



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0041196
(43) 공개일자 2017년04월14일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05B 33/08 (2006.01) G01J 1/02 (2006.01)
G01J 1/42 (2006.01) H01L 33/64 (2010.01)
- (52) CPC특허분류
H05B 33/0848 (2013.01)
G01J 1/0252 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7002384
- (22) 출원일자(국제) 2015년06월25일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2017년01월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2015/037660
- (87) 국제공개번호 WO 2015/200615
국제공개일자 2015년12월30일
- (30) 우선권주장
14/314,451 2014년06월25일 미국(US)
(뒷면에 계속)

- (71) 출원인
케트라, 인코퍼레이티드
미합중국, 78704 텍사스, 오스틴, 사우스 캐피탈
오브 텍사스 하이웨이 3815, 스위트 100
- (72) 발명자
호, 호레이스, 씨.
미합중국, 78726 텍사스, 오스틴, 시너바 트레일
9613
루이스, 제이슨, 이.
미합중국, 78619 텍사스, 드리프트우드, 허니콤
서클 335
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인오리진

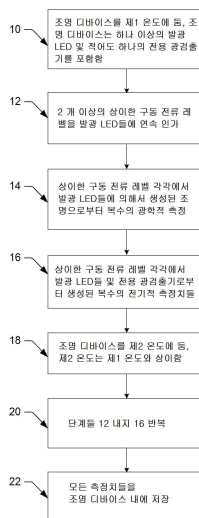
전체 청구항 수 : 총 152 항

(54) 발명의 명칭 온도 및 구동 전류의 변화, 및 시간에 따라서 LED 조명 디바이스를 캘리브레이션 및 제어하기 위한 방법 및 LED 조명 디바이스

(57) 요약

LED들이 에이징됨에 따라서 구동 전류 및 온도에서의 변화에 따라서, 및 시간에 따라서 조명 디바이스의 목표 광속 및 목표 색도를 획득하기 위해서, LED 조명 디바이스 내의 개별 발광 다이오드들(LED들)을 캘리브레이션 및 제어하기 위한 방법들 및 조명 디바이스들이 제공된다. 일부 실시형태들에서, 조명 디바이스는 조명 디바이스를 위한 조명을 방출하도록 구성된 인광체 변환 LED를 포함할 수 있으며, 인광체 변환 LED로부터 방출된 조명의 스펙트럼은 제1 피크 발광 파장을 갖는 제1 부분 및 제1 피크 발광 파장과 상이한 제2 피크 발광 파장을 갖는 제2 부분을 포함한다. 이러한 실시형태에서, 인광체 변환 LED가 2개의 개별 LED들인 것과 같이, 인광체 변환 LED 스펙트럼의 각 부분을 캘리브레이션 및 제어하기 위한 방법들이 제공된다. 개선된 열적 및 전기적 특성을 갖는 하나 이상의 발광 모듈을 포함하는 조명 디바이스가 본 명세서에서 또한 제공된다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

H01L 33/64 (2013.01)
H05B 33/0851 (2013.01)
H05B 33/0854 (2013.01)
H05B 33/0866 (2013.01)
H05B 33/0869 (2013.01)
H05B 33/0872 (2013.01)
G01J 2001/4252 (2013.01)

(72) 발명자

크넵, 데이비드, 제이.

미합중국, 78746 텍사스, 오스틴, 파스칼 레인 62

새비지, 조셉, 에이.

미합중국, 78613 텍사스, 시더 파크, 오로 비에호
 코브 2704

창, 쿠오-리

미합중국, 78738 텍사스, 오스틴, 포트나 코브
 12008

말론, 킷키

미합중국, 78659 텍사스, 페이지, 올드 핀 오크 로
 드 1166

(30) 우선권주장

14/314,482	2014년06월25일	미국(US)
14/314,530	2014년06월25일	미국(US)
14/314,556	2014년06월25일	미국(US)
14/314,580	2014년06월25일	미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

적어도 제1 발광 다이오드(LED) 및 광검출기를 포함하는 조명 디바이스를 캘리브레이션하기 위한 방법으로서, 상기 조명 디바이스를 제1 주변 온도에 두는 단계;

적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 제1 LED에 연속적으로 인가하여 3개 이상의 상이한 밝기 레벨들의 조명을 생성하는 단계;

상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 상기 제1 LED에 의해서 생성된 조명으로부터 복수의 광학적 측정치들을 획득하는 단계로서, 복수의 광학적 측정치들은 광속(luminous flux) 및 색도(chromaticity)를 포함하는, 상기 복수의 광학적 측정치들을 획득하는 단계;

상기 광검출기로부터 복수의 전기적 측정치들을 획득하는 단계로서, 상기 복수의 전기적 측정치들은 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 상기 제1 LED에 의해서 생성된 조명에 의해서 상기 광검출기 상에 유도된 복수의 광전류들, 및 각 유도된 광전류가 측정되기 이전, 측정되는 동안 또는 측정된 이후에 상기 광검출기 양단에서 측정된 순방향 전압들을 포함하는, 상기 복수의 전기적 측정치들을 획득하는 단계; 및

상기 제1 주변 온도에서 상기 제1 LED를 캘리브레이션하기 위해서 상기 획득하는 단계들에서 획득된 결과들을 상기 조명 디바이스 내에 저장하는 단계;를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 순방향 전압들 각각은 비-동작성 구동 전류(non-operative drive current)를 상기 광검출기에 인가함으로써 상기 광검출기 양단에서 측정되는, 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 광검출기에 인가된 상기 비-동작성 구동 전류는 대략 $100\ \mu\text{A}$ 내지 1mA 의 범위에 존재하는, 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

각 유도된 광전류가 측정되기 이전, 측정되는 동안 또는 측정된 이후에,

비-동작성 구동 전류를 상기 제1 LED에 인가하고 상기 제1 LED의 양극 및 음극 간에서 발생하는 순방향 전압을 측정하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 LED에 인가된 상기 비-동작성 구동 전류는 대략 $0.1\ \text{mA}$ 내지 $10\ \text{mA}$ 의 범위에 존재하는, 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 LED를 상기 제1 주변 온도와 상이한 제2 주변 온도에 두는 단계; 및

상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 제1 LED에 연속적으로 인가하는 단계, 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 상기 제1 LED에 의해서 생성된 조명으로부터 복수의 광학적 측정치들을 획득하는 단계,

상기 광검출기로부터 복수의 전기적 측정치들을 획득하는 단계, 및 상기 제2 주변 온도에서 상기 제1 LED를 캘리브레이션하기 위해서 상기 획득하는 단계들에 의해서 획득된 결과들을 저장하는 단계를 반복하는 단계;를 더 포함하는 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 조명 디바이스는 상기 제1 LED를 포함하는 복수의 LED들을 포함하며, 상기 방법은 상기 복수의 LED들 각각에 대해서 수행되는, 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들은 상기 제1 LED와 연관된 최대 구동 전류와 실질적으로 동일한 제1 동작성 구동 전류, 상기 제1 동작성 구동 전류보다 실질적으로 작은 제2 동작성 구동 전류, 및 상기 제2 동작성 구동 전류보다 실질적으로 작은 제3 동작성 구동 전류를 포함하는, 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 조명 디바이스는 추가 광검출기를 포함하고, 상기 방법은 상기 추가 광검출기로부터 복수의 전기적 측정치들을 획득하는 단계를 더 포함하며, 상기 복수의 전기적 측정치들은 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 상기 제1 LED에 의해서 생성된 조명에 의해서 상기 추가 광검출기 상에 유도된 복수의 광전류들, 및 각 유도된 광전류가 측정되기 이전, 측정되는 동안 또는 측정된 이후에 상기 추가 광검출기 양단에서 측정된 복수의 순방향 전압들을 포함하는, 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제1 LED는 인광체 변환 LED이며, 상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 조명에 의해서 상기 광검출기 상에 유도된 복수의 광전류들은 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제1 부분에 대응하며, 상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 조명에 의해서 상기 추가 광검출기 상에 유도된 복수의 광전류들은 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제2 부분에 대응하며, 상기 제1 부분 및 제2 부분은 실질적으로 상이한 피크 파장들을 갖는, 방법.

청구항 11

조명 디바이스로서,

상기 조명 디바이스를 위한 조명을 생성하도록 구성된 복수의 발광 다이오드(LED) 체인들;

상기 복수의 LED 체인들 각각에 대해서 생성된 조명을 검출하도록 구성된 광검출기;

LED 구동기 및 수신기 회로로서,

상기 LED 체인들이 제1 주변 온도를 받을 때에 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 복수의 LED 체인들 각각에 한 번에 하나의 LED 체인씩 연속적으로 인가하여서 상이한 밝기 레벨들에서 조명을 생성하고;

상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 상기 복수의 LED 체인들 각각에 의해서 생성된 조명에 의해서 상기 광검출기 상에 유도된 광전류들을 측정하고;

각 유도된 광전류가 측정되기 이전, 측정되는 동안 또는 측정된 이후에 상기 광검출기 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정하고;

상기 LED 체인들이 상기 제1 주변 온도와 상이한 제2 주변 온도를 받을 때에 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 복수의 LED 체인들 각각에 연속적으로 인가하는 동작, 상기 광검출기 상에 유도된 광전류들을 측정하는 동작, 및 상기 광검출기 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정하는 동작을 반복하도록; 구성된 상기 LED 구동기 및 수신기 회로;

상기 LED 체인들이 상기 제1 및 제2 주변 온도들을 받을 때에 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 상기 복수의 LED 체인들 각각에 의해서 생성된 조명을 수광할 시에 외부 캘리브레이션 틀에 의해서 측정된 광속 및 색도 측정치들을 수신하도록 구성된 인터페이스; 및

상기 복수의 LED 체인들 각각에 대해서 획득된 광전류, 순방향 전압, 광속, 및 색도 측정치들을 캘리브레이션 값들의 표 내에 저장하도록 구성된 저장 매체;를 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 저장 매체 내에 저장된 광전류, 순방향 전압, 광속, 및 색도 측정치들은 측정된 값들 또는 계산된 계수들을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 13

제11항에 있어서,

각 LED 체인에 대해서, 상기 캘리브레이션 값들의 표는,

상기 LED 체인이 상기 제1 주변 온도를 받고 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들이 해당 LED 체인에 연속적으로 인가되는 때에, 상기 LED 체인으로부터 조명을 수광할 시에 상기 광검출기로부터 획득된 제1 복수의 광전류 값들;

상기 LED 체인이 상기 제2 주변 온도를 받고 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들이 해당 LED 체인에 연속적으로 인가되는 때에, 상기 LED 체인으로부터 조명을 수광할 시에 상기 광검출기로부터 획득된 제2 복수의 광전류 값들; 및

각 광전류 값이 측정되기 이전, 측정되는 동안 또는 측정된 이후에 상기 광검출기 양단에서 측정된 복수의 순방향 전압 값들을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 14

제11항에 있어서,

각 LED 체인에 대하여, 상기 캘리브레이션 값들의 표는,

상기 LED 체인이 상기 제1 주변 온도를 받을 때에 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 LED 체인에 인가할 시에 상기 LED 체인으로부터 검출된 제1 복수의 광속 값들; 및

상기 LED 체인이 상기 제2 주변 온도를 받을 때에 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 LED 체인에 인가할 시에 상기 LED 체인으로부터 검출된 제2 복수의 광속 값들을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 15

제11항에 있어서,

각 LED 체인에 대하여, 상기 캘리브레이션 값들의 표는,

상기 LED 체인이 상기 제1 주변 온도를 받을 때에 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 LED 체인에 인가할 시에 상기 LED 체인으로부터 검출된 제1 복수의 x 색도 값들 및 제1 복수의 y 색도 값들; 및

상기 LED 체인이 상기 제2 주변 온도를 받을 때에 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 LED 체인에 인가할 시에 상기 LED 체인으로부터 검출된 제2 복수의 x 색도 값들 및 제2 복수의 y 색도 값들을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 16

제11항에 있어서,

각 LED 체인에 대하여, 상기 캘리브레이션 값들의 표는,

상기 LED 체인이 상기 제1 주변 온도를 받을 때에 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 LED 체인에 인

가할 시에 상기 LED 체인으로부터 검출된 제1 복수의 u 색도 값들 및 제1 복수의 v 색도 값들; 및

상기 LED 체인이 상기 제2 주변 온도를 받을 때에 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 LED 체인에 인가할 시에 상기 LED 체인으로부터 검출된 제2 복수의 u 색도 값들 및 제2 복수의 v 색도 값들을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 17

제11항에 있어서,

각 LED 체인에 대하여, 상기 LED 구동기 및 수신기 회로는 비-동작성 구동 전류를 해당 LED 체인에 인가하고, 각 유도된 광전류가 측정되기 이전, 측정되는 동안 또는 측정된 이후에 LED 체인 양단에서 발생한 순방향 전압을 측정하도록 더 구성되는, 조명 디바이스.

청구항 18

제17항에 있어서,

각 LED 체인에 대하여, 상기 캘리브레이션 값들의 표는,

상기 LED 체인이 상기 제1 주변 온도를 받을 때에 상기 비-동작성 구동 전류를 해당 LED 체인에 인가할 시에 상기 LED 체인 양단에서 측정된 제1 복수의 순방향 전압 값들; 및

상기 LED 체인이 상기 제2 주변 온도를 받을 때에 상기 비-동작성 구동 전류를 해당 LED 체인에 인가할 시에 상기 LED 체인 양단에서 측정된 제2 복수의 순방향 전압 값들을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 19

제11항에 있어서,

상기 조명 디바이스는 상기 복수의 LED 체인들의 서브세트에 의해서 생성된 조명을 검출하도록 구성된 추가 광 검출기를 더 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 복수의 LED 체인들의 서브세트는 인광체 변환 LED들의 체인 및 기준 LED들의 체인을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 인광체 변환 LED들의 체인은 인광체 변환 백색 LED들의 체인을 포함하며, 상기 기준 LED들의 체인은 청색 LED들의 체인을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 22

제20항에 있어서,

상기 LED 구동기 및 수신기 회로는,

상기 LED 체인들이 상기 제1 및 제2 주변 온도들을 받을 때에 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 상기 인광체 변환 LED들의 체인 및 기준 LED들의 체인에 의해서 개별적으로 생성된 조명에 의해서 상기 추가 광 검출기 상에 유도된 광전류들을 측정하고;

각 유도된 광전류가 측정되기 이전, 측정되는 동안 또는 측정된 이후에, 추가 광검출기 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정하도록 구성되는, 조명 디바이스.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 추가 광검출기 양단에서 측정된 순방향 전압들 및 광전류들은 측정된 값들 또는 계산된 계수들로서 상기 저장 매체 내에 저장된, 조명 디바이스.

청구항 24

제22항에 있어서,

상기 서브세트 내의 각 LED에 체인에 대하여, 상기 캘리브레이션 값들의 표는,

상기 LED 체인이 상기 제1 주변 온도를 받으며 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들이 해당 LED 체인에 연속적으로 인가되는 때에 상기 LED 체인으로부터 조명을 수광할 시에 상기 추가 광검출기로부터 획득된 제1 복수의 광전류 값들;

상기 LED 체인이 상기 제2 주변 온도를 받으며 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들이 해당 LED 체인에 연속적으로 인가되는 때에 상기 LED 체인으로부터 조명을 수광할 시에 상기 추가 광검출기로부터 획득된 제2 복수의 광전류 값들; 및

각 광전류 값이 측정되기 이전, 측정되는 동안, 또는 측정된 이후에 상기 추가 광검출기 양단에서 측정된 복수의 순방향 전압 값들을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 25

제11항에 있어서,

상기 인터페이스는 무선 주파수(RF), 적외선(IR) 광 또는 가시 광을 사용하여서 통신하도록 구성된 무선 인터페이스인, 조명 디바이스.

청구항 26

제25항에 있어서,

상기 무선 인터페이스는 ZigBee, WiFi, 또는 블루투스 통신 프로토콜들 중 적어도 하나에 따라서 동작하도록 구성된, 조명 디바이스.

청구항 27

제11항에 있어서,

상기 인터페이스는 AC 본관, 전용 도전체 또는 도전체 세트를 통해서 통신하도록 구성된 유선 인터페이스인, 조명 디바이스.

청구항 28

복수의 발광 발광 다이오드(LED들)을 포함하는 조명 디바이스를 제어하기 위한 방법으로서,

각각의 구동 전류들을 상기 복수의 발광 LED들에 인가하여서 상기 복수의 발광 LED들을 실질적으로 연속적으로 구동하여서 조명을 생성하는 단계;

짧은 지속기간 동안에 복수의 발광 LED들을 주기적으로 턴 오프하는 단계;

상기 복수의 발광 LED들이 주기적으로 턴 오프되는 짧은 지속기간 동안에, 한 번에 하나의 LED 씩 비-동작성 구동 전류를 각 발광 LED에 인가함으로써 각 발광 LED 양단에서 현재 발생한 순방향 전압을 측정하는 단계; 및

각 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압, 각 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류, 복수의 상이한 온도들에서의 색도와 순방향 전압 및 구동 전류를 상관시킨 저장된 캘리브레이션 값들의 표, 및 하나 이상의 보간 기법들을 사용하여서 각 발광 LED에 대해 예상된 색도 값들을 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 29

제28항에 있어서,

상기 비-동작성 구동 전류는 대략 0.1 mA 내지 10 mA의 범위 내에 존재하는, 방법.

청구항 30

제28항에 있어서,

상기 조명 디바이스의 목표 휘도 설정치 및 목표 색도 설정치를 모니터링하는 단계, 및 상기 목표 휘도 설정치 및 목표 색도 설정치 중 적어도 하나에서의 변화가 검출될때에만 상기 측정하는 단계 및 상기 결정하는 단계를 수행하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 31

제28항에 있어서,

상기 저장된 캘리브레이션 값들의 표는 CIE 1931 XYZ 색 공간, CIE 1931 RGB 색 공간, 또는 CIE 1976 LUV 색 공간에 대응하는 색도 캘리브레이션 값들을 포함하는, 방법.

청구항 32

제28항에 있어서,

각 발광 LED에 대하여, 상기 저장된 캘리브레이션 값들의 표는,

상기 발광 LED가 제1 온도를 받을 때에 캘리브레이션 국면 동안 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 발광 LED에 인가할 시에 상기 발광 LED로부터 이전에 검출된 제1 복수의 x 색도 값들 및 제1 복수의 y 색도 값들;

상기 발광 LED가 제2 온도를 받을 때에 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 발광 LED에 인가할 시에 상기 발광 LED로부터 이전에 검출된 제2 복수의 x 색도 값들 및 제2 복수의 y 색도 값들;

상기 발광 LED가 상기 제1 온도를 받을 때에, 상이한 구동 전류들 각각이 상기 발광 LED에 인가되기 이전, 인가되는 동안 또는 인가된 이후에 비-동작성 구동 전류를 상기 발광 LED에 인가할 시에 상기 발광 LED 양단에서 이전에 측정된 제1 복수의 순방향 전압 값들; 및

상기 발광 LED가 상기 제2 온도를 받을 때에, 상기 상이한 구동 전류들 각각이 상기 발광 LED에 인가되기 이전, 인가되는 동안 또는 인가된 이후에 상기 비-동작성 구동 전류를 상기 발광 LED에 인가할 시에 상기 발광 LED 양단에서 이전에 측정된 제2 복수의 순방향 전압 값들을 포함하는, 방법.

청구항 33

제32항에 있어서,

상기 각 발광 LED에 대해, 상기 색도 값들을 결정하는 단계는,

상기 제1 복수의 x 색도 값들 및 제2 복수의 x 색도 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압에 대응하는 제3 복수의 x 색도 값들을 계산하는 단계;

상기 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류가 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 발광 LED에 인가된 복수의 상이한 구동 전류들 중 하나와 상이하면, 상기 제3 복수의 x 색도 값들 간의 관계를 생성하는 단계; 및

상기 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류에 대응하는, 상기 발광 LED에 대한 예상 x 색도 값을 상기 생성된 관계로부터 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 34

제33항에 있어서,

각 발광 LED에 대해, 상기 색도 값들을 결정하는 단계는,

상기 제1 복수의 y 색도 값들 및 제2 복수의 y 색도 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압에 대응하는 제3 복수의 y 색도 값들을 계산하는 단계;

상기 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류가 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 발광 LED에 인가된 복수의 상이한 구동 전류들 중 하나와 상이하면, 상기 제3 복수의 y 색도 값들 간의 관계를 생성하는 단계; 및

상기 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류에 대응하는, 상기 발광 LED에 대한 예상 y 색도 값을 상기 생성된 관계로부터 결정하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 35

제34항에 있어서,

상기 제3 복수의 x 색도 값들 및 제3 복수의 y 색도 값들을 계산하는 단계들 각각은 선형 보간 기법을 사용하여서 상기 제1 및 제2 복수의 x 및 y 색도 값들 간에서 보간을 수행하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 36

제34항에 있어서,

상기 관계를 생성하는 단계는 고차 보간(higher-order interpolation)을 상기 제3 복수의 x 및 y 색도 값들에 적용하여서 상기 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압에서의 x 및 y 색도 및 구동 전류 간의 비-선형 관계를 생성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 37

제34항에 있어서,

상기 관계를 생성하는 단계는 구간별 선형 보간(piece-wise linear interpolation)을 상기 제3 복수의 x 및 y 색도 값들에 적용하여서 상기 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압에서의 x 및 y 색도 및 구동 전류 간의 비-선형 관계를 생성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 38

제34항에 있어서,

상기 관계를 생성하는 단계는 LED 제조자가 제공한 데이터 시트로부터 전형적 곡률(typical curvature)을 가정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 39

제34항에 있어서,

상기 조명 디바이스의 목표 휘도 설정치 및 목표 색도 설정치를 달성하기 위해서 각 발광 LED에서 필요한 상대 광속(relative luminous flux)을 계산하는 단계를 더 포함하며, 각 발광 LED에 대한 상기 상대 광속은 상기 목표 휘도 설정치, 상기 목표 색도 설정치, 상기 생성된 관계들로부터 결정된 예상 x 색도 값 및 예상 y 색도 값을 사용하여서 계산되는, 방법.

청구항 40

제39항에 있어서,

각 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압, 복수의 상이한 온도들에서 순방향 전압 및 구동 전류를 광속에 더 상관시킨 저장된 캘리브레이션 값들의 표, 및 하나 이상의 보간 기법들을 사용하여서, 각 발광 LED에 대해 계산된 상대 광속을 달성하는데 필요한 동작성 구동 전류를 결정하는 단계; 및

상기 결정된 구동 전류로 각 발광 LED를 구동하여서 상기 계산된 상대 광속을 갖는 조명을 생성하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 41

제40항에 있어서,

각 발광 LED에 대해, 상기 저장된 캘리브레이션 값들의 표는,

상기 발광 LED가 제1 온도를 받을 때에 캘리브레이션 국면 동안 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 발광 LED에 인가할 시에 상기 발광 LED로부터 이전에 검출된 제1 복수의 광속 값들; 및

상기 발광 LED가 제2 온도를 받을 때에 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 복수의 상이한 구동 전류들을 상기

발광 LED에 인가할 시에 상기 발광 LED로부터 이전에 검출된 제2 복수의 광속 값들을 더 포함하는, 방법.

청구항 42

제41항에 있어서,

각 발광 LED에 대하여, 상기 동작성 구동 전류를 결정하는 단계는,

상기 제1 복수의 광속 값들 및 제2 복수의 광속 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압에 대응하는 제3 복수의 광속 값들을 계산하는 단계;

상기 발광 LED에 대해서 계산된 상대 광속이 상기 제3 복수의 광속 값들 중 하나와 상이하면, 상기 제3 복수의 광속 값들 간의 관계를 생성하는 단계; 및

상기 계산된 상대 광속에 대응하는 구동 전류를 상기 생성된 관계로부터, 선택함으로써 상기 계산된 상대 광속을 달성하는데 필요한 동작성 구동 전류를 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 43

제42항에 있어서,

상기 제3 복수의 광속 값들을 계산하는 단계는 선형 보간 기법 또는 비-선형 보간 기법을 사용하여서 상기 제1 및 제2 복수의 광속 값들 간에 보간을 수행하는 단계를 포함하며, 상기 선형 보간 기법 및 비-선형 보간 기법 간에서의 선택은 상기 발광 LED의 색에 기초하여서 각 발광 LED에 대하여 독립적으로 이루어지는, 방법.

청구항 44

제42항에 있어서,

상기 관계를 생성하는 단계는 고차 보간을 상기 제3 복수의 광속 값들에 적용하여서 광속과 구동 전류 간의 비-선형 관계를 생성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 45

제42항에 있어서,

상기 관계를 생성하는 단계는 구간별 선형 보간을 상기 제3 복수의 광속 값들에 적용하여서 광속과 구동 전류 간의 비-선형 관계를 근사화하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 46

제42항에 있어서,

상기 관계를 생성하는 단계는 LED 제조자가 제공한 데이터 시트로부터 전형적 곡률을 가정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 47

조명 디바이스로서,

복수의 발광 발광 다이오드들(LED들);

복수의 발광 LED들 각각에 대해 복수의 온도들에서 순방향 전압 및 구동 전류를 색도 및 광속에 상관시킨 캘리브레이션 값들의 표를 저장하도록 구성된 저장 매체;

각각의 구동 전류들을 상기 복수의 발광 LED들에 인가하여서 상기 복수의 발광 LED들을 실질적으로 연속적으로 구동하여서 조명을 생성하고, 짧은 지속기간 동안에 상기 복수의 발광 LED들을 주기적으로 턴 오프시키고, 상기 짧은 지속기간 동안에 한 번에 하나의 LED 씩, 비-동작성 구동 전류를 각 발광 LED에 인가하여서 각 발광 LED 양단에서 발생한 동작 순방향 전압을 측정하도록 구성된 LED 구동기 및 수신기 회로;

상기 조명 디바이스에 대한 목표 휘도 설정치 또는 목표 색도 설정치가 변화되었는지를 결정하고, 변화되었다면, 각 발광 LED 양단에서 상기 측정된 동작 순방향 전압들, 상기 캘리브레이션 값들의 표 및 하나 이상의 보간 기법들을 사용하여서 상기 목표 휘도 설정치 및 목표 색도 설정치를 달성하는데 필요한 새로운 각

각의 구동 전류들을 결정하도록 구성된 제어 회로를 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 48

제47항에 있어서,

각 발광 LED는 상이한 피크 파장에서 조명을 생성하도록 구성된, 조명 디바이스.

청구항 49

제47항에 있어서,

상기 비-동작성 구동 전류는 대략 0.1 mA 내지 10 mA의 범위 내에 존재하는, 조명 디바이스.

청구항 50

제47항에 있어서,

상기 저장 매체 내에 저장된 상기 캘리브레이션 값들의 표는 CIE 1931 XYZ 색 공간, CIE 1931 RGB 색 공간, 또는 CIE 1976 LUV 색 공간에 대응하는 색도 캘리브레이션 값들을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 51

제47항에 있어서,

각 발광 LED에 대하여, 상기 캘리브레이션 값들의 표는,

상기 발광 LED가 제1 온도를 받을 때에 캘리브레이션 국면 동안 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 발광 LED에 인가할 시에 해당 발광 LED로부터 이전에 검출된 제1 복수의 x 색도 값들 및 제1 복수의 y 색도 값들;

상기 발광 LED가 제2 온도를 받을 때에 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 발광 LED에 인가할 시에 해당 발광 LED로부터 이전에 검출된 제2 복수의 x 색도 값들 및 제2 복수의 y 색도 값들;

상기 발광 LED가 제1 온도를 받을 때에 상이한 구동 전류들 각각이 상기 발광 LED에 인가된 후에, 비-동작성 구동 전류를 상기 발광 LED에 인가할 시에 상기 발광 LED 양단에서 이전에 측정된 제1 복수의 순방향 전압 값들;

상기 발광 LED가 제2 온도를 받을 때에 상기 상이한 구동 전류들 각각이 상기 발광 LED에 인가된 후에, 상기 비-동작성 구동 전류를 상기 발광 LED에 인가할 시에 상기 발광 LED 양단에서 이전에 측정된 제2 복수의 순방향 전압 값들;

상기 발광 LED가 제1 온도를 받을 때에 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 발광 LED에 인가할 시에 해당 발광 LED로부터 이전에 검출된 제1 복수의 광속 값들; 및

상기 발광 LED가 제2 온도를 받을 때에 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 발광 LED에 인가할 시에 해당 발광 LED로부터 이전에 검출된 제2 복수의 광속 값들을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 52

제51항에 있어서,

각 발광 LED에 대하여, 상기 제어 회로는,

상기 제1 복수의 x 색도 값들 및 제2 복수의 x 색도 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 발광 LED 양단에서 측정된 동작 순방향 전압에 대응하는 제3 복수의 x 색도 값들을 생성하고;

상기 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류가 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 발광 LED에 인가된 복수의 상이한 구동 전류들 중 하나와 상이하면, 상기 제3 복수의 x 색도 값들 간의 관계를 생성하고;

상기 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류에 대응하는, 상기 발광 LED에 대한 예상 x 색도 값을 상기 생성된 관계로부터 결정하도록 더 구성되는, 조명 디바이스.

청구항 53

제52항에 있어서,

각 발광 LED에 대하여, 상기 제어 회로는,

상기 제1 복수의 y 색도 값들 및 제2 복수의 y 색도 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압에 대응하는 제3 복수의 y 색도 값들을 계산하고;

상기 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류가 상기 캘리브레이션 곡면 동안 상기 발광 LED에 인가된 복수의 상이한 구동 전류들 중 하나와 상이하면, 상기 제3 복수의 y 색도 값들 간의 관계를 생성하고;

상기 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류에 대응하는, 상기 발광 LED에 대한 예상 y 색도 값을 상기 생성된 관계로부터 결정하도록 더 구성되는, 조명 디바이스.

청구항 54

제53항에 있어서,

상기 제어 회로는 선형 보간 기법을 사용하여 상기 발광 LED에 대응하는 상기 제1 및 제2 복수의 x 및 y 색도 값들 간에서 각기 보간을 수행함으로써 상기 각 발광 LED에 대한 상기 제3 복수의 x 색도 값들 및 제3 복수의 y 색도 값들을 각기 계산하도록 구성되는, 조명 디바이스.

청구항 55

제53항에 있어서,

상기 제어 회로는

고차 보간을 상기 제3 복수의 x 및 y 색도 값들에 적용하여서 각 발광 LED에 대한 x 및 y 색도 및 구동 전류 간의 비-선형 관계들을 생성하도록 구성되는, 조명 디바이스.

청구항 56

제53항에 있어서,

상기 제어 회로는 구간별 선형 보간을 상기 제3 복수의 x 및 y 색도 값들에 적용하여서 각 발광 LED에 대한 x 및 y 색도 및 구동 전류 간의 비-선형 관계들을 근사화하도록 구성되는, 조명 디바이스.

청구항 57

제53항에 있어서,

상기 제어 회로는, 목표 휘도 설정치 및 목표 색도 설정치를 달성하기 위해서 각 발광 LED에서 필요한 상대 광속(relative luminous flux)을 계산하도록 더 구성되며, 상기 제어 회로는 상기 목표 휘도 설정치, 상기 목표 색도 설정치, 상기 생성된 관계들로부터 결정된 예상 x 색도 값 및 예상 y 색도 값을 사용하여서 각 발광 LED에 대한 상기 상대 광속을 계산하는, 조명 디바이스.

청구항 58

제57항에 있어서,

각 발광 LED에 대하여, 상기 제어 회로는

상기 발광 LED 양단에서 측정된 동작 순방향 전압, 상기 저장된 캘리브레이션 값들의 표, 및 하나 이상의 보간 기법들을 사용하여서 상기 발광 LED에 대해 계산된 상대 광속을 달성하는데 필요한 동작성 구동 전류를 결정하도록 더 구성되는, 조명 디바이스.

청구항 59

제58항에 있어서,

상기 구동기 회로는 상기 결정된 구동 전류로 각 발광 LED를 구동하여서 상기 계산된 상대 광속을 갖는 조명을 생성하도록 더 구성되는, 조명 디바이스.

청구항 60

제58항에 있어서,

각 발광 LED에 대하여, 상기 제어 회로는,

상기 제1 복수의 광속 값들 및 제2 복수의 광속 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 발광 LED 양단에서 측정된 동작 순방향 전압에 대응하는 제3 복수의 광속 값들을 계산하고;

상기 발광 LED에 대해서 계산된 상대 광속이 상기 제3 복수의 광속 값들 중 하나와 상이하면, 상기 제3 복수의 광속 값들 간의 관계를 생성하고;

상기 계산된 상대 광속에 대응하는 구동 전류를 상기 생성된 관계로부터, 선택함으로써 상기 계산된 상대 광속을 달성하는데 필요한 동작성 구동 전류를 결정하도록 더 구성된, 조명 디바이스.

청구항 61

제60항에 있어서,

상기 제어 회로는 선형 보간 기법 또는 비-선형 보간 기법을 사용하여서 상기 발광 LED에 대응하는 상기 제1 및 제2 복수의 광속 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 발광 LED에 대한 제3 복수의 광속 값들을 계산하도록 구성되며, 상기 선형 보간 기법 및 비-선형 보간 기법 간의 선택은 상기 발광 LED의 색에 기초하여서 각 발광 LED에 대하여 독립적으로 이루어지는, 조명 디바이스.

청구항 62

제60항에 있어서,

상기 제어 회로는 고차 보간을 상기 제3 복수의 광속 값들에 적용하여서 상기 발광 LED에 대한 광속과 구동 전류 간의 비-선형 관계를 생성함으로써 상기 관계를 생성하도록 구성되는, 조명 디바이스.

청구항 63

제60항에 있어서,

상기 제어 회로는 구간별 선형 보간을 상기 제3 복수의 광속 값들에 적용하여서 상기 발광 LED에 대한 광속과 구동 전류 간의 비-선형 관계를 근사화함으로써 상기 관계를 생성하도록 구성되는, 조명 디바이스.

청구항 64

제60항에 있어서,

상기 제어 회로는 상기 발광 LED의 제조자가 제공한 데이터 시트로부터 전형적 곡물을 가정함으로써 상기 관계를 생성하도록 구성되는, 조명 디바이스.

청구항 65

제47항에 있어서,

AC 본관과 연결된 위상 동기 루프(PLL)를 더 포함하며, 상기 위상 동기 루프는 상기 AC 본관의 주파수와 동기화되어서 타이밍 신호를 생성하도록 구성되며, 상기 타이밍 신호는 짧은 지속기간 동안에 상기 복수의 발광 LED들을 주기적으로 턴 오프하기 위해서 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 인가되는, 조명 디바이스.

청구항 66

제47항에 있어서,

상기 복수의 발광 LED들 주변의 주변 온도를 검출하도록 구성된 온도 센서를 더 포함하며, 상기 조명 디바이스에 대한 목표 휘도 설정치 및 목표 색도 설정치가 변화되지 않으면, 상기 제어 회로는 상기 주변 온도가 특정량만큼 변하는 경우에만 상기 목표 휘도 설정치 및 목표 색도 설정치를 달성하는데 필요한 구동 전류들 각각을 결정하도록 더 구성되는, 조명 디바이스.

청구항 67

광검출기 및 복수의 LED 체인들을 포함하는 조명 디바이스를 제어하기 위한 방법으로서,

구동 전류들을 상기 복수의 LED 체인들에 실질적으로 연속적으로 인가하여서 조명을 생성하는 단계;

한 번에 하나의 LED 체인씩, 각 LED 체인에 의해서 생성되어서 상기 광검출기에 의해서 수신된 조명에 응답하여서 상기 광검출기 상에 유도된 광전류를 측정하는 단계;

비-동작성 구동 전류를 상기 광검출기에 인가함으로써 상기 광검출기 양단에서 발생한 순방향을 전압을 측정하는 단계;

각 LED 체인에 대하여, 복수의 상이한 온도들에서 순방향 전압 및 광전류를 구동 전류에 상관시킨 저장된 캘리브레이션 값들의 표에 하나 이상의 보간 기법들을 적용함으로써 상기 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류 및 상기 광검출기 양단에서 측정된 순방향 전압에 대응하는 예상 광전류 값을 결정하는 단계; 및

각 LED 체인에 대하여, 상기 예상 광전류 값 및 측정된 광전류 간에 차가 존재하는 경우에 상기 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류를 조절하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 68

제67항에 있어서,

짧은 지속기간 동안에 상기 복수의 LED 체인들을 주기적으로 턴 오프하는 단계를 더 포함하며, 상기 광검출기 상에 유도된 광전류들 및 상기 광검출기 양단에서 발생한 순방향 전압은 짧은 지속기간 동안에 한 번에 하나씩 측정되는, 방법.

청구항 69

제67항에 있어서,

상기 구동 전류를 조절하는 단계는,

상기 예상 광전류 값을 상기 측정된 광전류로 제산(dividing)함으로써 상기 LED 체인에 대한 스케일 팩터(scale factor)를 계산하는 단계;

상기 스케일 팩터를 상기 LED 체인에 대한 목표 광속 값에 적용하여서 조절된 광속 값을 획득하는 단계; 및

상기 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류를 조절하여서 상기 조절된 광속 값을 달성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 70

제67항에 있어서,

각 LED 체인에 대하여, 상기 저장된 캘리브레이션 값들의 표는,

상기 LED 체인이 제1 온도를 받고 복수의 구동 전류들이 상기 LED 체인에 연속적으로 인가되는 때에 상기 LED 체인으로부터 조명을 수광할 시에 상기 광검출기로부터 이전에 획득된 제1 복수의 저장된 광전류 값들;

상기 LED 체인이 제2 온도를 받고 상기 복수의 구동 전류들이 상기 LED 체인에 연속적으로 인가되는 때에 상기 LED 체인으로부터 조명을 수광할 시에 상기 광검출기로부터 이전에 획득된 제2 복수의 저장된 광전류 값들; 및

상기 제1 및 제2 복수의 광전류 값들 각각을 획득한 후에 상기 광검출기 양단에서 이전에 획득된 복수의 저장된 순방향 전압 값들을 포함하는, 방법.

청구항 71

제70항에 있어서,

상기 제1 복수의 저장된 광전류 값들, 제2 복수의 저장된 광전류 값들 및 복수의 저장된 순방향 전압 값들은 측정된 값들 또는 계산된 계수들을 포함하는, 방법.

청구항 72

제70항에 있어서,

예상 광전류 값을 결정하는 단계는,

상기 LED 체인에 대응하는 제1 복수의 저장된 광전류 값들 및 제2 복수의 저장된 광전류 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 측정된 순방향 전압에 대응하는 제3 복수의 광전류 값들을 계산하는 단계;

상기 제3 복수의 광전류 값들 간의 관계를 생성하는 단계; 및

상기 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류에 대응하는 상기 예상 광전류 값을 상기 생성된 관계로부터 선택하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 73

제72항에 있어서,

상기 제3 복수의 광전류 값들을 계산하는 단계는 비-선형 보간 기법을 사용하여 상기 LED 체인에 대응하는 제 1 및 제2 복수의 저장된 광전류 값들 간에 보간을 수행하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 74

제72항에 있어서,

상기 관계를 생성하는 단계는 고차 보간을 상기 제3 복수의 광전류 값들에 적용하여서 상기 LED 체인에 대한 광전류와 구동 전류 간의 비-선형 관계를 생성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 75

제72항에 있어서,

상기 관계를 생성하는 단계는 구간별 선형 보간을 상기 제3 복수의 광전류 값들에 적용하여서 상기 LED 체인에 대한 광전류와 구동 전류 간의 비-선형 관계를 근사화하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 76

조명 디바이스로서,

상기 조명 디바이스를 위한 조명을 생성하도록 구성된 복수의 발광 다이오드(LED) 체인들;

구동 전류들을 상기 복수의 LED 체인들에 실질적으로 연속적으로 인가하여서 상기 조명을 생성하도록 구성된 LED 구동기 및 수신기 회로;

상기 복수의 LED 체인들에 의해서 생성된 조명을 검출하도록 구성된 광검출기;

상기 조명 디바이스의 캘리브레이션 동안 복수의 상이한 온도들에서 상기 LED 체인들 각각에 대해서 이전에 인가된 구동 전류들에, 상기 광검출기로부터 이전에 측정된 순방향 전압들 및 광전류들을 상관시킨 캘리브레이션 값들의 표를 저장하도록 구성된 저장 매체; 및

상기 LED 구동기 및 수신기 회로, 광검출기 및 저장 매체에 연결된 제어 회로를 포함하며,

상기 제어 회로는 각 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류들 및 온도의 현 측정치를 사용하여 상기 저장된 캘리브레이션 값들의 표로부터 각 LED 체인에 대한 예상 광전류 값을 결정하도록 구성된, 조명 디바이스.

청구항 77

제76항에 있어서,

상기 LED 구동기 및 수신기 회로는,

한 번에 하나의 LED 체인씩, 각 LED 체인에 의해서 생성되어서 상기 광검출기에 의해서 수신된 조명에 응답하여서 상기 광검출기 상에 유도된 광전류를 측정하고;

상기 광검출기 양단에서 발생한 순방향 전압을 측정하여서 상기 온도의 현 측정치를 제공하고;

상기 측정된 광전류들 및 측정된 순방향 전압을 상기 제어 회로로 공급하도록 더 구성된, 조명 디바이스.

청구항 78

제77항에 있어서,

각 LED 체인에 대하여, 상기 제어 회로는 상기 LED 체인에 대하여 상기 제어 회로에 의해서 결정된 예상 광전류 값이 상기 LED 체인에 대하여 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 광전류와 상이하면, 상기 조명을 생성하도록 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 상기 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류를 조절하도록 더 구성된, 조명 디바이스.

청구항 79

제78항에 있어서,

각 LED 체인에 대하여, 상기 제어 회로는,

상기 예상 광전류 값을 상기 구동기 회로에 의해서 측정된 광전류로 제산(dividing)함으로써 스케일 팩터(scale factor)를 계산하고;

상기 스케일 팩터를 목표 광속 값에 적용하여서 조절된 광속 값을 획득하며;

상기 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류를 조절하여서 상기 조절된 광속 값을 달성하도록 더 구성된, 조명 디바이스.

청구항 80

제77항에 있어서,

각 LED 체인에 대하여, 상기 제어 회로는 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 순방향 전압, 조명을 생성하도록 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 상기 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류, 및 상기 캘리브레이션 값들의 표 및 하나 이상의 보간 기법들을 사용하여, 상기 예상 광전류 값을 결정하도록 구성된, 조명 디바이스.

청구항 81

제80항에 있어서,

각 LED 체인에 대하여, 상기 캘리브레이션 값들의 표는,

상기 LED 체인이 제1 온도를 받고 복수의 구동 전류들이 상기 LED 체인에 연속적으로 인가되는 때에 상기 LED 체인으로부터 조명을 수광할 시에 상기 광검출기로부터 이전에 획득된 제1 복수의 저장된 광전류 값들;

상기 LED 체인이 제2 온도를 받고 상기 복수의 구동 전류들이 상기 LED 체인에 연속적으로 인가되는 때에 상기 LED 체인으로부터 조명을 수광할 시에 상기 광검출기로부터 이전에 획득된 제2 복수의 저장된 광전류 값들; 및

상기 제1 및 제2 복수의 광전류 값들 각각을 획득한 후에 상기 광검출기 양단에서 이전에 획득된 복수의 저장된 순방향 전압 값들을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 82

제81항에 있어서,

상기 제1 복수의 저장된 광전류 값들, 제2 복수의 저장된 광전류 값들 및 복수의 저장된 순방향 전압 값들은 측정된 값들 또는 계산된 계수들을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 83

제81항에 있어서,

각 LED 체인에 대하여, 상기 제어 회로는,

상기 LED 체인에 대응하는 제1 복수의 저장된 광전류 값들 및 제2 복수의 저장된 광전류 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 순방향 전압에 대응하는 제3 복수의 광전류 값들을 계산하고;

상기 제3 복수의 광전류 값들 간의 관계를 생성하며; 및

상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 상기 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류에 대응하는 예상 광전류 값을 상기 생성된 관계로부터 선택함으로써,

상기 LED 체인에 대한 예상 광전류 값을 결정하도록 구성된, 조명 디바이스.

청구항 84

제83항에 있어서,

상기 제어 회로는 비-선형 보간 기법을 사용하여서 상기 제1 및 제2 복수의 저장된 광전류 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 제3 복수의 광전류 값들을 계산하도록 구성된, 조명 디바이스.

청구항 85

제83항에 있어서,

상기 제어 회로는 고차 보간을 상기 제3 복수의 광전류 값들에 적용하여서 상기 LED 체인에 대한 광전류와 구동 전류 간의 비-선형 관계를 생성함으로써 상기 관계를 생성하도록 구성된, 조명 디바이스.

청구항 86

제83항에 있어서,

상기 제어 회로는 구간별 선형 보간을 상기 제3 복수의 광전류 값들에 적용하여서 상기 LED 체인에 대한 광전류와 구동 전류 간의 비-선형 관계를 근사화함으로써 상기 관계를 생성하도록 구성된, 조명 디바이스.

청구항 87

제1 광검출기 및 제2 광검출기와 함께 조명 디바이스 내에 포함된 인광체 변환 LED를 캘리브레이션하기 위한 방법으로서,

상기 인광체 변환 LED를 제1 주변 온도에 두면서, 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 인광체 변환 LED에 연속적으로 인가하여서 상이한 밝기 레벨들의 조명을 생성하는 단계;

상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 조명에 의해서 상기 제1 및 제2 광검출기들 상에서 유도된 광전류들을 측정하는 단계;

각 유도된 광전류가 측정되기 이전 또는 측정된 이후에 상기 제1 및 제2 광검출기들 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정하는 단계; 및

상기 제1 주변 온도에서 상기 인광체 변환 LED를 캘리브레이션하기 위해서 상기 측정 단계들의 결과들을 상기 조명 디바이스 내에 저장하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 88

제87항에 있어서,

상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 조명에 의해서 상기 제1 광검출기 상에 유도된 광전류들은 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제1 부분에 대응하며, 상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 조명에 의해서 상기 제2 광검출기 상에 유도된 광전류들은 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제2 부분에 대응하며, 상기 제1 부분 및 제2 부분은 실질적으로 상이한 피크 발광 파장들을 갖는, 방법.

청구항 89

제88항에 있어서,

상기 조명 디바이스를 상기 제1 주변 온도와 실질적으로 상이한 제2 주변 온도에 두면서, 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 연속적으로 인가하는 단계, 상기 제1 및 제2 광검출기들 상에 유도된 광전류들을 측정하는 단계, 상기 제1 및 제2 광검출기들 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정하는 단계, 및 측정 단계들의 결과들을 저장하는 단계를 반복하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 90

제89항에 있어서,

상기 방법은 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제1 부분 내에 해당하는 피크 발광 파장을 갖는 기준 LED에 대해서 반복되는, 방법.

청구항 91

조명 디바이스로서,

상기 조명 디바이스에 대한 조명을 방출하도록 구성된 인광체 변환 LED로서, 상기 조명의 스펙트럼은 제1 피크 발광 파장을 갖는 제1 부분 및 상기 제1 피크 발광 파장과 상이한 제2 피크 발광 파장을 갖는 제2 부분을 포함하는, 상기 인광체 변환 LED;

오직 상기 인광체 변환 LED에 의해서 방출된 스펙트럼의 제1 부분만을 검출하도록 구성된 검출 범위를 갖는 제1 광검출기; 및

오직 상기 인광체 변환 LED에 의해서 방출된 스펙트럼의 제2 부분만을 검출하도록 구성된 검출 범위를 갖는 제2 광검출기를 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 92

제91항에 있어서,

상기 제1 피크 발광 파장은 약 400nm 내지 약 500nm의 범위 내에 존재하며, 상기 제2 피크 발광 파장은 약 500nm 내지 약 650nm의 범위 내에 존재하는, 조명 디바이스.

청구항 93

제91항에 있어서,

상기 제1 광검출기의 검출 범위는 약 400 내지 약 500nm의 범위 내에 존재하며, 상기 제2 광검출기의 검출 범위는 약 500nm 내지 약 650nm의 범위 내에 존재하는, 조명 디바이스.

청구항 94

제91항에 있어서,

LED 구동기 및 수신기 회로를 더 포함하며, 상기 LED 구동기 및 수신기 회로는, 캘리브레이션 국면 동안,

상기 조명 디바이스가 제1 주변 온도를 받을 때에 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 인광체 변환 LED에 연속적으로 인가하여서 상이한 밝기 레벨들의 조명을 생성하고;

상기 상이한 구동 전류들 각각에서 상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 조명에 의해서 상기 제1 및 제2 광검출기들 상에서 유도된 광전류들을 측정하고;

각 유도된 광전류가 측정되기 이전 또는 측정된 이후에 각 유도된 광전류가 측정되기 이전 또는 측정된 이후에 상기 제1 및 제2 광검출기들 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정하며;

상기 조명 디바이스가 상기 제1 주변 온도와 상이한 제2 주변 온도를 받을 때에, 상기 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 인광체 변환 LED에 연속적으로 인가하는 단계, 상기 제1 및 제2 광검출기들 상에서 유도된 광전류들을 측정하는 단계, 및 상기 제1 및 제2 광검출기들 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정하는 단계를 반복하도록 구성되는, 조명 디바이스.

청구항 95

제94항에 있어서,

상기 제1 및 제2 광검출기들로부터 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 획득된 광전류 및 순방향 전압 측정치들을 캘리브레이션 값들의 표 내에 저장하도록 구성된 저장 매체를 더 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 96

제95항에 있어서,

상기 LED 구동기 및 수신기 회로는 상기 조명 디바이스의 동안,

구동 전류를 상기 인광체 변환 LED에 실질적으로 연속적으로 인가하여서 조명을 생성하고;

상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성되고 상기 제1 및 제2 광검출기들에 의해서 수광된 조명에 응답하여서 상기 제1 및 제2 광검출기들 상에서 유도된 광전류들을 측정하며;

상기 광전류들이 측정되기 이전 또는 측정된 이후에 상기 제1 및 제2 광검출기들 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정하도록 구성되는, 조명 디바이스.

청구항 97

제96항에 있어서,

상기 LED 구동기 및 수신기 회로는 조명 디바이스의 동작 동안에 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 조명에 응답하여서 상기 제1 광검출기 상에 유도된 제1 광전류 유도된 및 상기 제2 광검출기 상에 유도된 제2 광전류를 측정하도록 구성되며, 상기 제1 광전류 측정치는 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제1 부분에 대응하고, 상기 제2 광전류 측정치는 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제2 부분에 대응하는, 조명 디바이스.

