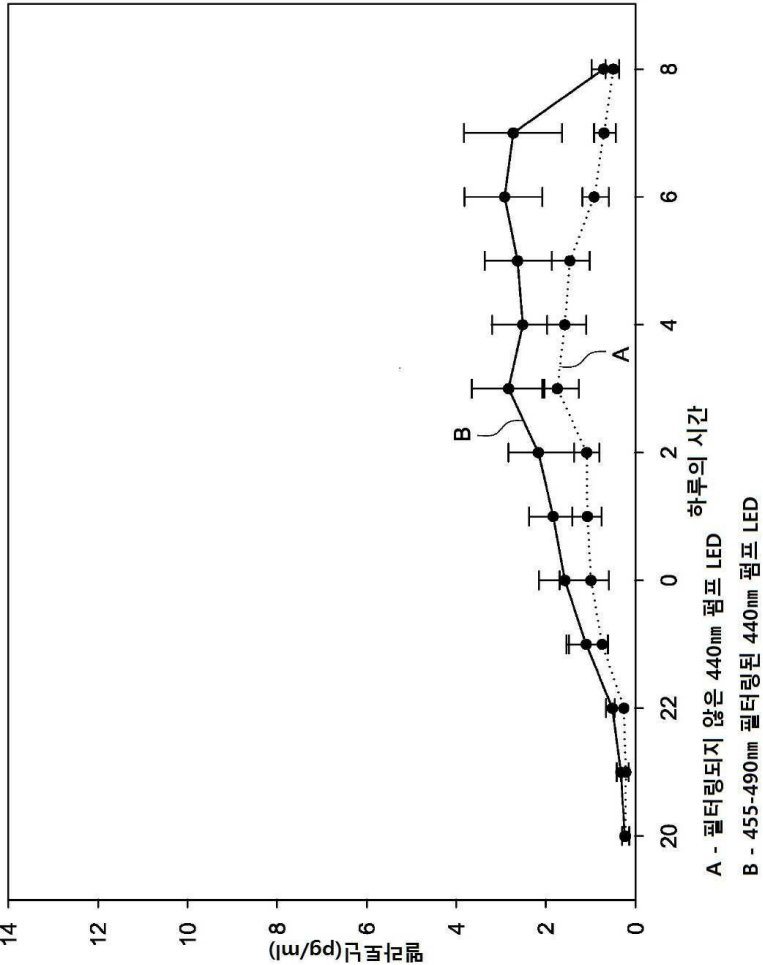
도면12d



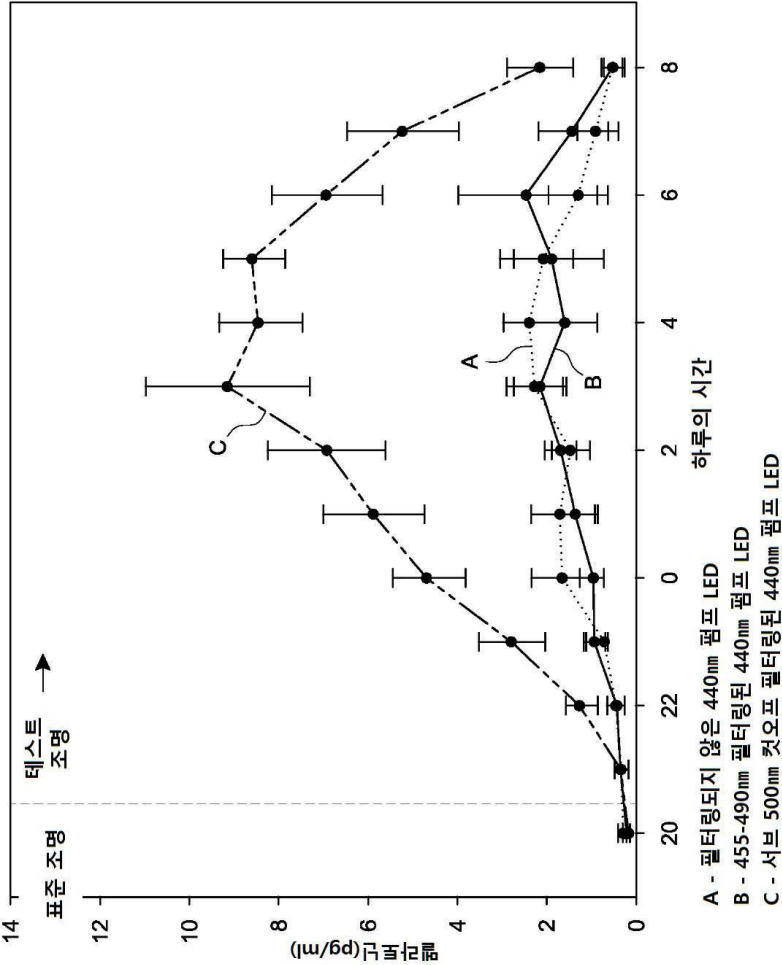
도면13a



