



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0030225

(43) 공개일자 2016년03월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 33/64 (2010.01) F21V 29/00 (2015.01)  
F21V 29/85 (2014.01) F21V 29/89 (2014.01)  
F21V 7/00 (2015.01) H01L 33/60 (2010.01)  
H05K 1/02 (2006.01) H05K 1/03 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01L 33/64 (2013.01)  
F21V 29/004 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-7002930

(22) 출원일자(국제) 2014년07월10일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2016년02월02일

(86) 국제출원번호 PCT/US2014/046205

(87) 국제공개번호 WO 2015/006593

국제공개일자 2015년01월15일

(30) 우선권주장

61/957,768 2013년07월10일 미국(US)

14/042,569 2013년09월30일 미국(US)

(71) 출원인

골든아이 인코퍼레이티드

미국 캘리포니아 92131, 샌디에고, 스위트 233,  
9747 비즈니스파크 애비뉴

(72) 발명자

리베세이, 윌리엄

미국 캘리포니아 92131, 샌디에고, 10317 리프우드  
플레이스

지머맨, 스콧

미국 뉴저지 07920, 베스킹 릿지, 230 우즈 엔드  
드라이브

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인세림

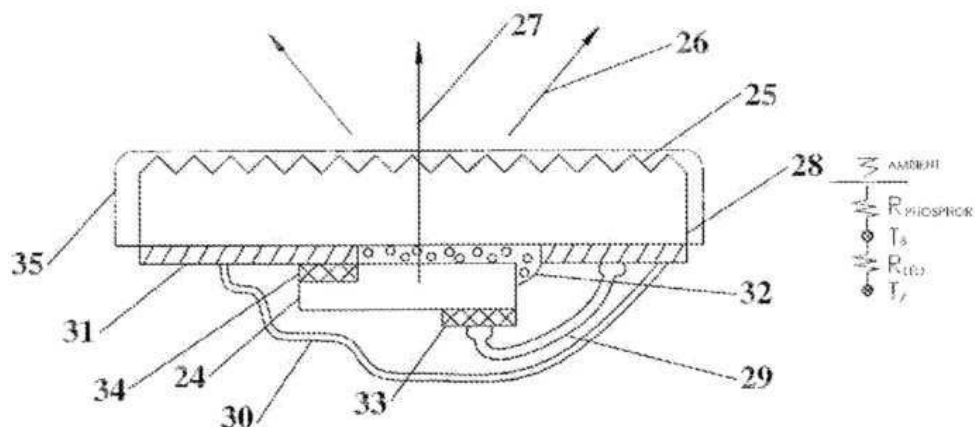
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **자냉식 광원**

(57) 요약

열 전도성 반투과 요소들과 열 접촉상태로 되는 LEDs를 가지며 LEDs에서 방출된 광이 요소들의 방열면에 나타나도록 지향되는 고체 광원이 개시된다. 열 전도성 반투과 요소들은 반사기와 함께 배치되거나 결합되어 광 재순환 캐비티를 형성한다. 캐비티를 형성하는 열 전도성 반투과 요소들의 외면은 LEDs에 의해 방출되는 광의 매우 높은 퍼센티지가 결국에는 투과되고 균일하고 전방향으로 방출될 때까지 캐비티의 내부에서 LEDs에 의해 방출되는 광이 계속해서 반사되고 재순환함에 따라 발광된다. 동시에, LEDs로부터의 열은 광원을 복사 및 대류로 냉각시켜서 부피가 크고 덧붙여진 열 흡수원을 제거하는 캐비티의 상기 요소들의 발광하는 외면들을 통해, 그리고 그 외면들로 전도된다.

**대표도** - 도2a



(52) CPC특허분류

*F21V 29/86* (2015.01)  
*F21V 29/89* (2015.01)  
*F21V 7/00* (2013.01)  
*H01L 33/60* (2013.01)  
*H01L 33/641* (2013.01)  
*H05K 1/0204* (2013.01)  
*H05K 1/0204* (2013.01)  
*H05K 1/0306* (2013.01)  
*H05K 2201/0108* (2013.01)

(72) 발명자

**로스, 리차드 엘.**

미국 캘리포니아 92014, 텔 마르, 22582 비아 애플  
릴리아 #6

**디안다, 에두아르도**

미국 캘리포니아 92111, 샌디에고, 4809 마운트 알  
머 드라이브

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

광을 방출하기 위한 적어도 하나의 발광 다이오드(LED); 및

적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소를 포함하고, 상기 적어도 하나의 발광 다이오드는 상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소에 장착되며, 상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소는 상기 적어도 하나의 발광 다이오드로부터의 열의 대부분이 발산되는 열 방출면을 가지며;

상기 적어도 하나의 발광 다이오드에 의해 방출된 광이 상기 열 방출면을 통해 상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소를 통과하고 빠져나가기 위해 방향을 바꾸도록 구성되는 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소는 또한 광 반사기로서 기능하는 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소는 반투명한 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소는 반사성 다공을 가진 금속 물질인 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 발광 다이오드에 의해 방출된 광의 대부분을 상기 광 투과 열 전도성 요소로 보내서 상기 광 투과 열 전도성 요소를 통해 방향을 바꾸도록 하는 반사 엔클로저(reflective enclosure)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

다수의 광 투과 열 전도성 요소를 더 포함하고, 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소는 상기 적어도 하나의 발광 다이오드에 의해 방출된 광을 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소로 보내서 상기 요소들을 통해 방향을 바꾸는 기능을 하는 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 발광 다이오드의 상기 광 방출면과 상기 광 투과 열 전도성 요소 사이에 개재된 적어도 하나의 파장 변환 요소를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 광 투과 열 전도성 요소의 적어도 일부에 장착되는 상기 적어도 하나의 발광 다이오드는 상기 적어도 하나의 발광 다이오드에 의해 방출된 광을 상기 광 투과 열 전도성 요소로 보내서 상기 광 투과 열 전도성 요소를 통해 재순환시키는 광 반사기와 결합되는 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 광 반사기는 금속 반사기인 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 10