청구항 98

제97항에 있어서,

상기 LED 구동기 및 수신기 회로, 제1 및 제2 광검출기들 및 저장 매체에 연결된 제어 회로를 더 포함하며, 상기 제어 회로는 상기 조명 디바이스의 동작 동안에 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 순방향 전압들 및 상기 인광체 변환 LED에 현재 인가된 구동 전류를 사용하여서 상기 캘리브레이션 값들의 표로부터 상기 인광체 변환 LED 예상 광전류 값들을 결정하도록 구성된, 조명 디바이스.

청구항 99

제98항에 있어서,

상기 제어 회로는 상기 제어 회로에 의해서 결정된 예상 광전류 값들이 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 광전류들과 상이하면, 조명을 생성하게 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 상기 인광체 변환 LED에 현재 인가된 구동 전류를 조절하도록 더 구성된, 조명 디바이스.

청구항 100

제98항에 있어서,

상기 제어 회로는,

상기 제1 광검출기 상에서의 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제1 부분에 대한 제1 예상 광전류 값; 및

상기 제2 광검출기 상에서의 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제2 부분에 대한 제2 예상 광전류 값을 결정하도록 구성된, 조명 디바이스.

청구항 101

제100항에 있어서,

상기 제어 회로는,

상기 제어 회로에 의해서 결정된 제1 예상 광전류 값을 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 제1 광전류 값으로 제산함으로써 제1 스케일 팩터를 계산하고;

상기 제어 회로에 의해서 결정된 제2 예상 광전류 값을 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 제2 광전류 값으로 제산함으로써 제2 스케일 팩터를 계산하도록 더 구성된, 조명 디바이스.

청구항 102

제101항에 있어서,

상기 제어 회로는,

상기 제2 스케일 팩터를 상기 인광체 변환 LED에 대한 목표 광속 값에 적용하여서 상기 인광체 변환 LED에 대한 조절된 광속 값을 획득하고;

상기 인광체 변환 LED에 현재 인가된 구동 전류를 조절하여서 상기 조절된 광속 값을 달성하도록 더 구성된, 조명 디바이스.

청구항 103

제102항에 있어서,

상기 인광체 변환 LED에 의해서 방출된 스펙트럼의 제1 부분 내에 해당하는 피크 발광 파장을 갖는 기준 LED를 더 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 104

제103항에 있어서,

상기 LED 구동기 및 수신기 회로는 상기 조명 디바이스의 동작 동안에 상기 기준 LED에 의해서 생성된 조명에 응답하여서 상기 제1 광검출기 상에서 유도된 제3 광전류를 측정하고 상기 제2 광검출기 상에서 유도된 제4 광전류를 측정하도록 더 구성된, 조명 디바이스.

청구항 105

제104항에 있어서,

상기 제어 회로는

상기 제1 광검출기 상에서의 기준 LED에 대한 제3 예상 광전류 값을 결정하고;

상기 제2 광검출기 상에서의 기준 LED에 대한 제4 예상 광전류 값을 결정하고;

상기 제어 회로에 의해서 결정된 제3 예상 광전류 값을 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 제3 광전류 값으로 제산함으로써 제3 스케일 팩터를 계산하고;

상기 제어 회로에 의해서 결정된 제4 예상 광전류 값을 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 제4 광전류 값으로 제산함으로써 제4 스케일 팩터를 계산하도록 더 구성된, 조명 디바이스.

청구항 106

제105항에 있어서,

상기 제어 회로는,

상기 제4 스케일 팩터를 상기 기준 LED에 대한 목표 광속 값에 적용하여서 상기 기준 LED에 대한 조절된 광속 값을 획득하고; 및

상기 기준 LED에 현재 인가된 구동 전류를 조절하여서 상기 조절된 광속 값을 달성하도록 더 구성된, 조명 디바이스.

청구항 107

제105항에 있어서,

상기 제어 회로는,

상기 제1 스케일 팩터를 상기 제3 스케일 팩터로 제산함으로써 상기 제1 광검출기에 대한 스케일 팩터 비를 생성하고;

상기 제2 스케일 팩터를 상기 제4 스케일 팩터로 제산함으로써 상기 제2 광검출기에 대한 스케일 팩터 비를 생

성하고;

상기 제2 광검출기에 대해서 생성된 스케일 팩터 비를 상기 제1 광검출기에 대해서 생성된 스케일 팩터 비로 제산하여서 상기 인광체 변환 LED에 대한 인광체-대-LED 비를 생성하고;

상기 인광체-대-LED 비를 사용하여서 상기 인광체 변환 LED의 색도를 조절하도록 더 구성된, 조명 디바이스.

청구항 108

인광체 변환 LED, 제1 광검출기 및 제2 광검출기를 포함하는 조명 디바이스를 제어하기 위한 방법으로서,

구동 전류를 상기 인광체 변환 LED에 실질적으로 연속적으로 증가하여서 조명을 생성하는 단계;

상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성되어서 상기 제1 및 제2 광검출기들에 의해서 수광된 조명에 응답하여서, 상기 제1 및 제2 광검출기들 상에서 유도된 광전류들을 측정하는 단계;

비-동작성 구동 전류를 상기 제1 및 제2 광검출기들 각각에 인가함으로써 상기 광전류들이 측정되기 이전 또는 측정된 이후에, 상기 제1 및 제2 광검출기들 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정하는 단계;

복수의 상이한 온도들에서의 구동 전류에 순방향 전압 및 광전류를 상관시킨 저장된 캘리브레이션 값들의 표에 하나 이상의 보간 기법들을 적용함으로써 상기 인광체 변환 LED에 현재 인가된 구동 전류, 및 상기 제1 및 제2 광검출기들 양단에서 측정된 순방향 전압들에 대응하는 상기 인광체 변환 LED에 대한 예상 광전류 값들을 결정하는 단계; 및

상기 예상 광전류 값들 및 측정된 광전류들 간에 차가 존재하면 상기 인광체 변환 LED에 현재 인가된 구동 전류를 조절하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 109

제108항에 있어서,

상기 제1 및 제2 광검출기들 상에서 유도된 광전류들을 측정하는 단계들은,

상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 조명에 응답하여서 상기 제1 광검출기 상에 유도된 제1 광전류 및 상기 제2 광검출기 상에 유도된 제2 광전류를 측정하는 단계를 포함하며,

상기 제1 광전류 측정치는 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제1 부분에 대응하며, 상기 제2 광전류 측정치는 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제2 부분에 대응하는, 방법.

청구항 110

제109항에 있어서,

상기 인광체 변환 LED에 대한 예상 광전류 값들을 결정하는 단계는,

상기 제1 광검출기 상에서의 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제1 부분에 대한 제1 예상 광전류 값을 결정하는 단계; 및

상기 제2 광검출기 상에서의 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제2 부분에 대한 제2 예상 광전류 값을 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 111

제110항에 있어서,

상기 인광체 변환 LED에 현재 인가된 구동 전류를 조절하는 단계는,

상기 제1 예상 광전류 값을 상기 측정 단계에서의 상기 제1 광검출기 상에 유도된 제1 광전류로 제산함으로써 제1 스케일 팩터를 계산하는 단계;

상기 제2 예상 광전류 값을 상기 측정 단계에서의 상기 제2 광검출기 상에 유도된 제2 광전류로 제산함으로써 제2 스케일 팩터를 계산하는 단계;

상기 제2 스케일 팩터를 상기 인광체 변환 LED에 대한 목표 광속 값에 적용하여서 상기 인광체 변환 LED에 대한

조절된 광속 값을 획득하는 단계; 및

상기 인광체 변환 LED에 현재 인가된 구동 전류를 조절하여서 상기 조절된 광속 값을 달성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 112

제111항에 있어서,

상기 조명 디바이스는 기준 LED를 더 포함하며,

상기 방법은,

구동 전류를 상기 기준 LED에 실질적으로 연속적으로 인가하여서 조명을 생성하는 단계;

상기 기준 LED에 의해서 생성되어 상기 제1 및 제2 광검출기들에 의해서 수광된 조명에 응답하여서 상기 제1 광검출기 상에서 유도된 제3 광전류를 측정하고 상기 제2 광검출기 상에서 유도된 제4 광전류를 측정하는 단계;

복수의 상이한 온도들에서의 구동 전류에 순방향 전압 및 광전류를 상관시킨 저장된 캘리브레이션 값들의 표에 하나 이상의 보간 기법들을 적용함으로써 상기 기준 LED에 현재 인가된 구동 전류, 및 상기 제1 및 제2 광검출기들 양단에서 측정된 순방향 전압들에 대응하는 상기 기준 LED에 대한 예상 광전류 값들을 결정하는 단계; 및

상기 예상 광전류 값들 중 적어도 하나 및 상기 측정된 광전류들 중 적어도하나 간에 차가 존재하면 상기 기준 LED에 현재 인가된 구동 전류를 조절하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 113

제112항에 있어서,

상기 기준 LED에 대한 예상 광전류 값들을 결정하는 단계는, ,

상기 제1 광검출기 상에서의 기준 LED에 대한 제3 예상 광전류 값을 결정하는 단계; 및

상기 제2 광검출기 상에서의 기준 LED에 대한 제4 예상 광전류 값을 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 114

제113항에 있어서,

상기 기준 LED에 현재 인가된 구동 전류를 조절하는 단계는,

상기 제3 예상 광전류 값을 상기 측정 단계에서 측정된 상기 제1 광검출기 상에서 유도된 제3 광전류 값으로 제한함으로써 제3 스케일 팩터를 계산하는 단계;

상기 제4 예상 광전류 값을 상기 측정 단계에서 측정된 상기 제2 광검출기 상에서 유도된 제4 광전류 값으로 제한함으로써 제4 스케일 팩터를 계산하는 단계;

상기 제4 스케일 팩터를 상기 기준 LED에 대한 목표 광속 값에 적용하여서 상기 기준 LED에 대한 조절된 광속 값을 획득하는 단계; 및

상기 기준 LED에 현재 인가된 구동 전류를 조절하여서 상기 조절된 광속 값을 달성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 115

제114항에 있어서,

상기 제1 스케일 팩터를 상기 제3 스케일 팩터로 제한함으로써 상기 제1 광검출기에 대한 스케일 팩터 비를 생성하는 단계;

상기 제2 스케일 팩터를 상기 제4 스케일 팩터로 제한함으로써 상기 제2 광검출기에 대한 스케일 팩터 비를 생성하는 단계;

상기 제2 광검출기에 대해서 생성된 스케일 팩터 비를 상기 제1 광검출기에 대해서 생성된 스케일 팩터 비로 제한하여서 상기 인광체 변환 LED에 대한 인광체-대-LED 비를 생성하는 단계; 및

상기 인광체-대-LED 비를 사용하여서 상기 인광체 변환 LED의 색도를 조절하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 116

하나 이상의 발광 모듈들을 포함하는 조명 디바이스로서,

각 발광 모듈은,

상기 조명 디바이스를 위한 조명을 생성하도록 구성된 복수의 발광 다이오드들(LED들);

복수의 LED들에 의해서 생성된 조명을 검출하도록 구성된 하나 이상의 광검출기들;

상기 복수의 LED들 및 하나 이상의 광검출기들이 장착된 기판으로서, 상기 기판은 수평 방향에서 상대적으로 높은 열적 임피던스를 제공하고 수직 방향에서 상대적으로 낮은 열적 임피던스를 제공하도록 구성된, 상기 기판; 및

상기 기판에 연결된 주 광학적 구조체를 포함하며,

상기 주 광학적 구조체는 그 안에 상기 복수의 LED들 및 하나 이상의 광검출기들을 캡슐화하는, 조명 디바이스.

청구항 117

제116항에 있어서,

상기 기판은 상기 수평 방향에서 상대적으로 높은 열적 임피던스를 제공하는 재료로 형성된, 조명 디바이스.

청구항 118

제117항에 있어서,

상기 기판은 약 150 W/(mK)보다 작은 열 전도도를 갖는 재료로 형성된, 조명 디바이스.

청구항 119

제117항에 있어서,

상기 기판은 알루미늄 질화물 재료, 알루미늄 산화물 재료 또는 라미네이트 재료로 형성된, 조명 디바이스.

청구항 120

제116항에 있어서,

상기 기판 두께는 약 300 μ m 내지 약 500 μ m의 범위 내에 존재하는, 조명 디바이스.

청구항 121

제116항에 있어서,

각 발광 모듈은 기판의 하단 표면에 연결된 히트 싱크를 더 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 122

제121항에 있어서,

상기 히트 싱크의 두께는 약 1 mm 내지 약 10 mm의 범위 내에 존재하는, 조명 디바이스.

청구항 123

제121항에 있어서,

상기 히트 싱크는 약 200 W/(mK) 내지 약 400 W/(mK)의 범위 내에 존재하는 열 전도도를 갖는 재료로 형성되는, 조명 디바이스.

청구항 124

제121항에 있어서,

상기 히트 싱크는 구리, 구리-합금, 알루미늄, 또는 알루미늄 합금 재료로 형성되는, 조명 디바이스.

청구항 125

제121항에 있어서,

상기 기판은 상기 LED들 각각 및 상기 하나 이상의 광검출기들 각각 간의, 상기 히트 싱크로의 상대적으로 낮은 열적 임피던스 경로를 제공함으로써 수직 방향에서 상대적으로 낮은 열적 임피던스를 제공하는, 조명 디바이스.

청구항 126

제125항에 있어서,

상기 기판은 상기 기판의 두께를 최소화하고, 상기 LED들 각각 및 상기 하나 이상의 광검출기들 각각을 상기 히트 싱크로 복수의 열 전도성 라인들을 사용하여 연결함으로써 낮은 열적 임피던스 경로들을 제공하는, 조명 디바이스.

청구항 127

제126항에 있어서,

상기 기판의 두께는 약 300 μ m 내지 약 500 μ m의 범위 내에 존재하는, 조명 디바이스.

청구항 128

제126항에 있어서,

상기 복수의 열 전도성 라인들은 약 200W/(mK) 내지 약 400 W/(mK)의 범위 내에 존재하는 열 전도도를 갖는 재료로 형성되는, 조명 디바이스.

청구항 129

제126항에 있어서,

상기 복수의 열 전도성 라인들은 구리, 구리-합금, 알루미늄, 또는 알루미늄 합금 재료로 형성되는, 조명 디바이스.

청구항 130

제116항에 있어서,

상기 복수의 LED들은 상기 기판 상에서 함께 근접하게 장착되고 상기 주 광학적 구조체의 중앙 근처에서 어레이로 배열된 적어도 4개의 LED들을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 131

제130항에 있어서,

상기 복수의 LED들은 적색 LED, 녹색 LED, 청색 LED 및 백색 또는 황색 LED를 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 132

제131항에 있어서,

상기 하나 이상의 광검출기들은 적색 LED, 주황색 LED 또는 황색 LED를 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 133

제130항에 있어서,

상기 복수의 LED들은 적색 LED들의 체인, 녹색 LED들의 체인, 청색 LED들의 체인, 및 백색 또는 황색 LED들의 체인을 포함하며, 각 체인은 2개 내지 4개의 동일한 색의 LED들을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 134

제133항에 있어서,

상기 하나 이상의 광검출기들은 하나 이상의 적색 LED들 및 하나 이상의 녹색 LED들을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 135

하나 이상의 발광 모듈들을 포함하는 조명 디바이스로서,

각 발광 모듈은,

상기 조명 디바이스를 위한 조명을 생성하도록 구성된 복수의 발광 다이오드들(LED들);

복수의 LED들에 의해서 생성된 조명을 검출하도록 구성된 하나 이상의 광검출기들;

상기 복수의 LED들 및 하나 이상의 광검출기들이 장착된 다중 층 기판;

상기 다중 층 기판의 상단 표면 연결된 주 광학적 구조체로서, 그 안에 상기 복수의 LED들 및 하나 이상의 광검출기들을 캡슐화하는, 상기 주 광학적 구조체; 및

상기 다중 층 기판의 하단 표면 연결된 히트 싱크를 포함하며,

상기 다중 층 기판은,

상기 복수의 LED들 및 하나 이상의 광검출기들의 전기적 콘택트들에 연결된 제1 라우팅 층;

상기 제1 라우팅 층의 하단 표면에 연결되고 상기 전기적 콘택트들 및 히트 싱크 간의 전기적 격리를 제공하도록 구성된 제1 유전체 층;

상기 제1 유전체 층의 하단 표면에 연결되고 상기 제1 라우팅 층 및 상기 주 광학적 구조체 외측에 배치된 외부 전기적 콘택트들 간에 신호들을 라우팅하도록 구성된 제2 라우팅 층; 및

상기 제2 라우팅 층의 하단 표면에 연결되고 수평 방향에서 상대적으로 높은 열적 임피던스를 제공하고 수직 방향에서 상대적으로 낮은 열적 임피던스를 제공하도록 구성된 제2 유전체 층을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 136

제135항에 있어서,

상기 복수의 LED들은 상기 다중 층 기판 상에 서로 밀접하게 장착되고 상기 주 광학적 구조체의 중앙 근처에서 어레이로 배열된 적어도 4개의 LED들을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 137

제135항에 있어서,

상기 복수의 LED들은 적색 LED, 녹색 LED, 청색 LED 및 백색 또는 황색 LED를 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 138

제137항에 있어서,

상기 하나 이상의 광검출기들은 적색 LED, 주황색 LED 또는 황색 LED를 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 139

제135항에 있어서,

상기 복수의 LED들은 적색 LED들의 체인, 녹색 LED들의 체인, 청색 LED들의 체인, 및 백색 또는 황색 LED들의 체인을 포함하며, 상기 각 체인은 동일한 색을 갖는 2개 내지 4개의 LED들을 포함하는, 조명 디바이스.

청구항 140

제139항에 있어서,

상기 하나 이상의 광검출기들은 하나 이상의 적색 LED들 및 하나 이상의 녹색 LED들을 포함하는, 조명

디바이스.

청구항 141

제135항에 있어서,

상기 히트 싱크의 두께는 약 1 mm 내지 약 10 mm의 범위 내에 존재하는, 조명 디바이스.

청구항 142

제135항에 있어서,

상기 히트 싱크는 약 200 W/(mK) 내지 약 400 W/(mK)의 범위 내에 존재하는 열 전도도를 갖는 재료로 형성되는, 조명 디바이스.

청구항 143

제135항에 있어서,

상기 히트 싱크는 구리, 구리-합금, 알루미늄, 또는 알루미늄 합금 재료로 형성되는, 조명 디바이스.

청구항 144

제135항에 있어서,

상기 다중 층 기판 두께는 약 300 μm 내지 약 500 μm 의 범위 내에 존재하는, 조명 디바이스.

청구항 145

제135항에 있어서,

상기 제1 유전체 층은 약 150 W/(mK)보다 작은 열 전도도 내지 약 8 내지 12의 범위 내에 존재하는 상대 유전율을 갖는 재료로 형성되며, 상기 제1 유전체 층의 두께는 약 10 μm 내지 약 100 μm 의 범위 내에 존재하는, 조명 디바이스.

청구항 146

제135항에 있어서,

상기 제2 유전체 층은 약 150 W/(mK)보다 작은 열 전도도 내지 약 3 내지 12의 범위 내에 존재하는 상대 유전율을 갖는 재료로 형성되며, 상기 제2 유전체 층의 두께는 약 100 μm 내지 약 1000 μm 의 범위 내에 존재하는, 조명 디바이스.

청구항 147

제135항에 있어서,

상기 제1 유전체 층 및 제2 유전체 층 각각은 알루미늄 질화물 재료 또는 알루미늄 산화물 재료로 형성되는, 조명 디바이스.

청구항 148

제135항에 있어서,

상기 제2 유전체 층은 약 150 W/(mK)보다 작은 열 전도도를 갖는 재료로 상기 제2 유전체 층을 구현함으로써 수평 방향에서 상대적으로 높은 열적 임피던스를 제공하며 상기 제2 유전체 층은 상기 제2 라우팅 층 및 히트 싱크 간에서 상기 제2 유전체 층을 수직으로 관통하는 복수의 열 전도성 라인들을 포함시킴으로써 수직 방향에서 상대적으로 낮은 열적 임피던스를 제공하는, 조명 디바이스.

청구항 149

제148항에 있어서,

상기 복수의 열 전도성 라인들은 약 200W/(mK) 내지 약 400 W/(mK)의 범위 내에 존재하는 열 전도도를 갖는 재

료로 형성된, 조명 디바이스.

청구항 150

제148항에 있어서,

상기 복수의 열 전도성 라인들은 구리, 구리-합금, 알루미늄, 또는 알루미늄 합금 재료로 형성된, 조명 디바이스.

청구항 151

제148항에 있어서,

상기 복수의 열 전도성 라인들 각각은 복수의 밀하게 패키징된 금속 충전 비아들로서 형성된, 조명 디바이스.

청구항 152

제148항에 있어서,

상기 제2 유전체 층 및 히트 싱크 간에 연결된 제3 라우팅 층을 더 포함하며, 상기 제3 라우팅 층은 상기 복수의 열 전도성 라인들 및 히트 싱크 간의 열적 접촉을 개선하기 위해서 그리고 상기 접촉면에 걸친 열적 확산을 개선하기 위해서 상기 히트 싱크의 상부 표면에 걸쳐서 연장된, 조명 디바이스.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 복수의 발광 다이오드(LED들)를 포함하는 조명 디바이스들에 관한 것이며, 특히, 시간 LED들이 에이징됨에 따라서 구동 전류, 온도에서의 변화에 따라서 그리고 시간이 지남에 따라서 조명 디바이스의 목표 광속 및 목표 색도를 획득하도록 조명 디바이스 내의 개별 LED들을 캘리브레이션 및 제어하기 위한 방법들 및 조명 디바이스들에 관한 것이다. 개선된 열적 및 전기적 특성들을 갖는 하나 이상의 발광 모듈들을 포함하는 조명 디바이스가 또한 본 명세서에서 제공된다.

배경 기술

[0002] 다음의 설명들 및 실례들은 오직 배경으로서만 제공되며 본 발명에 대하여 관련성이 있다고 사료되는 정보를 개시하고자 한다. 다음의 정보 중 임의의 것이 본 명세서에서 청구되는 청구 대상의 특허가능한 특성에 영향을 주는 선행 기술을 구성하는 것이 반드시 의도되는 것도 아니며 또는 그렇게 해석되어서도 안된다.

[0003] 조명용 LED들(발광 다이오드들)을 사용하는 램프들 및 디스플레이들은 수많은 상이한 시장들에서 점점 인기를 얻고 있다. LED들은 통상적인 광 소스들, 예를 들어, 백열등 및 형광등에 비해서, 저 전력 소비량, 긴 수명, 해로운 물질 없음 및 상이한 용도들에 대한 추가 특정 이점들을 포함하여 다수의 이점들을 제공한다. 일반적인 조명을 위해서 사용되는 경우에, LED들은 색을 조절하거나(예를 들어, 백색에서 청색, 녹색 등으로 조절하거나) 또는 색 온도를 조절하여서(예를 들어, "따뜻한 백색"에서 "차가운 백색"으로 조절하여서) 상이한 조명 효과를 생성하는 기회를 제공한다.

[0004] LED들이 통상적인 광 소스들에 비해서 수많은 이점들을 제공하지만, LED들의 하나의 단점은 그들의 출력 특성들(예를 들어, 광속 및 색도)가 LED들이 에이징됨에 따라서 구동 전류, 온도에서의 변화에 따라서 그리고 시간이 지남에 따라서 변한다는 것이다. 이러한 효과는 다수의 상이한 색상 발광 LED들을 단일 패키지로 결합한, 다중-색상 LED 조명 디바이스들에서 특히 명백하다.

[0005] 다중-색상 LED 조명 디바이스의 실례는 백색 또는 근사-백색 광을 생성하기 위해서 2개 이상의 상이한 색들의 LED들이 동일한 패키지 내에서 결합되는 것이다. 시장에 수많은 상이한 타입들의 백색 광 램프들이 존재하며, 이들의 일부는 적색, 녹색 및 청색(RGB) LED들, 적색, 녹색, 청색 및 황색(RGBY) LED들, 인광체-변환 백색 및 적색(WR) LED들, RGBW LED들, 등을 결합한다. 상이한 색들의 LED들을 동일한 패키지 내에서 결합시키고 상이한 색상의 LED들을 상이한 구동 전류들로 구동함으로써, 이러한 램프들은 "따뜻한 백색"(예를 들어, 대략적으로 2600K 내지 3700K), 내지 "중립적 백색"(예를 들어, 3700K 내지 5000K) 내지 "차가운 백색"(예를 들어, 5000K 내지 8300K)에 달하는 상관된 색 온도들(CCT들) 또는 색 지점들의 넓은 색영역 내에서 백색 또는 근사-백색 광을 생성하도록 구성될 수 있다. 일부 다중-색상 LED 조명 디바이스들은 또한 조명의 밝기 및/또는 색이 특정한

설정점으로 변화되는 것을 가능하게 한다. 이러한 튜닝가능한 조명 디바이스들은 모두가, 표준화된 색도도 상에서의 특정한 디밍 레벨 및 색도 설정치(또는 색 설정점)로 설정되는 때에, 동일한 색 및 색 렌더링 지수(CRI)를 생성해야 한다.

[0006] 색도도는 색도 좌표 및 스펙트럼 파장들의 측면에서 인간의 눈이 감지할 수 있는 색들의 색영역을 맵핑한다. 모든 포화 색들의 스펙트럼 파장들은 인간의 눈에 의해서 감지된 모든 색조들을 포함하는, (인간의 시야의 "색영역"으로 지칭되는) 윤펍선 공간의 에지를 따라서 분포한다. 색영역의 곡선 에지는 스펙트럼 궤적으로 지칭되며 단색 광에 대응하며, 여기서 각 지점은 단일 파장의 순수한 색조를 나타낸다. 색영역의 보다 낮은 부분 상의 직선 에지는 자색 라인으로 지칭된다. 이러한 색들은 색영역의 경계 상에 존재하지만, 단색 광으로 된 반대색(counterpart)을 가지지 않는다. 작은 포화 색들이 도면의 내부에 도시되며, 백색 및 근사-백색 색들은 중앙에 가깝다.

[0007] 1931 CIE 색도도에서, 인간 시야의 색영역 내의 색들은 색도 좌표(x, y)를 사용하여서 맵핑된다. 예를 들어, 피크 파장 625 nm를 갖는 색(R) LED는 색도 좌표 (0.69, 0.31)를 가지며, 피크 파장 528 nm를 갖는 녹색(G) LED는 색도 좌표(0.18, 0.73)를 가지며, 피크 파장 460을 갖는 청색(B) LED는 색도 좌표(0.14, 0.04)를 가질 수

있다. 흑체 궤적을 따라서 놓인 색도 좌표(즉, 색 지점들)는 플랑크 등식
$$E(\lambda)=A\lambda^{-5}/(e^{(B/T)}-1)$$
 을 따른다. 흑체 궤적 근처 또는 상에 놓인 색 지점들은 대략적으로 2500K 내지 10,000K 범위의 색 온도들을 갖는 백색 또는 근사-백색 광의 범위를 제공한다. 이러한 색 지점들은 통상적으로 2개 이상의 상이한 색상의 LED들부터의 광들을 혼합하여서 달성된다. 예를 들어, 도 1에 도시된 RGB LED들로부터 방출된 광들이 혼합되어서 약 2500K 내지 약 5000K 범위의 색 온도를 갖는 실질적으로 백색 광을 생성한다.

[0008] 조명 디바이스가 흑체 곡선을 따르는 범위를 갖는 백색 또는 근사-백색 색 온도들의 범위(예를 들어, 약 2500K 내지 5000K)를 생성하도록 구성될지라도, 일부 조명 디바이스들은 개별 LED들(예를 들어, RGB)에 의해서 형성된 색영역 18(삼각형) 내의 임의의 색을 생성하도록 구성될 수 있다. 3000K 백색 광에 대한 결합 광의 색도 좌표, 예를 들어, 좌표(0.437, 0.404)는 디바이스가 동작하도록 목표된 목표 색도 또는 색 설정점을 규정한다. 일부 디바이스들에서, 목표 색도 또는 색 설정점은 개별 LED들에 공급된 구동 전류들의 비를 변경함으로써 변화될 수 있다.

[0009] 일반적으로, 조명 디바이스의 목표 색도는 발광 LED들 중 하나 이상에 공급된 듀티 사이클(PWM 디밍에서임) 또는 구동 전류 레벨들(전류 디밍에서임)을 조절함으로써 변화될 수 있다. 예를 들어, RGB LED들을 포함하는 조명 디바이스는 적색 LED들에 공급되는 구동 전류를 증가시키고 청색 및/또는 녹색 LED들에 공급된 구동 전류들을 감소시킴으로써 "보다 따뜻한" 백색 광을 생성하도록 구성될 수 있다. 구동 전류들을 조절하는 것은 또한 조명 디바이스의 루멘 출력 및 온도에 영향을 주기 때문에, 실제 색도가 목표 값과 동일하게 되게 보장하기 위해서 목표 색도는 신중하게 캘리브레이션 및 제어되어야 한다. 대부분의 종래 기술 조명 디바이스들은 조명 디바이스의 색을 제어하기 위한 정확한 캘리브레이션 및 보상 방법을 제공하지 못한다.

[0010] 일부 종래 기술 조명 디바이스들도 색 튜닝 기능에 추가하여서(또는 대신에) 또한 디밍 기능들, 즉, 발광 LED들로부터의 밝기 또는 광속 출력을 변화시키는 기능을 제공한다. 대부분의 경우에, 디밍 레벨은 목표 디밍 레벨을 생성하도록 모든 발광 LED들에 공급된 구동 전류들의 듀티 사이클(PWM 디밍에서임) 또는 구동 전류 레벨들(전류 디밍에서임)을 조절함으로써 변화된다. 그러나, 공급된 구동 전류들을 변화시키면 조명의 색도가 변하고, 이러한 색도 변화는 상이한 LED 디바이스들 및 상이한 디밍 방법들에서 상이하다. 예를 들어, RGB LED 조명 디바이스의 색도는 구동 전류 레벨 및 듀티 사이클 변화에 따라서 다소 크게 변하지만, 인광체-변환 백색 LED 조명 디바이스의 색도는 보다 일정하다. 일정한 목표 색도를 유지하기 위해서, 목표 색도 값들의 범위는 목표 디밍 레벨들의 범위에 걸쳐서 신중하게 캘리브레이션되어야 한다.

[0011] 실제로, 종래 기술 조명 디바이스들에 의해서 생성된 루멘 출력 및 색도는 LED들이 에이징됨에 따라서, 온도 및 시간의 변화로 인해서, 목표 디밍 레벨 및 목표 색도 설정치와 때로 상이하다. 일반적으로, 온도 변화는 모든 인광체 변환 및 비-인광체 변환 LED들의 루멘 출력 및 색도에 영향을 준다. 종래 기술 디바이스들이 어느 수준의 온도 보상을 수행하지만, 온도가 상이한 색들의 LED들의 루멘 출력 및 색도에 상이하게 영향을 준다는 사실을 인식하지 못함으로써 정확한 결과들을 제공하지 못한다. 또한, 이러한 종래 기술 디바이스들은 인광체 에이징으로부터 기인되는, 인광체 변환 LED들에 의해서 생성된 조명의 색도 시프트를 보상하지 못한다. 결과적으로, 이러한 종래 기술 디바이스들은 조명 디바이스의 수명에 걸쳐서 그리고 동작 조건들에 따라서 LED 조명 디바이스에 대한 목표 광속 및 목표 색도를 유지할 수 없다.

[0012] LED들이 에이징됨에 따라서, 온도 변화, 구동 전류 변화에 따라서 그리고 시간에 따라서, LED 조명 디바이스 내의 개별 LED들을 캘리브레이션 및 보상하기 위한 개선된 조명 디바이스들 및 방법들의 필요가 존재한다. 이러한 필요는 다중 내지 색 LED 조명 디바이스들에서 특히 그러한데, 그 이유는 상이한 색들의 LED들이 온도 및 에이징에 의해서 상이하게 영향을 받기 때문이며, 또한 이러한 필요는 LED들 중 하나 이상에 공급된 구동 전류들을 조절함으로써 목표 디밍 레벨 및/또는 목표 색도 설정치가 변화되게 하는 튜닝가능한 조명 디바이스들에서도 특히 그러한데, 그 이유는 구동 전류 변화는 조명 디바이스의 루멘 출력, 색, 및 온도에 내재적으로 영향을 주기 때문이다.

발명의 내용

[0013] 조명 디바이스를 캘리브레이션 및 제어하기 위한 조명 디바이스들 및 방법들의 다양한 실시형태들의 다음의 설명이 첨부된 청구항들의 청구 대상을 한정하는 방식으로 어떠한 방식으로든 해석되지 말아야 한다.

[0014] 일 실시형태에 따라서, LED들이 에이징됨에 따라서 구동 전류, 온도에서의 변화들에 따라서, 및 시간이 지남에 따라서 조명 디바이스의 목표 광속 및 목표 색도가 유지될 수 있도록, LED 조명 디바이스 내의 개별 발광 다이오드들(LED들)을 캘리브레이션하기 위한 방법이 본 명세서에서 제공된다. 일반적으로, 본 명세서에서 기술되는 조명 디바이스는 복수의 발광 LED들, 또는 복수의 발광 LED들의 체인들, 및 적어도 하나의 전용 광검출기를 포함할 수 있다. 단순성을 위해서, 용어 "LED"는 본 명세서에서 단일 LED 또는 동일한 구동 전류가 인가되는 직렬로 연결된 LED들의 체인을 지칭하는데 사용될 수 있다. 본 명세서에서 기술되는 방법들의 일부가 오직 제1 LED만을 참조하여서 기술되지만, 방법들은 조명 디바이스 내에 포함된 각 발광 LED에 대해 수행될 수 있다.

[0015] 일 실시형태에 따라서, 본 명세서에서 제공되는 바와 같은 캘리브레이션 방법은 조명 디바이스를 제1 주변 온도를 두고 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 제1 LED에 연속적으로 인가하여서 3개 이상의 상이한 밝기 레벨들에서의 조명 디바이스의 조명을 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서, 캘리브레이션 방법은 제1 LED로부터 생성된 조명으로부터 복수의 광학적 측정치들 및 적어도 하나의 전용 광검출기로부터 복수의 전기적 측정치들을 획득할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 복수의 광학적 측정치들은 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 제1 LED로부터 생성된 조명으로부터 획득된 복수의 광속 및 색도 측정치들을 포함할 수 있다.

[0016] 일부 실시형태들에서, 복수의 전기적 측정치들은 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 제1 LED에 의해서 유도된 조명에 의해서 광검출기 상에 생성된 복수의 광전류들, 및 각 유도된 광전류가 측정되기 이전, 동안 또는 이후에 광검출기 양단에서 측정된 복수의 순방향 전압들을 포함할 수 있다. 순방향 전압들은 일반적으로 비-동작성 구동 전류를 상기 광검출기에 인가함으로써 광검출기 양단에서 측정된다. 순방향 전압들을 측정하기 위해서 광검출기에 인가된 비-동작성 구동 전류는 조명 디바이스 내에 포함된 광검출기들의 개수, 광검출기(들)의 크기 및 이들이 연결된 방식에 따라서 대략적으로 100uA 내지 대략적으로 1mA 범위에 존재할 수 있다.

[0017] 일부 실시형태들에서, 캘리브레이션 방법은 또한 각 유도된 광전류가 광검출기로부터 측정되기 이전, 동안 또는 이후에 어느 시간에 비-동작성 구동 전류를 제1 LED에 인가함으로써 제1 LED의 음극 및 양극 간에서 발생하는 순방향 전압을 측정할 수 있다. 순방향 전압을 측정하기 위해서 제1 LED에 인가된 비-동작성 구동 전류는 제1 LED의 크기에 따라서, 대략적으로 1 mA 내지 대략적으로 10 mA 범위에 존재할 수 있다.

[0018] 일반적으로, 광속, 색도 및 유도된 광전류 측정치들을 획득하기 위해서 제1 LED에 공급된 구동 전류들은 동작성 구동 전류 레벨들(예를 들어, 약 20 mA 내지 약 500 mA)일 수 있으며 이로써, 순방향 전압을 측정하기 위해서, 광검출기에 공급된 비-동작성 구동 전류(예를 들어, 약 0.1 mA 내지 약 1 mA) 및 제1 LED에 인가된 비-동작성 구동 전류(예를 들어, 약 0.1 mA 내지 약 10 mA)보다 실질적으로 보다 클 수 있다. 일부 경우들에서, 점점 증가하는 구동 전류 레벨들이 제1 LED에 연속적으로 인가되어서 광속, 색도 및 유도된 광전류 측정치들을 획득할 수 있다. 다른 경우들에서, 광속, 색도 및 유도된 광전류 측정치들은 감소하는 레벨들의 구동 전류를 제1 LED에 연속적으로 인가할 시에 획득될 수 있다. 구동 전류들이 광학적 및 전기적 측정들 동안에 인가되는 순서는, 구동 전류들이 서로 상이할 경우에는 제외하고는, 크게 중요하지 않다.

[0019] 일 실시형태에서, 3개의 광속 측정치들, 3개의 x 색도 측정치들, 3개의 y 색도 측정치들 및 3개의 유도된 광전류 측정치들이 제1 동작성 구동 전류, 제1 동작성 구동 전류보다 실질적으로 작은 제2 동작성 구동 전류, 및 제2 동작성 구동 전류보다 실질적으로 작은 제3 동작성 구동 전류를 제1 LED에 연속적으로 인가할 시에 제1 LED로부터 획득될 수 있다. 일 실례에서, 제1 동작성 구동 전류는 제1 LED와 연관된 최대 구동 전류(예를 들어, LED 부품 개수 및 제조자에 따라서 약 500 mA)와 실질적으로 동일하며, 제2 동작성 구동 전류는 최대 구동 전류의

약 30%일 수 있으며, 제3 동작성 구동 전류는 최대 구동 전류의 약 10%일 수 있다. 실례들이 본 명세서에서 제공되지만, 캘리브레이션 방법은 임의의 특정한 값 또는 임의의 특정한 개수의 구동 전류 레벨들로 한정되지 않으며, 제1 LED의 동작 전류 레벨 범위 내에서 실질적으로 임의의 값 및/또는 임의의 개수의 구동 전류 레벨들을 제1 LED에 인가할 수 있다. 또한, 캘리브레이션 방법은 오직 CIE 1931 XYZ 색 공간에서의 색도 측정으로 한정되지 않으며, 추가적으로 또는 이와 달리, 본 명세서에서 기술되는 바와 같은, 발광 LED들의 조합들을 포함하는 LED 조명 디바이스의 색영역을 기술하는데 사용될 수 있는 임의의 색 공간에서의 색도를 측정할 수 있다.

[0020] 광학적 및 전기적 측정 값들이 제1 주변 온도에 획득된 이후의 어느 시간에, 상기 획득하는 단계들의 결과들이 제1 LED를 제1 온도에서 캘리브레이션하기 위해서 조명 디바이스 내에 저장될 수 있다. 일 실시형태에서, 제1 주변 온도에서 획득된 광학적 및 전기적 측정 값들은 캘리브레이션 값들의 표 내에 저장될 수 있다.

[0021] 일부 경우들에서, 캘리브레이션 방법은 상기 제1 LED를 상기 제1 주변 온도와 상이한 제2 주변 온도에 두는 단계, 및 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 제1 LED에 연속적으로 인가하는 단계, 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 상기 제1 LED에 의해서 생성된 조명으로부터 복수의 광학적 측정치들을 획득하는 단계, 상기 광검출기로부터 복수의 전기적 측정치들을 획득하는 단계, 및 상기 제2 주변 온도에서 상기 제1 LED를 캘리브레이션하기 위해서 상기 획득하는 단계들에 의해서 획득된 결과들을 저장하는 단계를 반복하는 단계로 진행할 수 있다. 일 실시형태에서, 제2 주변 온도에서 획득된 광학적 및 전기적 측정 값들은 캘리브레이션 값들의 표 내에 저장될 수 있다.

[0022] 일 실시형태에서, 제2 주변 온도는 제1 주변 온도보다 실질적으로 작을 수 있다. 예를 들어, 제2 주변 온도는 상온(예를 들어, 대략적으로 25°C)과 대략적으로 동일하며 제1 주변 온도는 상온보다 실질적으로 클 수 있다. 일 실례에서, 제1 주변 온도는 디바이스가 동작하도록 예상되는, 상승된 온도(예를 들어, 대략적으로 70°C) 또는 최대 온도(예를 들어, 대략적으로 85°C)에 근사할 수 있다. 다른 실시형태에서, 제2 주변 온도는 제1 주변 온도보다 실질적으로 클 수 있다.

[0023] 제1 LED를 캘리브레이션하기 위해서 온도들이 적용되는 정확한 값들, 개수 및 순서는 다소 중요하지 않다. 그러나, 충분한 개수의 상이한 구동 전류 레벨들에서 제1 LED로부터 광속 및 색도 측정치들을 획득하고 광검출기(들)로부터 광전류 측정치들을 획득하여서, 이러한 측정치들 및 구동 전류 간의 비-선형 관계가 제1 LED의 동작 전류 레벨 범위에 걸쳐서 정확하게 특성화될 수 있게 하는 일반적으로 바람직하다. 일 예시적인 실시형태에서, 조명 디바이스는 조명 디바이스의 동작 온도 범위에 걸쳐서 선택된 2개의(또는 보다 많은) 실질적으로 상이한 주변 온도들을 받을 수 있다.

[0024] 다른 실시형태에 따라서, 조명 디바이스의 조명을 생성하도록 구성된 복수의 발광 다이오드(LED) 체인들, 및 복수의 LED 체인들 각각으로부터 생성된 조명을 검출하도록 구성된 광검출기를 갖는 조명 디바이스가 본 명세서에서 제공된다. 일반적으로, 각 LED 체인은 동일한 색의 2 개 이상의 LED들을 포함할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 각 LED 체인은 상이한 피크 발광 파장을 갖는 조명을 생성하도록 구성될 수 있다. 다른 실시형태들에서, 2 개 이상의 LED 체인들이 동일한 피크 발광 파장을 갖는 조명을 생성하도록 구성될 수 있다.

[0025] 조명 디바이스는 LED 구동기 및 수신기 회로를 더 포함할 수 있으며, LED 구동기 및 수신기 회로는 상기 LED 체인들이 제1 주변 온도를 받을 때에 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 복수의 LED 체인들 각각에 한 번에 하나의 LED 체인씩 연속적으로 인가하여서 상이한 밝기 레벨들에서 조명을 생성하고, 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 상기 복수의 LED 체인들 각각에 의해서 생성된 조명에 의해서 상기 광검출기 상에 유도된 광전류들을 측정하고, 각 유도된 광전류가 측정되기 이전, 동안 또는 이후에 상기 광검출기 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정하도록 구성된다. 또한, 상기 LED 구동기 및 수신기 회로는 상기 LED 체인들이 상기 제1 주변 온도와 상이한 제2 주변 온도를 받을 때에 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 복수의 LED 체인들 각각에 연속적으로 인가하는 동작, 상기 광검출기 상에 유도된 광전류들을 측정하는 동작, 및 상기 광검출기 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정하는 동작을 반복하도록 구성된다.

[0026] 상기 조명 디바이스는 상기 LED 체인들이 상기 제1 및 제2 주변 온도들을 받을 때에 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 상기 복수의 LED 체인들 각각에 의해서 생성된 조명을 수광할 시에 외부 캘리브레이션 틀에 의해서 측정된 광속 및 색도 측정치들을 수신하도록 구성된 인터페이스를 더 포함할 수 있다. 일 실시형태에서, 상기 인터페이스는 무선 주파수(RF), 적외선(IR) 광 또는 가시 광을 사용하여 통신하도록 구성된 무선 인터페이스일 수 있다. 예를 들어, 상기 무선 인터페이스는 ZigBee, WiFi, 또는 블루투스 통신 프로토콜들 중 적어도 하나에 따라서 동작하도록 구성될 수 있다. 다른 실시형태에서, 상기 인터페이스는 AC 본관, 전용 도전체 또는 도전체 세트를 통해서 통신하도록 구성된 유선 인터페이스일 수 있다.

- [0027] 상기 조명 디바이스는 상기 복수의 LED 체인들 각각에 대해서 획득된 광전류, 순방향 전압, 광속, 및 색도 측정치들을 캘리브레이션 값들의 표 내에 저장하도록 구성된 저장 매체를 더 포함할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 저장 매체 내에 저장된 광전류, 순방향 전압, 광속, 및 색도 측정치들은 LED 구동기 및 수신기 회로 및 외부 캘리브레이션 툴로부터 획득된 측정된 값들을 포함할 수 있다. 다른 실시형태들에서, 측정된 값들은 수신된 캘리브레이션 값들 대신에 또는 이에 추가하여서, 저장 매체 내에 저장된 캘리브레이션 계수들을 계산하는데 사용될 수 있다.
- [0028] 일 실시형태에 따라서, 각 LED 체인에 대해서, 상기 캘리브레이션 값들의 표는, 상기 LED 체인이 상기 제1 주변 온도를 받고 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들이 해당 LED 체인에 연속적으로 인가되는 때에, 상기 LED 체인으로부터 조명을 수광할 시에 상기 광검출기로부터 획득된 제1 복수의 광전류 값들, 상기 LED 체인이 상기 제2 주변 온도를 받고 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들이 해당 LED 체인에 연속적으로 인가되는 때에, 상기 LED 체인으로부터 조명을 수광할 시에 상기 광검출기로부터 획득된 제2 복수의 광전류 값들, 및 각 광전류 값이 측정된 이전, 동안 또는 이후에 상기 광검출기 양단에서 측정된 복수의 순방향 전압 값들을 포함할 수 있다.
- [0029] 일부 실시형태들에서, 상기 LED 구동기 및 수신기 회로는 비-동작성 구동 전류를 해당 LED 체인에 인가하고, 각 유도된 광전류가 측정되기 이전, 동안 또는 이후에 LED 체인 양단에서 발생한 순방향 전압을 측정하도록 더 구성될 수 있다. 이러한 실시형태들에서, 각 LED 체인에 대하여, 상기 캘리브레이션 값들의 표는, 상기 LED 체인이 상기 제1 주변 온도를 받을 때에 상기 비-동작성 구동 전류를 해당 LED 체인에 인가할 시에 상기 LED 체인 양단에서 측정된 제1 복수의 순방향 전압 값들; 및 상기 LED 체인이 상기 제2 주변 온도를 받을 때에 상기 비-동작성 구동 전류를 해당 LED 체인에 인가할 시에 상기 LED 체인 양단에서 측정된 제2 복수의 순방향 전압 값들을 포함할 수 있다.
- [0030] 일부 실시형태들에서, 각 LED 체인에 대하여, 상기 캘리브레이션 값들의 표는, 상기 LED 체인이 상기 제1 주변 온도를 받을 때에 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 LED 체인에 인가할 시에 상기 LED 체인으로부터 검출된 제1 복수의 광속 값들; 및 상기 LED 체인이 상기 제2 주변 온도를 받을 때에 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 LED 체인에 인가할 시에 상기 LED 체인으로부터 검출된 제2 복수의 광속 값들을 더 포함할 수 있다.
- [0031] 일부 실시형태들에서, 각 LED 체인에 대하여, 상기 캘리브레이션 값들의 표는, 상기 LED 체인이 상기 제1 주변 온도를 받을 때에 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 LED 체인에 인가할 시에 상기 LED 체인으로부터 검출된 제1 복수의 x 색도 값들 및 제1 복수의 y 색도 값들; 및 상기 LED 체인이 상기 제2 주변 온도를 받을 때에 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 상기 LED 체인에 인가할 시에 상기 LED 체인으로부터 검출된 제2 복수의 x 색도 값들 및 제2 복수의 y 색도 값들을 더 포함할 수 있다. 그러나, 캘리브레이션 값들의 표는 오직 CIE 1931 XYZ 색 공간으로부터의 색도 값들을 저장하는 것으로 한정되지 않으며, 추가적으로 또는 이와 달리 본 명세서에서 기술되는 바와 같은 발광 LED들의 조합들을 포함하는 LED 조명 디바이스의 색영역을 기술하는데 사용될 수 있는 임의의 색 공간으로부터의 색도 값들을 저장할 수 있다.
- [0032] 일부 실시형태들에서, 상기 조명 디바이스는 상기 복수의 LED 체인들의 서브세트에 의해서 생성된 조명을 검출하도록 구성된 추가 광검출기를 더 포함할 수 있다. 일 실례에서, LED 체인들의 서브세트는 인광체 변환 LED들의 체인(예를 들어, 인광체 변환 백색 LED들의 체인) 및 기준 LED들의 체인(예를 들어, 청색 LED들의 체인)을 포함할 수 있다.
- [0033] 이러한 실시형태들에서, 상기 LED 구동기 및 수신기 회로는, 상기 LED 체인들이 상기 제1 및 제2 주변 온도들을 받을 때에 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 상기 인광체 변환 LED들의 체인 및 기준 LED들의 체인에 의해서 개별적으로 생성된 조명에 의해서 상기 추가 광검출기 상에 유도된 광전류들을 측정하고, 각 유도된 광전류가 측정되기 이전, 동안 또는 이후에, 추가 광검출기 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정하도록 더 구성될 수 있다.
- [0034] 이러한 실시형태들에서, 상기 서브세트 내의 각 LED에 체인에 대하여, 상기 캘리브레이션 값들의 표는, 상기 LED 체인이 상기 제1 주변 온도를 받으며 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들이 해당 LED 체인에 연속적으로 인가되는 때에 상기 LED 체인으로부터 조명을 수광할 시에 상기 추가 광검출기로부터 획득된 제1 복수의 광전류 값들; 상기 LED 체인이 상기 제2 주변 온도를 받으며 상기 적어도 3개의 상이한 구동 전류들이 해당 LED 체인에 연속적으로 인가되는 때에 상기 LED 체인으로부터 조명을 수광할 시에 상기 추가 광검출기로부터 획득된 제2 복수의 광전류 값들; 및 각 광전류 값이 측정된 이전, 동안, 또는 이후에 상기 추가 광검출기 양단에서 측정된 복수의 순방향 전압 값들을 더 포함할 수 있다. 상기 추가 광검출기 양단에서 측정된 순방향 전압들 및 유도된 광

전류들은 측정된 값들 또는 계산된 계수들로서 저장 매체 내에 저장될 수 있다.