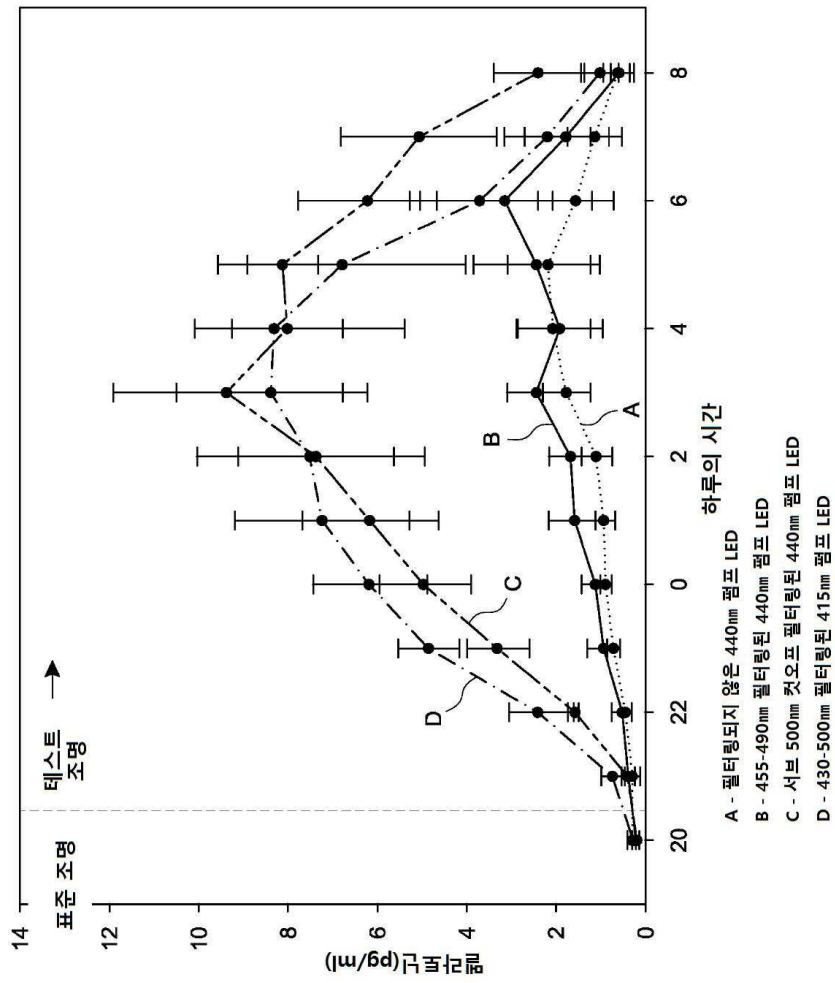
도면13b



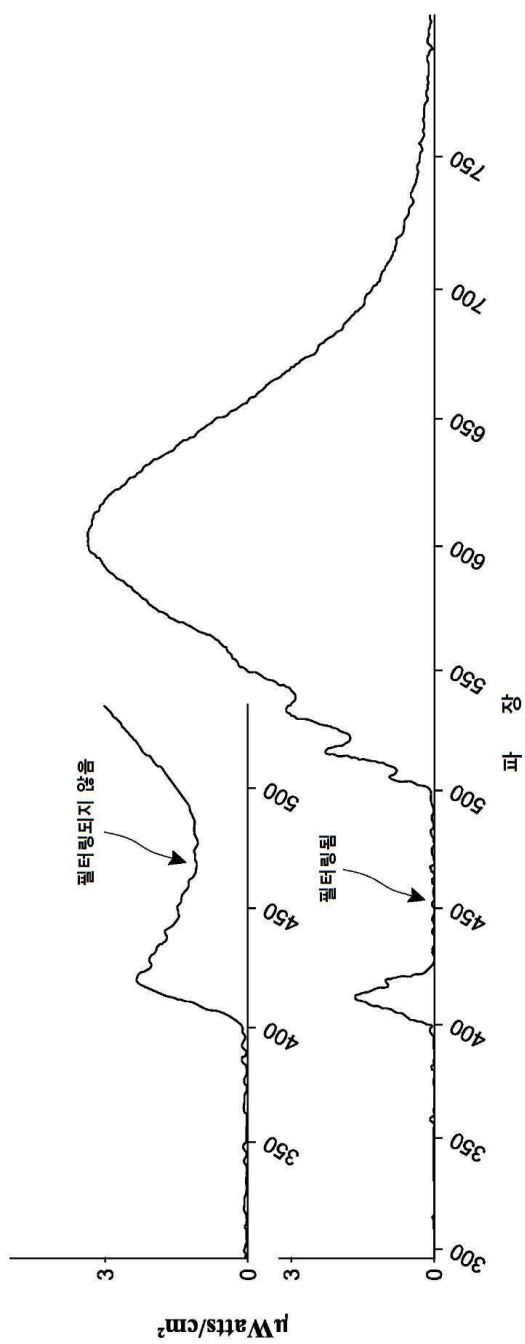
도면14



도면15



도면16



도면17