- [0035] 다른 실시형태에 따라서, LED 조명 디바이스의 목표 광속 및 목표 색도가 온도 변화 및 구동 전류 변화에 따라서 유지될 수 있도록, LED 조명 디바이스를 제어하기 위한 제1 보상 방법이 본 명세서에서 제공된다. 일반적으로, 제1 보상 방법은 각각의 구동 전류들을 상기 복수의 발광 LED들에 인가하여서 상기 복수의 발광 LED들을 실질적으로 연속적으로 구동하여서 조명을 생성하고, 짧은 지속기간 동안에 복수의 발광 LED들을 주기적으로 턴 오프하며, 상기 복수의 발광 LED들이 주기적으로 턴 오프되는 짧은 지속기간 동안에, 한 번에 하나의 LED 씩 비-동작성 구동 전류를 각 발광 LED에 인가함으로써 각 발광 LED 양단에서 현재 발생한 순방향 전압을 측정함으로써 시작할 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 비-동작성 구동 전류는 LED로부터의 상당한 조명을 생성하기에 불충분한 구동 전류 레벨로서 기술될 수 있으며, 대략적으로 0.1 mA 내지 대략적으로 10 mA 범위에 존재할 수 있다.
- [0036] 본 명세서에서 기술되는 제1 보상 방법은 각 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압, 각 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류, 복수의 상이한 온도들에서의 색도와 순방향 전압 및 구동 전류를 상관시킨 저장된 캘리브레이션 값들의 표, 및 하나 이상의 보간 기법들을 사용하여서 각 발광 LED에 대해 예상된 색도 값들을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 이 방법은 상기 조명 디바이스의 목표 휘도 설정치 및 목표 색도 설정치를 모니터링하는 단계, 및 상기 목표 휘도 설정치 및 목표 색도 설정치 중 적어도 하나에서의 변화가 검출될때에만 상기 측정하는 단계 및 상기 결정하는 단계를 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0037] 일반적으로, 상기 저장된 캘리브레이션 값들의 표는 CIE 1931 XYZ 색 공간, CIE 1931 RGB 색 공간, 또는 CIE 1976 LUV 색 공간, 또는 다양한 다른 RGB 색 공간들(예를 들어, sRGB, Adobe RGB, 등)에 대응하는 색도 캘리브레이션 값들을 포함할 수 있다. 본 명세서에서 기술되는 제1 보상 방법이 오직 x 및 y 색도 캘리브레이션 값들만을 사용할지라도, 본 기술 분야의 당업자는 본 명세서에서 기술되는 바업들에서 다른 색 공간들의 색도 값들이 달리 획득 및 사용될 수 있는 방식을 이해할 것이다. 이로써, 제1 보상 방법은 본 명세서에서 기술되는 바와 같은 발광 LED들의 실질적으로 임의의 조합들을 포함하는 LED 조명 디바이스의 색영역을 기술하는데 사용될 수 있는 임의의 색 공간으로부터의 색도 캘리브레이션 값들을 포함하는 것으로 해석된다.
- [0038] 일 실시형태에 따라서, 각 발광 LED에 대하여, 상기 저장된 캘리브레이션 값들의 표는, 상기 발광 LED가 제1 온도를 받을 때에 캘리브레이션 국면 동안 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 발광 LED에 인가할 시에 상기 발광 LED로부터 이전에 검출된 제1 복수의 x 색도 값들 및 제1 복수의 y 색도 값들; 및 상기 발광 LED가 제2 온도를 받을 때에 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 발광 LED에 인가할 시에 상기 발광 LED로부터 이전에 검출된 제2 복수의 x 색도 값들 및 제2 복수의 y 색도 값들을 포함할 수 있다.
- [0039] 또한, 상기 캘리브레이션 값들의 표는 각 발광 LED에 대한 제1 복수의 순방향 전압 값들 및 제2 복수의 순방향 전압 값들을 포함할 수 있다. 제1 복수의 순방향 전압 값들은 상기 발광 LED가 상기 제1 온도를 받을 때에, 상이한 구동 전류들 각각이 상기 발광 LED에 인가된 이전, 동안 또는 이후에 비-동작성 구동 전류를 상기 발광 LED에 인가할 시에 상기 발광 LED 양단에서 이전에 측정된 값일 수 있다. 제2 복수의 순방향 전압 값들은 상기 발광 LED가 상기 제2 온도를 받을 때에, 상기 상이한 구동 전류들 각각이 상기 발광 LED에 인가된 이전, 동안 또는 이후에 상기 비-동작성 구동 전류를 상기 발광 LED에 인가할 시에 상기 발광 LED 양단에서 이전에 측정된 값일 수 있다.
- [0040] 일 실시형태에서, 상기 각 발광 LED에 대한, 예상 x 색도 값들이, 상기 제1 복수의 x 색도 값들 및 제2 복수의 x 색도 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압에 대응하는 제3 복수의 x 색도 값들을 계산하고, 상기 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류가 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 발광 LED에 인가된 복수의 상이한 구동 전류들 중 하나와 상이하면, 상기 제3 복수의 x 색도 값들 간의 관계를 생성하고, 상기 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류에 대응하는, 상기 발광 LED에 대한 예상 x 색도 값을 상기 생성된 관계로부터 결정함으로써 결정될 수 있다.
- [0041] 일 실시형태에서, 각 발광 LED에 대한 예상 y 색도 값은, 상기 제1 복수의 y 색도 값들 및 제2 복수의 y 색도 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압에 대응하는 제3 복수의 y 색도 값들을 계산하고, 상기 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류가 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 발광 LED에 인가된 복수의 상이한 구동 전류들 중 하나와 상이하면, 상기 제3 복수의 y 색도 값들 간의 관계를 생성하고, 상기 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류에 대응하는, 상기 발광 LED에 대한 예상 y 색도 값을 상기 생성된 관계로부터 결정함으로써 결정될 수 있다.

- [0042] 일부 경우들에서, 상기 제3 복수의 x 색도 값들 및 제3 복수의 y 색도 값들을 계산하는 단계들 각각은 선형 보간 기법을 사용하여서 각기 상기 제1 및 제2 복수의 x 및 y 색도 값들 간에서 보간을 수행하는 단계들을 각각 포함할 수 있다. 일부 경우들에서, 상기 관계를 생성하는 단계는 고차 보간(higher-order interpolation)을 상기 제3 복수의 x 및 y 색도 값들에 적용하여서 상기 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압에서의 x 및 y 색도 및 구동 전류 간의 비-선형 관계를 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 다른 경우들에서, 상기 관계를 생성하는 단계는 구간별 선형 보간(piece-wise linear interpolation)을 상기 제3 복수의 x 및 y 색도 값들에 적용하여서 상기 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압에서의 x 및 y 색도 및 구동 전류 간의 비-선형 관계를 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 또 다른 경우들에서, 상기 관계를 생성하는 단계는 LED 제조자가 제공한 데이터 시트로부터 전형적 곡률(typical curvature)을 가정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0043] 일부 실시형태들에서, 제1 보상 방법은 상기 조명 디바이스의 목표 휘도 설정치 및 목표 색도 설정치를 달성하기 위해서 각 발광 LED에서 필요한 상대 광속(relative luminous flux)을 계산하는 단계를 더 포함할 수 있다. 일반적으로, 각 발광 LED에 대한 상기 상대 광속은 상기 목표 휘도 설정치, 상기 목표 색도 설정치, 상기 생성된 관계들로부터 결정된 예상 x 색도 값 및 예상 y 색도 값을 사용하여서 계산될 수 있다.
- [0044] 일부 실시형태들에서, 제1 보상 방법은 각 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압, 저장된 캘리브레이션 값들의 표, 및 하나 이상의 보간 기법들을 사용하여서, 각 발광 LED에 대해 계산된 상대 광속을 달성하는데 필요한 동작성 구동 전류를 결정하는 단계, 및 상기 결정된 구동 전류로 각 발광 LED를 구동하여서 상기 계산된 상대 광속을 갖는 조명을 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0045] 복수의 상이한 온도들에서의 색도에 대해서 순방향 전압 및 구동 전류를 상관시키는 것 이외에, 상기 저장된 캘리브레이션 값들의 표는 복수의 상이한 온도들에서의 광속에 대해서 순방향 전압 및 구동 전류를 더 상관시킬 수 있다. 예를 들어, 각 발광 LED에 대해, 상기 저장된 캘리브레이션 값들의 표는, 상기 발광 LED가 제1 온도를 받을 때에 캘리브레이션 국면 동안 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 발광 LED에 인가할 시에 상기 발광 LED로부터 이전에 검출된 제1 복수의 광속 값들; 및 상기 발광 LED가 제2 온도를 받을 때에 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 발광 LED에 인가할 시에 상기 발광 LED로부터 이전에 검출된 제2 복수의 광속 값들을 포함할 수 있다.
- [0046] 각 발광 LED에 대하여, 구동 전류를 결정하는 단계는, 상기 제1 복수의 광속 값들 및 제2 복수의 광속 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압에 대응하는 제3 복수의 광속 값들을 계산하는 단계, 상기 발광 LED에 대해서 계산된 상대 광속이 상기 제3 복수의 광속 값들 중 하나와 상이하면, 상기 제3 복수의 광속 값들 간의 관계를 생성하는 단계, 및 상기 계산된 상대 광속에 대응하는 구동 전류를 상기 생성된 관계로부터, 선택함으로써 상기 계산된 상대 광속을 달성하는데 필요한 동작성 구동 전류를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0047] 일부 경우들에서, 상기 제3 복수의 광속 값들은 선형 보간 기법 또는 비-선형 보간 기법을 사용하여서 상기 제1 및 제2 복수의 광속 값들 간에 보간을 수행함으로써 계산될 수 있다. 일반적으로, 상기 선형 보간 기법 및 비-선형 보간 기법 간에서의 선택은 상기 발광 LED의 색에 기초하여서 각 발광 LED에 대하여 독립적으로 이루어진다.
- [0048] 일부 경우들에서, 상기 관계는 고차 보간을 상기 제3 복수의 광속 값들에 적용하여서 광속과 구동 전류 간의 비-선형 관계를 생성함으로써 생성될 수 있다. 다른 경우들에서, 상기 관계는 구간별 선형 보간을 상기 제3 복수의 광속 값들에 적용하여서 광속과 구동 전류 간의 비-선형 관계를 근사화함으로써 생성될 수 있다. 또 다른 경우들에서, 상기 관계는 LED 제조자가 제공한 데이터 시트로부터 전형적 곡률을 가정함으로써 생성될 수 있다.
- [0049] 다른 실시형태에 따라서, 복수의 발광 발광 다이오드들(LED들), 저장 매체, LED 구동기 및 수신기 회로 및 제어 회로를 갖는 조명 디바이스가 본 명세서에서 제공된다. 상기 복수의 발광 다이오드(LED) 체인들은 일반적으로 조명 디바이스를 위한 조명을 생성하도록 구성될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 각 발광 LED는 상이한 피크 파장에서 조명을 생성하도록 구성될 수 있다. 그러나, 다른 실시형태들에서, 발광 LED들 중 하나 이상은 동일 피크 파장에서 조명을 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0050] 상기 저장 매체는 일반적으로, 복수의 발광 LED들 각각에 대해 복수의 온도들에서 순방향 전압 및 구동 전류들 색도 및 광속에 상관시킨 캘리브레이션 값들의 표를 저장하도록 구성될 수 있다. 일반적으로, 저장 매체 내에 저장된 캘리브레이션 값들의 표는 CIE 1931 XYZ 색 공간, CIE 1931 RGB 색 공간, CIE 1976 LUV 색 공간, 또는 다양한 다른 RGB 색 공간들(예를 들어, sRGB, Adobe RGB, 등)에 대응하는 색도 캘리브레이션 값들을 포함할 수

있다.

- [0051] 일 실시형태에 따라서, 각 발광 LED에 대하여, 상기 캘리브레이션 값들의 표는, 상기 발광 LED가 제1 온도를 받을 때에 캘리브레이션 국면 동안 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 발광 LED에 인가할 시에 해당 발광 LED로부터 이전에 검출된 제1 복수의 x 색도 값들 및 제1 복수의 y 색도 값들을 포함할 수 있다. 각 발광 LED에 대하여, 상기 캘리브레이션 값들의 표는, 상기 발광 LED가 제2 온도를 받을 때에 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 발광 LED에 인가할 시에 해당 발광 LED로부터 이전에 검출된 제2 복수의 x 색도 값들 및 제2 복수의 y 색도 값들을 더 포함할 수 있다.
- [0052] 또한, 상기 캘리브레이션 값들의 표는, 각 발광 LED에 대한 제1 복수의 순방향 전압 값들 및 제2 복수의 순방향 전압 값들 더 포함할 수 있다. 제1 복수의 순방향 전압 값들은 상기 발광 LED가 제1 온도를 받을 때에 상이한 구동 전류들 각각이 상기 발광 LED에 인가되기 이전, 동안, 또는 후에, 비-동작성 구동 전류를 상기 발광 LED에 인가할 시에 상기 발광 LED 양단에서 이전에 측정된 값들일 수 있다. 제2 복수의 순방향 전압 값들은 상기 발광 LED가 제2 온도를 받을 때에 상기 상이한 구동 전류들 각각이 상기 발광 LED에 인가되기 이전, 동안, 또는 후에, 상기 비-동작성 구동 전류를 상기 발광 LED에 인가할 시에 상기 발광 LED 양단에서 이전에 측정된 값들일 수 있다.
- [0053] 또한, 상기 캘리브레이션 값들의 표는, 각 발광 LED에 대한 제1 복수의 광속 값들 및 제2 복수의 광속 값들을 더 포함할 수 있다. 제1 복수의 광속 값들은 상기 발광 LED가 제1 온도를 받을 때에 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 발광 LED에 인가할 시에 해당 발광 LED로부터 이전에 검출된 값일 수 있다. 제2 복수의 광속 값들은 상기 발광 LED가 제2 온도를 받을 때에 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 발광 LED에 인가할 시에 해당 발광 LED로부터 이전에 검출된 값일 수 있다.
- [0054] 상기 LED 구동기 및 수신기 회로는 일반적으로 각각의 구동 전류들을 상기 복수의 발광 LED들에 인가하여서 상기 복수의 발광 LED들을 실질적으로 연속적으로 구동하여서 조명을 생성하고, 짧은 지속기간 동안에 상기 복수의 발광 LED들을 주기적으로 턴 오프시키고, 상기 짧은 지속기간 동안에 한 번에 하나의 LED 씩, 비-동작성 구동 전류를 각 발광 LED에 인가하여서 각 발광 LED 양단에서 발생한 동작 순방향 전압을 측정하도록 구성될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 비-동작성 구동 전류는 LED로부터의 상당한 조명을 생성하기에 불충분한 구동 전류 레벨로서 기술될 수 있으며, 대략적으로 0.1 mA 내지 대략적으로 10 mA 범위에 존재할 수 있다.
- [0055] 일부 실시형태들에서, 조명 디바이스는 AC 본관과 연결된 위상 동기 루프(PLL)를 더 포함하며, 상기 위상 동기 루프는 상기 AC 본관의 주파수와 동기화되어서 타이밍 신호를 생성하도록 구성될 수 있다. 이러한 실시형태들에서, 상기 타이밍 신호는 짧은 지속기간 동안에 상기 복수의 발광 LED들을 주기적으로 턴 오프하기 위해서 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 공급될 수 있다.
- [0056] 상기 제어 회로는 LED 구동기 및 수신기 회로 및 저장 매체에 연결될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 제어 회로는 상기 조명 디바이스에 대한 목표 휘도 설정치 또는 목표 색도 설정치가 변화되었는지를 결정하고, 변화되었다면, 각 발광 LED 양단에서 상기 측정된 동작 순방향 전압들, 상기 캘리브레이션 값들의 표 및 하나 이상의 보간 기법들을 사용하여 상기 목표 휘도 설정치 및 목표 색도 설정치를 달성하는데 필요한 새로운 각각의 구동 전류들을 결정하도록 구성될 수 있다.
- [0057] 일부 실시형태들에서, 조명 디바이스는 상기 복수의 발광 LED들 주변의 주변 온도를 검출하도록 구성된 온도 센서를 더 포함할 수 있다. 상기 조명 디바이스에 대한 목표 휘도 설정치 및 목표 색도 설정치가 변화되지 않으면, 상기 제어 회로는 상기 주변 온도가 특정량만큼 변하는 경우에만 상기 목표 휘도 설정치 및 목표 색도 설정치를 달성하는데 필요한 구동 전류들 각각을 결정하도록 구성될 수 있다.
- [0058] 각 LED 체인에 대하여, 제어 회로는 상기 제1 복수의 x 색도 값들 및 제2 복수의 x 색도 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 발광 LED 양단에서 측정된 동작 순방향 전압에 대응하는 제3 복수의 x 색도 값들을 생성하고, 상기 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류가 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 발광 LED에 인가된 복수의 상이한 구동 전류들 중 하나와 상이하면, 상기 제3 복수의 x 색도 값들 간의 관계를 생성하고, 상기 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류에 대응하는, 상기 발광 LED에 대한 예상 x 색도 값을 상기 생성된 관계로부터 결정하도록 구성될 수 있다. 각 발광 LED에 대하여, 상기 제어 회로는, 상기 제1 복수의 y 색도 값들 및 제2 복수의 y 색도 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압에 대응하는 제3 복수의 y 색도 값들을 계산하고, 상기 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류가 상기 캘리브레이션 국면 동안 상기 발광 LED에 인가된 복수의 상이한 구동 전류들 중 하나와 상이하면, 상기 제3 복수의 y 색도 값들 간의 관계를 생성하고, 상

기 발광 LED에 인가된 각각의 구동 전류에 대응하는, 상기 발광 LED에 대한 예상 y 색도 값을 상기 생성된 관계로부터 결정하도록 더 구성될 수 있다.

[0059] 일부 경우들에서, 상기 제어 회로는 선형 보간 기법을 사용하여 상기 발광 LED에 대응하는 상기 제1 및 제2 복수의 x 및 y 색도 값들 간에서 각기 보간을 수행함으로써 상기 각 발광 LED에 대한 상기 제3 복수의 x 색도 값들 및 제3 복수의 y 색도 값들을 각기 계산하도록 구성될 수 있다. 일부 경우들에서, 상기 제어 회로는 고차 보간을 상기 제3 복수의 x 및 y 색도 값들에 적용하여서 각 발광 LED에 대한 x 및 y 색도 및 구동 전류 간의 비-선형 관계들을 생성하도록 구성될 수 있다. 다른 경우들에서, 상기 제어 회로는 구간별 선형 보간을 상기 제3 복수의 x 및 y 색도 값들에 적용하여서 각 발광 LED에 대한 x 및 y 색도 및 구동 전류 간의 비-선형 관계들을 근사화하도록 구성될 수 있다.

[0060] 일부 실시형태들에서, 상기 제어 회로는, 목표 휘도 설정치 및 목표 색도 설정치를 달성하기 위해서 각 발광 LED에서 필요한 상대 광속(relative luminous flux)을 계산하도록 더 구성될 수 있다. 일반적으로, 상기 제어 회로는 상기 목표 휘도 설정치, 상기 목표 색도 설정치, 상기 생성된 관계들로부터 결정된 예상 x 색도 값 및 예상 y 색도 값을 사용하여서 각 발광 LED에 대한 상기 상대 광속을 계산할 수 있다.

[0061] 일부 실시형태들에서, 상기 제어 회로는 상기 발광 LED 양단에서 측정된 동작 순방향 전압, 상기 저장된 캘리브레이션 값들의 표, 및 하나 이상의 보간 기법들을 사용하여서 상기 발광 LED에 대해 계산된 상대 광속을 달성하는데 필요한 동작성 구동 전류를 결정하도록 더 구성될 수 있다. 이러한 실시형태들에서, 상기 LED 구동기 및 수신기 회로는 상기 결정된 구동 전류로 각 발광 LED를 구동하여서 상기 계산된 상대 광속을 갖는 조명을 생성하도록 더 구성될 수 있다.

[0062] 일부 실시형태들에서, 상기 제어 회로는, 상기 제1 복수의 광속 값들 및 제2 복수의 광속 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 발광 LED 양단에서 측정된 동작 순방향 전압에 대응하는 제3 복수의 광속 값들을 계산하고, 상기 발광 LED에 대해서 계산된 상대 광속이 상기 제3 복수의 광속 값들 중 하나와 상이하면, 상기 제3 복수의 광속 값들 간의 관계를 생성하고, 상기 계산된 상대 광속에 대응하는 구동 전류를 상기 생성된 관계로부터, 선택함으로써 상기 계산된 상대 광속을 달성하는데 필요한 동작성 구동 전류를 결정하도록 구성될 수 있다.

[0063] 일부 경우들에서, 상기 제어 회로는 선형 보간 기법 또는 비-선형 보간 기법을 사용하여서 상기 발광 LED에 대응하는 상기 제1 및 제2 복수의 광속 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 발광 LED에 대한 제3 복수의 광속 값들을 계산하도록 구성될 수 있다. 일반적으로, 상기 선형 보간 기법 및 비-선형 보간 기법 간에서의 선택은 상기 발광 LED의 색에 기초하여서 각 발광 LED에 대하여 독립적으로 이루어진다.

[0064] 일부 경우들에서, 상기 제어 회로는 고차 보간을 상기 제3 복수의 광속 값들에 적용하여서 상기 발광 LED에 대한 광속과 구동 전류 간의 비-선형 관계를 생성함으로써 상기 관계를 생성하도록 구성될 수 있다. 다른 경우들에서, 상기 제어 회로는 구간별 선형 보간을 상기 제3 복수의 광속 값들에 적용하여서 상기 발광 LED에 대한 광속과 구동 전류 간의 비-선형 관계를 근사화함으로써 상기 관계를 생성하도록 구성될 수 있다. 또 다른 경우들에서, 상기 제어 회로는 상기 발광 LED의 제조자가 제공한 데이터 시트로부터 전형적 곡률을 가정함으로써 상기 관계를 생성하도록 구성될 수 있다.

[0065] 또 다른 실시형태에 따라서, LED들이 에이징됨에 따라서 시간에 따라서 조명 디바이스의 목표 광속 및 목표 색도가 유지될 수 있도록, LED 조명 디바이스를 제어하기 위한 제2 보상 방법이 본 명세서에서 제공된다. 일반적으로, 제2 보상 방법은 구동 전류들을 상기 복수의 LED 체인들에 실질적으로 연속적으로 인가하여서 조명을 생성하고, 한 번에 하나의 LED 체인씩, 각 LED 체인에 의해서 생성되어서 상기 광검출기에 의해서 수신된 조명에 응답하여서 상기 광검출기 상에 유도된 광전류를 측정하고, 비-동작성 구동 전류를 상기 광검출기에 인가함으로써 상기 광검출기 양단에서 발생한 순방향을 전압을 측정함으로써 시작할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 제2 보상 방법은 짧은 지속기간 동안에 상기 복수의 LED 체인들을 주기적으로 턴 오프하는 단계를 더 포함하며, 상기 광검출기 상에 유도된 광전류들 및 상기 광검출기 양단에서 발생한 순방향 전압은 짧은 지속기간 동안에 한 번에 하나씩 측정될 수 있다.

[0066] 제2 보상 방법은 각 LED 체인에 대하여, 복수의 상이한 온도들에서 순방향 전압 및 광전류를 구동 전류에 상관시킨 저장된 캘리브레이션 값들의 표에 하나 이상의 보간 기법들을 적용함으로써 상기 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류 및 상기 광검출기 양단에서 측정된 순방향 전압에 대응하는 예상 광전류 값을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0067] 일 실시형태에서, 각 LED 체인에 대하여, 상기 저장된 캘리브레이션 값들의 표는, 제1 복수의 저장된 광전류 값

들, 제2 복수의 저장된 광전류 값들 및 복수의 저장된 순방향 전압 값들을 포함할 수 있다. 제1 복수의 저장된 광전류 값들은 상기 LED 체인이 제1 온도를 받고 복수의 구동 전류들이 상기 LED 체인에 연속적으로 인가되는 때에 상기 LED 체인으로부터 조명을 수광할 시에 상기 광검출기로부터 이전에 획득된 값일 수 있다. 제2 복수의 저장된 광전류 값들은 상기 LED 체인이 제2 온도를 받고 상기 복수의 구동 전류들이 상기 LED 체인에 연속적으로 인가되는 때에 상기 LED 체인으로부터 조명을 수광할 시에 상기 광검출기로부터 이전에 획득된 값일 수 있다. 복수의 저장된 순방향 전압 값들은 상기 제1 및 제2 복수의 광전류 값들 각각을 획득한 후에 상기 광검출기 양단에서 이전에 획득된 값일 수 있다. 일부 실시형태들에서, 제1 복수의 저장된 광전류 값들, 제2 복수의 저장된 광전류 값들 및 복수의 저장된 순방향 전압 값들은 측정된 값들을 포함할 수 있다. 다른 실시형태들에서, 측정된 값들은 측정된 값들 대신에 또는 이에 추가하여서, 저장된 캘리브레이션 값들의 표 내에 저장된 캘리브레이션 계수들을 계산하는데 사용될 수 있다.

[0068] 일 실시형태에서, 각 LED에 대한 예상 광전류 값은 상기 LED 체인에 대응하는 제1 복수의 저장된 광전류 값들 및 제2 복수의 저장된 광전류 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 측정된 순방향 전압에 대응하는 제3 복수의 광전류 값들을 계산하고, 상기 제3 복수의 광전류 값들 간의 관계를 생성하고, 상기 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류에 대응하는 상기 예상 광전류 값을 상기 생성된 관계로부터 선택함으로써 결정될 수 있다. 일부 경우들에서, 상기 제3 복수의 광전류 값들은 비-선형 보간 기법을 사용하여서 상기 LED 체인에 대응하는 제1 및 제2 복수의 저장된 광전류 값들 간에 보간을 수행함으로써 계산될 수 있다. 일부 경우들에서, 상기 관계는 고차 보간을 상기 제3 복수의 광전류 값들에 적용하여서 상기 LED 체인에 대한 광전류와 구동 전류 간의 비-선형 관계를 생성함으로써 생성될 수 있다. 다른 경우들에서, 상기 관계는 구간별 선형 보간을 상기 제3 복수의 광전류 값들에 적용하여서 상기 LED 체인에 대한 광전류와 구동 전류 간의 비-선형 관계를 근사화함으로써 생성될 수 있다.

[0069] 제2 보상 방법은 각 LED 체인에 대하여, 상기 예상 광전류 값 및 측정된 광전류 간에 차가 존재하는 경우에 상기 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류를 조절하는 단계를 더 포함할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 상기 구동 전류는 상기 예상 광전류 값을 상기 측정된 광전류로 제산(dividing)함으로써 상기 LED 체인에 대한 스케일 팩터(scale factor)를 계산하고, 상기 스케일 팩터를 상기 LED 체인에 대한 목표 광속 값에 적용하여서 조절된 광속 값을 획득하고, 상기 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류를 조절하여서 상기 조절된 광속 값을 달성함으로써 조절될 수 있다.

[0070] 다른 실시형태에 따라서, 복수의 발광 다이오드(LED) 체인들, LED 구동기 및 수신기 회로, 광검출기, 저장 매체 및 제어 회로를 갖는 조명 디바이스가 본 명세서에서 제공된다. 복수의 발광 다이오드(LED) 체인들은 일반적으로 상기 조명 디바이스를 위한 조명을 생성하도록 구성될 수 있다. 광검출기는 상기 복수의 LED 체인들에 의해서 생성된 조명을 검출하도록 일반적으로 구성될 수 있다. 저장 매체는 상기 조명 디바이스의 캘리브레이션 동안 복수의 상이한 온도들에서 상기 LED 체인들 각각에 대해서 이전에 인가된 구동 전류들에, 상기 광검출기로부터 이전에 측정된 순방향 전압들 및 광전류들을 상관시킨 캘리브레이션 값들의 표를 저장하도록 일반적으로 구성될 수 있다.

[0071] LED 구동기 및 수신기 회로는 구동 전류들을 상기 복수의 LED 체인들에 실질적으로 연속적으로 인가하여서 상기 조명을 생성하도록 일반적으로 구성될 수 있다. 또한, LED 구동기 및 수신기 회로는 한 번에 하나의 LED 체인씩, 각 LED 체인에 의해서 생성되어서 상기 광검출기에 의해서 수신된 조명에 응답하여서 상기 광검출기 상에 유도된 광전류를 측정하고, 상기 광검출기 양단에서 발생한 순방향 전압을 측정하여서 상기 온도의 현 측정치를 제공하고, 상기 측정된 광전류들 및 측정된 순방향 전압을 상기 제어 회로로 공급하도록 더 구성될 수 있다.

[0072] 제어 회로는 상기 LED 구동기 및 수신기 회로, 광검출기 및 저장 매체에 연결될 수 있으며, 각 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류들 및 온도의 현 측정치를 사용하여서 상기 저장된 캘리브레이션 값들의 표로부터 각 LED 체인에 대한 예상 광전류 값을 결정하도록 일반적으로 구성될 수 있다. 또한, 상기 제어 회로는 상기 LED 체인에 대하여 상기 제어 회로에 의해서 결정된 예상 광전류 값이 상기 LED 체인에 대하여 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 광전류와 상이하면, 상기 조명을 생성하도록 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 상기 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류를 조절하도록 더 구성될 수 있다. LED 체인에 대하여, 예를 들어, 제어 회로는 상기 예상 광전류 값을 상기 구동기 회로에 의해서 측정된 광전류로 제산함으로써 스케일 팩터를 계산하고, 상기 스케일 팩터를 목표 광속 값에 적용하여서 조절된 광속 값을 획득하며, 상기 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류를 조절하여서 상기 조절된 광속 값을 달성하도록 구성될 수 있다.

- [0073] 일부 실시형태들에서, 제어 회로는 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 순방향 전압, 조명을 생성하도록 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 상기 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류, 및 상기 캘리브레이션 값들의 표 및 하나 이상의 보간 기법들을 사용하여, 상기 예상 광전류 값을 결정하도록 구성될 수 있다.
- [0074] 예를 들어, 각 LED 체인에 대하여, 상기 캘리브레이션 값들의 표는, 제1 복수의 저장된 광전류 값들, 제2 복수의 저장된 광전류 값들, 및 복수의 저장된 순방향 전압 값들을 포함할 수 있다. 제1 복수의 저장된 광전류 값들은 상기 LED 체인이 제1 온도를 받고 복수의 구동 전류들이 상기 LED 체인에 연속적으로 인가되는 때에 상기 LED 체인으로부터 조명을 수광할 시에 상기 광검출기로부터 이전에 획득된 값일 수 있다. 제2 복수의 저장된 광전류 값들은 상기 LED 체인이 제2 온도를 받고 상기 복수의 구동 전류들이 상기 LED 체인에 연속적으로 인가되는 때에 상기 LED 체인으로부터 조명을 수광할 시에 상기 광검출기로부터 이전에 획득된 값일 수 있다. 복수의 저장된 순방향 전압 값들은 상기 제1 및 제2 복수의 광전류 값들 각각을 획득한 후에 상기 광검출기 양단에서 이전에 획득된 값일 수 있다. 일부 실시형태들에서, 제1 복수의 저장된 광전류 값들, 제2 복수의 저장된 광전류 값들 및 복수의 저장된 순방향 전압 값들은 측정된 값들을 포함할 수 있다. 다른 실시형태들에서, 측정된 값들은 측정된 값들 대신에 또는 이에 추가하여서, 저장된 캘리브레이션 값들의 표 내에 저장된 캘리브레이션 계수들을 계산하는데 사용될 수 있다.
- [0075] 일부 실시형태들에서, 제어 회로는 상기 LED 체인에 대응하는 제1 복수의 저장된 광전류 값들 및 제2 복수의 저장된 광전류 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 순방향 전압에 대응하는 제3 복수의 광전류 값들을 계산하고, 상기 제3 복수의 광전류 값들 간의 관계를 생성하며, 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 상기 LED 체인에 현재 인가된 구동 전류에 대응하는 예상 광전류 값을 상기 생성된 관계로부터 선택함으로써, 상기 LED 체인에 대한 예상 광전류 값을 결정하도록 구성될 수 있다. 일부 경우들에서, 상기 제어 회로는 비-선형 보간 기법을 사용하여 상기 제1 및 제2 복수의 저장된 광전류 값들 간에 보간을 수행함으로써 상기 제3 복수의 광전류 값들을 계산하도록 구성될 수 있다. 일부 경우들에서, 상기 제어 회로는 고차 보간을 상기 제3 복수의 광전류 값들에 적용하여서 상기 LED 체인에 대한 광전류와 구동 전류 간의 비-선형 관계를 생성함으로써 상기 관계를 생성하도록 구성될 수 있다. 다른 경우들에서, 상기 제어 회로는 구간별 선형 보간을 상기 제3 복수의 광전류 값들에 적용하여서 상기 LED 체인에 대한 광전류와 구동 전류 간의 비-선형 관계를 근사화함으로써 상기 관계를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [0076] 상술한 조명 디바이스들 및 방법들은 비-인광체 변환 LED들을 포함하는 LED 조명 디바이스를 캘리브레이션 및 제어하는데 대체적으로 적합하다. 상술한 것들에 추가하여서, 적어도 하나의 인광체 변환 LED를 포함하는 LED 조명 디바이스를 캘리브레이션 및 제어하기 위한 조명 디바이스들 및 방법들이 또한 본 명세서에서 제공된다. 인광체 변환 LED의 일 실례는 예를 들어, 약 3000K의 상관된 색 온도(CCT)를 갖는 실질적으로 백색 광을 생성하도록 인광체 재료(예를 들어, YAG)로 약 400 내지 500 nm의 피크 발광 파장을 갖는 청색 LED로 코팅 또는 피복함으로써 형성되는 인광체 변환 백색 LED이다. LED들 및 인광체들의 다른 조합들이 2700K 내지 약 10,000k 범위의 CCT를 갖는 백색 또는 근사-백색 광을 생성할 수 있는 인광체 변환 백색 LED를 형성하는데 사용될 수 있다.
- [0077] 인광체 변환 백색 LED들에서, LED의 스펙트럼 성분은 인광체의 스펙트럼 성분과 결합하여서 백색 또는 근사-백색 광을 생성할 수 있다. 결합된 스펙트럼은 제1 피크 발광 파장(예를 들어, 약 400 내지 500 nm)을 갖는 제1 부분, 및 제1 피크 발광 파장과 실질적으로 상이한 제2 피크 발광 파장(예를 들어, 약 500 내지 650 nm)을 갖는 제2 부분을 포함할 수 있다. 이러한 실례에서, 스펙트럼의 제1 부분은 청색 LED가 방출하는 광에 의해서 생성되며, 제2 부분은 인광체(예를 들어, YAG)를 통과하는 광에 의해서 생성된다.
- [0078] 인광체 변환 LED가 에이징됨에 따라서, 인광체 효과는 감소하고, 이는 인광체 변환 LED의 색도가 시간이 지남에 따라서 "보다 차갑게" 보이게 한다. 인광체 변환 LED에서의 이러한 에이징 관련 색도 시프트를 보상하기 위해서, 본 명세서에서 기술된 조명 디바이스는 인광체 변환 LED의 LED 부분에 의해서 유도된 광전류들 및 인광체 변환 LED의 인광체 부분에 의해서 유도된 광전류들을 개별적으로 측정하기 위한 2개의 상이한 광검출기들을 포함할 수 있다. 일 예시적인 실시형태에서, 조명 디바이스는 인광체 변환 LED에 의해서 방출된 스펙트럼의 제1 부분만을 검출하도록 구성된 검출 범위를 갖는 제1 광검출기 및 인광체 변환 LED에 의해서 방출된 스펙트럼의 제2 부분만을 검출하도록 구성된 검출 범위를 갖는 제2 광검출기를 포함할 수 있다.
- [0079] 일반적으로, 제1 및 제2 광검출기들의 검출 범위는 측정 중인 인광체 변환 LED의 스펙트럼에 기초하여서 선택될 수 있다. 인광체 변환 백색 발광 LED가 발광 모듈 내에 포함되고 상술한 바와 같이 구현되는, 상술한 예시적인 실시형태에서, 제1 광검출기의 검출 범위는 청색 LED 부분이 방출한 광에 의해서 유도된 광전류들을 측정하기 위한 약 400nm 내지 약 500nm의 범위를 가지며, 제2 광검출기의 검출 범위는 인광체-변환 백색 LED의 인광체 부

분을 통과하는 광에 의해서 유도된 광전류들을 측정하기 위한 약 500nm 내지 약 650nm의 범위를 가질 수 있다. 제1 및 제2 광검출기들은 때로 입사 광을 검출하도록 구성된, 전용 광검출기들 및/또는 발광 LED들을 포함할 수 있다.

- [0080] 일부 실시형태들에서, 조명 디바이스는 또한 인광체 변환 LED에 의해서 방출된 스펙트럼의 제1 부분 내에 해당하는 피크 발광 파장을 갖는 기준 LED(예를 들어, 청색 발광 LED)를 포함할 수 있다. 이러한 기준 LED가 포함되면, 일부 실시형태들에서, 제1 및 제2 광검출기들 상에서 기준 LED에 의해서 생성된 조명에 의해서 유도된 광전류들이 인광체 변환 백색 LED의 색도를 조절할 때에 검출기 에이징을 보상하는데 사용될 수 있다.
- [0081] 일부 실시형태들에서, 조명 디바이스는 인광체 변환 LED 및 선택사양적 기준 LED(또한 발광 LED일 수 있음) 이외에 다른 발광 LED들을 포함할 수 있다. 발광 LED들 및 광검출기들 이외에, 본 명세서에서 기술되는 조명 디바이스는 또한 일반적으로 LED 구동기 및 수신기 회로, 저장 매체 및 제어 회로를 포함할 수 있다. 본 명세서에서 구체적으로 언급되지 않은 다른 구성요소들이 또한 포함될 수 있다.
- [0082] 상기 LED 구동기 및 수신기 회로는, 캘리브레이션 국면 동안, 상기 조명 디바이스가 제1 주변 온도를 받을 때에 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 인광체 변환 LED에 연속적으로 인가하여서 상이한 밝기 레벨들의 조명을 생성할 수 있다. 상기 상이한 구동 전류들 각각에서 상기 LED 구동기 및 수신기 회로는 상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 조명에 의해서 상기 제1 및 제2 광검출기들 상에서 유도된 광전류들을 측정하고, 각 유도된 광전류가 측정된 이전 또는 이후에 각 유도된 광전류가 측정된 이전, 동안 또는 이후에 상기 제1 및 제2 광검출기들 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정할 수 있다. 일단 유도된 광전류들 및 순방향 전압 측정치들이 획득되면, LED 구동기 및 수신기 회로는, 상기 조명 디바이스가 상기 제1 주변 온도와 상이한 제2 주변 온도를 받을 때에, 상기 복수의 상이한 구동 전류들을 상기 인광체 변환 LED에 연속적으로 인가하는 단계, 상기 제1 및 제2 광검출기들 상에서 유도된 광전류들을 측정하는 단계, 및 상기 제1 및 제2 광검출기들 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정하는 단계를 반복할 수 있다. 일부 실시형태들에서, LED 구동기 및 수신기 회로는 또한 상이한 구동 전류들 각각 및 제1 및 제2 주변 온도들 각각에서 기준 LED에 의한 조명에 의해서 제1 및 제2 광검출기들 상에 유도된 광전류들을 측정할 수 있다. 캘리브레이션 국면 동안 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 획득된 광전류 및 순방향 전압 측정치들은 조명 디바이스의 저장 매체 내에 저장된 캘리브레이션 값들의 표 내에 저장될 수 있다.
- [0083] 상기 조명 디바이스의 동작 동안에, LED 구동기 및 수신기 회로는 구동 전류를 상기 인광체 변환 LED에 실질적으로 연속적으로 인가하여서 조명을 생성하고, 상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성되고 상기 제1 및 제2 광검출기들에 의해서 수광된 조명에 응답하여서 상기 제1 및 제2 광검출기들 상에서 유도된 광전류들을 측정하도록 구성될 수 있다. 특히, LED 구동기 및 수신기 회로는 상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 조명에 응답하여서 상기 제1 광검출기 상에서 발생한 제1 광전류 및 상기 제2 광검출기 상에서 발생한 제2 광전류를 측정할 수 있다. 제1 광전류는 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제1 부분에 대응하고, 제2 광전류는 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제2 부분에 대응할 수 있다. 일부 실시형태들에서, LED 구동기 및 수신기 회로는 상기 기준 LED에 의해서 생성된 조명에 응답하여서 상기 제1 광검출기 상에서 유도된 제3 광전류를 측정하고 상기 제2 광검출기 상에서 유도된 제4 광전류를 측정할 수 있다. LED 구동기 및 수신기 회로는 유도된 광전류들이 측정된 이전, 동안 또는 이후에 상기 제1 및 제2 광검출기들 양단에서 발생하는 순방향 전압들을 측정할 수 있다.
- [0084] 제어 회로가 LED 구동기 및 수신기 회로, 제1 및 제2 광검출기들 및 저장 매체에 연결될 수 있으며, 상기 조명 디바이스의 동작 동안에 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 순방향 전압들 및 상기 인광체 변환 LED에 현재 인가된 구동 전류를 사용하여서 상기 캘리브레이션 값들의 표로부터 상기 인광체 변환 LED 예상 광전류 값들을 결정하도록 일반적으로 구성될 수 있다. 또한, 제어 회로는 상기 제어 회로에 의해서 결정된 예상 광전류 값들이 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 광전류들과 상이하면, 조명을 생성하게 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 상기 인광체 변환 LED에 현재 인가된 구동 전류를 조절하도록 구성될 수 있다.
- [0085] 이하에서 기술될 바와 같이, 예를 들어, 제어 회로는 예상 광전류 값들을 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 유도된 광전류들로 계산함으로써 상기 인광체 변환 LED에 대한 스케일 팩터들을 계산하고, 스케일 팩터들 중 하나를 상기 인광체 변환 LED에 대한 목표 광속 값에 적용하여서 조절된 광속 값을 획득하고, 상기 인광체 변환 LED에 현재 인가된 구동 전류를 조절하여 상기 조절된 광속 값을 달성할 수 있다.
- [0086] 일부 실시형태들에서, 상기 제어 회로는, 상기 제1 광검출기 상에서의 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제1 부분에 대한 제1 예상 광전류 값, 및 상기 제2 광검출기 상에서의 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제2 부분

에 대한 제2 예상 광전류 값을 결정할 수 있다. 다음으로, 제어 회로는 상기 제어 회로에 의해서 결정된 제1 예상 광전류 값을 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 제1 광전류 값으로 제산함으로써 제1 스케일 팩터를 계산할 수 있다. 상기 제어 회로에 의해서 결정된 제2 예상 광전류 값을 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 제2 광전류 값으로 제산함으로써 제2 스케일 팩터가 계산될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 제1 및 제2 스케일 팩터들은 시간이 지남에 따라서 인광체 변환 LED의 광속 및 색도의 변화를 보상하도록 제어 회로에 의해서 사용될 수 있다.

[0087] 광속에서의 에이징 관련 변화를 보상하기 위해서, 상기 제어 회로는, 상기 제2 스케일 팩터를 상기 인광체 변환 LED에 대한 목표 광속 값에 적용하여서 상기 인광체 변환 LED에 대한 조절된 광속 값을 획득할 수 있다. 다음으로, 제어 회로는 상기 인광체 변환 LED에 현재 인가된 구동 전류를 조절하여서 상기 조절된 광속 값을 달성할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 제어 회로는 제1 및 제2 스케일 팩터들을 사용하여서 시간이 지남에 따라서 인광체 변환 LED의 색도가 변화되는 방식을 결정하고, 이러한 결정에 기초하여서, 조명 디바이스 내의 다른 발광 LED들에 인가된 구동 전류들을 조절하여서 조명 디바이스에 대한 목표 전체 색도 또는 색 지점을 유지할 수 있다.

[0088] 일부 실시형태들에서, 제어 회로는 인광체 변환 LED의 색도를 결정하는 때에 검출기 에이징을 보상할 수 있다. 예를 들어, 상기 제어 회로는 상기 제1 광검출기 상에서의 기준 LED에 대한 제3 예상 광전류 값을 결정하고, 상기 제2 광검출기 상에서의 기준 LED에 대한 제4 예상 광전류 값을 결정할 수 있다. 제3 및 제4 예상 광전류 값들은 상기 인광체 변환 LED에 대한 제1 및 제2 예상 광전류 값들을 결정하는데 동일한 방식으로 기준 LED에 대해서도 결정될 수 있다. 이어서, 제어 회로는 상기 제어 회로에 의해서 결정된 제3 예상 광전류 값을 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 제3 광전류 값으로 제산함으로써 제3 스케일 팩터를 계산할 수 있다. 제어 회로는 상기 제어 회로에 의해서 결정된 제4 예상 광전류 값을 상기 LED 구동기 및 수신기 회로에 의해서 측정된 제4 광전류 값으로 제산함으로써 제4 스케일 팩터를 계산할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 상기 제어 회로는, 상기 제4 스케일 팩터를 상기 기준 LED에 대한 목표 광속 값에 적용하여서 상기 기준 LED에 대한 조절된 광속 값을 획득할 수 있다. 다음으로, 제어 회로는 상기 기준 LED에 현재 인가된 구동 전류를 조절하여서 상기 조절된 광속 값을 달성할 수 있다.

[0089] 일부 실시형태들에서, 제3 및 제4 스케일 팩터들은 제1 및 제2 광검출기들의 에이징을 보상하기 위한 기준으로서 사용될 수 있다. 예를 들어, 제어 회로는 상기 제1 스케일 팩터를 상기 제3 스케일 팩터로 제산함으로써 상기 제1 광검출기에 대한 스케일 팩터 비를 생성하고, 상기 제2 스케일 팩터를 상기 제4 스케일 팩터로 제산함으로써 상기 제2 광검출기에 대한 스케일 팩터 비를 생성할 수 있다. 다음으로, 제어 회로는 상기 제2 광검출기에 대해서 생성된 스케일 팩터 비를 상기 제1 광검출기에 대해서 생성된 스케일 팩터 비로 제산하여서 상기 인광체 변환 LED에 대한 인광체-대-LED 비를 생성할 수 있다. 이어서, 제어 회로는 상기 인광체-대-LED 비를 사용하여서 상기 인광체 변환 LED의 색도를 조절할 수 있다. 일단 인광체 변환 LED의 색도가 결정되면, 제2 스케일 팩터가 인광체 변환 LED의 목표 광속 값에 적용되어서 시간이 지남에 따른 루멘 출력 변화를 보상할 수 있다.

[0090] 상술한 바와 같이, 인광체 변환 LED 및 적어도 2개의 상이한 광검출기들을 포함하는 조명 디바이스를 캘리브레이션 및 제어하기 위한 방법들이 또한 본 명세서에서 제공된다. 일 실시형태에 따라서, 인광체 변환 LED 및 적어도 2개의 상이한 광검출기들을 포함하는 조명 디바이스를 캘리브레이션하기 위해 사용된 캘리브레이션 방법은 인광체 변환 LED를 제1 주변 온도에 두면서 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 인광체 변환 LED에 연속적으로 인가함으로써 상이한 밝기 레벨들의 조명을 생성함으로써 시작될 수 있다. 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서, 캘리브레이션 방법은 상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 조명에 의해서 상기 제1 및 제2 광검출기들 상에서 유도된 광전류들을 측정하고, 각 유도된 광전류가 측정된 이전 또는 이후에, 상기 제1 및 제2 광검출기들 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정할 수 있다. 측정 단계들의 결과들이 제1 주변 온도에서 인광체 변환 LED를 캘리브레이션하기 위해서 조명 디바이스 내에 저장될 수 있다.

[0091] 상술한 바와 같이, 상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 조명에 의해서 상기 제1 광검출기 상에 유도된 광전류들은 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제1 부분에 대응하며, 제1 부분(예를 들어, LED 부분)은 제1 피크 발광 파장(예를 들어, 약 400nm 내지 약 500nm)을 갖는다. 상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 조명에 의해서 상기 제2 광검출기 상에 유도된 광전류들은 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제2 부분에 대응하며, 제2 부분(예를 들어, 인광체 부분)은 제2 피크 발광 파장(예를 들어, 약 500nm 내지 약 650nm)을 가지며, 제2 피크 발광 파장은 제1 피크 발광 파장과 실질적으로 상이하다. 상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 조명에 의해서 상기 제1 및 제2 광검출기들 상에서 유도된 광전류들을 개별적으로 측정하고, 이러한 값들을 조명 디바이스 내에 저장함으로써, 캘리브레이션 방법은 인광체 변환 LED가 2개의 개별 LED들인 것처럼, 인광체 변환 LED 스펙트

럼의 상이한 부분들이, 개별적으로 캘리브레이션되게 할 수 있다.

- [0092] 일부 실시형태들에서, 캘리브레이션 방법은 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 인광체 변환 LED 스펙트럼의 제1 부분 및 제2 부분에 대한 개별 광속 및 색도 측정치들을 또한 획득할 수 있다. 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 인광체 변환 LED 스펙트럼의 각 부분으로부터 기인되는 광속 및 색도를 개별적으로 측정하고, 이러한 값들을 조명 디바이스 내에 저장함으로써, 캘리브레이션 방법은 인광체 변환 LED가 2개의 개별 LED들이 것처럼, 인광체 변환 LED 스펙트럼의 상이한 부분들이, 개별적으로 캘리브레이션되게 할 수 있다.
- [0093] 일단 상술한 캘리브레이션 값들이 제1 주변 온도에 대해서 획득되면, 캘리브레이션 방법은 제1 주변 온도와 실질적으로 상이한 제2 주변 온도에 조명 디바이스를 두면서, 적어도 3개의 상이한 구동 전류들을 연속적으로 인가하는 단계, 상기 제1 및 제2 광검출기를 상에서 유도된 광전류들을 측정하는 단계 및 상기 제1 및 제2 광검출기들 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정하는 단계를 반복할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 인광체 변환 LED 스펙트럼의 각 부분으로부터 기인되는 광속 및 색도가 적어도 3개의 상이한 구동 전류들 각각에서 제2 온도에 대해서 또한 획득될 수 있다. 제2 주변 온도에서 인광체 변환 LED를 캘리브레이션하기 위해서 측정 단계들의 결과들이 조명 디바이스 내에 저장될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 캘리브레이션 방법은 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제1 부분에 해당하는 피크 발광 파장을 갖는 상기 기준 LED에 대하여 수행될 수 있다.
- [0094] 다른 실시형태에 따라서, 적어도 인광체 변환 LED, 제1 광검출기 및 제2 광검출기를 포함하는 조명 디바이스를 제어하기 위한 보상 방법은 구동 전류를 상기 인광체 변환 LED에 실질적으로 연속적으로 인가하여서 조명을 생성하는 단계, 및 상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성되어서 상기 제1 및 제2 광검출기들에 의해서 수광된 조명에 응답하여서, 상기 제1 및 제2 광검출기들 상에서 유도된 광전류들을 측정하는 단계를 포함한다. 예를 들어, 상기 보상 방법은 상기 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 조명에 응답하여서 상기 제1 광검출기 상에 유도된 제1 광전류 및 상기 제2 광검출기 상에 유도된 제2 광전류를 측정할 수 있다. 상기 제1 광전류 측정치는 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제1 부분에 대응하며, 상기 제2 광전류 측정치는 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제2 부분에 대응할 수 있다. 유도된 광전류들 이외에, 보상 방법은 비-동작성 구동 전류를 상기 제1 및 제2 광검출기들 각각에 인가함으로써 상기 광전류들이 측정된 이전 또는 이후에, 상기 제1 및 제2 광검출기들 양단에서 발생한 순방향 전압들을 측정할 수 있다.
- [0095] 일단 유도된 광전류들 및 순방향 전압들이 제1 및 제2 광검출기들로부터 획득되면, 보상 방법은 복수의 상이한 온도들에서의 구동 전류에 순방향 전압 및 광전류를 상관시킨 저장된 캘리브레이션 값들의 표에 하나 이상의 보간 기법들을 적용함으로써 상기 인광체 변환 LED에 현재 인가된 구동 전류, 및 상기 제1 및 제2 광검출기들 양단에서 측정된 순방향 전압들에 대응하는 상기 인광체 변환 LED에 대한 예상 광전류 값들을 결정할 수 있다. 또한, 보상 방법은 상기 예상 광전류 값들 및 측정된 광전류들 간에 차가 존재하면 상기 인광체 변환 LED에 현재 인가된 구동 전류를 조절할 수 있다.
- [0096] 특히, 보상 방법은 상기 제1 광검출기 상에서의 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제1 부분에 대한 제1 예상 광전류 값, 및 상기 제2 광검출기 상에서의 상기 인광체 변환 LED의 스펙트럼의 제2 부분에 대한 제2 예상 광전류 값을 결정할 수 있다. 다음으로, 보상 방법은 상기 제1 예상 광전류 값을 상기 측정 단계에서의 상기 제1 광검출기 상에 유도된 제1 광전류로 제산함으로써 제1 스케일 팩터를 계산할 수 있다. 보상 방법은 상기 제2 예상 광전류 값을 상기 측정 단계에서의 상기 제2 광검출기 상에 유도된 제2 광전류로 제산함으로써 제2 스케일 팩터를 계산할 수 있다. 상술한 바와 같이, 제1 및 제2 스케일 팩터들은 시간이 지남에 따라서 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 광속 및 색도 변화를 보상하도록 보상 방법에 의해서 사용될 수 있다.
- [0097] 에이징 관련 광속 변화를 보상하기 위해서, 보상 방법은 상기 제2 스케일 팩터를 상기 인광체 변환 LED에 대한 목표 광속 값에 적용하여서 상기 인광체 변환 LED에 대한 조절된 광속 값을 획득할 수 있다. 다음으로, 보상 방법은 상기 인광체 변환 LED에 현재 인가된 구동 전류를 조절하여서 상기 조절된 광속 값을 달성할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 보상 방법은 제1 및 제2 스케일 팩터들을 사용하여서 시간이 지남에 따라서 인광체 변환 LED의 색도가 변화되는 방식을 결정할 수 있다. 이러한 결정에 기초하여서, 조명 디바이스 내의 다른 발광 LED들에 인가된 구동 전류들을 조절하여서 조명 디바이스에 대한 목표 전체 색도 또는 색 지점을 유지할 수 있다.
- [0098] 일부 실시형태들에서, 보상 방법은 기준 LED를 사용하여서 상술한 바와 유사한 단계들을 수행할 수 있다. 예를 들어, 보상 방법은 구동 전류를 상기 기준 LED에 실질적으로 연속적으로 인가하여서 조명을 생성하고, 상기 기준 LED에 의해서 생성되어서 상기 제1 및 제2 광검출기들에 의해서 수광된 조명에 응답하여서 제1 및 제2 광검출기들 상에서 유도된 광전류들 측정할 수 있다. 특히, 보상 방법은 상기 기준 LED에 의해서 생성된 조명에 응답하여서 상기 제1 광검출기 상에서 유도된 제3 광전류를 측정하고 상기 제2 광검출기 상에서 유도된 제4 광전류

를 측정할 수 있다. 다음으로, 보상 방법은 복수의 상이한 온도들에서의 구동 전류에 순방향 전압 및 광전류를 상관시킨 저장된 캘리브레이션 값들의 표에 하나 이상의 보간 기법들을 적용함으로써 상기 기준 LED에 현재 인가된 구동 전류, 및 상기 제1 및 제2 광검출기들 양단에서 측정된 순방향 전압들에 대응하는 상기 기준 LED에 대한 예상 광전류 값들을 결정할 수 있다.

[0099] 특히, 보상 방법은 상기 제1 광검출기 상에서의 기준 LED에 대한 제3 예상 광전류 값, 및 상기 제2 광검출기 상에서의 기준 LED에 대한 제4 예상 광전류 값을 결정할 수 있다. 다음으로, 보상 방법은 상기 제3 예상 광전류 값을 상기 측정 단계에서 측정된 상기 제1 광검출기 상에서 유도된 제3 광전류 값으로 계산함으로써 제3 스케일 팩터를 계산하고, 상기 제4 예상 광전류 값을 상기 측정 단계에서 측정된 상기 제2 광검출기 상에서 유도된 제4 광전류 값으로 계산함으로써 제4 스케일 팩터를 계산할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 보상 방법은 상기 제4 스케일 팩터를 상기 기준 LED에 대한 목표 광속 값에 적용하여서 상기 기준 LED에 대한 조절된 광속 값을 획득하고, 상기 기준 LED에 현재 인가된 구동 전류를 조절하여서 상기 조절된 광속 값을 달성할 수 있다.

[0100] 일부 실시형태들에서, 제3 및 제4 스케일 팩터들은 제1 및 제2 광검출기들의 에이징을 보상하기 위한 기준으로서 사용될 수 있다. 예를 들어, 보상 방법은 상기 제1 스케일 팩터를 상기 제3 스케일 팩터로 계산함으로써 상기 제1 광검출기에 대한 스케일 팩터 비를 생성하고, 상기 제2 스케일 팩터를 상기 제4 스케일 팩터로 계산함으로써 상기 제2 광검출기에 대한 스케일 팩터 비를 생성할 수 있다. 다음으로, 보상 방법은 상기 제2 광검출기에 대해서 생성된 스케일 팩터 비를 상기 제1 광검출기에 대해서 생성된 스케일 팩터 비로 계산하여서 상기 인광체 변환 LED에 대한 인광체-대-LED 비를 생성할 수 있다. 이어서, 보상 방법은 상기 인광체-대-LED 비를 사용하여서 상기 인광체 변환 LED의 색도를 조절할 수 있다. 일단 인광체 변환 LED의 색도가 결정되면, 제2 스케일 팩터가 인광체 변환 LED의 목표 광속 값에 적용되어서 시간이 지남에 따른 루멘 출력 변화를 보상할 수 있다.

[0101] 발광 다이오드(LED) 조명 디바이스의 개선된 발광 모듈들의 다양한 실시형태들이 또한 본 명세서에서 제공된다. 일반적으로, 본 명세서에서 개시된 개선된 발광 모듈들은, 또한 양호한 열 전도도를 히트 싱크로 제공하면서, 발광 LED들 간의 그리고 발광 LED들 및 광검출기들 간의 열적 분리를 개선하도록 설계된 단일 층 기판 또는 다중 층 기판을 사용할 수 있다. 다중 층 기판은 발광 LED들의 체인들을 함께 연결하기 위한 개선된 라우팅 유연성을 제공하고, 발광 LED들 및 광검출기들을 히트 싱크로부터 전기적으로 격리시키는 다수의 라우팅 및 유전체 층들을 더 포함한다.

[0102] 일 실시형태에 따라서, 하나 이상의 발광 모듈들을 포함하는 조명 디바이스가 본 명세서에서 제공되며, 각 발광 모듈은 일반적으로 상기 조명 디바이스를 위한 조명을 생성하도록 구성된 복수의 발광 다이오드들, 및 복수의 LED들에 의해서 생성된 조명을 검출하도록 구성된 하나 이상의 광검출기들을 포함한다. 일반적으로, 복수의 LED들 및 하나 이상의 광검출기들은 기판 상에 장착되고 주 광학적 구조체 내에 캡슐화된다. 히트 싱크가 발광 모듈들에 의해서 생성된 열을 방출하기 위해서 기판의 하단 표면에 연결된다.

[0103] 발광 모듈은 실질적으로 임의의 개수 및 색의 발광 LED들 및 실질적으로 임의의 개수 및 색의 광검출기들을 포함할 수 있다. 일 예시적인 실시형태에서, 발광 LED들은 하나 이상의 적색 LED들, 하나 이상의 청색 LED들, 하나 이상의 녹색 LED들 및 하나 이상의 백색 또는 황색 LED들을 포함한다. 발광 LED들은 주 광학적 구조체의 중앙 근처에서 대체적으로 어레이로 배열될 수 있으며, 하나 이상의 광검출기들은 대체적으로 어레이의 둘레에 따라서 배열될 수 있다. 일 예시적인 실시형태에서, 하나 이상의 광검출기들은 하나 이상의 적색, 주황색, 황색 및/또는 녹색 LED들을 포함할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 하나 이상의 광검출기들은 발광 LED들 중 하나가 상이 때로, 입사 광을 검출하도록 구성되면, 생략될 수 있다.

[0104] 주 광학적 구조체는 다양한 상이한 재료들로 형성될 수 있으며 바람직한 방식으로 발광 LED들이 방출한 광을 성형하는데 필요한 실질적으로 임의의 형상 및/또는 치수들을 가질 수 있다. 일부 실시형태들에서, 주 광학적 구조체는 돔 형상을 가질 수 있다. 그러나, 본 기술 분야의 당업자는 발광 LED들 및 하나 이상의 광검출기들을 캡슐화하는 실질적으로 임의의 다른 형상 또는 구성을 주 광학적 구조체가 가질 수 있는 방식을 이해할 것이다. 일부 실시형태들에서, 일부 실시형태들에서, 돔 9의 형상, 크기 및 재료는 대체적으로 발광 모듈 내에 광학적 효율 및 색 혼합을 개선하도록 대체적으로 설계될 수 있다.

[0105] 히트 싱크가 기판의 하단 표면에 연결되어서, 발광 모듈의 열 생성 구성요소들로부터 열을 배출하도록 구성된다. 히트 싱크는 상대적으로 높은 열적 및 전기적 전도도를 갖는 실질적으로 임의의 재료를 포함할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 히트 싱크는 약 200 W/(mK) 내지 약 400 W/(mK) 범위에 있는 열 전도도를 갖는 재료로 형성된다. 일 실시형태에서, 히트 싱크는 구리 또는 구리-합금 재료, 또는 알루미늄 또는 알루미늄 합금 재료로 형성된다. 히트 싱크는 약 1 mm 내지 약 10 mm 범위의 상대적으로 두꺼운 층일 수 있으며, 일 실시형태에

서, 약 3 mm 두께를 가질 수 있다.

- [0106] 기관은 대체적으로 수평 방향에서 상대적으로 높은 열적 임피던스, 및 수직 방향에서 상대적으로 낮은 열적 임피던스를 제공하도록 구성된다. 일 실시형태에서, 기관은 오직 단일 재료 층을 포함하도록 구성된다. 수평 방향에서 상대적으로 높은 열적 임피던스를 제공하기 위해서, 단일 층 기관은 상대적으로 높은 열적 임피던스, 또는 상대적으로 낮은 열 전도도를 갖는 재료로 형성될 수 있다. 일 실례에서, 기관은 약 150 W/(mK)보다 작은 열 전도도를 갖는 재료(예를 들어, 알루미늄 질화물), 약 30 W/(mK)보다 작은 열 전도도를 갖는 재료(예를 들어, 알루미늄 산화물), 또는 약 1 W/(mK)보다 작은 열 전도도를 갖는 재료(예를 들어, PTFE 또는 다른 라미네이트 재료)로 형성될 수 있다.
- [0107] 일반적으로, 단일 층 기관은 발광 LED들 각각 및 하나 이상의 광검출기들 각각 간에서 히트 싱크로의 상대적으로 낮은 열적 임피던스 경로를 제공함으로써 수직 방향에서 상대적으로 낮은 열적 임피던스를 제공할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 낮은 열적 임피던스 경로는 상기 기관의 두께를 최소화하고, 복수의 열 전도성 라인들로 발광 LED들 각각 및 광검출기들 각각을 히트 싱크로 연결함으로써 구현될 수 있다. 일 실례에서, 기관의 두께는 약 300 μ m 내지 약 500 μ m의 범위를 가질 수 있다.
- [0108] 복수의 열 전도성 라인들은 실질적으로 임의의 열 전도성 재료를 포함할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 열 전도성 라인들은 약 200 W/(mK) 내지 약 400 W/(m) 범위에 존재하는 열 전도도를 갖는 재료로 형성된다. 열 전도성 라인들용으로 사용된 재료는 히트 싱크용으로 사용된 재료와 동일한 또는 상이한 재료일 수 있다. 일 실시형태에서, 열 전도성 라인들은 알루미늄, 알루미늄-합금, 구리 또는 구리-합금 재료로 형성된다. 복수의 열 전도성 라인들은(임의의 기계적 또는 광학적 수단을 사용하여)기관을 통해서 수직 홀들을 천공하고 이 홀들(또는 비아들)을 임의의 적절한 방법을 사용하여 금속 재료로 충전 또는 도금함으로써 형성될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 각 열 전도성 라인은 복수의(예를 들어, 약 10 내지 20) 밀하게 팩킹된 비아들을 포함할 수 있으며, 이 경우에 각 비아는 수백 마이크로 폭의 크기일 수 있다.
- [0109] 단일 층 기관은 바람직한 열적 특성들(예를 들어, 발광 LED들 간 및 발광 LED들 및 광검출기들 간의 양호한 열적 격리 및 히트 싱크로의 양호한 열 전도도)를 제공하지만, 일부 발광 모듈들에서 요구되는 전기적 특성들을 제공하지 않을 수 있다. 발광 LED들 및 광검출기들 및 히트 싱크 간의 라우팅 유연성 및 전기적 격리를 개선하기 위해서, 본 발명의 바람직한 실시형태는 다중 층 기관을 사용할 수 있다.
- [0110] 일 실시형태에 따라서, 다중 층 기관은 제1 라우팅 층, 제1 유전체 층, 제2 라우팅 층 및 제2 유전체 층을 포함할 수 있다. 제1 라우팅 층은 발광 LED들의 전기적 컨택트들 및 하나 이상의 광검출기들에 연결될 수 있으며, 제1 유전체 층 상에 형성될 수 있다. 일부 경우들에서, 제1 라우팅 층은 약 10 μ m 내지 약 20 μ m 범위의 두께를 가지며, 200 W/(mK) 내지 약 400 W/(mK)의 범위의 열 전도도를 갖는 재료(예를 들어, 구리 또는 알루미늄 재료, 또는 이들의 합금)로 형성될 수 있다.
- [0111] 제1 유전체 층은 상기 제1 라우팅 층의 하단 표면에 연결되고 발광 LED들의 전기적 컨택트들 및 광검출기들을 히트 싱크로부터 전기적으로 격리하기 위해서 제1 라우팅 층 및 제2 라우팅 층 간에 샌드위치된다. 일부 실시형태들에서, 제1 유전체 층은 약 10 μ m 내지 약 100 μ m 범위의 두께를 갖는 상대적으로 얇은 층일 수 있으며, 약 3 내지 12 범위의 상대 유전율을 갖는 유전체 재료로 형성될 수 있다. 일 실례에서, 제1 유전체 층은 알루미늄 질화물 재료 또는 알루미늄 산화물 재료로 형성될 수 있지만, 이러한 재료들로 한정되지 않는다.
- [0112] 전기적 격리를 제공하는 것 이외에, 제1 유전체 층은 약 150 W/(mK)보다 작은 상대적으로 낮은 열 전도도를 갖는 재료를 사용하고 발광 LED들 및 광검출기들 간의 이격정도에 비해서 층의 두께를 상대적으로 작게 유지함으로써 수평 방향에서 상대적으로 높은 열적 임피던스를 제공한다. 일 예시적인 실시형태에서, 제1 유전체 층은 약 30 μ m의 두께를 가질 수 있으며, 발광 LED들 및 광검출기들은 기관의 상부 표면상에서 적어도 200 내지 300 μ m 만큼 이격될 수 있다. 이러한 실시형태는 수평 방향에서보다 수직 방향에서 적어도 10 배 높은 열 전도도를 제공할 것이다.
- [0113] 제2 라우팅 층은 제1 유전체 층 및 제2 유전체 층 간에 연결되며, 일반적으로 주 광학적 구조체의 외측에 배치된 외부 전기적 컨택트들과 제1 라우팅 층 간에 신호들을 라우팅하게 구성된다. 제1 라우팅 층과 유사하게, 제2 라우팅 층은 약 10 μ m 내지 약 20 μ m의 범위의 두께를 가질 수 있으며, 약 200 W/(mK) 내지 약 400 W/(mK) 범위에 존재하는 열 전도도를 갖는 재료(예를 들어, 구리 또는 알루미늄 재료, 또는 이들의 합금)로 형성될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 제1 라우팅 층과 제2 라우팅 층 간에 신호를 라우팅하기 위해서 비아들이 제1 유전체 층 내에 형성될 수 있다. 이러한 비아들은 임의의 알려진 프로세스를 따라서 형성될 수 있다.

- [0114] 일부 실시형태들에서, 제2 유전체 층은 제2 라우팅 층 및 히트 싱크 간에 연결될 수 있다. 다른 실시형태들에서, 제3 라우팅 층이 제2 유전체 층 및 히트 싱크 간에 연결될 수 있다. 제1 및 제2 유전체 층들 상에 인쇄된 금속 라인들을 포함하는 제1 및 제2 라우팅 층들과 달리, 제3 라우팅 층은 복수의 열 전도성 라인들 및 히트 싱크 간의 열적 접촉을 개선하고 이러한 접촉 면적에 걸친 열 확산을 개선하도록 히트 싱크의 상부 표면에 걸쳐서 실질적으로 연속적으로 연장될 수 있다.
- [0115] 제1 유전체 층과 같이, 제2 유전체 층은 상대적으로 낮은 열 전도도를 갖는 재료를 사용함으로써 수평 방향에서 상대적으로 높은 열적 임피던스를 제공하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제2 유전체 층은 약 150 W/(mK)보다 작은 열 전도도를 갖는 세라믹 재료(예를 들어, 알루미늄 질화물), 또는 약 30 W/(mK) 미만의 열 전도도를 갖는 세라믹 재료(예를 들어, 알루미늄 산화물)로 형성될 수 있다. 그러나, 제1 및 제2 유전체 층들은 세라믹 재료들, 또는 유전체 재료들로 한정되지 않는다. 일부 실시형태들에서, 이러한 층들은 라미네이트 재료, 예를 들어, 인쇄 회로 보드(PCB)FR4 또는 금속 클래드 PCB 재료를 사용하여서 형성될 수 있다. 그러나, 라미네이트 재료들의 열 전도도(예를 들어, 약 1 W/(mK) 미만)가 세라믹 재료들의 것보다 상당히 작기 때문에, 세라믹 재료 대신에 라미네이트 재료를 사용하는 것은 제2 유전체 층의 열 전도도를 저감시킬 것이다.
- [0116] 상대적으로 얇은 제1 유전체 층과 달리, 제2 유전체 층은 상대적으로 두꺼운 층(예를 들어, 약 100 μm 내지 약 1000 μm)을 사용함으로써 발광 모듈에 강성을 제공한다. 또한, 제2 유전체 층은 수직 방향에서 열 전도도를 개선하도록, 제2 라우팅 층 및 히트 싱크 간에서 제2 유전체 층 수직으로 통과하는 복수의 열 전도성 라인들을 포함한다.
- [0117] 상술한 바와 같이, 복수의 열 전도성 라인들은 약 200W/(mK) 내지 약 400 W/(mK) 범위에 존재하는 열 전도도를 갖는 재료, 예를 들어, 구리 또는 알루미늄 재료, 또는 이들의 합금으로 형성될 수 있으며, (임의의 기계적 또는 광학적 수단을 사용하여서) 제2 유전체 층을 통해서 수직 홀들을 천공하고 이 홀들(또는 비아들)을 임의의 적절한 방법을 사용하여서 적절한 금속 재료로 충전 또는 도금함으로써 형성될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 각 열 전도성 라인은 복수의(예를 들어, 약 10 내지 20) 밀하게 팩킹된 비아들을 포함할 수 있으며, 이 경우에 각 비아는 수백 마이크로 폭의 크기일 수 있다. 일부 실시형태들에서, 열 전도도는 발광 LED들 아래에 포함된 열 전도성 라인들의 수를 증가시킴으로써 수직 방향에서 더 개선될 수 있다. 이러한 방식이 LED 어레이에서 히트 싱크로의 보다 양호한 전체 열 전도도를 제공하지만, 이는 발광 LED들 간의 악화된 열적 분리를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0118] 본 발명의 다른 목적들 및 이점들이 첨부 도면들을 참조하여서 그리고 다음의 상세한 설명을 독해하면 명백해질 것이다.
- 도 1은 복수의 다수의 색 LED들(예를 들어, 적색, 녹색 및 청색)을 포함하는 조명 디바이스가 달성가능한 색영역 및 인간의 색 인지 색영역을 예시하는 1931 CIE 색도도의 그래프이다.
- 도 2는 백색, 청색 및 녹색 LED들에 대한 상대 광속 및 접합부 온도 간의 비-선형 관계를 예시하는 그래프이다.
- 도 3은 적색, 적색 유사 주황색 및 황색(호박색) LED들에 대한 상대 광속 및 접합부 온도 간의 실질적으로 보다 비-선형인 관계를 예시하는 그래프이다.
- 도 4는 적색 및 적색 유사 주황색 LED들에 대한 상대 광속 및 구동 전류 간의 비-선형 관계를 예시하는 그래프이다.
- 도 5는 백색, 청색 및 녹색 LED들에 대한 상대 광속 및 구동 전류 간의 실질적으로 보다 비-선형인 관계를 예시하는 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시형태에 따른, 복수의 LED들 및 하나 이상의 광검출기들을 포함하는 조명 디바이스를 캘리브레이션하기 위한 개선된 방법의 흐름도이다.
- 도 7은 도 6의 캘리브레이션 방법에 따라서 획득되고 조명 디바이스 내에 저장될 수 있는 캘리브레이션 값들의 예시적인 표를 예시하는 차트이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시형태에 따른, 개선된 보상 방법의 흐름도이다.
- 도 9는 측정치들(예를 들어, 발광기 순방향 전압)이 각 발광 LED로부터 한 번에 하나의 LED 씩 획득되는 주기적

인터벌들을 예시하는, 4개의 발광 LED들을 포함하는 조명 디바이스에 대한 예시적인 타이밍도이다.

도 10은 도 6의 캘리브레이션 방법 동안에 획득되어 조명 디바이스 내에 저장된 캘리브레이션 값들을 사용하여 소정의 LED에 대한 목표 광속을 생성하는데 필요한 구동 전류를 결정하기 위해서 도 8의 보상 방법에서 하나 이상의 보간 기법(들)이 사용될 수 있는 방식을 도시하는 그래픽 표현이다.

도 11은 도 6의 캘리브레이션 방법 동안에 획득되어 조명 디바이스 내에 저장된 캘리브레이션 값들, 현 순방향 전압, 및 현 구동 전류를 사용하여 소정의 LED에 대한 예상 x 색도 값을 결정하기 위해서 도 8의 보상 방법에서 하나 이상의 보간 기법(들)이 사용될 수 있는 방식을 도시하는 그래픽 표현이다.

도 12는 도 6의 캘리브레이션 방법 동안에 획득되어 조명 디바이스 내에 저장된 캘리브레이션 값들, 현 순방향 전압, 및 현 구동 전류를 사용하여 소정의 LED에 대한 예상 y 색도 값을 결정하기 위해서 도 8의 보상 방법에서 하나 이상의 보간 기법(들)이 사용될 수 있는 방식을 도시하는 그래픽 표현이다.

도 13은 본 발명의 다른 실시형태에 따른, 개선된 보상 방법의 흐름도이다.

도 14는 측정치들(예를 들어, 유도된 광전류 및 검출기 순방향 전압)이 하나 이상의 광검출기들로부터 획득되고 측정치(예를 들어, 발광기 순방향 전압)가 한 번에 하나의 LED 씩 각 발광 LED로부터 획득되는 주기적 인터벌들을 예시하는, 4개의 발광 LED들을 포함하는 조명 디바이스에 대한 예시적인 타이밍도이다.

도 15는 도 6의 캘리브레이션 방법 동안에 획득되어 조명 디바이스 내에 저장된 캘리브레이션 값들, 현 순방향 전압, 및 현 구동 전류를 사용하여 소정의 LED에 대한 예상 광전류 값을 결정하기 위해서 도 13의 보상 방법에서 하나 이상의 보간 기법(들)이 사용될 수 있는 방식을 도시하는 그래픽 표현이다.

도 16a는 예시적인 조명 디바이스의 사진이다.

도 16b는 도 16a의 예시적인 조명 디바이스 내에 포함될 수 있는 예시적인 발광 모듈의 평면도를 도시하는 컴퓨터 생성된 이미지이다.

도 17a는 다른 예시적인 조명 디바이스의 사진이다.

도 17b는 도 17a의 예시적인 조명 디바이스 내에 포함될 수 있는 예시적인 발광 모듈의 평면도를 도시하는 컴퓨터 생성된 이미지이다.

도 18a은 본 발명의 일 실시형태에 따른 개선된 발광 모듈의 측면도이다.

도 18b은 본 발명의 다른 실시형태에 따른 개선된 발광 모듈의 측면도이다.

도 19는 본 발명의 일 실시형태에 따른, 조명 디바이스 내에 포함될 수 있는 회로 구성요소들의 예시적인 블록도이다.

도 20은 본 발명의 일 실시형태에 따른, 도 19의 조명 디바이스 내에 포함될 수 있는 LED 구동기 및 수신기 회로의 예시적인 블록도이다.

도 21은 인광체 변환 LED의 스펙트럼이 2개의 부분들로 분할되는 것을 도시하고 인광체 효율이 인광체가 에이징됨에 따라서 어떻게 저감되는지를 도시하는 예시적인 그래프이다.

본 발명이 다양한 수정사항들 및 다른 형태들로 가능하지만, 본 발명의 특정 실시형태들은 도면들에서 예시적으로 도시되며 본 명세서에서 세부적으로 기술될 것이다. 그러나, 도면들 및 이에 대한 상세한 설명은 본 발명을 특정한 개시된 형태로 한정하고자 하는 것은 아니며, 이와 반대로, 첨부된 청구항들에 의해서 규정된 바와 같은 본 발명의 사상 및 범위 내에 해당하는 모든 수정사항들, 균등사항들, 및 대안사항들을 포함하고자 한다는 것이 이해되어야 한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0119] LED는 일반적으로 p-n 접합을 생성하기 위해서 불순물로 도핑된 반도체 재료의 칩을 포함한다. 다른 다이오드들에서처럼, 전류는 p-측, 또는 양극에서 n-측, 또는 음극으로 용이하게 흐르지만, 역방향으로 흐르지 않는다. 전하 내지 캐리어 전자들 및 정공들은 상이한 전압들로 전극들로부터 접합부로 흐른다. 전자가 정공과 만나면, 전자는 낮은 에너지 레벨로 떨어져서 에너지를 광자의 형태(즉, 광)로 방출한다. LED에 의해서 방출된 광의 파장, 및 이로써 그의 색은 LED의 p-n 접합부를 형성하는 재료들의 밴드 갭 에너지에 의존한다.

- [0120] 적색 및 황색 LED들은 통상적으로 상대적으로 낮은 밴드 갭 에너지를 갖는 재료들(예를 들어, AlInGaP)로 구성되며 이로써 긴 파장의 광을 생성한다. 예를 들어, 대부분의 적색 및 황색 LED들은 각각 대략적으로 610-650 nm 내지 대략적으로 580-600 nm 범위의 피크 파장을 갖는다. 한편, 녹색 및 청색 LED들은 통상적으로 상대적으로 높은 밴드 갭 에너지를 갖는 재료들(예를 들어, GaN 또는 InGaN)로 구성되며, 이로써 보다 짧은 파장의 광을 생성한다. 예를 들어, 대부분의 녹색 및 청색 LED들은 각각 대략적으로 515-550 nm 내지 대략적으로 450-490 nm 범위의 피크 파장을 갖는다.
- [0121] 일부 경우들에서, "백색" LED는 예를 들어, 약 450 내지 490nm의 피크 발광 파장을 갖는 청색 LED를 이 청색 LED에 의해서 방출된 광자들을 보다 낮은 에너지 레벨, 또는 보다 긴 피크 발광 파장, 예를 들어, 약 525nm 내지 약 600nm으로 하향 변환하는, 인광체(예를 들어, YAG)로 피복 또는 코팅함으로써 형성될 수 있다. 일부 경우들에서, 이러한 LED는 약 3000K의 상관된 색 온도(CCT)를 갖는 실질적으로 백색 광을 생성하도록 구성될 수 있다. 그러나, 본 기술 분야의 당업자는 상이한 색들의 LED들 및/또는 상이한 인광체들이 잠재적으로 상이한 CCT를 갖는 "백색" LED를 생성하는데 사용될 수 있는 방식을 이해할 것이다.
- [0122] 2개 이상의 상이한 색상의 LED들이 단일 패키지 내에 결합되는 경우에, 개별 LED들의 스펙트럼 성분은 결합되어서 혼합된 광을 생성한다. 일부 경우들에서, 상이한 색상의 LED들이 결합되어서 "따뜻한 백색"(예를 들어, 대략 2600K 내지 3000K), 내지 "중립적 백색"(예를 들어, 3000K 내지 4000K) 내지 "차가운 백색"(예를 들어, 4000K 내지 8300K)에 이르는 색 지점들 또는 CCT들의 넓은 색영역 내에서 백색 또는 근사-백색 광을 생성할 수 있다. 백색 광 조명 디바이스들의 실례들은 다음으로 한정되지 않지만, 적색, 녹색 및 청색(RGB) LED들, 적색, 녹색, 청색 및 황색(RGBY) LED들, 백색 및 적색(WR) LED들, 및 RGBW LED들을 결합한 것들을 포함한다.
- [0123] 본 발명은 전반적으로 복수의 발광 다이오드(LED들) 및 하나 이상의 광검출기들을 갖는 조명 디바이스들에 관한 것이다. 단순성을 위해서, 용어 "LED"가 단일 LED, 또는 동일한 구동 전류가 공급되는 직렬로 접속된 LED들의 체인을 지칭하도록 본 개시에 걸쳐서 사용될 것이다. 일 실시형태에 따라서, 본 발명은 구동 전류, 온도에서의 변화에 따라서 및/또는 시간이 지남에 따라서 LED 조명 디바이스에 대한 목표 광속 및 목표 색도를 정확하게 유지하도록, LED 조명 디바이스 내의 개별 LED들을 캘리브레이션 및 보상하기 위한 개선된 방법들을 제공한다.
- [0124] 본 발명이 다음으로 한정되지 않지만, 본 발명은 상이한 색상의 LED들의 출력 특성들이 구동 전류, 온도 및 시간이 지남에 따라서 상이하기 변하기 때문에 2개 이상의 상이한 색들의 LED들이 혼합된 백색 또는 근사-백색 광을 생성하게 결합된 조명 디바이스들(즉, 다중-색상 조명 디바이스들)에 특히 잘 적합하다. 본 발명은 또한 구동 전류에서의 변화가 조명 디바이스의 루멘 출력, 색 및 온도에 내재적으로 영향을 주기 때문에, 하나 이상의 of LED들에 공급된 구동 전류들을 조절함으로써 목표 디밍 레벨 및/또는 목표 색도 설정치가 변화되게 하는 조명 디바이스들(즉, 튜닝가능한 조명 디바이스들)에 특히 잘 적합하다.
- [0125] 도 2 및 도 3은 상이한 색들의 LED들에 대한 접합부 온도에 따라서 개별 LED의 상대 광속(luminous flux)이 변하는 방식을 예시한다. 도 2 및 도 3에 예시된 바와 같이, 모든 LED들로부터의 광속 출력은 온도가 증가하면 일반적으로 감소한다. 일부 색들(예를 들어, 백색, 청색 및 녹색)의 경우에, 광속 및 접합부 온도 간의 관계는 상대적으로 선형인 한편(도 2 참조), 다른 색들(예를 들어, 적색, 주황색 및 특히, 황색)에 대해서, 상기 관계는 크게 비-선형적이다(도 3 참조). LED의 색도 또한 (인광체 변환 및 비-인광체 변환 LED들 양자에 대해서) 지배적 파장의 시프트들로 인해서 그리고 (인광체 변환 LED들에 대해서) 인광체 효율의 변화로 인해서 온도에 따라서 변한다. 일반적으로, 녹색 LED들의 피크 발광 파장은 온도가 증가하면 감소하는 경향이 있는 한편, 적색 및 청색 LED들의 피크 발광 파장은 온도가 증가하면 증가하는 경향이 있다. 색도 변화는 대부분의 색들에 있어서 온도와 상대적으로 선형 관계에 있는 한편, 적색 및 황색 LED들은 매우 큰 비-선형 변화 관계를 보인다.
- [0126] LED들이 에이징됨에 따라서, 양 인광체 변환 및 비-인광체 변환 LED들로부터의 광속 출력, 및 인광체 변환 LED들의 색도도 또한 시간이 지남에 따라서 변한다. 초기 수명 시에, 광속은 증가하거나(밝아지거나), 감소하게(어둡게) 되는 한편, 수명의 후반기에서, 광속은 일반적으로 감소한다. 예상한 바와 같이, LED들이 보다 높은 구동 전류들 및 보다 높은 온도들을 받은 때에 루멘 출력은 시간이 지남에 따라서 신속하게 감소한다. 인광체 변환 LED가 에이징됨에 따라서, 인광체는 덜 효율적이게 되며 인광체를 통과하는 청색 광의 양은 증가한다. 인광체 효율의 이러한 감소는 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 전체 색이 시간이 지남에 따라서 "보다 차갑게" 보이게 한다. 비-인광체 변환 LED의 지배적 파장 및 색도가 시간이 지남에 따라서 변화되지 않더라도, LED가 에이징됨에 따라서 광속은 감소하며, 이는 실제로 다중-색상 LED 조명 디바이스의 색도가 시간이 지남에 따라서 변화되게 한다.
- [0127] 상이한 색상의 LED들이 다중-색상 조명 디바이스 내에서 결합되는 경우에, 결과적인 디바이스의 색 지점은 온도

에서의 변화에 따라서 그리고 시간이 지남에 따라서 때로 크게 변한다. 예를 들어, 적색, 녹색 및 청색 LED들이 백색 광 조명 디바이스 내에서 결합된 경우에, 이 디바이스의 색 지점은 온도가 증가함에 따라서 점점 더 "보다 차갑게" 보이게 할 수 있다. 이는 적색 LED들에 의해서 생성된 광속이 온도들이 증가함에 따라서 크게 감소하는 한편, 녹색 및 청색 LED들에 의해서 생성된 광속은 상대적으로 안정되게 유지되기 때문이다(도 2 및 도 3 참조).

[0128] 온도 및 에이징 효과를 다루기 위해서, 일부 종래 기술 조명 디바이스들은 발광 LED들의 특성들을 측정하고 발광 LED들 중 하나 이상의 것에 공급되는 구동 전류를 증가시킴으로써 온도 및 시간에 따라서 일정한 루멘 출력 및/또는 일정한 색도를 유지하고자 시도한다. 예를 들어, 일부 종래 기술 조명 디바이스들은 (주변 온도 센서 또는 히트 싱크 측정을 통해서 직접적으로 또는 순방향 전압 측정을 통해서 간접적으로) 조명 디바이스 온도를 측정하고, 루멘 출력에서의 온도 관련 변화를 보상하기 위해서 발광 LED들 중 하나 이상의 것에 공급되는 구동 전류들을 조절한다. 다른 종래 기술 조명 디바이스들은 개별 발광 LED들로부터의 루멘 출력을 측정하고, 측정된 값이 목표 값과 상이하면, 발광 LED에 공급되는 구동 전류들이 시간이 지남에 따라서 발생하는 광속의 변화를 보상하도록 증가된다.

[0129] 그러나, 발광 LED들에 공급된 구동 전류들을 변경하는 것은 LED 조명 디바이스가 생성한 광속 및 색도에 내재적으로 영향을 준다. 도 4 및 도 5는 상이한 색들의 LED들(예를 들어, 적색, 적색 유사 주황색, 백색, 청색 및 녹색 LED들)에 대한 광속 및 구동 전류 간의 관계를 예시한다. 일반적으로, 광속은 구동 전류들이 커지면 증가하고, 구동 전류들이 감소하면 감소한다. 그러나, 구동 전류에 따른 광속의 변화는 모든 색들의 LED들에 대해서 비-선형이며, 이러한 비-선형 관계는 다른 색들보다도 특정 색들의 LED들(예를 들어, 청색 및 녹색 LED들)에 대해서 실질적으로 보다 현저하다. 온도 및/또는 에이징 효과를 상쇄하게 구동 전류들이 증가되면 조명의 색도가 또한 변화는데, 그 이유는 구동 전류들이 커지면 내재적으로 보다 높은 LED 접합부 온도들이 발생하다(도 2 및 도 3 참조). 구동 전류/온도에 따른 색도의 변화는 모든 색들의 LED들에 대해서 상대적으로 선형이지만, 변화 레이트는 상이한 LED 색들에 대해서 상이하며 부분 간에도 상이할 수 있다.

[0130] 일부 종래 기술 조명 디바이스들은 발광 LED들에 공급된 구동 전류들을 조절할 수 있을지라도, 이러한 디바이스들은 특정 색들의 LED들에 대한 광속 및 접합부 온도 간에 존재하는 비-선형 관계(도 2 및 도 3), 모든 색들의 LED들에 대한 광속 및 구동 전류 간에 존재하는 비-선형 관계(도 4 내지 5)를 보상하지 못하고 이러한 관계들이 상이한 색들의 LED들에 대해서 상이하다는 사실을 해결하지 못하므로 정확한 온도 및 에이징 보상을 제공하지 못한다. 이러한 디바이스들은 또한 상이한 색들의 LED들에 대해서 구동 전류/온도에 따른 색도의 변화 레이트가 상이하다는 사실을 해결하지 못한다. 이러한 거동특성을 해결하지 않으므로, 종래 기술 조명 디바이스들은 다중-색상 LED 조명 디바이스 내에 포함된 모든 LED들에 대한 정확한 온도 및 에이징 보상을 제공할 수 없다.

[0131] LED들이 에이징됨에 따라서, 구동 전류 및 온도가 변하고 시간이 변함에 따라서 목표 광속 및 목표 색도를 유지하도록, 조명 디바이스 내에 포함된 개별 LED들을 캘리브레이션 및 보상하기 위한 개선된 조명 디바이스들 및 방법들이 필요하다. 이러한 필요는 상이한 LED 색들은 온도 및 시간에 따라서 상이하게 반응하기 때문에, 특히 다중-색상 LED 조명 디바이스들에 적절하며, 또한 구동 전류 변화는 내재적으로 조명 디바이스의 루멘 출력, 색 및 온도에 영향을 주기 때문에, 디밍 및/또는 색 튜닝 기능들을 제공하는 조명 디바이스들에도 적절하다.

[0132] 이러한 필요에 응하기 위해서, LED 조명 디바이스 내의 각 LED를 개별적으로 캘리브레이션 및 보상하는 개선된 조명 디바이스들 및 방법들이 본 명세서에서 제공된다. 본 명세서에서 기술되는 개선된 캘리브레이션 및 보상 방법들은 LED 조명 디바이스 내에 포함된 모든 LED들에 대한 정확한 온도 및 에이징 보상을 제공하지 못하는 통상적인 방법들의 단점들을 해결한다.

[0133] **조명 디바이스를 캘리브레이션하기 위한 개선된 방법들의 예시적인 실시형태들**

[0134] 도 6은 복수의 LED들 및 적어도 하나의 전용 광검출기를 포함하는 조명 디바이스를 캘리브레이션하기 위한 개선된 방법들의 하나의 실시형태를 예시한다. 일부 실시형태들에서, 도 6에 도시된 캘리브레이션 방법은 동일한 색을 갖는 모든 LED들을 갖는 조명 디바이스를 캘리브레이션하는데 사용될 수 있다. 그러나, 본 명세서에서 기술되는 캘리브레이션 방법은 특히 2개 이상의 상이한 색상의 LED들(즉, 다중-색상 LED 조명 디바이스)을 포함하는 조명 디바이스를 캘리브레이션하는데 매우 적합한데, 그 이유는 상이한 색상의 LED들의 출력 특성들은 구동 전류, 온도에 따라서 및 시간이 지남에 따라서 상이하게 변하기 때문이다. 본 명세서에서 기술되는 캘리브레이션 방법은 또한 특히, 디밍 및/또는 색 튜닝 기능들(즉, 튜닝가능한 LED 조명 디바이스)을 제공하는 조명 디바이스를 캘리브레이션하는데 매우 적합한데, 그 이유는 구동 전류 변화는 내재적으로 조명 디바이스의 루멘 출력, 색 및 온도에 영향을 주기 때문이다.

- [0135] 개선된 조명 디바이스의 예시적인 실시형태들이 이하에서 도 16 내지 20를 참조하여서 기술될 것이며, 이 도면들은 각각이 하나 이상의 발광 모듈을 갖는 상이한 타입들의 LED 조명 디바이스들을 도시한다. 이하에서 기술될 바와 같이, 각 발광 모듈은 일반적으로 어레이로 배열된 복수의 발광 LED들 및 이 어레이의 둘레에 따라서 이격된 적어도 하나의 전용 광검출기를 포함한다. 일 예시적인 실시형태에서, 발광 LED들의 어레이는 적색, 녹색, 청색 및 백색(또는 황색) LED들을 포함할 수 있으며, 적어도 하나의 전용 광검출기는 하나 이상의 적색, 주황색, 황색 및/또는 녹색 LED들을 포함할 수 있다. 그러나, 본 발명은 발광 LED들 또는 광검출기들의 임의의 특정한 색, 개수, 조합 또는 배열로 한정되지 않는다. 본 기술 분야의 당업자는 본 명세서에서 기술되는 방법 단계들이 실질적으로 상이한 발광 모듈들을 갖는 다른 LED 조명 디바이스들에 적용될 수 있는 방식을 이해할 것이다.
- [0136] 도 6에 도시된 바와 같이, 개선된 캘리브레이션 방법은 일반적으로, 조명 디바이스를 제1 주변 온도에 덩으로 써 시작하다(단계(10)). 조명 디바이스가 이러한 온도를 받게 되면, 복수의 상이한 구동 전류 레벨들이 발광 LED들에 인가되며(단계 (12)) 복수의 측정치들이 상이한 구동 전류 레벨들 각각에서 양 발광 LED들 및 전용 광검출기 LED(들)로부터 획득될 수 있다(단계들(14 및 16)). 구체적으로, 2개 이상의 상이한 구동 전류 레벨들이 측정치들을 조명 디바이스로부터 획득하기 위해서, 한 번에 하나의 LED 씩, 각 발광 LED에 연속적으로 인가될 수 있다. 이러한 측정치들은 일반적으로 광학적 측정치들 및 전기적 측정치들을 포함할 수 있다.
- [0137] 예를 들어, 복수의 광학적 측정치들이 상이한 구동 전류 레벨들 각각에서 각 발광 LED에 의해서 생성된 조명으로부터 획득될 수 있다(단계(14)). 일 실시형태에 따라서, 광학적 측정치들은 2개 이상의 상이한 구동 전류 레벨들에서 각 발광 LED에 대해서 획득된, 복수의 광속, x 색도 및 y 색도 측정치들을 포함할 수 있다. 그러나, 본 명세서에서 기술되는 광학적 측정치들은 광속, x 색도 및 y 색도로 한정되지 않고, 본 발명의 다른 실시형태들에서 추가 또는 다른 광학적 측정치들을 포함할 수 있다.
- [0138] 일반적으로, 본 명세서에서 기술되는 색도 캘리브레이션 값들은 CIE 1931 XYZ 색 공간, CIE 1931 RGB 색 공간, CIE 1976 LUV 색 공간, 및 다양한 다른 RGB 색 공간들(예를 들어, sRGB, Adobe RGB, 등)에 대응할 수 있다. 본 명세서에서 기술되는 캘리브레이션 및 보상 방법들이 오직 x 및 y 색도 캘리브레이션 값들을 획득 및 사용할지라도, 본 기술 분야의 당업자는 다른 색 공간들로부터의 색도 값들이 본 명세서에서 기술되는 방법들에서 달리 획득 및 사용될 수 있는 방식을 이해할 것이다. 이로써, 본 명세서에서 기술되고 청구항들에서 인용되는 캘리브레이션 및 보상 방법들은 본 명세서에서 기술되는 바와 같은 발광 LED들의 실질적으로 임의의 조합을 포함하는 LED 조명 디바이스의 색영역을 기술하는데 사용될 수 있는 임의의 색 공간으로부터의 색도 캘리브레이션 값들을 포함하는 것으로 간주된다.
- [0139] 일 바람직한 실시형태에서, 3개의 광속(Luma) 측정치들, 3개의 x 색도(x chrom) 측정치들, 및 3개의 y 색도(y chrom) 측정치들이 도 7에서 도시되고 이하에서 논의되는 바와 같이, 대략적으로 최대 구동 전류 레벨(통상적으로 약 500 mA이며, LED부 개수 및 제조자에 의존함), 이 최대 구동 전류의 대략적으로 30%, 및 이 최대 구동 전류의 대략적으로 10%에서 각 발광 LED로부터 측정된다. 일부 실시형태들에서, 광속 및 x, y 색도 측정치들은 외부 캘리브레이션 툴, 예를 들어, 분광 광도계를 사용하여서 발광 LED들로부터 획득될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 외부 캘리브레이션 툴로부터 측정된 측정 값들은 도 19를 참조하여서 이하에서 세부적으로 기술될 바와 같이, 조명 디바이스에 무선으로 전송될 수 있다.
- [0140] 또한, 복수의 전기적 측정치들이 상이한 구동 전류 레벨들 각각에서 발광 LED들 각각 및 전용 광검출기(들) 각각으로부터 획득될 수 있다(단계(16)). 이러한 전기적 측정치들은 다음으로 한정되지 않지만, 전용 광검출기(들) 상에서 유도된 광전류들 및 전용 광검출기(들) 및/또는 발광 LED(들)에 양단에서 측정된 순방향 전압들을 포함할 수 있다. 상술한 광학적 측정치들과는 달리, 전기적 측정치들은 회로 조명 디바이스 내에 포함된 LED 구동기 및 수신기를 사용하여서 전용 광검출기(들) 및 발광 LED들로부터 획득될 수 있다. 이러한 회로의 예시적인 실시형태가 도 19 내지 20에 도시되며 이하에서 세부적으로 기술된다.
- [0141] 상이한 구동 전류들 레벨들 각각에서, LED 구동기 및 수신기 회로는 각 발광 LED에 의해서 개별적으로 생성된 조명에 의해서 전용 광검출기 상에서 유도된 광전류들을 측정한다. 일 바람직한 실시형태에서, 발광 LED들이 3개의 상이한 구동 전류 레벨들(예를 들어, 최대 구동 레벨의 100%, 30% 및 10%)에서 조명을 생성하도록 연속적으로 구동되는 때에, 3개의 광전류(Iph_d1) 측정치들이 각 발광 LED에 대한 전용 광검출기로부터 획득될 수 있다. 일부 실시형태들에서, LED 구동기 및 수신기 회로는 상이한 구동 전류 레벨들 각각에서 발광 LED들에 의해서 생성된 조명의 광속 및 x 및 y 색도를 외부 캘리브레이션 툴이 측정하는 시간과 실질적으로 동일한 시간에 광전류(Iph_d1) 측정치들을 획득할 수 있다.

- [0142] 일반적으로, 광속, 색도 및 유도된 광전류를 측정하기 위해서 발광 LED들에 인가된 구동 전류들은 동작성 구동 전류 레벨들(예를 들어, 약 20 mA 내지 약 500 mA)일 수 있다. 일부 경우들에서, 점점 증가하는 구동 전류 레벨들이 본 명세서에서 기술되는 측정치들을 획득하기 위해서 발광 LED들 각각에 연속적으로 인가될 수 있다. 다른 경우들에서, 측정치들이 점점 감소하는 레벨들의 구동 전류를 발광 LED들에 연속적으로 인가함으로써 획득될 수 있다. 구동 전류들이 서로 상이한 경우를 제외하고, 구동 전류 레벨들이 인가되는 순서는 대체적으로 중요하지 않다.
- [0143] 실례들이 본 명세서에서 제공되지만, 본 발명은 임의의 특정한 값 또는 임의의 특정한 개수의 구동 전류 레벨들로 한정되지 않으며, 실질적으로 임의의 값 및 임의의 개수의 구동 전류 레벨들을 발광 LED의 동작 전류 레벨 범위 내에서 발광 LED에 인가할 수 있다. 그러나, 일반적으로, 발광 LED들로부터 광속 및 색도 측정치들을, 그리고 광검출기로부터 광전류 측정치들을, 충분한 개수의 상이한 구동 전류 레벨들에서 획득하여서, 이러한 측정치들 및 구동 전류 간의 비-선형 관계가 LED의 동작 전류 레벨 범위에 걸쳐서 정확하게 특성화될 수 있게 하는 것이 바람직하다.
- [0144] 측정치들의 개수가 증가하면 비-선형 관계들이 특성화되는 정확도가 개선하지만, 이는 캘리브레이션 시간 및 비용을 증가시킨다. 캘리브레이션 시간 및 비용 증가가 모든 경우들에서 그렇게 된다고 할 수 없지만, 일부 경우들에서는 유리할 수 있다. 예를 들어, 추가 광속 측정치들이 다른 색들의 LED들보다 상당히 더 비-선형 관계를 보이는 경향이 있는 특정 색들의 LED들(예를 들어, 청색 및 녹색 LED들)(도 4 내지 5 참조)에 대한 광속 대 구동 전류 관계를 특성화하고자 시도할 때에 유리할 수 있다. 이로써, 특정한 색의 LED에 대한 측정치들을 획득하기 위해서, 정확도 및 캘리브레이션 시간/비용으로 목표 개수의 구동 전류 레벨들을 선택할 때에, 이러한 정확도 및 캘리브레이션 시간/비용 간의 균형이 유지되어야 한다.
- [0145] 증가하는 구동 전류들은 발광 LED들의 접합부 온도에 영향을 주기 때문에, 각 동작성 구동 전류 레벨이 발광 LED들에 인가된 후에 즉시 순방향 전압이 각 발광 LED 및 각 광검출기 양단에서 측정될 수 있다(단계(16)). 각 동작성 구동 전류 레벨에 대해서, 해당 동작성 구동 전류 레벨에 대한 광전류 측정치들이 획득된 전에 또는 후에 순방향 전압들이 각 발광 LED 및 각 광검출기 양단에서 측정될 수 있다. 그러나, 광학적 측정치들과는 달리, 상대적으로 작은 구동 전류들이 발광 LED들 및 전용 광검출기(들)에 인가되어서 거기에서 발생한 순방향 전압들을 측정한다.
- [0146] 일 바람직한 실시형태에서, 광속, x 색도 및 y 색도를 측정하기 위해서 상이한 구동 전류 레벨들(예를 들어, 최대 구동 레벨의 100%, 30% 및 10%) 각각이 발광 LED들에 인가된 후에 즉시, 3개의 순방향 전압(V_{fe}) 측정치들이 각 발광 LED로부터 획득될 수 있으며, 3개의 순방향 전압(V_{fd1}) 측정치들이 각 전용 광검출기로부터 획득될 수 있다(단계(16)). 순방향 전압(V_{fe} 및 V_{fd1}) 측정치들은, 유도된 광전류들(I_{ph_d1})이 상이한 구동 전류 레벨들 각각에서 측정된 후에 또는 전에 획득될 수 있다. 각 동작성 구동 전류 레벨이 발광 LED들에 인가된 후에 즉시 순방향 전압(V_{fe})을 각 발광 LED 양단에서 측정하고 순방향 전압(V_{fd1})을 각 전용 광검출기 양단에서 측정함으로써, V_{fe} 및 V_{fd1} 측정치들은 발광 LED들 및 전용 광검출기의 접합부 온도가 구동 전류 변화에 따라서 변하는 방식을 양호하게 알리는데 사용될 수 있다.
- [0147] 순방향 전압 측정치들을 획득할 때에, 상대적으로 작은 구동 전류가 발광 LED들 각각 및 전용 광검출기 LED들 각각에, 한 번에 하나의 LED 씩 인가되며, 이로써 개별 LED들의 양극 및 음극 간에서 발생한 순방향 전압(V_{fe} 또는 V_{fd1})이 측정될 수 있다(단계(16)). 이러한 측정치들을 획득할 때에, 조명 디바이스 내의 모든 다른 발광 LED들은 부정확한 순방향 전압 측정치들을 피하기 위해서 바람직하게는 턴 오프된다(이유는 다른 발광 LED들로부터의 광이 측정 중인 LED 내에 추가 광전류들을 유도할 것이기 때문임).
- [0148] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "상대적으로 작은 구동 전류"는 LED로부터 상당한 조명을 생성하기에는 불충분한 비-동작성 구동 전류, 또는 구동 전류 레벨로서 넓게 규정될 수 있다. 온도 편차를 보상하기 위해서 순방향 전압 측정치들을 사용하는 대부분의 LED 디바이스 제조자들은 순방향 전압 측정치들을 획득할 때에, 상대적으로 큰 구동 전류(예를 들어, LED로부터 조명을 생성하기에 충분한 동작성 구동 전류 레벨들)를 LED들에 인가한다. 공교롭게도, 동작성 구동 전류 레벨들에서 측정된 순방향 전압들은 LED 수명에 걸쳐서 상당히 변하는 경향이 있다. LED가 에이징됨에 따라서, 접합부 내의 기생 저항이 증가하며, 이는 동작 전류 레벨들에서 측정된 순방향 전압이, 온도와 무관하게, 시간이 지남에 따라서 증가하게 한다. 이러한 이유로 해서, 상대적으로 작은(즉, 비-동작성) 구동 전류가 순방향 전압 강하의 저항 부분을 제한하기 위해서, 순방향 전압 측정치들을 획득할 때에 본 명세서에서 사용된다.
- [0149] 1 밀리미터 제곱의 접합부 면적을 갖는 일부 통상적인 타입들의 발광 LED들의 경우에, 발광 LED들로부터 순방향

전압 측정치들을 획득하기 위해서 본 명세서에서 사용된 최적 구동 전류는 대략적으로 0.1 내지 10 mA이며 보다 바람직하게는 약 0.3 내지 3 mA일 수 있다. 일 실시형태에서, 발광 LED들로부터 순방향 전압 측정치들을 획득하기 위한 최적 구동 전류 레벨은 약 1 mA일 수 있다. 그러나, 보다 작은/큰 LED들이 이에 비례하여서 보다 작은/보다 큰 전류를 사용하여서 전류 밀도를 대략적으로 동일하게 유지할 수 있다. 상당히 보다 작은 LED를 전용 광검출기로서 사용하는 실시형태들에서, 단일 광검출기로부터 순방향 전압 측정치들을 획득하기 위한 최적 구동 전류 레벨은 약 100 uA 내지 약 300 uA 범위에 존재할 수 있다. 일 실시형태에서, 병렬로 접속된 복수의 전용 광검출기들로부터 순방향 전압 측정치들을 획득하기 위한 최적 구동 전류 레벨은 약 1mA일 수 있다. 발광 LED들로부터 순방향 전압 측정치들을 획득하는데 사용되는 상대적으로 작은, 비-동작성 구동 전류들(예를 들어, 약 0.3 mA 내지 약 3 mA) 및 전용 광검출기로부터 순방향 전압 측정치들을 획득하는데 사용되는 상대적으로 작은, 비-동작성 구동 전류들(예를 들어, 약 100 μ A 내지 약 300 μ A)은 광속, 색도 및 유도된 광전류를 측정하기 위해서 단계들(14 및 16)에서 사용된 동작성 구동 전류 레벨들(예를 들어, 약 20 mA 내지 약 500 mA)보다 실질적으로 보다 작다.

[0150] 단계들(14 내지 16)에서 기술된 측정치들이 제1 온도에서 획득된 후에, 조명 디바이스는 제2 주변 온도를 받으며, 이 제2 주변 온도는 제1 주변 온도와 실질적으로 상이하다(단계(18)). 일단 이러한 제2 온도를 받으면, 단계들(12 내지 16)이 반복되는데(단계(20)), 이로써 발광 LED들 각각으로부터 추가적인 복수의 광학적 측정치들이 획득되며(단계(14)), 발광 LED들 및 전용 광검출기로부터 추가 복수의 전기적 측정치들이 획득된다(단계(16)). 추가 측정치들은 제1 주변 온도와 관련하여서 상술한 바와 동일한 방식으로 제2 주변 온도에서 획득될 수 있다.

[0151] 일 실시형태에서, 제2 주변 온도는 제1 주변 온도보다 실질적으로 낮을 수 있다. 예를 들어, 제2 주변 온도는 상온(예를 들어, 대략적으로 25°C)과 대략적으로 동일할 수 있으며, 제1 주변 온도는 상온보다 실질적으로 높을 수 있다. 일 실례에서, 제1 주변 온도는 해당 디바이스가 동작하도록 예상되는 상승된 온도(예를 들어, 대략적으로 70°C) 또는 최대 온도(예를 들어, 대략적으로 85°C)에 근사할 수 있다. 다른 실시형태에서, 제2 주변 온도는 제1 주변 온도보다 실질적으로 높을 수 있다.

[0152] 개별 LED들을 캘리브레이션하기 위해서 온도들이 적용되는 정확한 값들, 개수 및 순서는 다소 중요하지 않다는 것이 주목될 필요가 있다. 그러나, 개수의 상이한 온도들에서 광속, x 및 y 색도, 및 광전류 캘리브레이션 값들을 획득하여서, 이러한 측정치들 및 구동 전류 간의 비-선형 관계들이 각 LED의 동작 온도 범위에 걸쳐서 정확하게 특성화될 수 있게 하는 것이 일반적으로 바람직하다. 일 바람직한 실시형태에서, 조명 디바이스는 조명 디바이스의 동작 온도 범위에 걸쳐서 선택되는, 2개의 실질적으로 상이한 주변 온도들을 받을 수 있다. 3개의(또는 보다 많은) 온도들에서 본 명세서에서 기술되는 측정치들을 획득하는 것이 가능하지만, 이렇게 하는 것은 상당한 비용, 복잡도 및/또는 시간을 캘리브레이션 프로세스에 더할 수 있다. 이러한 이유로 해서, 발광 LED들 및 전용 광검출기(들)이 오직 2개의 상이한 온도들(예를 들어, 약 25°C 내지 약 70°C)에서 캘리브레이션되는 것이 일반적으로 바람직하다.

[0153] 일부 실시형태들에서, 조명 디바이스는 캘리브레이션 프로세스 동안에 온도들을 인위적으로 생성함으로써 제1 및 제2 주변 온도들을 받을 수 있다. 그러나, 제1 및 제2 주변 온도들이 조명 디바이스의 생산 동안에 자연적으로 발생하는 온도들인 것이 일반적으로 바람직한데, 이유는 이로써 캘리브레이션 프로세스가 단순화되고, 이와 관련된 상당한 비용 감소가 이루어지기 때문이다. 일 실시형태에서, 상승된 온도에서 획득된 측정치들은 조명 디바이스가 상대적으로 고온(예를 들어, 대략적으로 50°C 내지 85°C)일 때에 LED들의 번-인(burn-in) 이후에 획득될 수 있으며, 얼마 이후에(예를 들어, 제조 라인의 끝 부분에서), 조명 디바이스가 상대적으로 저온(예를 들어, 대략적으로 20°C 내지 30°C)일 때에 상온 캘리브레이션이 수행되어서 측정치들을 획득할 수 있다.

[0154] 일단 캘리브레이션 측정치들이 획득되면, 캘리브레이션 값들은 조명 디바이스 내에 저장될 수 있으며(단계(22)), 이로써 저장된 값들이 이후에, 구동 전류, 온도 및 시간의 변화에 따라서 발생할 수 있는 광속 및/또는 색도의 변화와 관련하여서 조명 디바이스를 보상하기 위해서 사용될 수 있다. 일 실시형태에서, 캘리브레이션 값들은 예를 들어, 도 7에 도시된 바와 같이, 캘리브레이션 값들의 표 내에 저장될 수 있다. 캘리브레이션 값들의 표는 도 19를 참조하여서 이하에서 논의되는 바와 같이, 조명 디바이스의 저장 매체 내에 저장될 수 있다.

[0155] 도 7은 도 6에 도시된 캘리브레이션 방법에 따라서 생성될 수 있는 캘리브레이션 표의 하나의 실시형태를 예시한다. 예시된 실시형태에서, 캘리브레이션 표는 6개의 광속 측정치들(Luma), 6개의 x 색도 측정치들(x chrom), 및 6개의 y 색도 측정치들(y chrom)을 포함하며, 이러한 측정치들은 캘리브레이션 방법의 단계들(10, 12, 14, 18, 20 및 22)에서 3개의 상이한 구동 전류들(예를 들어, 최대 구동 전류의 10%, 30% 및 100%) 및 2개의 상이한

온도들(T0, T1)에서 각 발광 LED(예를 들어, 백색, 청색, 녹색 및 적색 발광 LED들)로부터 획득되었다. 도 7에 도시된 캘리브레이션 표는 또한 캘리브레이션 방법의 단계들(10, 12, 16, 20 및 22)에서 3개의 상이한 구동 전류들 레벨들 및 2개의 상이한 온도들에서 발광 LED들 각각에 의해서 생성된 조명에 의해서 광검출기 상에 유도된 6개의 광전류 측정치들(Iph_d1)을 포함한다.

[0156] 각 발광 LED(예를 들어, 각 백색, 청색, 녹색 및 적색 발광 LED) 및 각 주변 온도(T0, T1)에 대해서, 도 7에 도시된 캘리브레이션 표는 또한 3개의 상이한 구동 전류들 레벨들 각각이 발광 LED들에 인가된 후에 바로, 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압(Vfe) 및 전용 광검출기 양단에서 측정된 순방향 전압(Vfd1)을 포함한다. 이러한 예시적인 실시형태에서, 캘리브레이션 방법의 단계들(10, 12, 16, 18, 20 및 22)은 도 7에 도시된 바와 같은, 각 발광 LED에 대해 저장된 6개의 Vfe 측정치들 및 6개의 Vfd1 측정치들을 생성한다.

[0157] 도 7에 도시된 캘리브레이션 표는 본 명세서에서 기술되는 캘리브레이션 방법에 따라서, LED 조명 디바이스 내에 저장될 수 있는 캘리브레이션 값들의 오직 하나의 실례만을 나타낸다. 일부 실시형태들에서, 도 6에 도시된 캘리브레이션 방법은 실질적으로 상이한 캘리브레이션 값들, 또는 실질적으로 상이한 개수의 캘리브레이션 값들을 LED 조명 디바이스의 캘리브레이션 표 내에 저장하는데 사용될 수 있다.

[0158] 상술한 바와 같이, 본 발명은 도 6 및 7에 도시된 예시적인 개수의 구동 전류 레벨들 및 값들의 구동 전류로 한정되지 않는다. 보다 큰/보다 작은 개수의 구동 전류 레벨들을 발광 LED들에 인가함으로써 보다 큰/보다 작은 개수의 광학적 및 전기적 측정치들을 발광 LED들 및 적어도 하나의 전용 광검출기로부터 획득하는 것도 특히 가능하다. 도 7에 예시된 최대 구동 전류의 10%, 30% 및 100%가 아닌 실질적으로 상이한 값들의 구동 전류를 사용하는 것도 또한 가능하다.

[0159] 발광 LED들로부터 상이한 개수의 순방향 전압(Vfe) 측정치들을 획득 및 저장하거나 상이한 개수의 순방향 전압(Vfd1) 측정치들을 적어도 하나의 전용 광검출기로부터 획득 및 저장하는 것도 또한 가능하다. 예를 들어, 도 7의 실시형태에 도시된 캘리브레이션 표는 각 발광 LED로부터의 6개의 순방향 전압(Vfe) 측정치들 및 각 전용 광검출기로부터의 6*n 개의 순방향 전압(Vfd1) 측정치들을 저장하며, 여기서 'n'은 조명 디바이스 내에 포함된 발광 LED들의 개수이다. 상술한 바와 같이, 6개의 Vfe 측정치들 및 6*n 개의 Vfd1 측정치들은 바람직하게는 각 동작 구동 전류 레벨(예를 들어, 최대 구동 전류의 10%, 30% 및 100%)이 각 발광 LED에 인가된 후에 즉시 2개의 상이한 주변 온도들(T0, T1)에서 획득된다. 이러한 실시형태는 일반적으로 바람직하는데, 그 이유는 이러한 실시형태가 발광기 및 검출기 접합부 온도들이 주변 온도 변화 및 구동 전류 변화에 따라서 변하는 방식을 양호하게 설명하기 때문이다. 또한, 이러한 실시형태는 도 13에서 도시된 보상 방법(이하에서 기술됨)이 오직 검출기 순방향 전압들(Vfd1)만이 디바이스 동작 동안에 측정된 경우에 발광기 에이징을 보상하는 것을 가능하게 한다.

[0160] 도 6 내지 7에 도시되고 상술한 바와 같이, 캘리브레이션 방법은 소정의 온도(예를 들어, T0) 및 소정의 구동 전류(예를 들어, 최대 구동 전류의 10%)에서 각 발광 LED에 대한 오직 하나의 Vfe 및 오직 하나의 Vfd1 측정치를 획득할 수 있다. 하나의 다른 실시형태에서, 도 6의 캘리브레이션 방법은 소정의 온도(예를 들어, T0) 및 소정의 구동 전류(예를 들어, 최대 구동 전류의 10%)에서 각 발광 LED에 대한 복수의 Vfe 및 복수의 Vfd1 측정치들을 획득할 수 있다. 복수의 Vfe 및 Vfd1 측정치들은 짧은 시간 간격(예를 들어, 100 msec)에 걸쳐서 획득될 수 있으며, 각 시간 기간 동안에 획득된 복수의 Vfe 측정치들 및 복수의 Vfd1 측정치들은 이들이 도 7의 캘리브레이션 표 내에 저장되기 이전에 평균처리 및 필터링될 수 있다.

[0161] 다른 대안적 실시형태에서, 도 6의 캘리브레이션 방법은 공통으로 양도된 U.S. 특허 출원 일련번호. 13/970,944, 13/970,964 및 13/970,990에서 기술된 바와 같이, 각각이 2개의 상이한 온도들(T0, T1) 각각에 대한 것인, 각 발광 LED로부터의 오직 2개의 순방향 전압(Vfe) 측정치들을 획득할 수 있다. 마찬가지로, 오직 2*n 개의 순방향 전압(Vfd1) 측정치들이 전용 광검출기로부터 획득될 수 있으며, 여기서, 'n'은 조명 디바이스 내에 포함된 발광 LED들의 개수이다. 그러나, 이러한 실시형태에서, 캘리브레이션 표 내에 저장된 순방향 전압(Vfe 및 Vfd1) 측정치들은 오직, 구동 전류 유도된 온도 변화에 따라서가 아니라, 주변 온도 변화에 따라서 발광기 및 검출기 접합부 온도들이 변화하는 방식을 양호하게 알릴 뿐이다.

[0162] 본 발명의 다른 대안적 실시형태에서, 도 6에 도시된 캘리브레이션 방법은 발광기 순방향 전압(Vfe) 측정치들을 함께 생략할 수 있으며, 오직 광검출기 순방향 전압(Vfd1) 측정치들만을 사용하여서 온도 표시 사항을 제공할 수 있다. 그러나, Vfe 측정치들은 오직 발광 LED들 및 전용 광검출기(들) 간의 온도 차가 동작 온도 범위에 걸쳐서 상대적으로 동일하게 유지되는 경우에만 생략될 수 있다. 발광 LED들 및 광검출기(들) 간의 일정한 온도 차를 유지하기 위해서, 개선된 발광 모듈이 도 18a를 참조하여서 본 명세서에서 이하에서 제공 및 기술된다.

- [0163] 본 발명의 또 다른 대안적 실시형태에서, 도 6에 도시된 캘리브레이션 방법은 나중에, 시간이 지남에 따른 인광체 에이징을 보상하고 이로써, 인광체 변환 백색 LED의 색도를 제어하는데 사용될 수 있는 추가 측정치들을 획득하는데 사용될 수 있다.
- [0164] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일부 실시형태들은 발광 모듈 내에 인광체 변환 백색 발광 LED를 포함할 수 있다. 이러한 LED들은 예를 들어, 약 3000K의 CCT를 갖는 실질적으로 백색 광을 생성하기 위해서 인광체 재료(예를 들어, YAG)로 약 400 내지 500의 피크 발광 파장을 갖는 청색 LED를 코팅 또는 피복함으로써 형성될 수 있다. LED들 및 인광체들의 다른 조합들이 약 2700K 내지 약 10,000k 범위의 CCT를 갖는 백색 또는 근사-백색 광을 생성할 수 있는 인광체 변환 LED를 생성하는데 사용될 수 있다.
- [0165] 인광체 변환 LED들 내에서, LED의 스펙트럼 성분은 인광체의 스펙트럼 성분과 결합되어서 백색 또는 근사-백색 광을 생성한다. 도 21에 도시된 바와 같이, 결합된 스펙트럼은 제1 피크 발광 파장(예를 들어, 약 400 내지 500)을 갖는 제1 부분, 및 제1 피크 발광 파장과 실질적으로 상이한 제2 피크 발광 파장(예를 들어, 약 500 내지 650)을 갖는 제2 부분을 포함할 수 있다. 이러한 실례에서, 스펙트럼의 제1 부분은 청색 LED가 방출하는 광에 의해서 생성되며, 제2 부분은 인광체(예를 들어, YAG)를 통과하는 광에 의해서 생성된다.
- [0166] 인광체 변환 LED가 에이징됨에 따라서, 인광체 효과는 감소하고, 이는 인광체 변환 LED의 색도가 시간이 지남에 따라 "보다 차갑게" 보이게 한다. 인광체 변환 LED에서의 이러한 에이징 관련 색도 시프트를 보상하기 위해서, 도 6에 도시된 캘리브레이션 방법의 일부 실시형태들에서, 인광체 변환 LED의 LED 부분에 의해서 유도된 광전류들 및 인광체 변환 LED의 인광체 부분에 의해서 유도된 광전류들을 개별적으로 측정하는 것이 바람직할 수 있다. 이로써, 본 발명의 일부 실시형태들은 2개의 상이한 색도의 광검출기들을 사용하여, 인광체 변환 LED 스펙트럼의 상이한 부분들에 의해서 개별적으로 유도된 광전류들을 측정할 수 있다. 특히, 조명 디바이스의 발광 모듈은 인광체 변환 LED에 의해서 방출된 스펙트럼의 제1 부분만을 검출하도록 구성된 검출 범위를 갖는 제1 광검출기 및 인광체 변환 LED에 의해서 방출된 스펙트럼의 제2 부분만을 검출하도록 구성된 검출 범위를 갖는 제2 광검출기를 포함할 수 있다.
- [0167] 일반적으로, 제1 및 제2 광검출기들의 검출 범위는 측정 중인 인광체 변환 LED의 스펙트럼에 기초하여서 선택될 수 있다. 인광체 변환 백색 발광 LED가 발광 모듈 내에 포함되고 상술한 바와 같이 구현되는, 상술한 예시적인 실시형태에서, 제1 광검출기의 검출 범위는 청색 LED 부분이 방출한 광에 의해서 유도된 광전류들을 측정하기 위한 약 400nm 내지 약 500nm의 범위를 가지며, 제2 광검출기의 검출 범위는 인광체-변환 백색 LED의 인광체 부분을 통과하는 광에 의해서 유도된 광전류들을 측정하기 위한 약 500nm 내지 약 650nm의 범위를 갖는다. 제1 및 제2 광검출기들은 때로 입사 광을 검출하도록 구성된, 전용 광검출기들 및/또는 발광 LED들을 포함할 수 있다.
- [0168] 상술한 바와 같이, 조명 디바이스의 발광 모듈은 바람직하게는 적어도 하나의 전용 광검출기를 포함한다. 일 실시형태에서, 발광 모듈은 2개의 상이한 색도의 전용 광검출기들, 예를 들어, 하나 이상의 전용 녹색 광검출기들 및 하나 이상의 전용 적색 광검출기들을 포함할 수 있다(예를 들어, 도 17b 참조). 다른 실시형태에서, 발광 모듈은 오직 하나의 전용 광검출기, 예를 들어, 단일 적색, 주황색 또는 황색 광검출기를 포함할 수 있다(예를 들어, 도 16b 참조). 이러한 실시형태에서, 발광 LED들 중 하나(예를 들어, 녹색 발광 LED)는 때로 인광체 변환 LED 스펙트럼의 일부를 측정하기 위한 광검출기로서 구성될 수 있다.
- [0169] 도 6에 도시되고 상술된 캘리브레이션 방법에서, 적어도 하나의 전용 광검출기가 단계 16에서 사용되어서, 복수의 상이한 구동 전류 레벨들(예를 들어, 최대 구동 레벨의 100%, 30% 및 10%) 및 복수의 상이한 온도들(예를 들어, T0 및 T1)에서 조명을 생성하도록 발광 LED들이 연속적으로 구동되는 때에, 발광 LED들 각각에 의해서 생성된 조명에 의해서 전용 광검출기 내에서 유도된 광전류들(Iph_d1)을 측정할 수 있다. 광전류 측정치들(Iph_d1) 각각이 전용 광검출기로부터 획득된 후 또는 전의 어느 시간에, 순방향 전압(Vfd1)이 전용 광검출기 양단에서 측정되어서 캘리브레이션된 구동 전류 레벨들 각각에서 검출기 접합부 온도의 정보를 제공할 수 있다.
- [0170] 도 6에 도시된 캘리브레이션 방법의 일부 실시형태들에서, 획득 광전류(Iph_d1) 및 순방향 전압(Vfd1) 측정치들을 획득하는데 사용된 전용 광검출기는 예를 들어, 적색 LED일 수 있다. 인광체 변환 백색 LED를 캘리브레이션할 때에, 전용 적색 광검출기는 인광체를 통과하는 광(즉, 도 21에 도시된 스펙트럼의 "제2 부분")에 의해서 유도된 광전류(Iph_d1)를 측정하는데 사용될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 다른 전용 광검출기(또는 하나의 발광 LED들의)가 인광체 변환 백색 LED의 LED 부분이 방출한 광(즉, 도 21에 도시된 스펙트럼의 "제1 부분")에 의해서 유도된 광전류(Iph_d2)를 측정하는데 사용될 수 있다. 이러한 광검출기는, 예를 들어, 전용 녹색 광검출기 또는 녹색 발광 LED들 중 하나일 수 있다.

- [0171] 도 7에 도시된 바와 같이, 추가 광검출기가 도 6에 도시된 캘리브레이션 방법의 단계 16에서 사용되어서, 복수의 상이한 구동 전류 레벨들(예를 들어, 최대 구동 레벨의 100%, 30% 및 10%) 및 복수의 상이한 온도들(예를 들어, T_0 및 T_1)에서 조명을 생성하도록 인광체 변환 백색 LED가 연속적으로 구동되는 때에, 인광체 변환 백색 LED의 LED 부분에 의해서 생성된 조명에 의해서 추가 광검출기에서 유도된 광전류들(I_{ph_d2})을 측정할 수 있다. 인광체 변환 백색 LED의 LED 부분에 의해서 유도된 광전류들을 측정하기는 것에 추가하여서, 청색 발광 LED에 의해서 생성된 조명에 의해서 유도된 광전류들(I_{ph_d2})가 또한 단계 16에서 추가 광검출기로부터 획득될 수 있으며, 도 13의 보상 방법에서 기준으로서 사용될 수 있다. 광전류 측정치들(I_{ph_d2}) 각각이 추가 광검출기로부터 획득된 후 또는 전에, 순방향 전압(V_{fd2})이 추가 광검출기 양단에서 측정되어서 캘리브레이션된 구동 전류 레벨들 각각에서 검출기 접합부 온도의 정보를 제공할 수 있다.
- [0172] 인광체 변환 백색 LED에 대한 개별 광전류 측정치들(I_{ph_d2} 및 I_{ph_d1})을 저장하는 것에 추가하여서, 캘리브레이션 표는 또한 캘리브레이션된 구동 전류들 및 온도들 각각에서 인광체 변환 백색 LED 스펙트럼의 LED 부분 및 인광체 부분에 대한 개별 광속(Luma), x 색도(x chrom) 및 y 색도(y chrom) 측정치들을 저장할 수 있다. 이러한 바가 도 7에서 명시적으로 도시되지 않았지만, 인광체 변환 백색 LED 스펙트럼의 각 부분으로부터 기인되는 광속(Luma), x 색도(x chrom) 및 y 색도(y chrom)를 측정하는 것, 이러한 값들을 캘리브레이션 표 내에 저장하는 것, 저장된 캘리브레이션 값들은, 이후에, 본 명세서에서 기술되는 보상 방법들 중 하나 이상의 방법 동안에, 인광체 변환 백색 LED의 LED 부분 및 인광체 부분의 광속 및 색도를, LED가 2개의 상이한 LED들인 경우에는 개별적으로, 제어하는데 사용될 수 있다.
- [0173] 복수의 발광 LED들 및 하나 이상의 광검출기들을 포함하는 조명 디바이스를 캘리브레이션하기 위한 예시적인 방법들이 지금까지 도 6 내지 7를 참조하여서 기술되었다. 도 6에 도시된 방법 단계들이 특정 순서로 발생하는 것으로서 기술되었지만, 예시된 방법의 단계들 중 하나 이상은 실질적으로 상이한 순서로 수행될 수 있다. 일 다른 실시형태에서, 예를 들어, 복수의 전기적 측정치들(예를 들어, I_{ph} , V_{fd} 및 V_{fe})이, 복수의 광학적 측정치들(예를 들어, Luma, x chrom, y chrom)이 단계 14에서 발광 LED들로부터 획득되기 이전에, 단계 16에서 하나 이상의 광검출기(들) 및 발광 LED들로부터 획득될 수 있다. 다른 대안적 실시형태에서, 외부 캘리브레이션 툴이 LED 구동기 및 수신기 회로가 전기적 측정치들을 획득하는 시간(단계(16))과 실질적으로 동일한 시간에 광학적 측정치들을 획득할 수 있다(단계(14)). 도 6에 도시된 캘리브레이션 방법은 캘리브레이션 방법의 끝 부분에서(예를 들어, 단계(22)에서) 조명 디바이스 내에 캘리브레이션 값들을 저장하지만, 본 기술 분야의 당업자는, 이러한 값들은 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 캘리브레이션 프로세스 동안에 실질적으로 임의의 시간에 저장될 수 있다는 것을 인지할 것이다. 본 명세서에서 기술되는 캘리브레이션 방법은 모든 이러한 변형예들 및 다른 실시형태들을 포함하는 것으로 간주된다.
- [0174] 본 명세서에서 제공된 캘리브레이션 방법은 다수의 방식으로 통상적인 캘리브레이션 방법들에 대해서 개선될 수 있다. 먼저, 본 명세서에서 기술되는 방법은 현재 테스트 대상이 아닌 모든 다른 발광 LED들을 턴 오프하면서 각 발광 LED(또는 LED들의 체인)을 개별적으로 캘리브레이션한다. 이러한 바는 저장된 캘리브레이션 값들의 정확도를 개선할 뿐만 아니라, 저장된 캘리브레이션 값들이 개별 LED들 간의 프로세스 편차를 보상하고, 상이한 색들의 LED들 간에서 내재적으로 발생하는 출력 특성들 간의 차를 보상하게 할 수 있다.
- [0175] 정확도는 통상적인 캘리브레이션 방법들에서 통상적으로 사용되는 동작성 구동 전류 레벨들과는 달리, 순방향 전압 측정치들을 획득할 때에 발광 LED들 및 광검출기(들)로 상대적으로 작은(즉, 비-동작성) 구동 전류를 인가함으로써 본 명세서에서 더욱 개선된다. 비-동작성 구동 전류들을 사용하여 순방향 전압 측정치들을 획득함으로써, 본 발명은 소정의 온도 및 고정된 구동 전류에 대한 순방향 전압 측정치들이(동작성 구동 전류들이 순방향 전압 측정치들을 획득하는데 사용되는 때에 접합부 내에서의 기생 저항으로 인해서) 시간이 지남에 따라 크게 변화되지 않는 것을 보장함으로써 부정확한 보상을 방지한다.
- [0176] 다른 이점으로서, 본 명세서에서 기술되는 캘리브레이션 방법은 복수의 상이한 구동 전류 레벨들 및 복수의 상이한 온도들에서 복수의 광학적 측정치들을 각 발광 LED로부터 획득하고 복수의 전기적 측정치들을 각 광검출기로부터 획득한다. 이러한 바는 광속과 구동 전류 간의 비-선형 관계 및 광전류와 구동 전류 간의 광전류와 구동 간의 비-선형 관계가 각 개별 LED에 대해서 정확하게 특성화되게 함으로써 캘리브레이션 정확도를 더 개선한다. 또한, 캘리브레이션 값들을 다수의 상이한 주변 온도들에서 획득하는 것은 보상 방법들(이하에서 기술됨)이 저장된 캘리브레이션 값들 간에서 보간되게 하여서, 정확한 보상 값들이 현 동작 온도들에 대해서 결정될 수 있게 함으로써 보상 정확도를 개선한다.
- [0177] 또 다른 이점으로서, 본 명세서에서 기술되는 캘리브레이션 방법은 인광체 변환 LED 스펙트럼의 상이한 부분들

(예를 들어, LED 부분 및 인광체 부분)에 의해서 유도된, 광전류들을 측정하는데 상이한 색들의 광검출기들을 사용할 수 있다. 상이한 색들의 광검출기들은 또한 인광체 변환 LED에 의해서 방출된 스펙트럼의 LED 부분 내에 해당하는 피크 발광 파장을 갖는, 기준 발광 LED에 의해서 유도된 광전류를 측정하는데 사용될 수 있다. 이러한 캘리브레이션 값들을 조명 디바이스 내에 저장함으로써, 캘리브레이션 값들은 이후에, 시간이 지남에 따라서 인광체 변환 LED에서 발생할 수 있는 색도 시프트를 검출 및 보상하는데 사용될 수 있다.

[0178] 이하에서 보다 상세하게 기술될 바와 같이, 캘리브레이션 표 내에 저장된 캘리브레이션 값들은 LED들이 에이징됨에 따라서 온도 및 시간의 변화에 따라서 그리고 구동 전류 변화에 따라서 목표 광속 및 목표 색도를 획득하도록, 발광 LED들에 인가된 개별 구동 전류들을 조절하게 본 명세서에서 기술되는 하나 이상의 보상 방법들에서 사용될 수 있다. 예를 들어, 광속(Luma) 측정치들은 온도 변화에 따라서 일정한 루멘 출력 및 색도를 유지하기 위해서 일부 실시형태들에서 사용될 수 있다. 다른 실시형태들에서, 광속(Luma) 측정치들은 조명 디바이스에 대한 디밍 레벨 또는 색 지점 설정치가 변화되는 때에 새로운 목표 루멘 출력 또는 새로운 목표 색도를 획득하기 위해서 색도(예를 들어, x chrom, y chrom) 측정치들과 함께 사용될 수 있다. 사용된 특정한 광속 또는 색도 설정치와 상관없이, 광전류(I_{ph}) 측정치들은 LED 에이징 효과를 보상하기 위해서 발광 LED들에 인가된 개별 구동 전류들을 조절하는데 사용될 수 있다. 가장 정확한 결과들이 LED 조명 디바이스를 보상할 때에 모든 이러한 측정치들을 사용함으로써 획득될 수 있지만, 본 기술 분야의 당업자는 종래 기술 조명 디바이스들에 의해서 수행된 보상 방법들에 비해서 개선되도록 본 명세서에서 기술되는 캘리브레이션 값들 중 하나 이상의 것이 사용될 수 있는 방식을 이해할 것이다.

[0179] **조명 디바이스를 제어하기 위한 개선된 방법들의 예시적인 실시형태들**

[0180] 도 8 내지 15는 일반적으로 복수의 발광 LED들 및 적어도 하나의 전용 광검출기를 포함하는 조명 디바이스를 제어하기 위한 개선된 방법들의 예시적인 실시형태들을 예시한다. 보다 구체적으로, 도 8 내지 15는 LED들이 에이징됨에 따라서, 구동 전류 변화에 걸쳐서, 온도 변화에 걸쳐서 및 시간 변화에 따라서 LED 조명 디바이스의 개별 LED들에 인가된 구동 전류들을 조절하는데 사용될 수 있는 개선된 보상 방법들의 예시적인 실시형태들을 예시한다.

[0181] 일부 실시형태들에서, 도 8 내지 15에서 도시된 보상 방법들은 모두가 동일한 색을 갖는 LED들을 갖는 조명 디바이스를 제어하는데 사용될 수 있다. 그러나, 본 명세서에서 기술되는 보상 방법들은 2개 이상의 상이한 색상의 LED들을 갖는 조명 디바이스(즉, 다중-색상 LED 조명 디바이스)를 제어하는데에도 특히 매우 적합한데, 그 이유는 상이한 색상의 LED들의 출력 특성들이 구동 전류, 온도 변화에 따라서 및 시간이 지남에 따라서 상이하게 변하기 때문이다. 본 명세서에서 기술되는 보상 방법들은 디밍 및/또는 색 튜닝 기능들을 제공하는 조명 디바이스(즉, 튜닝가능한 LED 조명 디바이스)를 제어하는데에도 특히 매우 적합한데, 그 이유는 구동 전류 변화는 내재적으로 조명 디바이스의 루멘 출력, 색 및 온도에 영향을 주기 때문이다.

[0182] 조명 디바이스의 예시적인 실시형태들이 도 16 내지 20을 참조하여서 이하에서 기술될 것이며, 이 도면들은 각각이 하나 이상의 발광 모듈들을 갖는 상이한 타입들의 LED 조명 디바이스들을 도시한다. 도 16b, 17b, 18a 및 18b에 도시된 바와 같이, 각 발광 모듈은 일반적으로 어레이로 배열된 복수의 발광 LED들, 및 어레이의 둘레에 따라서 이격된 적어도 하나의 전용 광검출기를 포함한다. 일 예시적인 실시형태에서, 발광 LED들의 어레이는 적색, 녹색, 청색 및 백색(또는 황색) LED들을 포함할 수 있으며, 적어도 하나의 전용 광검출기는 하나 이상의 적색, 주황색, 황색 및/또는 녹색 LED들을 포함할 수 있다. 그러나, 본 발명은 발광 LED들 또는 광검출기들의 임의의 특정한 색, 개수, 조합 또는 배열로 한정되지 않는다. 본 기술 분야의 당업자는 본 명세서에서 기술되는 방법 단계들이 실질적으로 상이한 발광 모듈들을 갖는 다른 LED 조명 디바이스들에 적용될 수 있는 방식을 이해할 것이다.

[0183] 일 실시형태에 따라서, 도 8은 온도 변화에 따라서 목표 광속 및 목표 색도를 유지하도록, LED 조명 디바이스의 개별 LED들에 인가된 구동 전류들을 조절하는데 사용될 수 있는 예시적인 보상 방법을 예시한다. 도 8에서 윤곽이 실선으로 표시된 보상 방법 단계들은 개선된 조명 디바이스들 및 온도 보상 방법들을 제공한, 공통으로 양도된 U.S. 특허 출원 일련번호 13/970,944, 13/970,964 및 13/970,990의 도 5에서 기술된 보상 방법 단계들과 유사하다.

[0184] 그러나, 이전에 출원된 발명들은 시간이 지남에 따라서 목표 광속 및 목표 색도를 유지하도록 또는 디밍 레벨 또는 색 지점 설정치가 조명 디바이스에 대해서 변할 때에 새로운 광속 또는 새로운 색도를 획득하도록 조명 디바이스를 제어하기 위한 방법들을 개시하지 못하고 있다. 도 8에서 윤곽이 점선으로 표시된 선택사항적 방법 단계들은 광속 및 색도가 디밍 레벨들의 범위 및 색 지점 설정치들의 범위에 걸쳐서 정확하게 제어되게 함으로써

이전에 출원된 발명들에서 기술된 보상 방법에 비해서 개선된다. 도 13에서 도시되고 이하에서 기술되는 보상 방법은 LED들이 에이징됨에 따라서, 시간 변화에 걸쳐서 목표 광속 및 목표 색도를 유지하기 위한 방법을 제공함으로써 이전에 출원된 발명들에서 기술된 보상 방법에 비해서 더 개선된다. 도 8 및 13에 도시된 보상 방법들은 구동 전류, 온도에서의 변화에 따라서 및 시간의 변화에 따라서 조명 디바이스 내에서 사용되는 모든 LED들에 대해서 정확한 보상을 제공하도록 단독으로 또는 함께 사용될 수 있다.

[0185] 도 8에 도시된 바와 같이, 개선된 보상 방법은 일반적으로 조명을 생성하도록 복수의 발광 LED들을 실질적으로 연속적으로 구동함으로써 시작된다(단계 30). 조명 디바이스가 턴 온 되면, LED들 주변의 주변 온도가, 온도가 안정화될 때까지 시간이 지남에 따라서, 일정하게 증가한다. 일부 실시형태들에서, 보상 방법은 조명 디바이스가 턴 온된 이후에 바로 수행될 수 있으며, LED들 주변의 주변 온도가 안정화되기까지 여러 회 반복될 수 있다. 그러나, 구동 전류 변화 및 다른 인자들이 LED들 주변의 주변 온도에 영향을 주기 때문에, 도 8에 도시된 보상 방법은 조명 디바이스의 동작 동안의 다른 시간들에 수행될 수 있다.

[0186] 일 바람직한 실시형태에서, 오직 주변 온도의 상당한 변화가 검출될 때에만 보상 방법이 수행될 수 있다(단계(32)). 일부 실시형태들에서, 주변 온도는 전용 온도 센서 또는 추가 LED에 의해서 측정될 수 있으며, 이러한 센서 또는 LED는 도 20을 참조하여서 이하에서 논의되는 바와 같이, 온도 센서 및 광학적 센서 겸용으로 사용된다. "상당한 변화"는 주변 온도의 임의의 단계적 증가 또는 감소(예를 들어, 1°C 단위)일 수 있으며, 일반적으로 조명 디바이스의 제어 회로 내에서 특정량으로 설정된다. 상당한 온도 변화가 검출되지 않으면(단계(32)의 분기라인에서의 "아니오"), 보상 방법은 복수의 발광 LED들을 실질적으로 연속적으로 구동하여서 조명을 생성한다(단계(30)). 그렇지 않으면, 보상 방법은 단계(36)로 진행할 수 있다.

[0187] 일부 실시형태들에서, 보상 방법은 또한 디밍 레벨 및/또는 색 지점 설정치가 튜닝가능한 조명 디바이스 내에서 변화되는 경우에 수행될 수 있다. 이러한 변화를 수용하기 위해서, 보상 방법은 조명 디바이스의 제어 회로 내에 저장된 목표 휘도(Y_m) 및 목표 색도 설정치(x_m, y_m)를 모니터링할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 목표 휘도(Y_m)는 디밍 레벨들의 유한 세트에 의해서 표현될 수 있으며, 목표 색도 설정치(x_m, y_m)는 조명 디바이스의 색 영역 내의 x, y 좌표의 범위로서 표현될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 목표 휘도(Y_m) 및 목표 색도 설정치(x_m, y_m)는 제어 회로의 하드웨어 또는 소프트웨어 레지스터 내에 예를 들어, 16 비트 정수 값들로서 저장될 수 있으며, 조명 디바이스 내에 다른 값들을 저장함으로써 사용자 또는 건물 제어기에 의해서 변화될 수 있다. 저장된 Y_m, x_m 및 y_m 값들에 대한 변화가 제어 회로에 의해서 검출되지 않으면(단계(34)의 분기라인에서의 "아니오"), 보상 방법은 복수의 발광 LED들 실질적으로 연속적으로 구동하여서 조명을 생성할 수 있다(단계(30)). 그렇지 않으면, 보상 방법은 단계(36)로 진행할 수 있다.

[0188] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "실질적으로 연속적으로"는 동작성 구동 전류가 복수의 발광 LED들이 짧은 지속기간 동안에 순간적으로 턴 오프되는 동안인 주기적 인터벌들을 제외하고, 복수의 발광 LED들로 거의 연속적으로 인가되는 것을 말한다(단계(36)). 도 8의 예시적인 실시형태에서, 주기적 인터벌들은 발광 LED들 각각으로부터 한 번에 하나의 LED 씩 순방향 전압(V_{fe}) 측정치들을 획득하기 위해서 사용된다(단계(38)). 이러한 주기적 인터벌들은 또한 도 13 내지 14에 도시된 바와 같이 그리고 이하에서 보다 상세하게 논의되는 바와 같이, 다른 목적들을 위해서 사용될 수 있다.

[0189] 도 9는 본 발명의 일 실시형태에 따른, 도 8에 도시된 보상 방법의 단계들 (30, 36 및 38)을 예시하는 예시적인 타이밍도이다. 도 8 및 도 9에 도시된 바와 같이, 복수의 발광 LED들은 동작성 구동 전류 레벨들(도 9에서 I1으로 전반적으로 표시됨)로 실질적으로 연속적으로 구동되어서 조명을 생성한다(도 8의 단계(30)). 주기적 인터벌들에서, 복수의 발광 LED들은 구동 전류들을 제거함으로써 또는 적어도 구동 전류들을 비 내지 동작 레벨들(도 9에서 I0으로 전반적으로 표시됨)로 저감시킴으로써 짧은 지속기간 동안에 턴 오프된다(도 8의 단계(36)). 주기적 인터벌들 간에, 조명 디바이스는 LED들에 인가된 DC 전류를 사용하여 연속 조명을 생성한다.

[0190] 각 주기적 인터벌 동안에, 하나의 발광 LED가 상대적으로 작은, 비-동작성 구동 전류(예를 들어, 대략적으로 0.1 내지 10 mA, 도 9에서는 미도시)로 구동되며, 해당 LED 양단에서 발생한 순방향 전압이 측정된다(예를 들어, V_{fe1}). 이러한 방식으로, 순방향 전압들(예를 들어, $V_{fe1}, V_{fe2}, V_{fe3}$ 및 V_{fe4})이 도 9에 도시된 바와 같이, 각 발광 LED 양단에서, 한 번에 하나의 LED 씩 측정된다. 일부 경우들에서, 각 개별 발광 LED와 연관된 순방향 전압들은 일정 기간에 걸쳐서 평균처리되고, 오차 데이터를 제거하도록 필터링되며 예를 들어, 조명 디바이스의 레지스터 내에 저장된다.

[0191] 도 9는 조명 디바이스 내에 포함된 각 발광 LED의 현 접합부 온도들의 정보를 제공하는, 현 순방향 전압들(즉, $V_{fe_present}$, 또는 디바이스 동작 동안에 발광 LED들 양단에서 발생하는 순방향 전압들)을 측정하기 위한 예시

적인 타이밍도를 제공한다. 도 9가 예를 들어, RGBY 또는 RGBW와 같은 4개의 발광 LED들을 포함하는 조명 디바이스에 대한 예시적인 타이밍도를 제공하지만, 본 명세서에서 기술되는 타이밍도 및 방법은 보다 적은 또는 보다 많은 개수의 발광 LED들을 수용하도록 용이하게 수정될 수 있다. 이하에서 보다 상세하게 기술될 바와 같이, 본 명세서에서 기술되는 타이밍도 또한 예를 들어서, 도 14에서 도시된 바와 같은, 추가 측정치들을 수용하도록 용이하게 수정될 수 있다.

[0192] 일 다른 실시형태에서, 도 8의 보상 방법은 도 8 내지 9에서 도시된 발광기 순방향 전압들(Vfe_present) 대신에, 단계(38)에서 하나 이상의 광검출기들 양단에서 발생한 검출기 순방향 전압(Vfd_present)을 측정할 수 있다. 그러나, 검출기 순방향 전압은 발광 LED들 및 광검출기(들) 간의 온도 차가 동작 온도 범위에 걸쳐서 상대적으로 동일하게 유지되는 경우에만 본원에서 기술된 보상 방법에서 사용될 수 있다. 발광 LED들 및 광검출기(들) 간의 실질적으로 일정한 온도 차를 유지하기 위해서, 개선된 발광 모듈이 도 18a를 참조하여 본 명세서에서 이하에서 제공 및 기술된다.

[0193] 본 발명의 일부 실시형태들에서, 도 8에 도시된 보상 방법은 온도 변화가 단계(32)에서 검출되었지만, 목표 휘도(Ym) 및 목표 색도 설정치(xm, ym)가 단계(34)에서 변화되지 않은 경우에 단계(46)로 진행한다. 도 8 및 도 10에 도시된 바와 같이, 보상 방법은 도 6의 캘리브레이션 방법 동안에 생성된 저장된 캘리브레이션 값의 표, 현 순방향 전압들(Vfe_present), 및 하나 이상의 보간 기법들을 사용하여 각 발광 LED로부터 목표 광속(Lx)을 달성하는데 필요한 구동 전류(Ix)를 결정할 수 있다(도 8의 단계(46)). 예를 들어, 보상 방법은 저장된 광속 캘리브레이션 값들 간을 보간하여서, 이전에 캘리브레이션된(즉, 알려진) 구동 전류 레벨들 각각에서 현 순방향 전압에 대해서 예상될 수 있는 광속 값을 계산할 수 있다. 일단 광속 값이 캘리브레이션된 구동 전류 레벨들 각각에서 계산되면, 목표 광속이 계산된 광속 값들 중 하나와 상이하다면, 다른 보간 기법이 목표 광속(Lx)을 생성하는데 필요한 미지의 구동 전류(Ix)를 결정하는데 사용될 수 있다.

[0194] 도 10은 저장된 캘리브레이션 값들로부터 목표 광속(Lx)을 생성하는데 필요한 구동 전류(Ix)를 결정하기 위해서 하나 이상의 보간 기법(들)이 사용될 수 있는 방식을 도시하는 그래프적 예시이다. 도 10에서, 6개의 속이 채워진 점(●)은 3개의 상이한 구동 전류들(예를 들어, 최대 구동 전류의 10%, 30% 및 100%) 및 2개의 상이한 온도들(예를 들어, T0 및 T1)에서 캘리브레이션 동안 획득된 광속 캘리브레이션 값들을 표현한다. 상술한 바와 같이, 광속 캘리브레이션 값들(●)은 조명 디바이스 내에 포함된 각 발광 LED에 대한 캘리브레이션 값들의 표(예를 들어, 도 7 참조) 내에 이전에 저장되었다.

[0195] 소정의 LED에 대한 목표 광속(Lx)을 생성하는데 필요한 구동 전류(Ix)를 결정하기 위해서, 도 8의 보상 방법은 저장된 캘리브레이션 값들(●) 간을 보간하여서, 동일한 3개의 구동 전류들(예를 들어, 최대 구동 전류의 10%, 30% 및 100%)을 사용할 때에 현 동작 온도(Vfe_present)에서 생성되어야 하는 광속 값들(△)을 계산한다. 목표 광속(Lx)이 계산된 광속 값들(△) 중 하나와 상이하라면, 도 8의 보상 방법은 다른 보간 기법을 계산된 광속 값들(△)에 적용하여서 이들 간의 관계를 생성한다(도 10에서 실선으로 표시됨). 이러한 관계로부터, 목표 광속(Lx)을 생성하는데 필요한 구동 전류(Ix)가 결정될 수 있다.

[0196] 일부 실시형태들에서, 광속 값들(△)을 생성하고 계산된 값들 간의 관계를 생성하는데 사용된 보간 기법(들)은 보상 중인 LED의 색에 의존할 수 있다. 예를 들어, 청색, 녹색 및 백색 LED들에 대한 광속 대 접합부 온도(또는 순방향 전압) 관계는 동작 온도 범위에 걸쳐서 실질적으로 선형이다(도 2 참조). 이러한 선형 관계 때문에, 보상 방법은 저장된 캘리브레이션된 구동 전류 레벨들 각각에서 캘리브레이션 값들 간을 선형 보간함으로써 청색, 녹색 및 백색 LED들에 대한 현 순방향 전압에서 광속 값들(△)을 계산할 수 있다. 그러나, 적색, 적색 유사 주황색 및 황색 LED들은 광속 대 접합부 온도 간의 실질적으로 보다 비-선형인 관계를 보인다(도 3 참조). 이러한 LED들에 대해서는, 고차 보간 기법이 사용되어서 캘리브레이션된 구동 전류 레벨들 각각에 대해 현 순방향 전압에서 광속 값들(△)을 계산할 수 있다.

[0197] 일 실시형태에서, 고차 보간 기법은 다음의 같은 일반적인 등식을 따르는 2 차 보간의 형태로 존재할 수 있다:

[0198] $ax^2 + bx + c = y$ (등식 1)

[0199] 여기서, 'x'는 Vf(또는 온도)이며, 'y'는 광속이며, 'a,' 'b' 및 'c'는 계수들이다. 순방향 전압 및 광속 값들이 3개의 상이한 온도들에서 캘리브레이션 국면 동안에 이전에 획득되었다면, 'a,' 'b' 및 'c' 계수 값들은 저장된 캘리브레이션 값들을 등식 1에 삽입하고 이 등식을 'a,' 'b' 및 'c'을 위해서 개별적으로 풀으로써 정확하게 결정될 수 있다. 한편, LED가 상술한 바와 같이, 오직 2개의 상이한 온도들에서만 캘리브레이션되었다면, 'a' 계수는 LED 제조자가 제공한 데이터 시트로부터 획득될 수 있으며, 'b' 및 'c' 계수들은 캘리브레이션 값들

로부터 결정된다. 후자의 방법(때로, "poor man의 2 차 보간"으로 지칭됨)은 작은 양의 정확도를 희생하지만, 정확도 및 캘리브레이션 비용 간의 허용가능한 절충을 나타낼 수 있다. 일부 실시형태들에서, 캘리브레이션 표는 실제(즉, 측정된) 광속 캘리브레이션 값들, 또는 고차 보간을 위해서 필요한 단지 계수들을 저장할 수 있다. 다른 실시형태들에서, 측정된 값들 및 계수들의 조합이 캘리브레이션 표 내에 저장될 수 있다.

[0200] 일부 실시형태들에서, 목표 광속(Lx)이 계산된 값들 중 하나와 상이하다면, 계산된 광속 값들(Δ) 간의 관계(도 10의 실선)가 다른 보간 기법을 통해서 결정될 수 있다. 그러나, 광속과 구동 전류 간의 관계가 모든 LED 색들에 대해서 비-선형이므로(도 4 내지 5 참조), 이 관계는 바람직하게는 계산된 광속 값들의 고차 보간을 통해서 도출된다. 이와 달리, 구간별 선형 보간이 사용되어서 계산된 광속 값들 간의 비-선형 관계를 특성화하거나, 또는 통상적인 곡율이 LED 제조자가 제공한 데이터 시트로부터 가정될 수 있다.

[0201] 일부 실시형태들에서, 적절한 보간 기법이 메모리 및 프로세싱 요건들 간의 절충에 기초하여서 및/또는 보상 중인 LED의 특정한 색에 기초하여서 선택될 수 있다. 상술한 바와 같이, 일부 LED 색들, 예를 들어, 청색 및 녹색은 다른 LED 색들, 예를 들어, 적색 및 적색 유사 주황색에 비해서 비교적 보다 비-선형의 광속 대 구동 전류 관계를 보인다(도 4 내지 5 참조). 실질적으로 보다 비-선형 거동을 보이는 LED 색들(예를 들어, 청색 및 녹색)은 보다 많은 광속 캘리브레이션 값들을 획득하여서 구간별 선형 보간 기법을 사용함으로써, 또는 보다 작은 수의 캘리브레이션 값들을 획득하고 고차 보간 기법을 사용함으로써 또는 광속과 구동 전류 간의 비-선형 관계를 생성하기 위해 가정된 곡률을 사용함으로써 보다 정확하게 보상될 수 있다.

[0202] 일단 광속과 구동 전류 간의 관계가 소정의 LED에 대해서 도출되면, 목표 광속(Lx)을 생성하는데 필요한 구동 전류(Ix)는 도 10의 실례에서 도시된 바와 같은, 생성된 관계로부터 선택될 수 있다. 선택된 구동 전류가 이어서 목표 광속을 갖는 조명을 생성하도록 LED를 구동하는데 사용될 수 있다(도 8의 단계(48)). 이러한 프로세스는, 각 LED가 현 동작 온도(Vfe_present)에서 목표 광속(Lx)을 생성하도록 구성되기까지, 각 발광 LED에 대해서 수행된다. LED들에 인가된 구동 전류들은 구동 전류 레벨(즉, 전류 디밍)을 조절함으로써, 또는 PWM(Pulse Width Modulation)디밍을 통해서 구동 전류의 듀티 사이클을 변화시킴으로써, 선택된 구동 전류들을 만족시키도록 조절될 수 있다.

[0203] 일부 실시형태들에서, 도 8에 도시된 보상 방법은, 목표 휘도(Ym) 및/또는 목표 색도 설정치(xm, ym)가 단계 (34)에서 변화되었다면, 추가 단계들(예를 들어, 단계들(40, 42, 및 44))을 수행할 수 있다. 상술한 바와 같이, 목표 휘도(Ym) 또는 목표 색도 설정치(xm, ym)는 튜닝가능한 LED 조명 디바이스의 디밍 레벨 또는 색 지점 설정치를 조절하기 위해서 사용자 또는 건물 제어기에 의해서 변화될 수 있다. 목표 휘도 또는 색도의 변화가 단계 (34)에서 검출되면, 보상 방법은 발광 LED들 각각에 현재 인가된 구동 전류들(Idrv)을 결정할 수 있다(단계 (40)). 현 구동 전류들(Idrv)은 LED 구동기 회로로부터 획득될 수 있다. 도 8에서는 현 순방향 전압들(Vfe_present)이 단계(38)에서 측정된 후에 발생하는 것으로 예시되었지만, 현 구동 전류들(Idrv)은 다른 본 발명의 실시형태들에서 순방향 전압들이 측정되기 이전에 결정될 수 있다.

[0204] 일단 현 순방향 전압들 및 현 구동 전류들이 결정되면, 보상 방법은 LED 양단에서 측정된 현 순방향 전압(Vfe_present), LED에 공급된 현 구동 전류(Idrv), 도 6의 캘리브레이션 방법 동안에 생성된 저장된 캘리브레이션 값들의 표, 및 하나 이상의 보간 기법들을 사용하여서 각 발광 LED에 대해서 예상된 색도 값들(x_i, y_i)을 결정할 수 있다(단계(42)). 도 11 내지 12는 저장된 캘리브레이션 값들의 표로부터 현 구동 전류(Idrv) 및 현 동작 온도(Vfe_present)에서의 소정의 LED에 대한 예상 x 및 y 색도 값들(x_i, y_i)을 결정하는데 하나 이상의 보간 기법(들)이 사용될 수 있는 방식을 예시한다.

[0205] 도 11 내지 12에서, 속이 찬 점(●)은 3개의 상이한 구동 전류들(예를 들어, 최대 구동 전류의 10%, 30% 및 100%) 및 2개의 상이한 온도들(예를 들어, T0 및 T1)에서 캘리브레이션 동안 획득된 x 및 y 색도 캘리브레이션 값들을 나타낸다. 상술한 바와 같이, 이러한 x 및 y 색도 캘리브레이션 값들(●)은 조명 디바이스 내에 포함된 각 발광 LED에 대하여, 캘리브레이션 값들의 표(예를 들어, 도 7 참조) 내에 저장되었다. 소정의 LED에 대한 예상 x 및 y 색도 값들(x; y)을 결정하기 위해서, 도 8의 보상 방법은 저장된 캘리브레이션 값들(●) 간을 보간하여서, 동일한 3개의 구동 전류들(예를 들어, 최대 구동 전류의 10%, 30%, 및 100%)을 사용할 때에 현 동작 온도(Vfe_present)에서 생성되어야 하는 x 및 y 색도 값들(Δ)을 계산할 수 있다. 대부분의 경우에, 선형 보간 기법이 현 동작 온도(Vfe_present)에서 x 및 y 색도 값들(Δ)을 계산하는 사용될 수 있다. 그러나, x 및 y 색도 값들이 3 개 이상의 온도들에서 캘리브레이션된다면, 비-선형 보간 기법이 현 동작 온도(Vfe_present)에서 x 및 y 색도 값들(Δ)을 계산하는 사용될 수 있다.

- [0206] 발광 LED에 현재 인가된 구동 전류(I_{drv})가 캘리브레이션된 구동 전류 레벨들 중 하나와 상이하다면, 도 8의 보상 방법은 다른 보간 기법을 계산된 x 및 y 색도 값들(Δ)에 적용하여서, 이들 간의 관계를 생성할 수 있다(도 11 내지 12에서 실선으로 표시됨). 이러한 관계로부터, 예상 x 및 y 색도 값들(x_i, y_i)이 현 구동 전류(I_{drv})에 대해서 결정될 수 있다.
- [0207] 계산된 x 및 y 색도 값들(Δ) 간의 관계를 생성하는 사용되는 보간 기법은 일반적으로 보상 중인 LED의 색에 의존할 수 있다. 상술한 바와 같이, 구동 전류 및 온도에 따른 색도 변화는 상이한 색들의 LED들에 대해서 상당히 상이하다. 적색 LED의 경우에, 피크 발광 파장은 구동 전류와 함께 상대적으로 선형으로 증가하며, 온도와 함께 상당히 증가한다. 청색 LED의 피크 발광 파장은 구동 전류와 함께 다소 비-선형으로 감소하고 온도와 함께 약간 증가한다. 녹색 LED의 피크 발광 파장이 온도와 함께 매우 조금 변할지라도, 이 피크 발광 파장은 구동 전류와는 매우 비-선형으로 감소한다. 일부 실시형태들에서, 구간별 선형 보간 기법이 계산된 x 및 y 색도 값들(Δ) 간의 관계를 생성하는데 사용될 수 있거나, 전형적 곡률이 LED 제조자에 의해서 제공된 데이터 시트로부터 가정될 수 있다. 그러나, 다른 실시형태들에서, 고차 보간 기법이 구동 전류와 다 상당한 비-선형 색도 변화를 보이는 특정 색들의 LED들(예를 들어, 녹색 LED들)을 보상할 때에 정확도를 증가시키는데 사용될 수 있다.
- [0208] 각 발광 LED에 대해 예상된 x 및 y 색도 값들은(x_i, y_i)의 형태로 색 지점으로서 표현될 수 있다. 4개의 발광 LED들을 포함하는 조명 디바이스에서, 보상 방법의 단계(42)는 다음과 같은 4개의 예상 색 지점들을 생성할 수 있다:(x₁, y₁), (x₂, y₂), (x₃, y₃), 및(x₄, y₄). 일단 예상 색 지점들이 단계(42)에서 결정되면, 보상 방법은 목표 휘도(Y_m) 및 목표 색도 설정치(x_m, y_m)를 달성하기 위해서 발광 LED들 각각으로부터 필요한 상대 루멘들을 계산할 수 있다(단계(44)). 예를 들어, 4개의 발광 LED들의 광들이 결합되면, 결합 광의 목표 휘도(Y_m)는 다음과 같이 표현될 수 있다:
- [0209] $Y_m = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4$ (등식 2)
- [0210] 여기서, Y₁, Y₂, Y₃ 및 Y₄는 4개의 발광 LED들의 상대 루멘들을 표현한다. 상대 루멘 값들(Y₁, Y₂, Y₃ 및 Y₄)은 잘 알려진 색 혼합 등식들, 조명 디바이스 내에 설정된 목표 휘도(Y_m) 및 목표 색도(x_m, y_m) 값들, 및 보상 방법의 단계(42)에서 결정된 예상 색 지점들(x₁, y₁), (x₂, y₂), (x₃, y₃), 및 (x₄, y₄)을 사용하여서 계산될 수 있다. 이러한 등식들은 본 기술 분야의 당업자에게 잘 알려져 있고 용이하게 이해되기 때문에, 이러한 등식들의 추가 설명은 본 명세서에서 생략될 수 있다.
- [0211] 일 상대 루멘들(예를 들어, Y₁, Y₂, Y₃ 및 Y₄)이 각 발광 LED에 대하여 계산되었다면(단계(44)), 목표 휘도(Y_m)를 달성하기 위해서 각 발광 LED에 인가되어야 하는 구동 전류들이 위에서 상술한 바와 유사한 방식으로 단계(46)에서 결정된다. 그러나, 각 발광 LED로부터 "목표 광속"(L_x)을 달성하는데 필요한 동작성 구동 전류(I_x)를 결정하는 대신에, 본 실시형태는 단계(44)에서 각 발광 LED에 대해 계산된 상대 루멘들(예를 들어, Y₁, Y₂, Y₃ 및 Y₄)을 달성하기 위해서 필요한 구동 전류(I_x)를 결정한다. 일단 개별 구동 전류들(I_x)가 단계(46)에서 결정되면, 발광 LED들이 결정된 구동 전류들로 구동되어서 목표 광속 및 목표 색도를 갖는 조명을 생성한다(단계(48)).
- [0212] 도 8에 도시된 보상 방법은 온도의 상당한 변화가 검출되는 때마다(단계(32)) 및/또는 목표 휘도 또는 목표 색도 설정치가 변화되는 때마다(단계(34)) 발광 LED들에 공급된 구동 전류들을 조절하는데 사용될 수 있다, 그러나, 구동 전류 변화가 내재적으로 LED 접합부 온도에 영향을 주기 때문에, 도 8에 도시된 방법 단계들은 일반적으로 온도가 안정화되고 목표 휘도 및 색도 값들이 변화되지 않은 상태로 유지되기까지 다수 회 반복될 수 있다.
- [0213] 구동 전류 및 온도의 변화에 따라서 LED 조명 디바이스를 제어하기 위한 보상 방법의 일 실시형태가 도 8 내지 12를 참조하여서 지금까지 기술되었다. 본 명세서에서 기술되는 보상 방법이 CIE 1931 XYZ 색 공간으로부터의 목표 색도 설정치들 및 색도 캘리브레이션 값들을 참조하지만, 본 기술 분야의 당업자는 다른 색 공간들, 예를 들어, CIE 1931 RGB 색 공간, CIE 1976 LUV 색 공간, 및 다양한 다른 RGB 색 공간들(예를 들어, sRGB, Adobe RGB, 등)으로부터의 목표 색도 설정치들 및 색도 캘리브레이션 값들을 사용하도록 보상 방법이 수정될 수 있는 방식을 용이하게 이해할 것이다. 이러한 이유로 해서, 본 명세서에서 기술되고 청구항들에서 인용되는 보상 방법은 본 명세서에서 기술되는 바와 같은 발광 LED들의 실질적으로 임의의 조합을 포함하는 LED 조명 디바이스의 색영역을 기술하는데 사용될 수 있는 임의의 색 공간을 포함하도록 간주된다.
- [0214] 도 8에 도시된 보상 방법은 통상적인 보상 방법들에 비해서 수많은 이점들을 제공한다. 상술한 바와 같이, 통상

적인 방법들은 동작성 구동 전류 레벨들을 발광 LED들에 인가함으로써 순방향 전압들을 측정한다. 공교롭게도, 동작성 구동 전류 레벨들에서 측정된 순방향 전압들은 LED의 수명에 걸쳐서 상당히 변한다. LED가 에이징됨에 따라서, 접합부 내의 기생 저항은 증가하며, 이로써 동작 전류 레벨들에서 측정된 순방향 전압이 온도와 상관없이 시간이 지남에 따라서 증가하게 한다. 이러한 이유로 해서, 본 보상 방법은 현재 테스트 대상이 아닌 모든 발광 LED들을 턴 오프시키면서, 상대적으로 작은 구동 전류(예를 들어, 약 0.1mA 내지 약 10 mA)을 사용하여서 순방향 전압 측정치들을 각 LED로부터 개별적으로 획득한다. 이러한 바는 동작 순방향 전압 값들의 정확도를 증가시키고, 각 발광 LED가 온도 및 프로세스에 대해서 개별적으로 보상되게 한다.

[0215] 통상적인 방법들은 온도 보상을 수행할 때에 때로 통상적 값들 또는 광속과 구동 전류 간의 선형 관계들에 의존한다. 이와 반대로, 본 명세서에서 기술되는 보상 방법은 상이한 구동 전류들 및 상이한 온도들에서 취해진 복수의 저장된 광속 캘리브레이션 값들 간에 보간을 수행하고, 현 동작 온도($V_{fe_present}$)에서 각 LED에 대한 광속과 구동 전류 간의 비선형 관계를 도출한다. 이러한 바는 현 보상 방법이 조명 디바이스 내에 포함된 각 LED에 대한 광속 대 구동 전류 관계를 정확하게 및 개별적으로 특성화하고, 프로세스와 상관없이 정확한 온도 보상을 제공하는 것을 가능하게 한다. 이로써, 본 명세서에서 기술되는 보상 방법은 온도 변화에 따라서 광속의 보다 정확한 제어를 제공한다.

[0216] 도 8에 도시된 보상 방법은 디밍 레벨 또는 색 지점 설정치가 사용자 또는 건물 제어기에 의해서 변화되는 때에, 조명 디바이스의 휘도 및 색도를 제어하는 보다 정확한 방법을 제공함으로써 통상적인 보상 방법들에 비해서 더욱 개선된다. 목표 휘도 또는 목표 색도의 변화가 조명 디바이스에 의해서 검출된 때에, 발광 LED들에 공급된 구동 전류들은 새로운 목표 값(들)을 달성하도록 조절되어야 한다. 본 명세서에서 기술되는 보상 방법은 상이한 온도들에서 취해진 복수의 저장된 색도 캘리브레이션 값들 간에 보간을 수행하고, 현 동작 온도($V_{fe_present}$)에서 각 발광 LED에 대한 색도 및 구동 전류 간의 관계를 도출함으로써 새로운 구동 전류들이 결정되는 정확도를 증가시킨다. 이러한 바는 본 보상 방법이 현 동작 온도 및 현 구동 전류에서 각 발광 LED에 대해서 생성되어야 하는 예상 색도 값들을 정확하게 결정하게 할 수 있다. 결과적으로, 본 명세서에서 기술되는 보상 방법은 구동 전류가 변화되는 때에 색도의 보다 정확한 제어를 제공한다.

[0217] 도 8에 도시된 보상 방법이 구동 전류 및 온도의 변화에 따라서 LED 조명 디바이스의 광속 및 색도를 제어하기 위한 정확한 방법을 제공하지만, 이 방법은 LED 에이징 효과를 보상하지 못한다. 이러한 효과를 완화하기 위해서, 도 13은 LED들이 에이징됨에 따라서, 시간에 따라서 목표 광속 및 목표 색도를 유지하기 위한 개선된 방법을 제공한다. 상술한 바와 같이, 도 8 및 13에 도시된 보상 방법들은 구동 전류, 온도에서의 변화에 따라서 그리고 시간의 변화에 따라서, 조명 디바이스 내에 사용된 모든 LED들에 대한 정확한 보상을 제공하도록 함께 또는 단독으로 사용될 수 있다.

[0218] 일반적으로, 도 13에 도시된 보상 방법은 LED 에이징 효과를 보상하도록 조명 디바이스의 수명에 걸쳐서 반복적으로 수행될 수 있다. 도 13에 도시된 방법은 조명 디바이스의 수명에 걸쳐서, 실질적으로 임의의 시간에, 예를 들어, 조명 디바이스가 먼저 턴 "온"되는 때, 또는 주기적 또는 랜덤 인터벌들로 수행될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 도 13에 도시된 보상 방법은 도 8의 보상 방법에서 결정된 구동 전류 값들을 세밀 튜닝하도록, 온도, 디밍 레벨 또는 색 지점 설정치의 변화가 검출된 후에 수행될 수 있다.

[0219] 도 13에 도시된 바와 같이, 에이징 보상 방법은 일반적으로 예를 들어, 동작성 구동 전류들(I_{drv})을 복수의 발광 LED들 각각에 인가함으로써 조명을 생성하도록 복수의 발광 LED들을 실질적으로 연속적으로 구동함으로써 시작된다(단계(50)). 상술한 바와 같이, 용어 "실질적으로 연속적으로"는 동작성 구동 전류가 복수의 발광 LED들이 짧은 지속기간 동안에 순간적으로 턴 오프되는 동안인 주기적 인터벌들을 제외하고, 복수의 발광 LED들로 거의 연속적으로 인가되는 것을 말한다(단계(52)). 도 13에 도시된 방법에서, 주기적 인터벌들은 입사 광을 검출하도록 구성된 발광 LED(예를 들어, 적색 발광 LED) 또는 조명 디바이스 내에 포함된 전용 광검출기(예를 들어, 적색 광검출기)로부터 다양한 측정치들을 획득하기 위해서 사용될 수 있다. 단계(54)에서, 예를 들어, 주기적 인터벌들은 한 번에 하나의 LED 씩, 각 발광 LED에 의해서 생성되고 광검출기에 의해서 수광되는 조명에 응답하여서 광검출기 상에 유도된 광전류(I_{ph})를 측정하는데 사용된다. 단계(56)에서, 주기적 인터벌들은 상대적으로 작은(즉, 비-동작성) 구동 전류를 광검출기에 인가할 시에 광검출기 양단에서 발생하는 순방향 전압(V_{fd})을 획득하기 위해서 사용될 수 있다.

[0220] 도 14는 본 발명의 일 실시형태에 따른, 도 13에 도시된 보상 방법의 단계들(50, 52, 54 및 56)을 예시하는 예시적인 타이밍도이다. 도 13 및 도 14에 도시된 바와 같이, 복수의 발광 LED들은 동작성 구동 전류 레벨들(도 14에서 I1으로 전반적으로 표시됨)로 실질적으로 연속적으로 구동되어서 조명을 생성한다(도 13의 단계(30)).

주기적 인터벌들에서, 복수의 발광 LED들은 구동 전류들을 제거함으로써 또는 적어도 구동 전류들을 비 내지 동작 레벨들(도 14에서 I0으로 전반적으로 표시됨)로 저감시킴으로써 짧은 지속기간 동안에 턴 오프된다(도 13의 단계(52)). 주기적 인터벌들 간에, 조명 디바이스는 LED들에 인가된 DC 전류를 사용하여 연속 조명을 생성한다.

[0221] 주기적 인터벌들의 일부 동안에, 하나의 발광 LED 는 동작성 구동 전류 레벨(I1)로 구동되어서 조명을 생성하는 한편, 나머지 LED들은 "오프" 상태로 유지되고, 구동된 LED로부터의 조명에 의해서 광검출기에서 유도된 광전류(예를 들어, Iph1)가 측정된다. 발광 LED들 각각에 의해서 생성된 조명에 의해서 광검출기에서 유도된 광전류들(예를 들어, Iph1, Iph2, Iph3, 및 Iph4)이 도 14 및 도 13의 단계에서 도시된 바와 같이, 한 번에 하나의 LED씩, 측정된다. 도 14는 예를 들어, RGBY 또는 RGBW와 같은 4개의 발광 LED들을 포함하는 조명 디바이스에 대한 예시적인 타이밍도를 제공하지만, 본 명세서에서 기술되는 타이밍도는 보다 적은 또는 보다 많은 개수의 발광 LED들을 수용하도록 용이하게 수정될 수 있다.

[0222] 광전류(Iph) 측정치들이 획득된 후 또는 전 어느 시간에, 상대적으로 작은, 비-동작성 구동 전류(예를 들어, 대략적으로 0.1 내지 0.3 mA)을 광검출기에 인가함으로써 순방향 전압(Vfd)이 광검출기 양단에서 측정된다(도 13의 단계(56)). 이러한 순방향 전압 측정치(또한, 본 명세서에서 Vfd_present로 지칭됨)는 광검출기의 현 접합부 온도의 정보를 제공한다. 도 14의 타이밍도가 단일 광검출기로부터 획득된 오직 하나의 순방향 전압(Vfd) 측정치를 도시하지만, 타이밍도는 보다 많은 개수의 광검출기들을 수용하도록 용이하게 수정될 수 있다.

[0223] 일 예시적인 실시형태에서, 본원에서 기술된 보상 방법은 상이한 색상의 LED들로 구현되는 복수의 광검출기들을 포함하는 조명 디바이스 내에서 사용될 수 있다. 특히, 조명 디바이스의 각 발광 모듈은 하나 이상의 적색 LED들 및 하나 이상의 녹색 LED들을 광검출기들로서 포함할 수 있다. 이러한 실시형태에서, 순방향 전압 측정치(Vfd)는 작은 구동 전류를 각 광검출기에 인가함으로써 각 광검출기로부터 획득될 수 있다(단계(56)). 일부 경우들에서, 각 발광 LED와 연관된 광전류들(예를 들어, Iph1, Iph2, Iph3, Iph4) 및 각 광검출기와 연관된 순방향 전압(들)(Vfd)은 일정 시간 기간에 걸쳐서 독립적으로 평균처리되고, 오류 데이터를 제거하도록 필터링되며, 예를 들어서, 조명 디바이스의 레지스터 내에 저장될 수 있다.

[0224] 광전류들 및 검출기 순방향 전압(들)이외에, 도 14에 도시된 주기적 인터벌들은 다른 측정치들, 예를 들어, 도 8 및 도 9를 참조하여 상술된 발광기 순방향 전압들(Vfe1, Vfe2, 등)을 획득하는데 사용될 수 있다. 주기적 인터벌들은 또한 본 명세서에서 구체적으로 예시되지 않은 다른 목적을 위해서도 사용될 수 있다. 예를 들어, 주기적 인터벌들 중 일부는 조명 디바이스의 외측으로부터 발생하는 광, 예를 들어, 주변 광 또는 다른 조명 디바이스들로부터의 광을 검출하기 위해서 광검출기에 의해서 사용될 수 있다. 일부 경우들에서, 주변 광 측정치들은 주변 광 레벨이 임계치 아래로 떨어질 때에(즉, 어두워질 때에) 조명 디바이스를 턴 온하는데 사용될 수 있으며, 주변 광 레벨이 다른 임계치를 초과할 때에(즉, 밝을 때에) 조명 디바이스를 턴 오프하는데 사용될 수 있다. 다른 경우들에서, 주변 광 측정치들은 예를 들어, 실내에서 일정한 레벨의 밝기를 유지하기 위해서, 주변 광 레벨의 변화에 따라서 조명 디바이스의 루멘 출력을 조절하도록 사용될 수 있다. 주기적 인터벌들이 다른 조명 디바이스들로부터의 광을 검출하는데 사용되는 경우에, 검출된 광은 도 13의 보상 방법에서 광전류 및 검출기 순방향 전압 측정치들을 획득할 때에 다른 조명 디바이스들로부터의 간섭을 피하기 위해서 사용될 수 있다.

[0225] 다른 실시형태들에서, 주기적 인터벌들은 2개 이상의 상이한 색들의 광검출기들을 사용하여 특정한 LED의 스펙트럼의 상이한 부분들을 측정하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 인광체 변환 백색 LED의 스펙트럼은 2개의 부분들로 분할될 수 있으며, 각 부분은 2개의 상이한 광검출기들을 사용하여 2개의 상이한 주기적 인터벌들 동안에 개별적으로 측정될 수 있다. 구체적으로, 제1 주기적 인터벌은 인광체 변환 백색 LED의 제1 스펙트럼 부분(예를 들어, 약 400nm 내지 약 500nm)에 의해서 제1 광검출기(예를 들어, 녹색 광검출기) 상에서 유도된 광전류를 검출하는데 사용될 수 있다. 제2 주기적 인터벌은 인광체 변환 백색 LED의 제2 스펙트럼 부분(예를 들어, 약 500nm 내지 약 650nm)에 의해서 제2 광검출기(예를 들어, 적색 광검출기) 상에서 유도된 광전류를 검출하는데 사용될 수 있다. 이하에서 보다 상세하게 기술될 바와 같이, 인광체 변환 백색 LED를 2개의 부분들로 분할하는 것, 및 각 부분을 개별적으로 2개의 상이한 색들의 광검출기들을 사용하여 측정하는 것은 도 13의 보상 방법이 인광체 변환 LED가 에이징됨에 따라서 발생하는 색도 변화를 검출 및 보상할 수 있게 한다.

[0226] 일단 광전류들 및 검출기 순방향 전압(들)이 측정되면, 도 13에 도시된 보상 방법은 광검출기 양단에서 현재 측정된 순방향 전압(Vfd_present), LED에 현재 인가된 구동 전류(Idrv), 도 6의 캘리브레이션 방법 동안에 생성된 저장된 캘리브레이션 값들의 표 및 하나 이상의 보간 기법들을 사용하여, 각 발광 LED에 대해 예상된 광전류들(Iph_exp)을 결정할 수 있다(단계(58)). 도 15는 저장된 캘리브레이션 값들의 표로부터 현 구동 전류(Idrv)

및 현 동작 온도(Vfd_present)에서 소정의 LED에 대한 예상 광전류(Iph_exp)를 결정하기 위해서 하나 이상의 보간 기법들이 사용될 수 있는 방식을 도시한다.

[0227] 도 15에서, 속이 채워진 점들(●)은 3개의 상이한 구동 전류들(예를 들어, 최대 구동 전류의 10%, 30% 및 100%) 및 2개의 상이한 온도들(예를 들어, T0 및 T1)에서 캘리브레이션 동안 획득된, 광전류 캘리브레이션 값들을 나타낸다. 상술한 바와 같이, 광전류 캘리브레이션 값들(●)은 조명 디바이스 내에 포함된 각 발광 LED에 대한 캘리브레이션 값들의 표 내에 저장될 수 있다(예를 들어, 도 7 참조). 소정의 LED에 대한 예상 광전류 값(Iph_exp)을 결정하기 위해서, 도 13의 보상 방법은 저장된 캘리브레이션 값들(●) 간에 보간을 수행하여서, 동일한 3개의 구동 전류들(예를 들어, 최대 구동 전류의 10%, 30% 및 100%)을 사용할 때에 현 동작 온도(Vfd_present)에서 생성되어야 하는 광전류 값들(△)을 계산한다.

[0228] 온도에 따른 광전류의 변화는 모든 LED 색들에 대해서 비-선형인데, 그 이유는 광검출기의 방출된 파워 및 응답성이 온도에 따라서 선형으로 감소하기 때문이다. 이러한 이유로 해서, 비-선형 보간 기법인 모든 LED 색들에 대해서 현 동작 온도에서 광전류 값들(△)을 계산하는데 사용될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 비-선형 보간 기법은 고차 보간, "poor man의" 2 차 보간, 또는 가정된 곡률을 사용할 수 있다. 다른 실시형태들에서, 2개의 상이한 선형 보간들(예를 들어, 방출된 파워 및 온도 간의 선형 보간, 및 검출기 응답성 및 온도 간의 선형 보간)의 결과들이 함께 승산되어서 현 동작 온도에서 광전류 값들(△)을 계산할 수 있다.

[0229] 발광 LED에 현재 인가된 구동 전류(Idrv)가 캘리브레이션된 구동 전류 레벨들 중 하나와 상이하면, 도 13의 보상 방법은 다른 보간 기법을 계산된 광전류 값들(△)에 적용하여서, 이들 간의 관계를 생성할 수 있다(도 15에서 실선으로 표시됨). 일부 경우들에서, 계산된 광전류 값들(△)의 고차 보간이 광전류와 구동 전류 간의 비-선형 관계를 생성하는데 사용될 수 있다. 다른 경우들에서, 구간별 선형 보간이 사용되어서 계산된 광전류 값들 간의 비-선형 관계를 특성화하거나, 전형적 곡률이 LED 제조자가 제공한 데이터 시트로부터 가질 수 있다. 생성된 관계로부터, 예상 광전류 값(Iph_exp)이 현 구동 전류(Idrv)에 대해서 결정될 수 있다.

[0230] 일단 예상 광전류들(Iph_exp)이 각 발광 LED에 대해 결정되면(단계(58)), 도 13에 도시된 보상 방법은 각 LED에 대해 측정된 광전류(예를 들어, Ipd1)에 의해서 각 LED에 대해서 예상된 광전류(Iph_exp)를 제한함으로써 각 발광 LED에 대한 스케일 팩터를 계산한다(단계(60)). 다음으로, 보상 방법은 각 스케일 팩터를 각 발광 LED에 대한 목표 광속 값에 적용하여서 각 발광 LED에 대한 조절된 광속 값을 획득한다(단계(62)). 일부 실시형태들에서, 목표 광속 값은 예를 들어, 조명 디바이스 내에 저장된 목표 휘도(Ym) 및/또는 목표 색도(xm, ym) 설정치들에서의 임의의 변화를 보상하기 위해서 도 8에 도시된 보상 방법의 단계(44)에서 계산된 상대 루멘 값들(Y1, Y2, Y3 또는 Y4) 중 하나일 수 있다. 마지막으로, 발광 LED들 중 임의의 것에 대해서 예상 및 측정된 광전류들 간에 차가 존재한다면, 발광 LED들에 현재 인가된 구동 전류들이 조절된 광속 값들을 달성하도록 조절된다(단계(64)).

[0231] 상술된 그리고 도 13에서 예시된 보상 방법은 LED들이 에이징됨에 따라서 시간이 지남에 따라서 발생하는 루멘 출력 열화를 보상하도록, 발광 LED들에 인가된 개별 구동 전류들을 보정하기 위한 정확한 방법을 제공한다. 각 발광 LED에 의해서 생성된 광속을 정확하게 제어하기 위해서, 보상 방법은 복수의 다중-색상, 비-인광체 변환 발광 LED들을 포함하는 LED 조명 디바이스를 색을 정확하게 제어한다. 그러나, 상술한 바와 같이, 본 발명의 일부 실시형태들은 발광 모듈 내에 인광체 변환 발광 LED(예를 들어, 백색 또는 황색 LED)를 포함할 수 있다. 이러한 실시형태들에서, 시간이 지남에 따라서 인광체 변환 LED의 광속 및 색도를 제어하도록 추가 단계들이 취해질 수 있다.

[0232] 비-인광체 변환 LED들과 같이, 인광체 변환 LED에 의해서 생성된 광속은 일반적으로 시간이 지남에 따라서 감소한다. 그러나, 비-인광체 변환 LED들과 달리, 인광체 변환 LED들은 또한 시간이 지남에 따라서 색도 변화가 되기 쉬운데, 그 이유는 인광체의 효율이 인광체가 에이징됨에 따라서 열화되기 때문이다. 인광체 변환 LED가 발광 모듈 내에 포함된 경우에, 도 13에 도시된 보상 방법은 인광체 에이징에 의해서 초래된 색도 시프트를 개별적으로 측정 및 보상하기 위해서 인광체 변환 LED 내서 발생하는 색도 시프트를 검출 및 보상하는데 사용될 수 있다. 이렇게 하기 위해서, 2개의 개별 광검출기들이 인광체 변환 LED 스펙트럼의 2개의 상이한 부분들에 의해서 유도된 광전류들을 측정하기 위해서 발광 모듈 내에 포함될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 발광 모듈은(예를 들어, 도 21에 도시된 바와 같은) 인광체 변환 LED 스펙트럼의 2개의 상이한 부분들에 의해서 유도된 광전류들을 측정하기 위해서 2개의 상이한 색들의 전용 광검출기들(예를 들어, 도 17b에 도시된 바와 같은 적색 및 녹색 광검출기들)을 포함할 수 있다. 다른 실시형태들에서, 오직 하나의 전용 광검출기(예를 들어, 도 16b에 도시된 바와 같은 적색 광검출기)가 발광 모듈 내에 포함될 수 있으며, 발광 LED들 중 하나(예를 들어, 녹색 발광

LED)가 때로 추가 광검출기로서 사용될 수 있다.

- [0233] 인광체 변환 백색 LED 내에서 시간이 지남에 따라서 발생하는 색도 시프트를 검출 및 보상하기 위해서, 인광체 변환 LED 스펙트럼의 상이한 부분들이 먼저 캘리브레이션되어야 한다. 예를 들어, 전용 적색 광검출기 및 전용 녹색 광검출기(또는 녹색 발광 LED)양자가 도 6의 캘리브레이션 방법의 단계 16에서 사용되어서, 인광체 변환 백색 LED로부터 광전류 측정치들을 획득할 수 있다. 백색 LED에 대한 적색 검출기 광전류 측정치들이 도 7의 캘리브레이션 표 내에 "Iph_d1"로서 저장된다. 백색 LED에 대한 녹색 검출기 광전류 측정치들이 도 7의 캘리브레이션 표 내에 "Iph_d2"로서 저장된다. Iph_d2 캘리브레이션 값들은 이들이 인광체 변환 LED가 발광 모듈 내에 포함되는 경우에만 획득될 수 있는, 선택사양적 값들이라는 것을 보이기 위해서 도 7에서 이탤릭체로 표시된다.
- [0234] 상술되고 도 7에 도시된 바와 같이, Iph_d1 및 Iph_d2 캘리브레이션 값들은 3개의 상이한 구동 전류들 각각(예를 들어, 최대 구동 전류의 10%, 30% 및 100%) 및 2개의 상이한 온도들 각각(예를 들어, T0 및 T1)에서 인광체 변환 백색 LED에 대해서 획득될 수 있다. 백색 LED에 대한 녹색 검출기 광전류(Iph_d2) 측정치들은 인광체 변환 백색 LED의 청색 LED 부분이 방출한 광(즉, 도 21에 도시된 제1 부분)에 의해서 녹색 광검출기(또는 녹색 발광 LED)에서 유도된 광전류들을 표시한다. 백색 LED에 대한 적색 검출기 광전류(Iph_d1) 측정치들은 인광체 변환 백색 LED의 인광체 부분을 통과한 방출한 광(즉, 도 21에 도시된 제2 부분)에 의해서 적색 광검출기에서 유도된 광전류들을 표시한다.
- [0235] 각 Iph_d1 및 Iph_d2 측정치가 획득된 전 또는 후 어느 시간에, 순방향 전압(Vfd1 또는 Vfd2)이 전용 적색 광검출기 및 전용 녹색 광검출기(또는 녹색 발광 LED) 양단에서 측정되어서, 구동 전류 레벨들 주변 온도들 각각에서 캘리브레이션된 적색 검출기 접합부 온도 및 녹색 검출기 접합부 온도의 정보를 제공한다. Vfd1 및 Vfd2 측정치들은 도 7에 도시된 바와 같은, 캘리브레이션 표 내에 저장될 수 있다.
- [0236] 도 13의 보상 방법 동안에, 백색 LED에 대한 적색 검출기 광전류(Iph_d1) 및 백색 LED에 대한 녹색 검출기 광전류(Iph_d2)는 단계(54)에서 기술된 바와 같이 측정될 수 있으며, 백색 LED에 대한 적색 검출기 및 백색 LED에 대한 녹색 검출기의 예상 광전류들(Iph_exp)은 단계들(56 내지 58)에서 기술된 바와 같이 결정될 수 있다. 다음으로, 단계(58)에서 결정된 예상 광전류들(Iph_exp)은 각각 단계(54)에서 측정된 광전류들에 의해서 계산되어서, 백색 LED에 대한 적색 검출기 스케일 팩터 및 백색 LED에 대한 녹색 검출기 스케일 팩터를 생성하며, 이는 단계(60)에서 기술된 바와 같다. 백색 LED에 대한 녹색 검출기 스케일 팩터는 시간이 지남에 따라서 인광체 변환 LED의 LED 부분의 상대 루멘들이 변화된 방식의 정보를 제공한다. 백색 LED에 대한 적색 검출기 스케일 팩터는 시간이 지남에 따라서 인광체 변환 LED의 인광체 부분의 상대 루멘들이 변화된 방식의 정보를 제공한다. 일부 실시형태들에서, 백색 LED에 대한 녹색 검출기 스케일 팩터 및 백색 LED에 대한 적색 검출기 스케일 팩터는, 인광체 변환 백색 LED가 2개의 개별 LED들인 것처럼, 인광체 변환 백색 LED의 광속 및 색도를 제어하는데 사용될 수 있다.
- [0237] 예를 들어, LED 및 인광체 에이징에 의해서 초래된 루멘 변화를 보상하기 위해서, 백색 LED에 대한 적색 검출기 스케일 팩터는 인광체 변환 LED에 대한 전체 목표 광속 값에 적용될 수 있다(단계(62)). 일부 경우들에서, 인광체 변환 LED에 대한 전체 목표 광속 값은 도 8의 보상 방법의 단계들(40 내지 44)에서 인광체 변환 LED의 LED 부분 및 인광체 부분에 대해서 개별적으로 계산된 상대 루멘 값들을 서로 가산함으로써 결정될 수 있다. 인광체 변환 LED의 LED 부분 및 인광체 부분에 대한 상대 루멘 값들을 개별적으로 계산하기 위해서, 도 8의 보상 방법은 도 6을 참조하여서 상술한 바와 같이, 인광체 변환 백색 LED 스펙트럼의 각 부분에 대해서 캘리브레이션 표 내에 개별적으로 저장된 광속, x 색도 및 y 색도 캘리브레이션 값들을 사용할 수 있다.
- [0238] 시간이 지남에 따라서 인광체 변환 백색 LED에서의 색도 시프트를 보상하기 위해서, 백색 LED에 대한 녹색 검출기 스케일 팩터가 백색 LED에 대한 적색 검출기 스케일 팩터와 비교될 수 있다. 이러한 비교결과에 기초하여서, 인광체 변환 LED의 실제 색도가 잘 알려진 색 혼합 등식들을 사용하여서 결정될 수 있으며, 조명 디바이스의 전체 색도는 모든 발광 LED들에 인가된 구동 전류들을 조절함으로써 유지될 수 있다.
- [0239] 상술된 방법이 시간이 지남에 따라서 인광체 변환 LED의 광속 및 색도를 제어하기 위한 허용가능한 해법을 제공하지만, 인광체 변환 백색 LED의 색도는 일부 실시형태들에서, 검출기 에이징을 보상함으로써 보다 정확하게 결정될 수 있다. 예를 들어, 소정의 양의 입사 광에 의해서 적색 및 녹색 광검출기들(또는 녹색 발광 LED) 상에 유도된 광전류들은 일반적으로 시간이 지남에 따라서 감소한다. 이러한 감소는 통상적으로 크지 않지만, 이는 백색 LED에 대한 녹색 검출기 스케일 팩터 및 백색 LED에 대한 적색 검출기 스케일 팩터도 마찬가지로 시간이 지남에 따라서 감소되게 하고, 이로써 인광체 변환 백색 LED의 색도가 조절되는 정확도가 저감된다. 측정 에러의 이러한 소스를 제거하기 위해서, 인광체 변환 LED에 대해서 단계 60에서 생성된 스케일 팩터들은 일부 실시

형태들에서, 검출기 에이징을 보상하도록 조절될 수 있다. 이러한 바는 예를 들어, 인광체 변환 백색 LED에 대한 기준으로서 청색 발광 LED를 사용함으로써 달성될 수 있다.

[0240] 일부 실시형태들에서, 전용 적색 광검출기 및 전용 녹색 광검출기(또는 녹색 발광 LED)양자는 청색 발광 LED로부터 I_{ph_d1} 및 I_{ph_d2} 광전류 측정치들을 획득하도록 도 13의 보상 방법의 단계(54)에서 사용될 수 있다. 단계(56)에서 적색 및 녹색 검출기들 양단에서 측정된 순방향 전압들을 측정하는 후에, 도 13의 보상 방법의 단계들(58 및 60)은 청색 발광/기준 LED에 대해서 청색 LED에 대한 적색 검출기 스케일 팩터 및 청색 LED에 대한 녹색 검출기 스케일 팩터를 생성하도록 반복될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 청색 LED에 대한 적색 검출기 스케일 팩터는 청색 발광/기준 LED에 대한 목표 광속 값에 적용되어서, 청색 발광/기준 LED에 의해서 생성된 광속을 조절할 수 있다(단계(62)). 일부 실시형태들에서, 청색 발광/기준 LED의 목표 광속 값은 도 8의 보상 방법의 단계들(40 내지 44)에서 기술된 바와 같이 계산된 상대 루멘 값일 수 있다.

[0241] 인광체 변환 LED 스케일 팩터들에서의 검출기 에이징을 보상하기 위해서, 백색 LED에 대한 녹색 검출기 스케일 팩터는 청색 LED에 대한 녹색 검출기 스케일 팩터에 의해서 계산되어서, 백색-대-청색에 대한 녹색 스케일 팩터 비(WoBoG: white-over-blue-on-green scale factor ratio)가 생성된다. 마찬가지로, 백색 LED에 대한 적색 검출기 스케일 팩터가 청색 LED에 대한 적색 검출기 스케일 팩터에 의해서 계산되어서, 백색-대-청색에 대한 적색 스케일 팩터 비(WoBoR: white-over-blue-on-red scale factor ratio)가 생성된다. 다음으로, WoBoR 스케일 팩터 비가 WoBoG 스케일 팩터 비에 의해서 더 계산되어서, 백색 인광체 대 백색 청색 펌프(WPoWB)비(white phosphor over white blue pump ratio)가 생성된다. 백색 인광체 대 백색 청색 펌프(WPoWB) 비는 시간이 지남에 따라서 인광체 변환 백색 LED의 스펙트럼이 변화하는 방식의 정보를 제공하며, 시간에 따를 수 있는 검출기 응답도의 임의의 열화를 보상한다. 일부 실시형태들에서, WPoWB 비는 인광체 변환 LED의 전체 색도를 조절하는데 사용될 수 있다. 일단 인광체 변환 LED의 전체 색도는 설정되면, 백색에 대한 적색 검출기 스케일 팩터는 인광체 변환 백색 LED에 대한 전체 목표 광속 값에 적용되어서 에이징 관련 루멘 변화를 보상할 수 있다(단계(62)).

[0242] 도 13에 도시되고 상술한 보상 방법은 통상적인 보상 방법들에 비해서 수많은 이점들을 제공한다. 본 명세서에서 기술되는 다른 방법들에서와 같이, 도 13의 보상 방법은 상대적으로 작은 구동 전류(예를 들어, 약 0.1mA 내지 약 0.3 mA)를 광검출기(들)에 인가함으로써 검출기 순방향 전압(들)이 측정되는 정확도를 개선한다. 또한, 도 13의 보상 방법은 상이한 구동 전류들 및 상이한 온도들에서 취해진 복수의 저장된 광전류 값들 간의 보간을 수행하고, 현 동작 온도(V_{f_present})에서 각 발광 LED에 대한 광전류와 구동 전류 간의 비-선형 관계를 도출한다. 이러한 바는 본 보상 방법이 각 개별 LED에 대해서 광전류 대 구동 전류 관계를 정확하게 및 개별적으로 특성화하게 하며, 이로써 조명 디바이스 내에 포함된 모든 발광 LED들에 대한 정확한 에이징 보상을 제공한다. 또한, 본 명세서에서 기술되는 보상 방법은 발광기 및 검출기 모두의 에이징을 보상하며, 인광체 변환 백색 발광 LED들이 에이징되는 때에 발생하는 색도 시프트를 보상한다. 결과적으로, 본 명세서에서 기술되는 에이징 보상 방법은 시간에 따른 개별 발광 LED들의 광속 및 색도의 보다 정확한 제어를 제공한다.

[0243] **개선된 조명 디바이스들의 예시적인 실시형태들**

[0244] 조명 디바이스를 캘리브레이션 및 제어하기 위한 본 명세서에서 기술되는 개선된 방법들은 복수의 발광 LED들 및 하나 이상의 광검출기들을 갖는 실질적으로 임의의 LED 조명 디바이스 내에서 사용될 수 있다. 이하에서 보다 상세하게 기술될 바와 같이, 본 명세서에서 기술되는 개선된 방법들은 하드웨어, 소프트웨어 또는 이들의 조합으로 LED 조명 디바이스 내에서 구현될 수 있다.

[0245] 본 명세서에서 기술되는 개선된 방법들로부터 이점을 취하는 조명 디바이스들은 다음으로 한정되지 않지만, 파라볼릭 램프들(예를 들어, PAR 20, 30 또는 38), 선형 램프들, 플러드 라이트(flood light) 및 미니-반사기들(mini-reflectors)을 포함하는 실질적으로 임의의 폼 팩터를 가질 수 있다. 일부 경우들에서, 조명 디바이스들은 건물의 천장 또는 벽에 설치될 수 있으며, AC 본관(mains) 또는 일부 다른 AC 전력 소스들에 연결될 수 있다. 그러나, 본 기술 분야의 당업자는 다른 전력 소스들(예를 들어, 배터리 또는 태양 에너지)에 의해서 전력을 공급받는 다른 타입들의 조명 디바이스들 내에서 본 명세서에서 기술되는 개선된 방법들이 사용될 수는 방식을 이해할 것이다.

[0246] 개선된 조명 디바이스의 예시적인 실시형태들이 이제 도 16 내지 20을 참조하여서 이하에서 기술될 것이며, 이들 도면은 각각이 하나 이상의 발광 모듈들을 갖는 상이한 타입들의 LED 조명 디바이스들을 도시한다. 실례들이 본 명세서에서 제공되지만, 본 발명은 임의의 특정한 타입의 LED 조명 디바이스 또는 발광 모듈 설계로 한정되지 않는다. 본 기술 분야의 당업자는 실질적으로 상이한 발광 모듈 설계들을 갖는 다른 타입들의 LED 조명 디바

이스들에 본 명세서에서 기술되는 방법 단계들이 적용될 수 있는 방식을 이해할 것이다.

[0247] 도 16a는 서로 이격되고 대체적으로 직선으로 배열된, 복수의 발광 모듈들(도 16a에서 미도시)을 포함하는 선형 램프(70)의 사진이다. 선형 램프(70) 내에 포함된 각 발광 모듈은 복수의 발광 LED들 및 적어도 하나의 전용 광검출기를 포함하며, 복수의 발광 LED들 및 적어도 하나의 전용 광검출기 모두는 공통 기관 상에 장착되며 주 광학적 구조체 내에 캡슐화된다. 주 광학적 구조체는 다양한 상이한 재료들로 형성될 수 있으며 바람직한 방식으로 발광 LED들이 방출한 광을 성형하는데 필요한 실질적으로 임의의 형상 및/또는 치수들을 가질 수 있다. 주 광학적 구조체가 이하에서 돔(dome)으로서 기술되지만, 본 기술 분야의 당업자는 주 광학적 구조체가 발광 LED들 및 적어도 하나의 광검출기를 캡슐화하는 실질적으로 임의의 다른 형상 또는 구성을 가질 수 있는 방식을 이해할 것이다.

[0248] 도 16a의 선형 램프(70) 내에 포함될 수 있는 예시적인 발광 모듈(72)은 도 16b에 도시된다. 예시된 실시형태에서, 발광 모듈(72)은 중앙에 위치한 포인트 소스를 근사화하도록, 주 광학적 구조체(예를 들어, 돔)(76)의 중앙에 가능한 한 서로 근접하여 배치되며 정방형 어레이로 배열되는, 4개의 상이한 색상의 발광 LED들(74)을 포함한다. 일부 실시형태들에서, 발광 LED들(74) 각각은 상이한 피크 발광 파장에서 조명을 생성하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 발광 LED들(74)은 RGBW LED들 또는 RGBY LED들을 포함할 수 있다. 발광 LED들(74)에 추가하여, 전용 광검출기(78)가 돔(76) 내에 포함되며 어레이의 둘레 주변의 소정 위치에서 배열된다. 전용 광검출기(78)는 입사 광을 표시하는 전류를 생성하는 임의의 디바이스(예를 들어, 실리콘 광다이오드 또는 LED)일 수 있다.

[0249] 적어도 하나의 실시형태에서, 광검출기(78)는 대략적으로 550nm 내지 700nm의 범위의 피크 발광 파장을 갖는 LED이다. 이러한 피크 발광 파장을 갖는 광검출기는 적외선 광에 응답하여서 광전류를 생성하지 않을 것이며, 이는 주변 광 소스들로부터의 간섭을 저감시킨다. 적어도 하나의 바람직한 실시형태에서, 광검출기(78)는 작은 적색, 주황색 또는 황색 LED를 포함할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 전용 광검출기(78)는 가장 짧은 파장들을 갖는 발광 LED들(예를 들어, 청색 및 녹색 발광 LED들)로부터 돔(76)의 표면으로부터 반사되는 최대 광량을 포획하도록 배열될 수 있다.

[0250] 일부 실시형태들에서, 발광 모듈(72)은 인광체 변환 백색(W) 발광 LED(74)를 포함할 수 있으며, 전용 광검출기(78)는 인광체 변환 LED의 인광체 부분을 통과한 광에 의해서 유도된 광전류들(I_{ph_d1})을 측정하는데 사용될 수 있다. 인광체 변환 LED의 청색 LED 부분에 의해서 유도된 광전류들(I_{ph_d2})을 측정하기 위해서, 녹색 발광 LED(74)는 때로 추가 광검출기로서 구성될 수 있다. 이러한 광전류 측정치들은 도 7의 캘리브레이션 표 내에 저장될 수 있으며, 인광체 에이징에 의해서 초래된 색도 시프트를 보상하기 위해서 도 13의 보상 방법에서 사용될 수 있다.

[0251] 도 17a 및 17b는 실질적으로 상이한 타입의 조명 디바이스 및 발광 모듈 설계를 예시한다. 구체적으로, 도 17a는 파라볼릭 폼 팩터(예를 들어, PAR 38) 및 오직 하나의 발광 모듈(도 17a에서 미도시)을 갖는 조명 디바이스(80)를 도시한다. 이로써, 조명 디바이스들은 오직 하나의 발광 모듈을 가지며, 이러한 디바이스들 내에 포함된 발광 모듈들은 통상적으로 복수의 상이한 색상의 LED 체인들을 포함하며, 각 체인은 동일한 색의 2개 이상의 LED들을 포함한다. 도 17b는 도 17a에서 도시된 PAR 램프(80) 내에 포함될 수 있는 예시적인 발광 모듈(82)을 예시한다.

[0252] 예시된 실시형태에서, 발광 모듈(82)은 발광 LED들의 어레이(84) 및 복수의 전용 광검출기들(88)을 포함하며, 발광 LED들의 어레이(84) 및 복수의 전용 광검출기들(88) 모두는 공통 기관 상에 장착되고 주 광학적 구조체(예를 들어, 돔)(86) 내에 캡슐화된다. 일부 실시형태들에서, 발광 LED들의 어레이(84)는 다수의 상이한 색상의 LED 체인들을 포함할 수 있으며, 여기서, 각 체인은 상이한 피크 발광 파장에서 조명을 생성하도록 구성된다. 일 실시형태에 따라서, 발광 LED들의 어레이(84)는 4개의 적색 LED들의 체인, 4개의 녹색 LED들의 체인, 4개의 청색 LED들의 체인, 및 4개의 백색 또는 황색 LED들의 체인을 포함할 수 있다. 각 LED 체인은 직렬로 연결되며 동일한 구동 전류로 구동된다. 일부 실시형태들에서, 각 체인 내의 개별 LED들은 어레이 주변에서 스캐터링되며 임의의 행, 열, 또는 대각방향으로 어떠한 색도 두 번 나타나지 않도록 배열되며, 이로써 발광 모듈(82) 내에서의 색 혼합을 개선한다.

[0253] 도 17b의 예시적인 실시형태에서, 4개의 전용 광검출기들(88)이 돔(86) 내에 포함되며 어레이의 둘레에 따라서 배열된다. 일부 실시형태들에서, 전용 광검출기들(88)은 어레이의 각 에지에 근접하게 배치되며 각 에지의 중간에 배치되며 조명 디바이스의 수신기에 병렬로 연결될 수 있다. 전용 광검출기들(88)을 수신기와 병렬로 연결함으로써, 각 광검출기 상에서 유도된 광전류들은 어레이 주변에서 스캐터링될 수 있는, 유사한 색상의 LED들 간

의 공간적 편차를 최소화하도록 합산될 수 있다. 전용 광검출기들(88)은 입사 광을 표시하는 전류를 생성하는 임의의 디바이스들(예를 들어, 실리콘 광다이오드 또는 LED)일 수 있다. 그러나, 일 실시형태에서, 전용 광검출기들(88)은 바람직하게는 500nm 내지 700nm 범위의 피크 발광 파장들을 갖는 LED들일 수 있다. 이러한 피크 발광 파장을 갖는 광검출기들은 적외선 광에 응답하여서 광전류를 생성하지 않을 것이며, 이는 주변 광으로부터의 간섭을 저감시킨다.

[0254] 적어도 하나의 바람직한 실시형태에서, 발광 모듈(82)은 인광체 변환 백색(W) 발광 LED(84) 및 인광체 변환 LED 스펙트럼의 상이한 부분들을 측정하기 위한 2개의 상이한 색들의 광검출기들을 포함한다. 일 실례에서, 전용 광검출기들(88)은 하나 이상의 작은 적색 LED들 및 하나 이상의 작은 녹색 LED들을 포함할 수 있다. 이러한 실례에서, 전용 적색 광검출기(들)(88)는 인광체 변환 LED의 인광체 부분을 통과하는 광에 의해서 유도된 광전류들(I_{ph_d1})을 측정하는데 사용될 수 있으며, 전용 녹색 광검출기(들)(88)는 인광체 변환 LED의 청색 LED 부분이 방출한 광이 유도한 광전류들(I_{ph_d2})을 측정하는데 사용된다. 이러한 광전류 측정치들(I_{ph_d1} 및 I_{ph_d2})은 도 7의 캘리브레이션 표 내에 저장될 수 있으며, 인광체 에이징에 의해서 초래된 색도 시프트를 보상하기 위해서 도 13의 보상 방법에서 사용될 수 있다.

[0255] 도 16a 및 17a에서 도시된 조명 디바이스들 및 도 16b 및 17b에 도시된 발광 모듈들은 오직 개선된 캘리브레이션 및 보상 방법들이 사용될 수 있는 조명 디바이스의 실례들로만 제공될 수 있다. 이러한 조명 디바이스들 및 발광 모듈들의 추가 설명은 관련 미국 특허 출원 번호 14/097,339 및 관련 미국 가 특허 출원 번호 61/886,471에서 찾아 볼 수 있으며, 이 문헌들은 그 전체 내용이 본 명세서에서 참조로서 인용되고 공동으로 양도된다. 그러나, 본 명세서에서 기술되는 창의적인 개념들은 임의의 특정한 타입의 LED 조명 디바이스, LED 조명 디바이스 내에 포함될 수 있는 임의의 특정한 개수의 발광 모듈들, 또는 발광 모듈 내에 포함될 수 있는 임의의 특정한 개수, 색 또는 구성의 발광 LED들 및 광검출기들로 한정되지 않는다. 대신에, 본 발명은 LED 조명 디바이스가 오직 복수의 발광 LED들 및 적어도 하나의 전용 광검출기를 포함하는 적어도 하나의 발광 모듈을 포함하는 것만을 요구할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 전용 광검출기는 발광 LED들 중 하나 이상이 때로 이러한 기능을 제공하도록 구성되면, 요구되지 않을 수 있다.

[0256] 도 18a는 모두가 공통 기관(96) 상에 장착되고 주 광학적 구조체(예를 들어, 돔)(98) 내에 캡슐화된, 복수의 발광 LED들(92) 및 하나 이상의 전용 광검출기들(94)을 포함하는 개선된 발광 모듈(90)의 하나의 실시형태의 측면도이다. 히트 싱크(100)가 기관(96)의 하단 표면에 연결되어서, 발광 모듈(90)의 열 생성 구성요소들로부터 열을 배출하도록 구성된다. 히트 싱크(100)는 상대적으로 높은 열적 및 전기적 전도도를 갖는 실질적으로 임의의 재료를 포함할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 히트 싱크(100)는 약 200 W/(mK) 내지 약 400 W/(mK) 범위에 있는 열 전도도를 갖는 재료로 형성된다. 일 실시형태에서, 히트 싱크는 구리 또는 구리-합금 재료, 또는 알루미늄 또는 알루미늄 합금 재료로 형성된다. 히트 싱크(100)는 약 1 mm 내지 약 10 mm 범위의 상대적으로 두꺼운 층일 수 있으며, 일 실시형태에서, 약 3 mm 두께를 가질 수 있다.

[0257] 발광 모듈(90)은 실질적으로 임의의 개수 및 색의 발광 LED들(92) 및 실질적으로 임의의 개수 및 색의 전용 광검출기들(94)을 포함할 수 있다. 일 예시적인 실시형태에서, 발광 LED들(92)은 도 16b 및 17b에 도시된 바와 같이 하나 이상의 적색 LED들, 하나 이상의 청색 LED들, 하나 이상의 녹색 LED들 및 하나 이상의 백색 또는 황색 LED들을 포함한다. 발광 LED들(92)은 일반적으로 돔(98)의 중앙 근처에서 어레이로 배열될 수 있으며 전용 광검출기들(94)은 일반적으로 어레이의 둘레에 따라서 배열될 수 있다. 일 예시적인 실시형태에서, 전용 광검출기들(94)은 하나 이상의 적색, 주황색, 황색 및/또는 녹색 LED들을 포함할 수 있다. 전용 광검출기들(94)을 구현하는데 사용된 LED들은 발광 LED들(92)보다 대체적으로 보다 작으며, 발광 LED들(92)로부터 방출되어서 돔(98)로부터 반사된 최대 광량을 포획하도록 대체적으로 구성된다. 일부 실시형태들에서, 전용 광검출기들(114)은 발광 LED들(112) 중 하나 이상이 때로, 입사 광을 검출하도록 구성되면, 생략될 수 있다.

[0258] 주 광학적 구조체(98)는 다양한 상이한 재료들로 형성될 수 있으며, 발광 LED들에 의해서 방출된 광을 바람직한 방식으로 성형하는데 필요한 실질적으로 임의의 형상 및/또는 치수들을 가질 수 있다. 주 광학적 구조체(98)가 이하에서 돔으로서 기술되지만, 본 기술 분야의 당업자는 주 광학적 구조체가 발광 LED들(92) 및 적어도 하나의 광검출기(94)를 캡슐화하는 실질적으로 임의의 다른 형상 또는 구성을 가질 수 있는 방식을 이해할 것이다. 일부 실시형태들에서, 돔(98)의 형상, 크기 및 재료는 대체적으로 발광 모듈(90) 내에 광학적 효율 및 색 혼합을 개선하도록 대체적으로 설계될 수 있다.

[0259] 일 실시형태에서, 기관(96)은 라미네이트 재료, 예를 들어, 인쇄 회로 보드(PCB) FR4 재료, 또는 금속 클래드 PCB 재료를 포함할 수 있다. 그러나, 기관(96)은, 기관이 대체적으로 발광 모듈(90)로부터의 광을 다시 반사시

김으로써 출력 효율을 개선하는 역할을 하도록 본 발명의 적어도 하나의 바람직한 실시형태에서, 세라믹 재료 (또는 일부 다른 광학적으로 반사성 재료)로 형성될 수 있다. 또한, 기관(96)은 수평 방향에서(즉, 기관의 평면 방향에서) 상대적으로 높은 열적 임피던스, 또는 낮은 열 전도도를 제공하도록 구성될 수 있다. 일 실시형태에서, 기관(96)은 약 150 W/(mK) 이하의 열 전도도를 갖는 재료(예를 들어, 알루미늄 질화물, AlN)로 형성될 수 있다. 다른 실시형태에서, 기관(96)은 약 30 W/(mK)보다 작은 열 전도도를 갖는 재료(예를 들어, 알루미늄 산화물 Al₂O₃ 재료) 또는 약 1 W/(mK)보다 작은 열 전도도를 갖는 작은 재료(예를 들어, PCB 라미네이트 재료)로 형성될 수 있다. 수평 방향에서 기관(96)에 의해서 제공된 높은 열적 임피던스, 또는 낮은 열 전도도는 발광 LED들(92) 및 광검출기들(94)의 접합부 온도들을 유리하게 격리하며 부정확한 V_{fe} 및 V_{fd} 측정치들을 방지한다.

[0260] 일부 실시형태들에서, 기관(96)은 수직 방향에서(즉, 기관 평면에 수직인 방향에서) 상대적으로 낮은 열적 임피던스, 또는 높은 열 전도도를 제공하도록 더 구성될 수 있다. 특히, 각 발광 LED(92) 및 각 광검출기(94) 간에서 히트 싱크(100)로의 상대적으로 낮은 열적 임피던스 경로(102)가 제공될 수 있다. 또한 열 방출 개선을 위해서, 낮은 열적 임피던스 경로들(102)은 기관(96)으로 하여금 동작 조건에 따라서 발광기 및 검출기 접합부 온도들 간의 일정한 온도 차를 유지하게 한다.

[0261] 상술한 바와 같이, 도 8에 도시된 온도 보상 방법의 다른 실시형태들은 현 동작 온도의 정보를 제공하기 위해서, 발광 LED 양단에서 측정된 순방향 전압들(V_{fe}) 대신에, 광검출기(들) 양단에서 측정된 순방향 전압(V_{fd})을 사용할 수 있다. 그러나, 이러한 다른 실시형태들은 발광 LED들 및 광검출기(들) 간의 온도 차가 동작 온도 범위에 걸쳐서 실질적으로 동일한 유지되면, 검출기 순방향 전압(V_{fd})만이 오직 사용될 수 있다는 것을 주목한다.

[0262] 도 18a에 도시된 개선된 발광 모듈(90)은 히트 싱크(100)로의 낮은 열적 임피던스 경로(102)를 발광 LED들 각각(92) 및 광검출기들 각각(94)에 제공함으로써 발광 LED들(92) 및 전용 광검출기들(94) 간의 상대적으로 고정된 온도 차를 유지한다. 이러한 바는 다수의 상이한 방식들로 달성될 수 있다. 도 18a에 도시된 특정 실시형태에서, 낮은 열적 임피던스 경로(102)는 상기 기관(96)의 두께를 최소화하고(발광 LED들(92), 광검출기들(94) 및 히트 싱크(100) 간의 수직 거리를 최소화함), 복수의 열 전도성 라인들(102)로 발광 LED들 각각(92) 및 광검출기들 각각(94)을 히트 싱크(100)로 연결함으로써 제공될 수 있다. 일 실시형태에서, 기관(96)의 두께(T)는 약 300μm 내지 약 500 μm의 범위를 가질 수 있다.

[0263] 일반적으로, 복수의 열 전도성 라인들(102)은 실질적으로 임의의 열 전도성 재료를 포함할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 열 전도성 라인들(102)은 약 200 W/(mK) 내지 약 400 W/(m) 범위에 존재하는 열 전도도를 갖는 재료로 형성된다. 열 전도성 라인들(102)용으로 사용된 재료는 히트 싱크(100)용으로 사용된 재료와 동일한 또는 상이한 재료일 수 있다. 일 실시형태에서, 열 전도성 라인들(102)은 알루미늄, 알루미늄-합금, 구리 또는 구리-합금 재료로 형성된다. 복수의 열 전도성 라인들(102)은 (임의의 기계적 또는 광학적 수단을 사용하여) 기관을 통해서 수직 홀들을 천공하고 이 홀들(또는 비아들)을 임의의 적절한 방법을 사용하여 적절한 금속 재료로 충전 또는 도금함으로써 형성될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 각 열 전도성 라인은 복수의(예를 들어, 약 10 내지 20) 밀하게 패키징된 비아들을 포함할 수 있으며, 이 경우에 각 비아는 수백 마이크론 폭의 크기일 수 있다.

[0264] 도 18a에 도시된 발광 모듈(90)이 조명 디바이스 내에 사용된 경우에, 검출기 순방향 전압(V_{fd})이 발광 LED(92)들의 접합부 온도들을 양호하게 알리기 위해서 도 8의 온도 보상 방법에서 사용될 수 있다. 발광 LED들(92) 및 광검출기들(94) 간의 온도 차가 고정되면, 검출기 순방향 전압(V_{fd})이(발광기 순방향 전압들 대신에), 도 8의 단계 38에서 측정될 수 있으며 발광기 순방향 전압들(V_{fe})은 도 7의 캘리브레이션 표 내에 저장된 검출기 순방향 전압(V_{fd}) 측정치 및 발광기 순방향 전압들(V_{fe})을 사용하여 계산될 수 있다. 이러한 바는 도 8의 온도 보상 방법 동안에 획득될 필요가 있는 순방향 전압 측정치들의 개수를 유리하게 감소시킬 것이다.

[0265] 도 18a에 도시된 발광 모듈이 바람직한 열적 특성들을 제공하지만, 발광 LED들, 광검출기들 및 히트 싱크 간의 충분한 전기적 격리를 제공하지 않을 수 있다. 양 발광 LED들 및 광검출기들에 대해서, (플립-칩 LED 설계에서) 양극, 음극, 또는 이 둘로의 전기적 콘택트들은 일반적으로 LED들의 후면측에 제공된다. 이러한 콘택트들은 도 18a에 도시된 금속 라인들로 콘택트들을 히트 싱크로 바로 연결함으로써 히트 싱크에 전기적으로 연결될 수 없다. LED들 및 히트 싱크 간의 전기적 격리를 제공하기 위해서, LED 체인을 서로 연결시키고 돔의 외측에 있는 외부 콘택트들로 양극/음극을 연결하기 위한 라우팅 층들이 도 18b에서 제공된다.

[0266] 도 18b는 모두가 공통 기관(112) 상에 장착되고 주 광학적 구조체(98) 내에 캡슐화된, 복수의 발광 LED들(92) 및 하나 이상의 전용 광검출기들(94)을 포함하는 개선된 발광 모듈(110)의 다른 실시형태의 측면도이다. 도 18b에 도시된 구성요소들 중 수많은 것들이 도 18a에 도시된 구성요소들과 유사하다. 유사한 구성요소들은 유사한

참조 부호들로 지칭된다.

- [0267] 발광 모듈(110)은 실질적으로 임의의 개수 및 색 및 배열의 발광 LED들(92) 및 실질적으로 임의의 개수 및 색 및 배열의 전용 광검출기들(94)을 포함할 수 있다. 발광 LED들(92) 및 전용 광검출기들(94)은 상술한 것과 유사할 수 있지만, 이로 한정되지 않는다. 일부 실시형태들에서, 일부 실시형태들에서, 전용 광검출기들(94) 중 하나 이상은 발광 LED들(92) 중 하나 이상이 때로, 입사 광을 검출하도록 구성되면, 생략될 수 있다.
- [0268] 주 광학적 구조체(98)는 다양한 상이한 재료들로 형성될 수 있으며, 발광 LED들(92)에 의해서 방출된 광을 바람직한 방식으로 성형하는데 필요한 실질적으로 임의의 형상 및/또는 치수들을 가질 수 있다. 주 광학적 구조체(98)가 본 명세서에서 돔으로서 기술되지만, 본 기술 분야의 당업자는 주 광학적 구조체가 발광 LED들(92) 및 적어도 하나의 광검출기(94)를 캡슐화하는 실질적으로 임의의 다른 형상 또는 구성을 가질 수 있는 방식을 이해할 것이다. 일부 실시형태들에서, 돔(98)의 형상, 크기 및 재료는 대체적으로 발광 모듈(110) 내에 광학적 효율 및 색 혼합을 개선하도록 대체적으로 설계될 수 있다.
- [0269] 히트 싱크(100)가 기판(112)의 하단 표면에 연결되어서, 발광 모듈(110)의 열 생성 구성요소들로부터 열을 배출하도록 구성된다. 히트 싱크(100)은 상대적으로 높은 열적 및 전기적 전도도를 갖는 실질적으로 임의의 재료를 포함할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 히트 싱크(100)는 약 200 W/(mK) 내지 약 400 W/(mK) 범위에 있는 열 전도도를 갖는 재료로 형성된다. 일 실시형태에서, 히트 싱크는 구리 또는 구리-합금 재료, 또는 알루미늄 또는 알루미늄 합금 재료로 형성된다. 일부 실시형태들에서, 히트 싱크(100)는 약 1 mm 내지 약 10 mm 범위의 상대적으로 두꺼운 층일 수 있으며, 일 실시형태에서, 약 3 mm 두께를 가질 수 있다.
- [0270] 발광 모듈(110)은 히트 싱크(100)로부터 발광 LED(92)들 및 광검출기들(94)의 전기적 컨택트들을 전기적으로 격리시킴으로써 적어도 하나의 양태에서 발광 모듈(90)과 상이한다. 이러한 바는 다수의 층들을 갖는 기판(112)을 사용함으로써 도 18b의 실시형태에서 달성된다. 다중 층 기판(112)의 전체 두께(예를 들어, 약 300 μm 내지 약 500 μm)는 도 18a에 도시된 단일 층 기판(96)과 유사할 수 있지만, 일부 실시형태들에서, 도 18b에 도시된 다중 층 기판(112)은 전반적으로 LED들의 전기적 컨택트들 및 히트 싱크 간의 전기적 격리를 제공할 뿐만 아니라 라우팅 유연성을 개선할 수 있는 다수의 라우팅 및 유전체 층들을 포함하도록 형성된다.
- [0271] 일 실시형태에 따라서, 다중 층 기판(112)은 제1 라우팅 층(114), 제1 유전체 층(116), 제2 라우팅 층(118) 및 제2 유전체 층(120)을 포함할 수 있다. 제1 라우팅 층(114)은 발광 LED(92)들의 전기적 컨택트들 및 하나 이상의 광검출기들(94)에 연결되고, 제1 유전체 층(116) 상에 형성될 수 있다. 제1 라우팅 층(114)은 약 10 μm 내지 약 20 μm 의 범위의 두께를 가질 수 있으며, 200 W/(mK) 내지 약 400 W/(mK)의 범위의 열 전도도를 갖는 재료(예를 들어, 구리 또는 알루미늄 재료, 또는 이들의 합금)로 형성될 수 있으며, 제1 유전체 층(116)의 상부 표면 상에 임의의 잘 알려진 프로세스에 의해서 형성될 수 있다. 예를 들어, 제1 라우팅 층(114)은, 제1 유전체 층(116)의 상부 표면 상에 금속 라인들을 인쇄 또는 증착함으로써 형성될 수 있다.
- [0272] 제1 유전체 층(116)은 LED들의 전기적 컨택트들을 히트 싱크(100)로부터 전기적으로 격리하기 위해서 제1 라우팅 층(114) 및 제2 라우팅 층(118) 간에 샌드위치될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 제1 유전체 층(116)은 약 10 μm 내지 약 100 μm 의 두께를 갖는 상대적으로 얇은 층일 수 있으며, 약 3 내지 12의 범위의 상대 유전율을 갖는 유전체 재료로 형성될 수 있다. 일 실례에서, 제1 유전체 층(116)은 알루미늄 질화물 재료 또는 알루미늄 산화물 재료로 형성될 수 있지만, 이러한 재료들로 한정되지 않는다.
- [0273] 전기적 격리를 제공하는 것 이외에, 제1 유전체 층(116)은 약 150 W/(mK)보다 작은 상대적으로 낮은 열 전도도를 갖는 재료를 사용하고 발광 LED들 및 광검출기들 간의 이격 정도에 비해서 층의 두께를 상대적으로 작게 유지함으로써 수평 방향에서 상대적으로 높은 열적 임피던스를 제공한다. 일 예시적인 실시형태에서, 제1 유전체 층(116)은 약 30 μm 의 두께를 가질 수 있으며, 발광 LED들(92) 및 광검출기들(94)은 기판(112)의 상부 표면상에서 적어도 200 내지 300 μm 만큼 이격될 수 있다. 이러한 실시형태는 수평 방향에서보다 수직 방향에서 적어도 10 배 높은 열 전도도를 제공할 것이다.
- [0274] 제2 라우팅 층(118)은 제1 유전체 층(116) 및 제2 유전체 층(120) 간에 연결되며, 일반적으로 주 광학적 구조체의 외측에 배치된 외부 전기적 컨택트들(미도시)과 제1 라우팅 층(114) 간에 신호들을 라우팅하게 구성된다. 제1 라우팅 층(114)과 유사하게, 제2 라우팅 층(118)은 약 10 μm 내지 약 20 μm 의 범위의 두께를 가질 수 있으며, 200 W/(mK) 내지 약 400 W/(mK) 범위에 존재하는 열 전도도를 갖는 재료(예를 들어, 구리 또는 알루미늄 재료, 또는 이들의 합금)로 형성될 수 있으며, 제2 유전체 층(120)의 상부 표면 상에 임의의 잘 알려진 프로세스를 사용하여 형성될 수 있다. 예를 들어, 제2 라우팅 층(118)은 제2 유전체 층(120)의 상부 표면 상에 금속 라인들

을 인쇄 또는 증착함으로써 형성될 수 있다. 제1 라우팅 층(114) 및 제2 라우팅 층(118) 간에서 신호들을 라우팅하기 위해서, 비아들(124)이 제1 유전체 층(116) 내에 형성될 수 있다. 이러한 비아들은 임의의 알려진 프로세스를 따라서 형성될 수 있다.

[0275] 일부 실시형태들에서, 제2 유전체 층(120)은 제2 라우팅 층(118) 및 히트 싱크(100) 간에 연결될 수 있으며, 수평 방향에서 상대적으로 높은 열적 임피던스, 및 수직 방향에서 상대적으로 낮은 열적 임피던스를 제공하도록 일반적으로 구성될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 제2 유전체 층(120)은 발광 모듈(110)에 강성을 부여하는, 약 100 μm 내지 약 1000 μm 의 두께를 갖는 상대적으로 두꺼운 층일 수 있다. 일부 실시형태들에서, 제2 유전체 층(120)은 약 150 W/(mK)보다 작은 열 전도도 및 약 3 내지 12의 범위에 존재하는 상대 유전율을 갖는 유전체 재료로 형성될 수 있다. 일 실례에서, 제2 유전체 층(120)은 알루미늄 질화물 재료 또는 알루미늄 산화물 재료로 형성될 수 있지만, 이러한 재료들로 한정되지 않는다.

[0276] 약 150 W/(mK)보다 작은 열 전도도를 갖는 재료로 제2 유전체 층(120)을 구현함으로써 수평 방향에서 상대적으로 높은 열적 임피던스를 제공하고, 제2 라우팅 층(118) 및 히트 싱크(100) 간에 제2 유전체 층(120)을 수직 관통되는 복수의 열 전도성 라인들(122)을 포함시킴으로써 수직 방향에서 상대적으로 낮은 열적 임피던스를 제공한다. 제2 유전체 층(120)은 도 18a에서 도시된 기관(96)과 유사하다. 상술한 바와 같이, 복수의 열 전도성 라인들(122)은 약 200W/(mK) 내지 약 400 W/(mK)의 범위에 존재하는 열 전도도를 갖는 재료, 예를 들어, 구리 또는 알루미늄 재료, 또는 이들의 합금으로 형성될 수 있다. 복수의 열 전도성 라인들(122)은 (임의의 기계적 또는 광학적 수단을 사용하여) 제2 유전체 층을 통해서 수직 홀들을 천공하고 이 홀들(또는 비아들)을 임의의 적절한 방법을 사용하여 적절한 금속 재료로 충전 또는 도금함으로써 형성될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 각 열 전도성 라인(122)은 복수의(예를 들어, 약 10 내지 20) 밀하게 패키징된 비아들을 포함할 수 있으며, 이 경우에 각 비아는 수백 마이크로 폭의 크기일 수 있다.

[0277] 일부 실시형태들에서, 제3 라우팅 층(126)이 제2 유전체 층(120) 및 히트 싱크(100) 간에 결합될 수 있다. 제1 및 제2 유전체 층들 상에 인쇄된 금속 라인들을 포함하는 제1 및 제2 라우팅 층들과 달리, 제3 라우팅 층(126)은 복수의 열 전도성 라인들(122) 및 히트 싱크(100) 간의 열적 접촉을 개선하고 이러한 접촉 면적에 걸친 열 확산을 개선하도록 히트 싱크(100)의 상부 표면에 걸쳐서 실질적으로 연속적으로 연장될 수 있다.

[0278] 도 18a에 도시된 기관(96)과 달리, 도 18b에 도시된 다중 층 기관(112)은 강성을 유지하고 히트 싱크(100)로의 양호한 전체 열 전도도를 유지하면서, 발광 LED들 및 광검출기들 간에 그리고 발광 LED들(92) 간의 양호한 열적 격리를 제공한다. 이러한 바는 검출기 순방향 전압(Vfd) 측정치들이 도 8의 보상 방법에서 발광기 순방향 전압(Vfe) 측정치들 대신에 사용될 수 있게 하며, 이는 보상 방법 동안에 획득될 필요가 있는 순방향 전압 측정치들의 개수를 줄인다.

[0279] 도 18b에 도시된 다중 층 기관(112)은 단일 층 기관(96)이 제공할 수 없는 다른 이점들을 또한 제공한다. 예를 들어, 기관(112)은 발광 LED(92)들의 체인들을 함께 연결시키는 라우팅 유연성을 개선하고 발광 LED들의 전기적 콘택트들 및 광검출기들 및 히트 싱크(100) 간의 전기적 격리를 제공하는 다수의 라우팅 및 유전체 층들을 포함한다.

[0280] 다중 층 기관(112)은 또한 본 발명의 다른 실시형태들에서 다소 상이하게 구현될 수 있다. 예를 들어, 유전체 또는 세라믹 재료들을 층들(116 및 120)의 재료로서 사용하는 대신에, 이러한 층들은 라미네이트 재료, 예를 들어, 인쇄 회로 보드(PCB) FR4 재료, 또는 금속 클래드 PCB 재료를 사용할 수 있다. 그러나, 라미네이트 재료들의 열 전도도(예를 들어, 약 1 W/(mK) 미만)가 세라믹 재료들의 것보다 매우 작기 때문에, 세라믹 재료 대신에 라미네이트 재료를 사용하는 것은 층(120)의 열 전도도를 저감시킬 것이다. 층(120)에 대해서 어떠한 재료가 사용되든, 열 전도도는 LED 어레이 아래에 포함된 열 전도성 라인들(122)의 개수를 증가시킴으로써 본 발명의 일부 실시형태들에서 증가할 수 있다. 이러한 방식이 LED 어레이에서 히트 싱크로의 보다 양호한 전체 열 전도도를 제공하지만, 이는 발광 LED들 간의 약화된 열적 분리를 제공할 수 있다.

[0281] 도 19는 구동 전류, 온도 및 시간의 변화에 따라서 목표 광속 및 목표 색도를 정확하게 유지하도록 구성된 조명 디바이스(110)의 블록도의 일 실례이다. 도 19에 도시된 조명 디바이스는 도 8 및 13에 도시된 보상 방법 및 도 6에 도시된 캘리브레이션 방법을 구현하는데 사용될 수 있는 하드웨어 및/또는 소프트웨어의 일 실례를 제공한다.

[0282] 예시된 실시형태에서, 조명 디바이스(110)는 복수의 발광 LED들(126) 및 하나 이상의 전용 광검출기들(128)을 포함한다. 발광 LED들(126)은, 이러한 실례에서, 임의의 개수의 LED들의 4개의 체인들을 포함한다. 통상적 실시

형태들에서, 각 체인은 동일한 구동 전류를 수신하도록 구성되고 직렬 연결된 동일한 색을 갖는 2 내지 4 개의 LED들을 가질 수 있다. 일 실시예에서, 발광 LED들(126)은 적색 LED들의 체인, 녹색 LED들의 체인, 청색 LED들의 체인, 및 백색 또는 황색 LED들의 체인을 포함할 수 있다. 그러나, 본 발명은 임의의 특정한 개수의 LED 체인들, 이러한 체인들 내의 임의의 특정한 개수의 LED들, 또는 임의의 특정한 색 또는 색 조합의 LED들로 한정되지 않는다

[0283] 하나 이상의 전용 광검출기들(128)이 LED 체인을 포함하는 것으로서 도 19에서 예시되지만, 본 발명은 임의의 특정한 타입, 개수, 색, 조합 또는 배열의 광검출기들로 한정되지 않는다. 일 실시형태에서, 하나 이상의 전용 광검출기들(128)은 도 16b를 참조하여서 상술한 바와 같이, 작은 적색, 주황색 또는 황색 LED를 포함할 수 있다. 다른 실시형태에서, 하나 이상의 전용 광검출기들(128)은 도 17b를 참조하여서 상술한 바와 같이, 하나 이상의 작은 적색 LED들 및 하나 이상의 작은 녹색 LED들을 포함할 수 있다. 일부 실시형태들에서, 도 19에 도시된 전용 광검출기(들)(128) 중 하나 이상은 발광 LED들(126) 중 하나 이상이 때로 광검출기 역할을 하게 되면 생략될 수 있다. 복수의 발광 LED들(126) 및(선택사양적)전용 광검출기들(128)은 상술한 바와 같은 발광 모듈 내에 포함될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 조명 디바이스는 상술한 바와 같은, 2 개 이상의 발광 모듈을 포함할 수 있다.

[0284] 하나 이상의 발광 모듈들을 포함하는 것 이외에, 조명 디바이스(110)는 조명 디바이스에 전력을 공급하고 발광 모듈(들)로부터의 광 출력을 제어하도록 구성된, 다양한 하드웨어 및 소프트웨어 구성요소들을 포함한다. 일 실시형태에서, 조명 디바이스 AC 본관(112)에 연결되며 AC 본관 전력(예를 들어, 120V 또는 240V)을 DC 전압(VDC)으로 변환하는 AC/DC 컨버터(114)를 포함한다. 도 19에 도시된 바와 같이, 이러한 DC 전압(예를 들어, 15V)은 조명을 생성하기 위해서 발광 LED(126)에 인가되는 동작성 구동 전류들을 생성하도록 LED 구동기 및 수신기 회로(124)에 공급된다. AC/DC 컨버터 이외에, DC/DC 컨버터(116)가 DC 전압 VDC(예를 들어, 15V)를 보다 낮은 전압 VL(예를 들어, 3.3V)로 변환하기 위해서 포함되며, 이러한 보다 낮은 전압은 조명 디바이스 내에 포함된 저전압 회로, 예를 들어, PLL(118), 무선 인터페이스(120), 및 제어 회로(122)에 전력을 공급하는데 사용된다.

[0285] 예시된 실시형태에서, PLL(118)은 AC 본관 주파수(예를 들어, 50 또는 60 HZ)와 동기되며, 고속 클럭(CLK)신호 및 동기 신호(SYNC)를 생성한다. CLK 신호는 회로(122) 및 LED 구동기 및 수신기 회로(124)를 제어하기 위한 타이밍을 제공한다. 일 실시예에서, CLK 신호 주파수는 수십 mHz 범위(예를 들어, 23MHz)에 있으며, AC 본관 주파수 및 위상에 정확하게 동기화된다. SNYC 신호는 상술한 다양한 광학적 및 전기적 측정치들을 획득하는데 사용되는 타이밍을 생성하도록 제어 회로(122)에 의해서 사용된다. 일 실시예에서, SNYC 신호 주파수는 AC 본관 주파수(예를 들어, 50 또는 60 HZ)와 동일하고, AC 본관과 정확한 위상 정렬을 한다.

[0286] 일부 실시형태들에서, 무선 인터페이스(120)가 포함될 수 있으며, 제조 동안에 조명 디바이스(110)를 캘리브레이션하는데 사용될 수 있다. 상술한 바와 같이, 예를 들어, 외부 캘리브레이션 툴(도 19에서 미도시)은 무선 인터페이스(120)를 통해서 테스트 중인 조명 디바이스로 광속 및 색도 캘리브레이션 값들을 송신할 수 있다. 무선 인터페이스(120)를 통해서 수신된 캘리브레이션 값들은 예를 들어, 제어 회로(122)의 저장 매체(121) 내의 캘리브레이션 값들의 표 내에 저장될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 제어 회로(122)는 캘리브레이션 값들을 사용하여서 캘리브레이션 계수들을 생성하며, 이 캘리브레이션 계수들은 수신된 캘리브레이션 값들 대신에 또는 이에 추가하여서 저장 매체(121) 내에 저장된다.

[0287] 무선 인터페이스(120)은 오직 캘리브레이션 데이터만을 수신하는 것으로 한정되지 않으며, 수많은 다른 목적을 위해서 정보 및 명령들을 송수신하기 위해서 사용될 수 있다. 예를 들어, 무선 인터페이스(120)는 조명 디바이스(110)를 제어하거나, 조명 디바이스(110)에 대한 정보를 획득하는데 사용될 수 있는, 명령들을 송수신하기 위해서 정상 동작 동안에 사용될 수 있다. 예를 들어, 명령들은 무선 인터페이스(120)를 통해서 조명 디바이스(110)로 전송되어서, 조명 디바이스를 턴 온/오프하고, 조명 디바이스의 디밍 레벨 및/또는 색 설정점을 제어하거나, 캘리브레이션 절차를 개시하거나, 캘리브레이션 결과들을 메모리 내에 저장할 수 있다. 다른 실시예에서, 무선 인터페이스(120)는 조명 디바이스(110)와 연관된 상태 정보 또는 디폴트 조건 코드를 획득하는데 사용될 수 있다.

[0288] 일부 실시형태들에서, 무선 인터페이스(120)는 ZigBee, WiFi, 블루투스, 또는 임의의 다른 독점적 또는 표준 무선 데이터 통신 프로토콜에 따라서 동작할 수 있다. 다른 실시형태들에서, 무선 인터페이스(120)는 무선 주파수(RF), 적외선(IR) 광 또는 가시 광을 사용하여서 통신할 수 있다. 다른 실시형태들에서, 유선 인터페이스가 AC 본관 또는 전용 도전체 또는 도전체 세트를 통해서 정보, 데이터 및/또는 명령들을 송수신하기 위해서, 도시된 무선 인터페이스(120) 대신에 사용될 수 있다.

- [0289] PLL(118)로부터 수신된 타이밍 신호들을 사용하여서, 제어 회로(122)는 각 LED 체인(126)에 대해 사용될 목표 구동 전류를 표시하는 값들을 계산 및 생성한다. 이러한 정보는 제어 회로(122)로부터 LED 구동기 및 수신기 회로(124)로, 예를 들어, SPI 또는 I²C와 같은 표준에 따르는 직렬 버스를 통해서 전송될 수 있다. 또한, 제어 회로(122)는 밝기 및 컬러 아티팩트를 방지하기 위해서 LED들(126) 각각에 공급된 구동 전류들을 동시에 변화시키도록 LED 구동기 및 수신기 회로(124)에게 지시하는 래칭 신호를 제공할 수 있다.
- [0290] 일반적으로, 제어 회로(122)는 도 8 및 13에 도시되고 상술한 보상 방법들 중 하나 이상의 것에 따라서 조명 디바이스에 대한 목표 광속 및/또는 목표 색도를 달성하는데 필요한 각각의 구동 전류들을 결정하도록 구성될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 제어 회로(122)는 저장 매체(121) 내에 저장된 프로그램 인스트럭션들을 실행시킴으로써 각각의 구동 전류들을 결정할 수 있다. 일 실시형태에서, 저장 매체는 비 내지 휘발성 메모리일 수 있으며 도 7를 참조하여서 상술한 표와 같은 캘리브레이션 값들의 표와 함께 프로그램 인스트럭션들을 저장하도록 구성될 수 있다. 이와 달리, 제어 회로(122)는 목표 구동 전류들을 결정하는 조합 로직을 포함할 수 있으며, 저장 매체(121)는 오직 캘리브레이션 값들의 표를 저장하는데에만 사용될 수 있다.
- [0291] 일반적으로, LED 구동기 및 수신기 회로(124)는 조명 디바이스 내에 포함된 발광 LED 체인들(126)의 개수와 동일한 개수의 개수(N)의 구동기 블록들(130)을 포함할 수 있다. 본 명세서에서 논의된 예시적인 실시형태에서, LED 구동기 및 수신기 회로(124)는 4개의 구동기 블록들(130)을 포함하며, 각 블록은 발광 LED 체인들(126) 중 상이한 것으로부터 조명을 생성하게 구성된다. LED 구동기 및 수신기 회로(124)는 또한 주변 온도를 측정하는 필요한 회로(선택사항적임), 검출기 및/또는 발광기 순방향 전압들, 및 검출기 광전류들을 측정하는데 필요한 회로, 및 이에 따라서 LED 구동 전류들을 조절하는 회로를 포함할 수 있다. 각 구동기 블록(130)은 구동기 블록(130)이 구동 전류를 변화시켜야 하는 때를 표시하는 래칭 신호와 함께, 제어 회로(122)로부터 목표 구동 전류를 표시하는 데이터를 수신한다.
- [0292] 도 20은 본 발명의 일 실시형태에 따른 LED 구동기 및 수신기 회로(124)의 예시적인 블록도이다. 도 20에 도시된 바와 같이, LED 구동기 및 수신기 회로(124)는 4개의 구동기 블록들(130)을 포함하며, 각 블록은 발광 LED(126a)의 연결된 체인에 인가된 구동 전류들을 생성하여서 조명을 생성하고 순방향 전압(V_{fe}) 측정치들을 획득하기 위해서 벅 컨버터(buck converter)(132), 전류 소스(134), 및 LC 필터(138)를 포함한다. 일부 실시형태들에서, 벅 컨버터(132)는 제어기(154)가 "Out_En" 신호를 하이로 구동할 때에 펄스 폭 변조 (PWM)전압 출력(V_{dr})을 생성할 수 있다. 이러한 전압 신호(V_{dr})는 LC 필터(138)에 의해서 필터링되어서 연결된 LED 체인(126a)의 양극 상에 순방향 전압을 생성한다. LED 체인의 음극은 전류 소스(134)에 연결되며 전류 소스는 "Led_On" 신호가 하이일 때에 LED 체인(126a)을 통해서 "Emitter Current" 신호에 의해서 제공된 값과 동일한 고정된 구동 전류를 강제시킨다. 전류 소스(134)로부터의 "V_c" 신호는 전류 소스(134) 양단의 전압 강하를 최소화하고 적합한 듀티 사이클을 출력하도록 벅 컨버터(132)에 피드백을 제공한다.
- [0293] 도 20에 도시된 바와 같이, 각 구동기 블록(130)은 발광 LED들의 체인(126a) 양단의 순방향 전압 강하(V_{fe})를 측정하기 위해 차 증폭기(137)를 포함한다. V_{fe}를 측정할 때에, 벅 컨버터(132)는 턴 오프되고 전류 소스(134)는 발광 LED들(126a)의 연결된 체인을 통해서 상대적으로 작은 구동 전류(예를 들어, 약 1mA)를 끌어오게 구성된다. 해당 전류에 의해서 발광 LED들의 체인(126a) 양단에서 생성된 전압 강하(V_{fe})는 차 증폭기(137)에 의해서 측정된다. 차 증폭기(137)는 순방향 전압 측정들 동안에 발광 LED들의 체인(126a) 양단에서 순방향 전압(V_{fe}) 강하와 동일한 신호를 생성한다.
- [0294] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일부 실시형태들은 발광 LED들 중 하나(예를 들어, 녹색 발광 LED)를, 때로, 광검출기로서 사용한다. 이러한 실시형태에서, 구동기 블록들(130)은 발광 LED가 입사 광을 검출하도록 구성되는 때에, 발광 LED 양단에서 유도된 광전류들(I_{ph_d2})을 측정하는 추가 회로를 포함할 수 있다. 예를 들어, 각 구동기 블록(130)은 일반적으로 입력 전류를 피드백 저항에 비례한 출력 전압으로 변환하는 역할을 하는 트랜스임피던스 증폭기(135)를 포함할 수 있다. 도 20에 도시된 바와 같이, 트랜스임피던스 증폭기(135)의 양의 단자는 벅 컨버터(132)의 V_{dr} 출력부에 연결되며, 음의 단자는 LED 체인(126a) 내의 최종 LED의 음극에 연결된다. "LED_On" 신호가 로우일 때에 트랜스임피던스 증폭기(135)는 활성화된다. "LED_On" 신호가 하이이면, 트랜스임피던스 증폭기(135)의 출력부는 삼중 상태가 된다(tri-stated).
- [0295] 발광 LED에 의해서 유도된 광전류들(I_{ph_d2})을 측정할 때에, 모든 다른 발광 LED들에 연결된 벅 컨버터들(132)은 LED 전류 과도현상에 의해서 생성된 시각적 아티팩트를 피하기 위해서 턴 오프되어야 한다. 또한, 테스트 중인 발광 LED에 연결된 벅 컨버터(132)도 벅 컨버터 내의 스위칭 잡음이 광전류 측정들을 간섭하지 않도록 또한 턴 오프되어야 한다. 턴 오프되지만, 테스트 중인 발광 LED에 연결된 벅 컨버터(132)의 V_{dr} 출력부는 LC 필터

(138) 내의 캐패시터에 의해서 특정한 값(예를 들어, 약 2 내지 3.5 볼트의 체인 내의 발광 LED들의 수의 배)으로 유지된다. 이러한 전압(Vdr)이 테스트 중인 발광 LED의 양극 및 트랜스임피던스 증폭기(135)의 양의 단자에 인가되면, 트랜스임피던스 증폭기는(Vdr에 대한)출력 전압을 생성하고, 이는 차 증폭기(136)의 양의 단자로 공급된다. 차 증폭기(136)는 트랜스임피던스 증폭기(135)의 출력 전압을 Vdr과 비교하여 차 신호를 생성하고, 이 차 신호는 LED 체인(126a) 양단에서 유도된 광전류(Iph_d2)에 대응한다.

[0296] 복수의 구동기 블록들(130)을 포함하는 것 이외에, LED 구동기 및 수신기 회로(124)는 하나 이상의 전용 광검출기들(128) 양단에 유도된 광전류들(Iph_d1 또는 Iph_d2) 및 순방향 전압들(Vfd)을 측정하기 위한 하나 이상의 수신기 블록들(140)을 포함할 수 있다. 오직 하나의 수신기 블록(140)이 도 20에 도시되지만, LED 구동기 및 수신기 회로(124)는 일반적으로 발광 모듈 내에 포함된 전용 광검출기들의 개수와 동일한 개수의 수신기 블록들(140)을 포함할 수 있다.

[0297] 예시된 실시형태에서, 수신기 블록(140)은 전압 소스(142)를 포함하며, 이 소스는 광검출기(128)의 음극이 전류 소스(144)에 연결되는 동안에, 수신기 블록에 연결된 전용 광검출기(128)의 양극에 DC 전압(Vdr)을 공급하도록 연결된다. 광검출기(128)가 순방향 전압(Vfd)를 획득하도록 구성되면, 제어기(154)는 "Detector_On" 신호를 전류 소스(144)에 공급하고, 전류 소스는 광검출기(128)를 통해 "Detector Current" 신호에 의해서 제공된 값과 동일한 고정된 구동 전류(Idrv)를 강제한다.

[0298] 검출기 순방향 전압(Vfd) 측정치들을 획득할 때에, 전류 소스(144)는 광검출기(128)를 통해서 상대적으로 작은 양의 구동 전류(Idrv)를 끌어당기도록 구성된다. 이 전류에 의해서 광검출기(128) 양단에서 생성된 전압 강하(Vfd)는 차 증폭기 147에 의해서 측정되며, 이 증폭기는 광검출기(128) 양단에서의 순방향 전압(Vfd)강하와 동일한 신호를 생성한다. 상술한 바와 같이, 전류 소스(144)에 의해서 광검출기(128)를 통해서 강제된 구동 전류(Idrv)는 대체적으로 상대적으로 작은, 비-동작성 구동 전류이다. 4개의 전용 광검출기들(128)이 병렬 연결된 실시형태에서, 비-동작성 구동 전류는 대략적으로 1mA일 수 있다. 그러나, 보다 작은/보다 큰 구동 전류들이 보다 적은/보다 많은 개수의 광검출기들을 포함하는 실시형태들 또는 광검출기들을 병렬로 연결하지 않은 실시형태들에서 사용될 수 있다.

[0299] 구동기 블록(130)과 유사하게, 수신기 블록(140)도 또한 발광 LED들이 방출한 광에 의해서 광검출기(128) 상에 유도된 광전류들(Iph_d1 또는 Iph_d2)을 측정하는 회로를 포함한다. 도 20에 도시된 바와 같이, 트랜스임피던스 증폭기(145)의 양의 단자는 전압 소스(142)의 Vdr 출력부에 연결되며, 음의 단자는 광검출기(128)의 음극에 연결된다. 이러한 방식으로 연결되면, 트랜스임피던스 증폭기(145)는 Vdr에 대한 출력 전압 상대(예를 들어, 약 0 내지 1V)를 생성하고, 이는 차 증폭기(146)의 양의 단자에 공급된다. 차 증폭기(146)는 출력 전압을 Vdr과 비교하여 차 신호를 생성하고, 이 차 신호는 광검출기(128) 양단에서 유도된 광전류(Iph_d1 또는 Iph_d2)에 대응한다. 트랜스임피던스 증폭기(145)는 "Detector_On" 신호가 로우일 때에 활성화된다. "Detector_On" 신호가 하이일 때에, 트랜스임피던스 증폭기(145)의 출력부는 삼중-상태가 된다.

[0300] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일부 실시형태들은 각 LED 체인(126) 내의 개별 LED들을 어레이 주변에서 스캐터링할 수 있으며, 이로써 임의의 행, 열, 또는 대각방향으로 동일한 색의 2개의 LED들이 존재하지 않는다(예를 들어, 도 17b 참조). 복수의 전용 광검출기들(128)을 수신기 블록(140)과 병렬로 연결함으로써, 소정의 색의 LED들에 의해서 각 광검출기(128) 상에 유도된 광전류들(Iph_d1 또는 Iph_d2)은 어레이 주변에서 스캐터링된, 유사한 색상의 LED들 간의 공간적 편차를 최소화하도록 합산될 수 있다.

[0301] 도 20에 도시된 바와 같이, LED 구동기 및 수신기 회로(124)는 또한 멀티플렉서(Mux)(150), 아날로그 대 디지털 컨버터(ADC)(152), 제어기(154), 및 선택사양적 온도 센서(156)를 포함한다. 일부 실시형태들에서, 멀티플렉서(150)는 수신기 블록(140)으로부터 검출기 순방향 전압(Vfd) 및 검출기 광전류(Iph_d1 및/또는 Iph_d2) 측정치들을 수신하고, 구동기 블록들(130)으로부터 발광기 순방향 전압(Vfe) 및 (선택사양적) 광전류(Iph_d2) 측정치들을 수신하도록 연결될 수 있다. ADC(152)는 구동기 블록들(130)으로부터 출력된 발광기 순방향 전압(Vfe) 및 선택사양적 광전류(Iph_d2) 측정치들을 디지털화하며, 수신기 블록(140)으로부터 출력된 검출기 순방향 전압(Vfd) 및 검출기 광전류(Iph_d1 및/또는 Iph_d2) 측정치들을 디지털화하며, 결과들을 제어기(154)에 제공한다. 도 20에 도시된 바와 같이, 제어기(154)는 순방향 전압 및 광전류 측정치들을 취할 때를 결정하고, 구동기 블록들(130)으로 공급되는 Out_En 신호, Emitter Current 신호 및 Led_On 신호를 생성하며, 수신기 블록(140)으로 공급되는 Detector Current 신호 및 Detector_On 신호를 생성한다.

[0302] 일부 실시형태들에서, LED 구동기 및 수신기 회로(124)는 주변 온도(Ta) 측정치들을 취하기 위한 선택사양적 온도 센서(156)를 포함할 수 있다. 이러한 실시형태들에서, 멀티플렉서 (150)는 또한 ADC(152)에 전송된 순방향

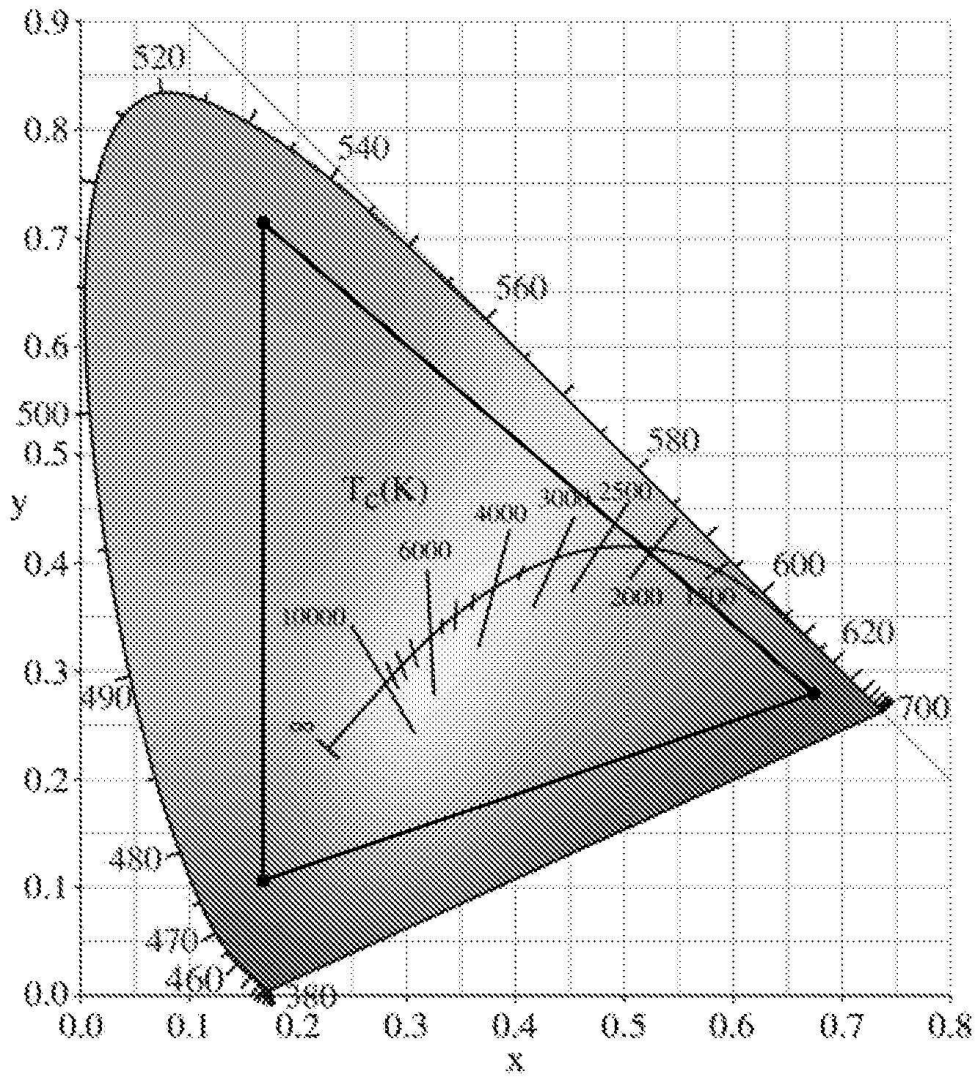
전압 및 광전류 측정치들과 주변 온도(T_a)를 멀티플렉싱하도록 연결될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 온도 센서(156)는 써미스터일 수 있으며, LED들 주변의 주변 온도 또는 발광 모듈의 히트 싱크로부터의 온도를 측정하기 위해서 구동기 회로 칩 상에 포함될 수 있다. 다른 실시형태들에서, 온도 센서(156)는 LED 발광 체인들(126)이 출력 특성들 또는 주변 광 상태를 측정하도록 온도 센서 및 광학적 센서를 겸하는 LED일 수 있다. 선택사항적 온도 센서(156)가 포함되면, 일부 실시형태들에서 온도 센서의 출력은 도 8의 단계(32)에서 온도에서의 상당한 변화가 검출되는지를 결정하는데 사용될 수 있다.

[0303] 개선된 조명 디바이스(110)의 하나의 구현예가 도 19 내지 20을 참조하여 지금까지 기술되었다. 이러한 조명 디바이스의 추가 설명은 공통으로 양도된 미국 특허 출원 일련 번호 13/970,944, 13/970,964 및 13/970,990에서 찾을 수 있다. 본 기술 분야의 당업자는 조명 디바이스가 본 발명의 범위 내에서 달리 구현될 수 있는 방식을 이해할 것이다.

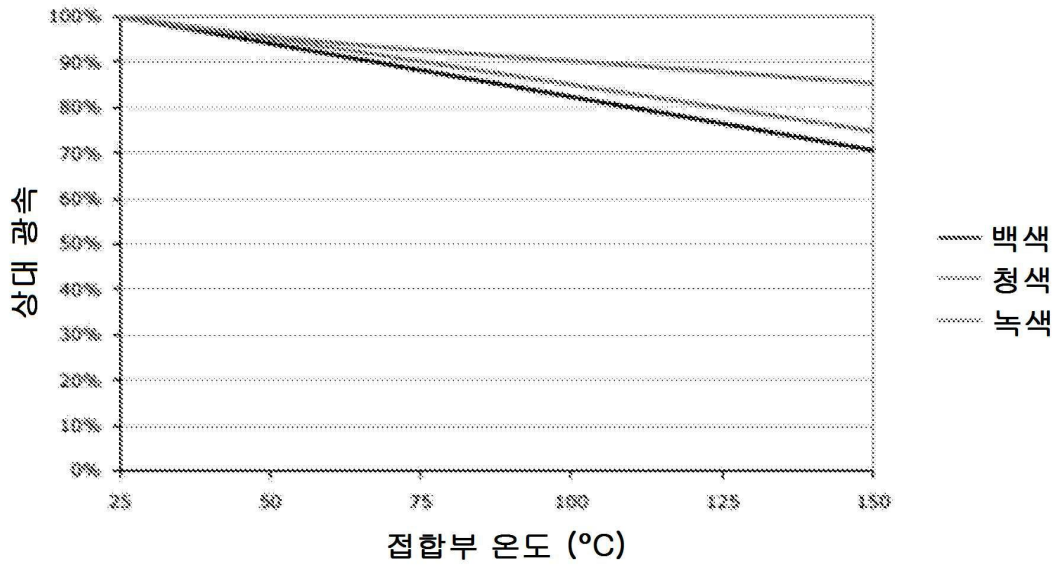
[0304] 이러한 본 발명이 구동 전류, 온도 및 시간의 변화에 따라서 목표 광속 및 목표 색도를 유지하도록 조명 디바이스 내의 개별 LED들을 캘리브레이션 및 보상하기 위한 개선된 조명 디바이스 및 개선된 방법들을 제공한다고 사료되는 것은 본 개시의 이점을 취하는 본 기술 분야의 당업자에게 이해될 것이다. 또한, 개선된 열적 및 전기적 특성들을 갖는 발광 모듈들이 또한 본 명세서에서 제공된다. 본 발명의 다양한 양태들의 다른 수정사항들 및 다른 실시형태들은 이러한 설명을 고려하면 본 기술 분야의 당업자에게 명백할 것이다. 따라서, 다음의 청구항들은 모든 이러한 수정사항들 및 변형사항들을 포함하고, 따라서, 명세서 및 도면들은 한정적이기보다는 예시적으로 해석되어야 한다.

도면

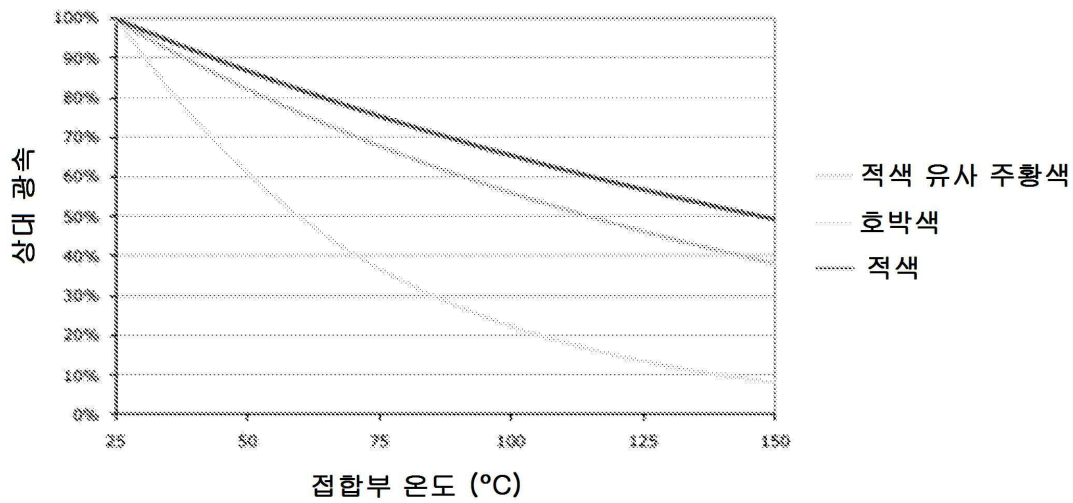
도면1



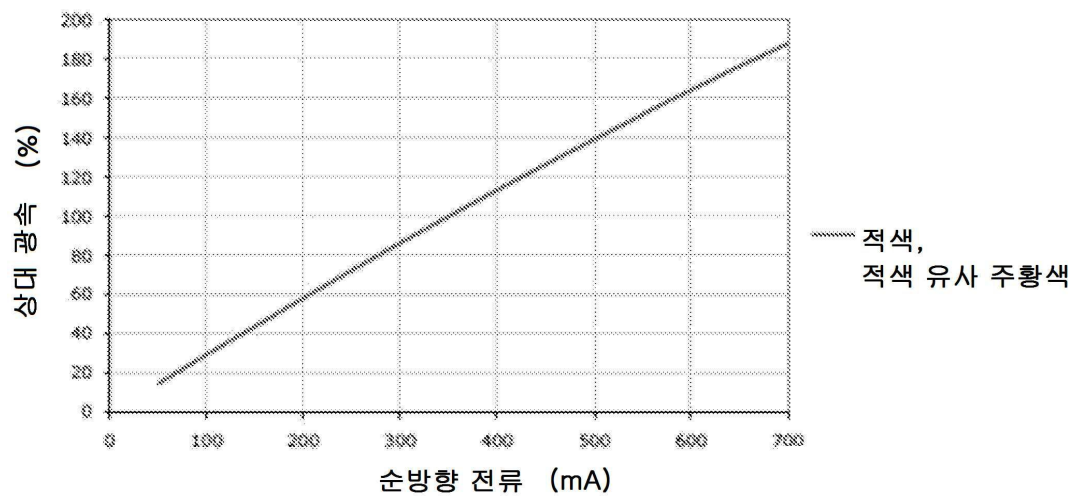
도면2



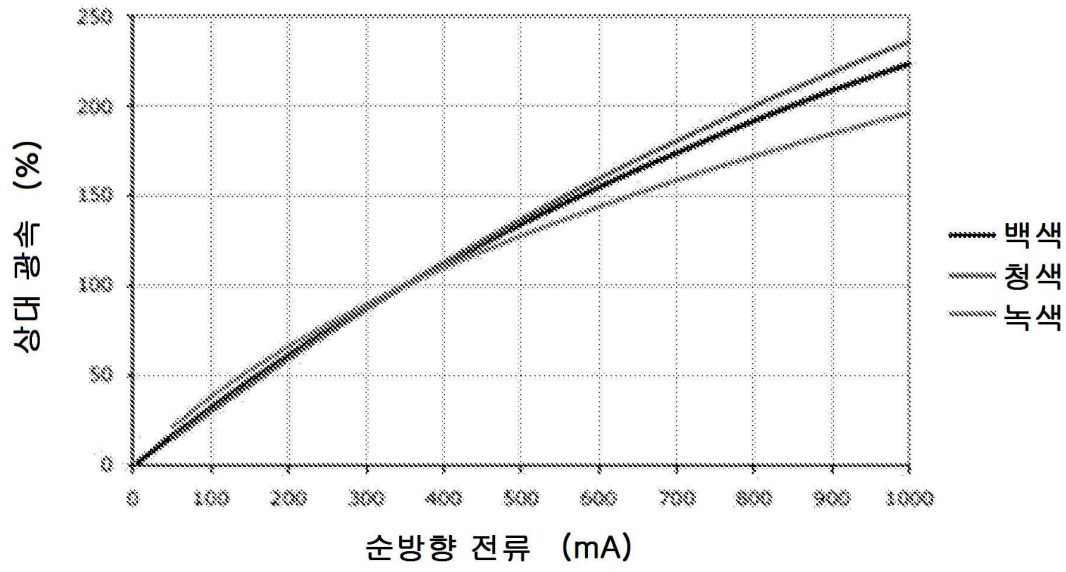
도면3



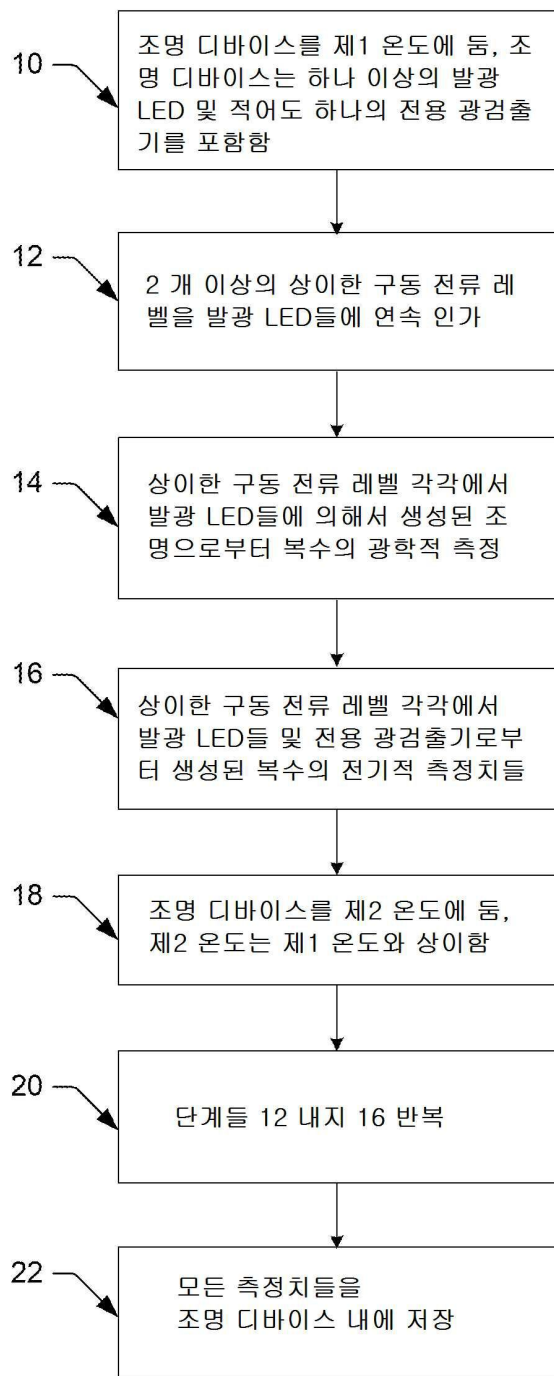
도면4



도면5



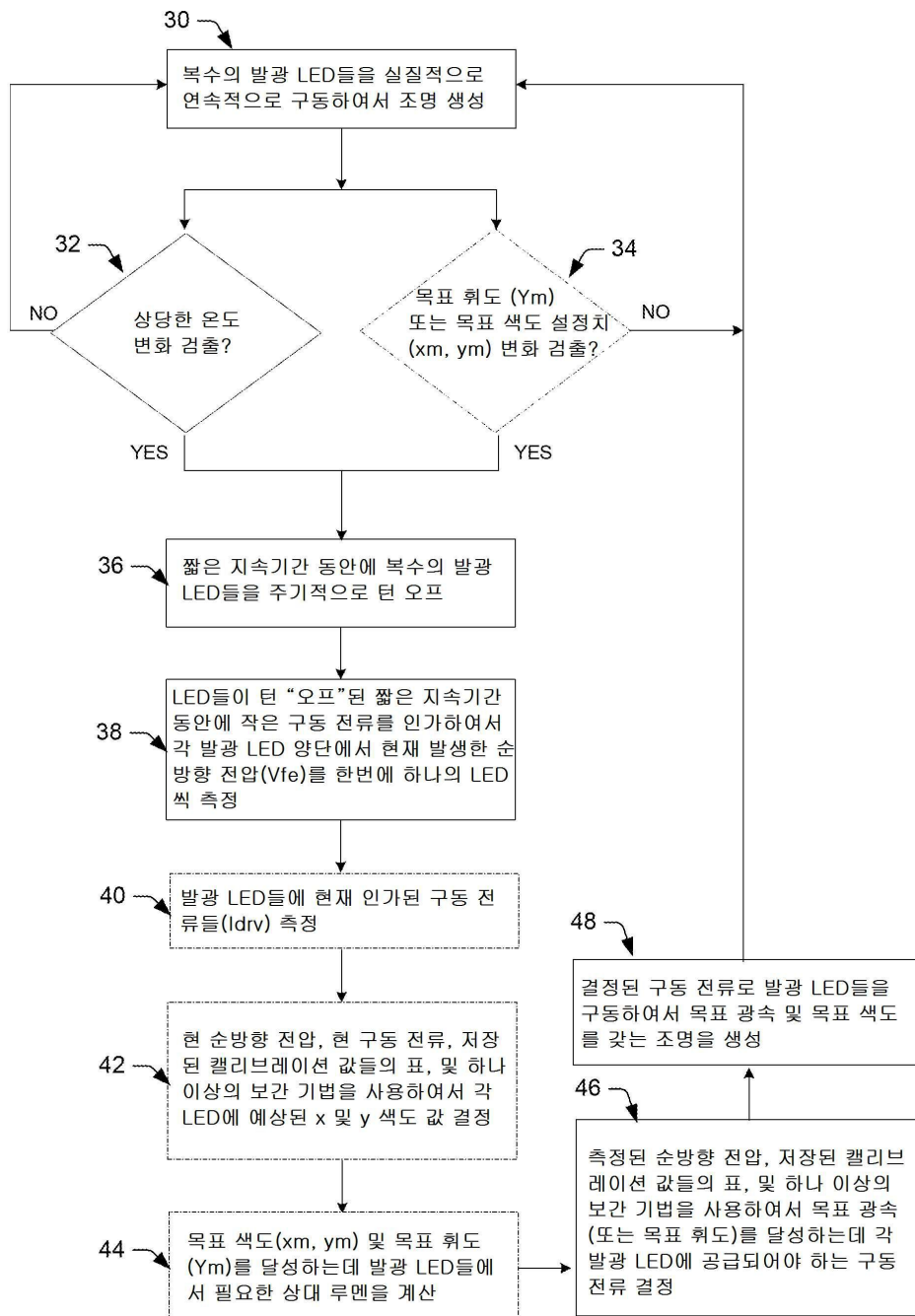
도면6



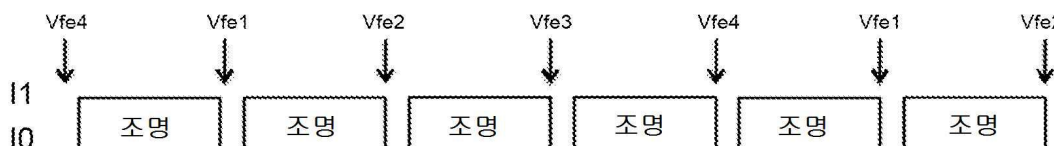
도면7

온도	구동전류	파라미터	백색	청색	녹색	적색
T0	10%	Luma	x	x	x	x
		X chrom	x	x	x	x
		Y chrom	x	x	x	x
		lph_d1	x	x	x	x
		Vfd1	x	x	x	x
		Vfe	x	x	x	x
		lph_d2	x	x		
	Vfd2	x	x			
	30%	Luma	x	x	x	x
		X chrom	x	x	x	x
		Y chrom	x	x	x	x
		lph_d1	x	x	x	x
		Vfd1	x	x	x	x
		Vfe	x	x	x	x
lph_d2		x	x			
Vfd2	x	x				
100%	Luma	x	x	x	x	
	X chrom	x	x	x	x	
	Y chrom	x	x	x	x	
	lph_d1	x	x	x	x	
	Vfd1	x	x	x	x	
	Vfe	x	x	x	x	
	lph_d2	x	x			
Vfd2	x	x				
T1	10%	Luma	x	x	x	x
		X chrom	x	x	x	x
		Y chrom	x	x	x	x
		lph_d1	x	x	x	x
		Vfd1	x	x	x	x
		Vfe	x	x	x	x
		lph_d2	x	x		
	Vfd2	x	x			
	30%	Luma	x	x	x	x
		X chrom	x	x	x	x
		Y chrom	x	x	x	x
		lph_d1	x	x	x	x
		Vfd1	x	x	x	x
		Vfe	x	x	x	x
		lph_d2	x	x		
	Vfd2	x	x			
	100%	Luma	x	x	x	x
		X chrom	x	x	x	x
		Y chrom	x	x	x	x
		lph_d1	x	x	x	x
		Vfd1	x	x	x	x
Vfe		x	x	x	x	
lph_d2		x	x			
Vfd2	x	x				

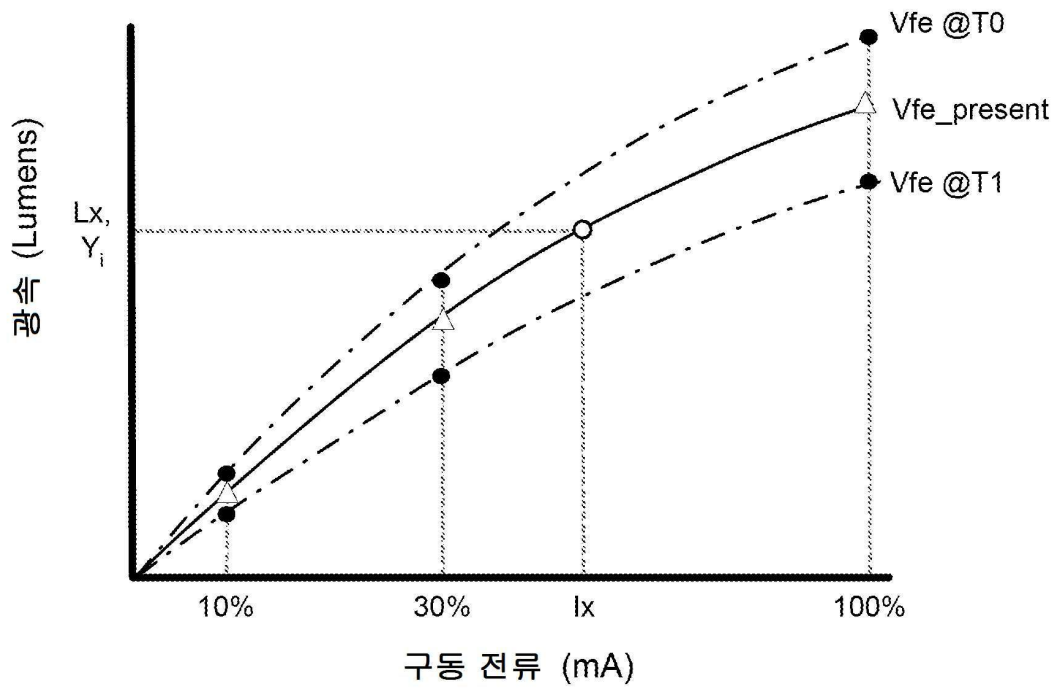
도면8



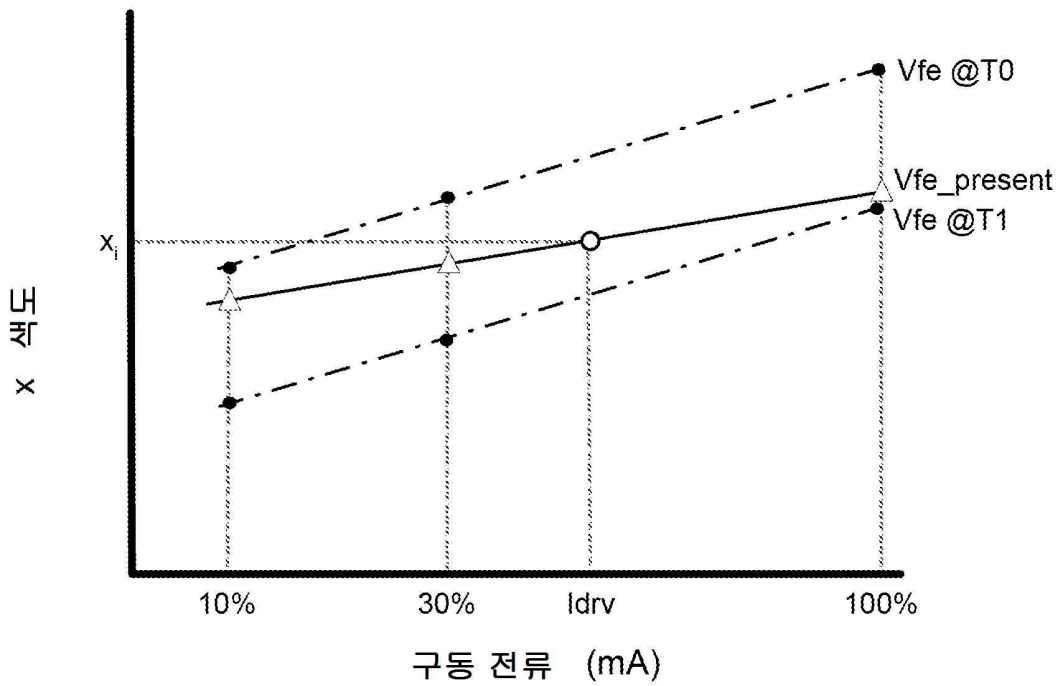
도면9



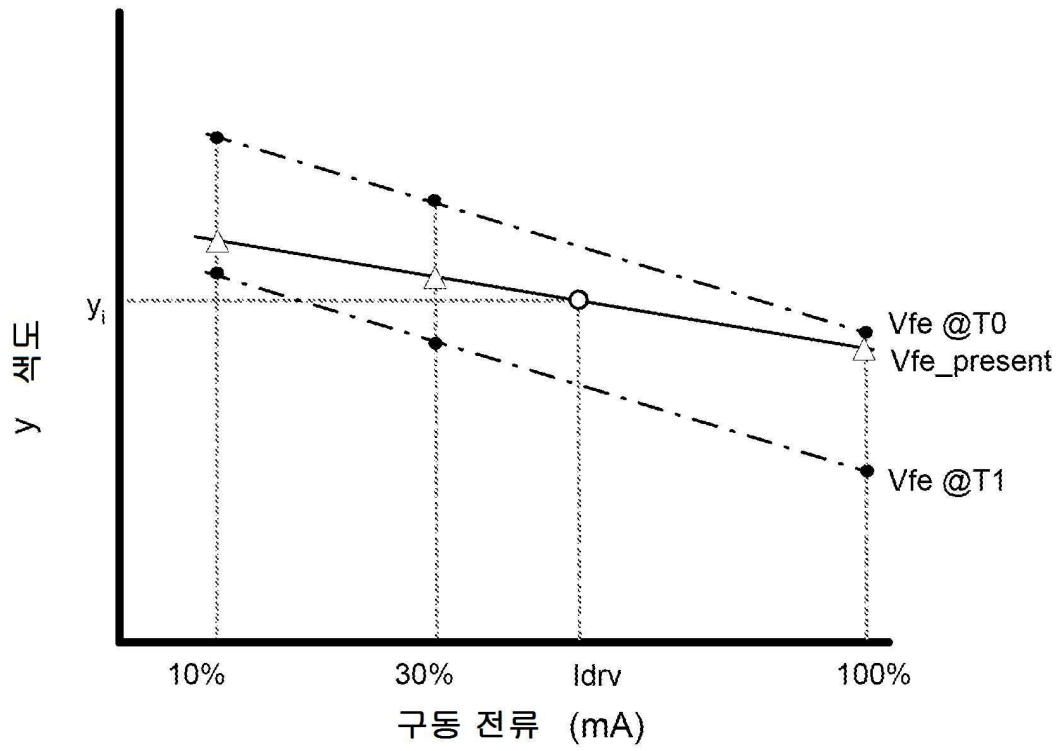
도면10



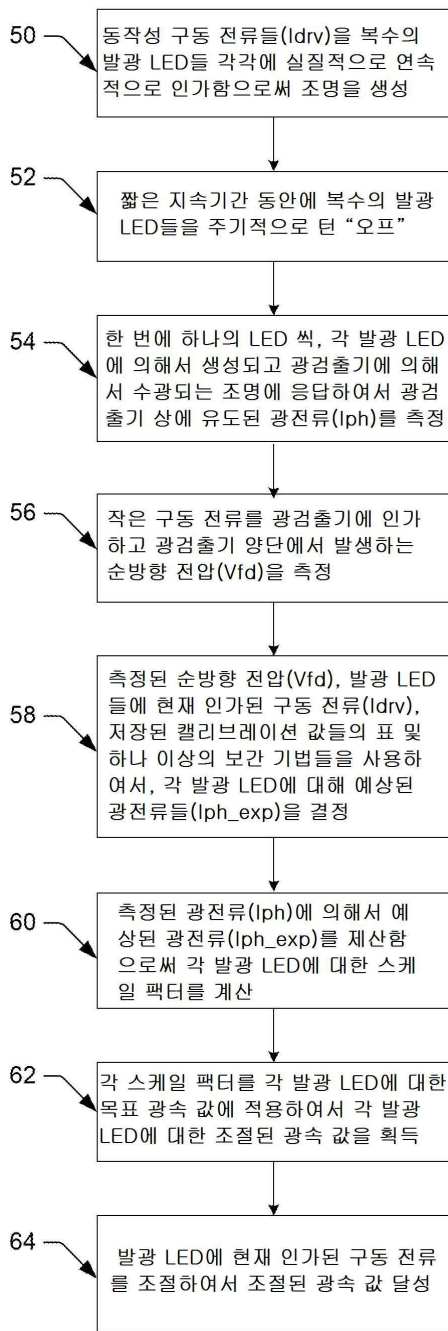
도면11



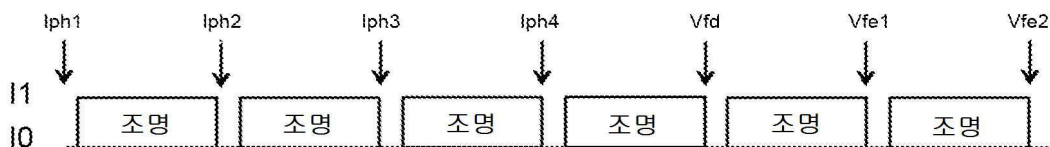
도면12



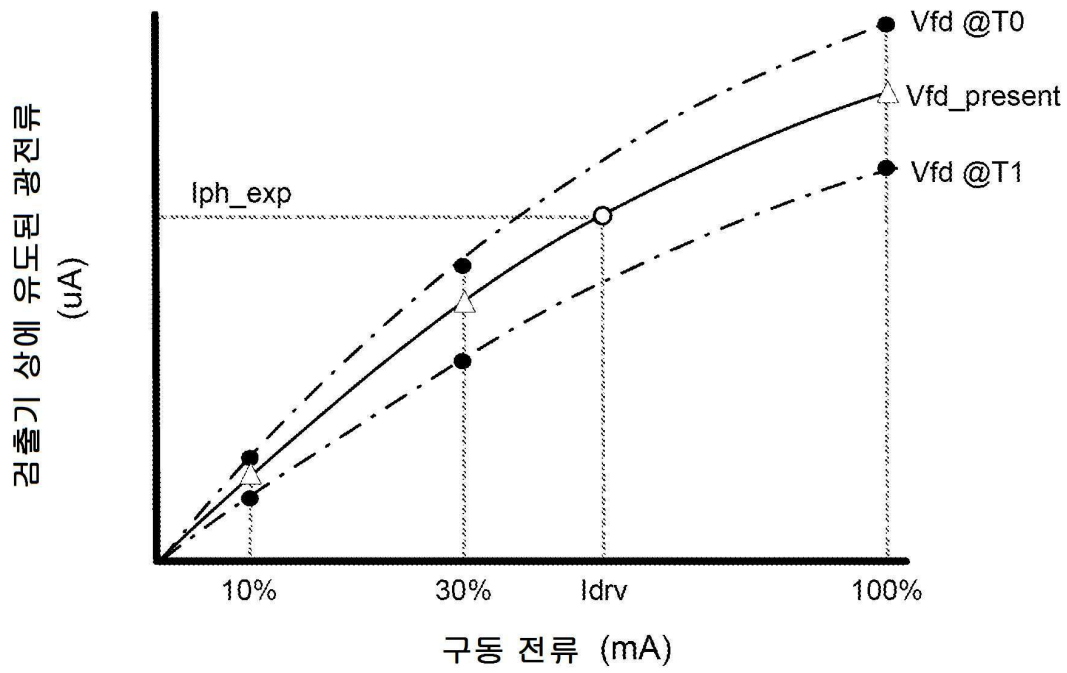
도면13



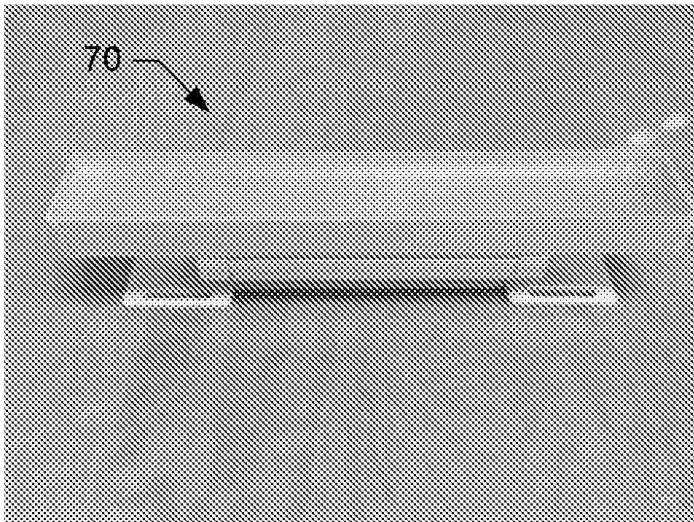
도면14



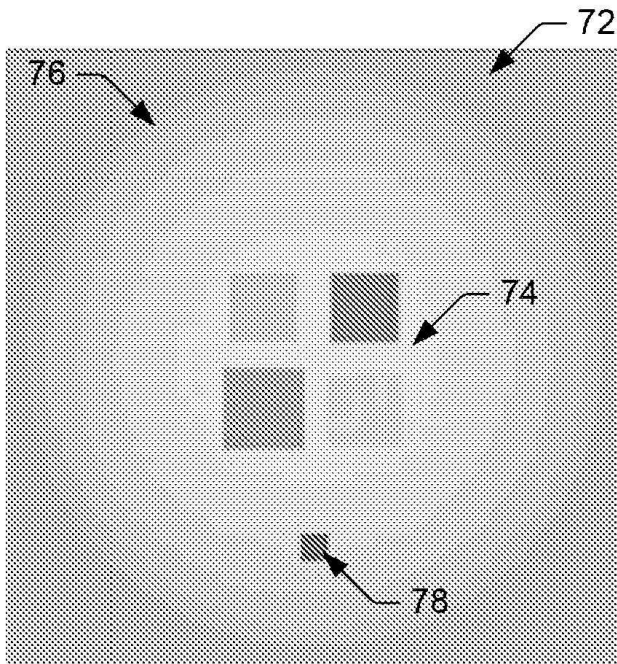
도면15



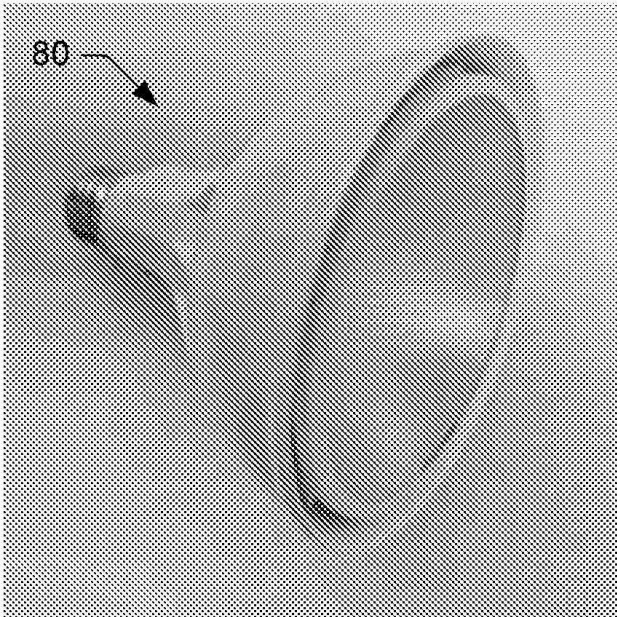
도면16a



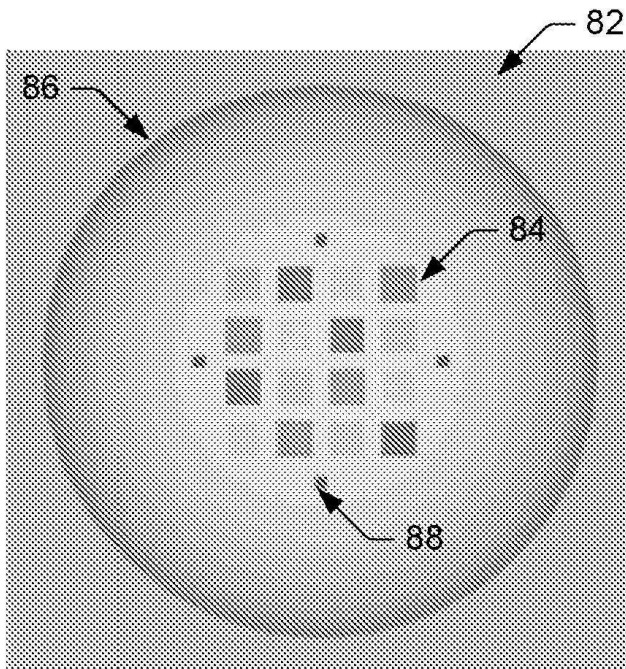
도면16b



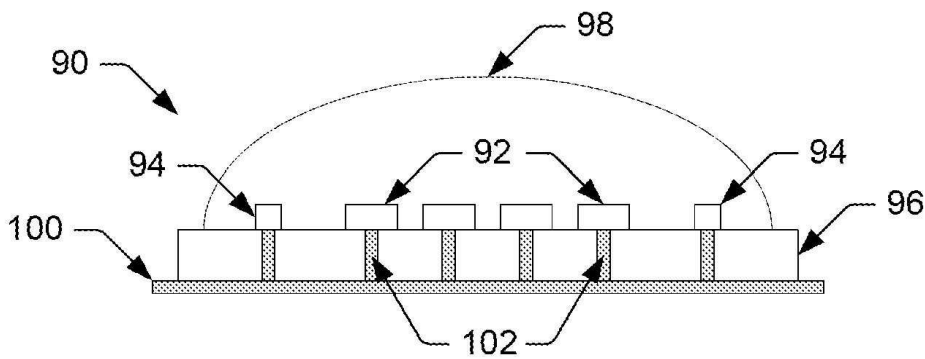
도면17a



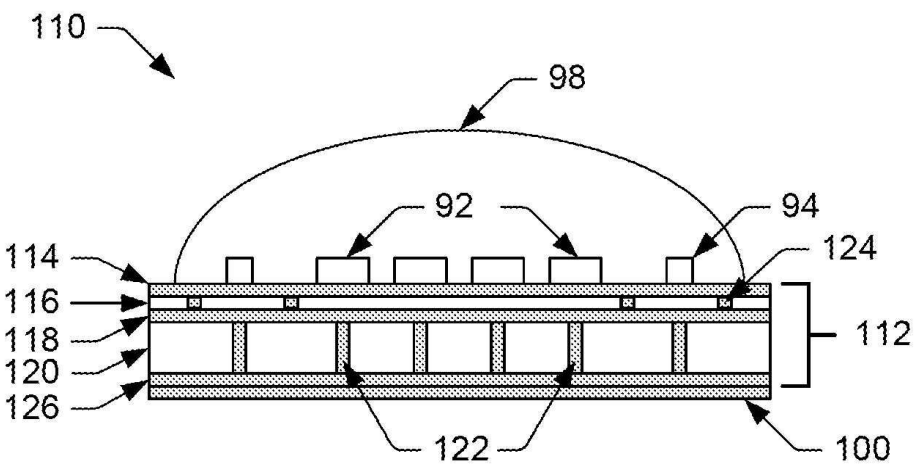
도면17b



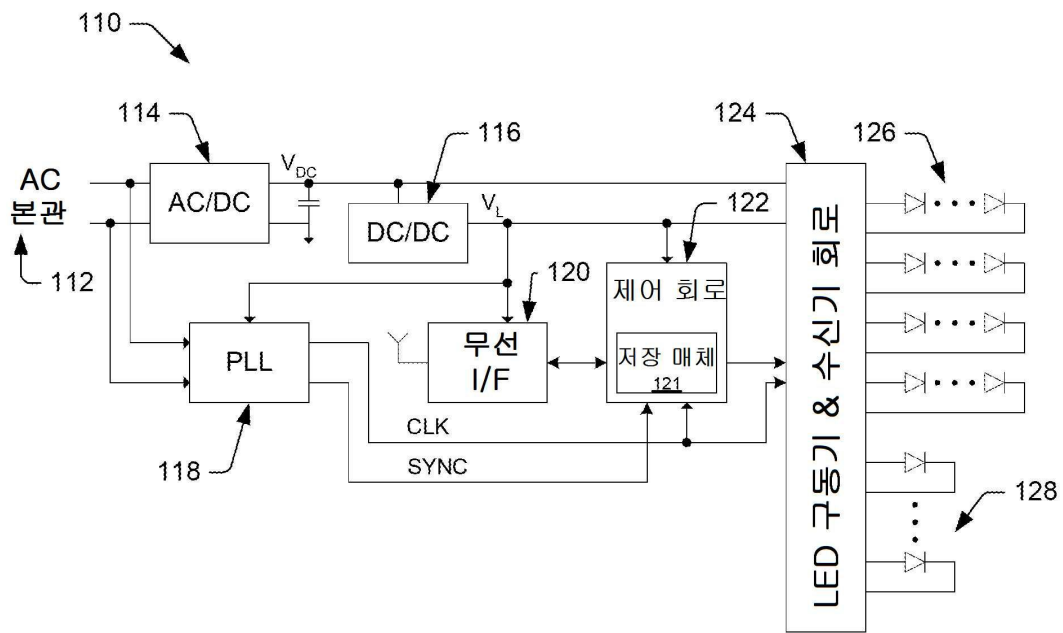
도면18a



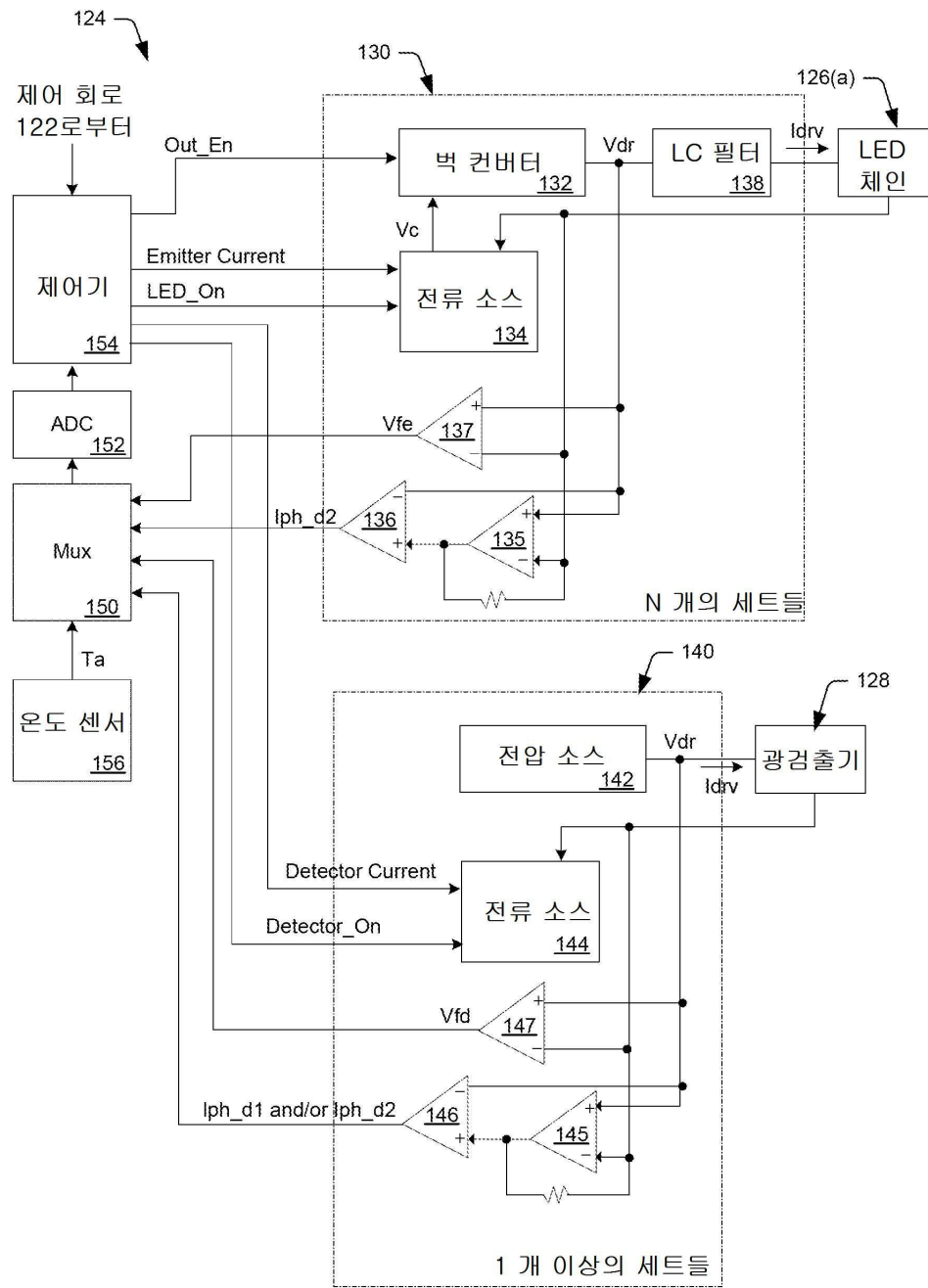
도면18b



도면19



도면20



도면21