제8항에 있어서,

상기 광 반사기는 플라스틱 반사기인 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 11

제8항에 있어서,

상기 광 반사기는 부분적으로 광을 반사시키고 부분적으로 광을 투과시키는 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 12

적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소; 및

광을 방출하기 위한 적어도 하나의 발광 다이오드(LED);를 포함하고, 상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소는 상기 적어도 하나의 발광 다이오드의 최초의 방열 수단으로 작용하고, 또한 상기 적어도 하나의 발광 다이오드에 의해 방출된 광의 적어도 일부에 대한 광 추출 수단으로 작용하는 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 13

제12항에 있어서,

다수의 광 투과 열 전도성 요소를 더 포함하고; 상기 적어도 하나의 발광 다이오드는 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소 중의 적어도 하나에 장착되며;

상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소는 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소를 통해 상기 적어도 하나의 발광 다이오드로부터 광을 추출하는데 있어서 높은 효율을 가진 광 재순환 캐비티를 형성하는 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 14

제13항에 있어서,

상기 광 재순환 캐비티는 상기 광 재순환 캐비티를 형성하는 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소의 광 투과율을 넘는 광 추출 효율을 가진 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 15

제13항에 있어서,

상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소는 50% 이상의 반사율을 갖지만, 상기 광 재순환 캐비티에 둘러싸인 상기 적어도 하나의 발광 다이오드에 의해 방출된 광의 50% 이상이 상기 광 재순환 캐비티를 형성하는 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소를 통해 추출되는 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 16

제13항에 있어서,

상기 광 재순환 캐비티를 형성하는 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소는 공기가 상기 광 재순환 캐비티를 통해 흐르게 하지만, 또한 광이 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소를 통과하지 않고 빠져나가는 것을 방지하도록 배치되는 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 17

제12항에 있어서,

상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소는 백색 바디 칼라를 가진 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 18

광 재순환 캐비티의 일부로서 기능하는 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소; 및

상기 광 재순환 캐비티 내에서 둘러싸여서 광을 방출하는 적어도 하나의 발광 다이오드;를 포함하고,

상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소는 또한 광 이미터(light emitter)로서, 그리고 상기 적어도 하나의 발광 다이오드를 위한 냉각 요소로서 기능하는 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 19

제18항에 있어서,

상기 광 재순환 캐비티의 일부를 형성하고 상기 적어도 하나의 발광 다이오드로부터의 광을 상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소로 방향을 바꾸게 하는 적어도 하나의 광 반사기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

#### 청구항 20

제18항에 있어서,

상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소는 반사성 다공을 가진 금속, 홀의 어레이(arrays of holes)와 함께 층을 이루는 합성물, 알루미늄( $Al_2O_3$ ), TPA, 산화베릴륨(BeO), 질화알루미늄(AlN), 질화붕소(BN), 그리고 다른 열 전도성 세라믹, 비결정질(amorphous), 합성물, 다결정, 지향성의 다결정(oriented polycrystalline), 또는 사용되는 방출 파장에 대한 저 흡수 손실을 드러내는 단결정 물질 중의 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 자냉식 광원.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001]

본 기술은 공통의 발광 및 열 발산 표면들을 가진 고체 광원과 관련된다. 본 기술은 LEDs에 의해 발출되는 열의 대부분을 발산시키도록 대류 및 복사 냉각(convective and radiative cooling)을 제공하기 위해 충분한 표면적을 가진 광 투과형 열 전도성 요소들에 설치되고 이들과 열적 접촉상태로 되는 LEDs에 기반한 고체 광원에 관한 것이다.

[0002]

관련된 출원에 대한 상호 참조

[0003]

본원은 참조로 여기에 조합된, 2011년 8월 11에 출원된 미국 가출원 번호 61/574,925의 이익과 이에 대한 우선권을 청구한, 2012년 8월 10일에 출원된 미국 출원 번호 13/572,608의 일부 계속 출원이다. 본원은 또한 그 전체가 참조로 여기에 조합되고 113 페이지에서 시작하는 부록 A로서 첨부된, 2013년 7월 10일에 출원된 미국 가출원 번호 61/957,768의 이익과 이에 대한 우선권을 청구한다. 본원은 또한 그 전체가 참조로 여기에 조합된, 2013년 9월 30일에 출원된 미국 출원 번호 14/042,569에 대한 우선권과 그것의 이익을 청구한다.

#### 배경 기술

[0004]

발광 다이오드(LED) 기술에 기반하는 고체 광원은 형광 또는 유기 발광 다이오드(OLED) 광원들에서 이용되는 독성 물질 없이 백열등 및 형광등에 비해 에너지 절약의 약속을 제공한다.

[0005]

그러나 (무기 LEDs에 기반한) 고체 조명의 폭넓은 채택 및 수용을 실현하기 위해서는 백열등 및 수은이 충전된 형광등들과 경쟁하기 위해 경쟁력 있는 가격이 될 것을 요구한다. 친환경적 속성 및 환경에 대한 유리한 영향을 가짐에도 불구하고, 일반 소비자는 여전히 광원의 초기 비용을 근거로 하여 구매 결정을 내릴 것이다. 고체 광원은 백열등 또는 형광등 보다 더 오래 지속될 것이고 그것의 유용한 수명에 대해 에너지 절약의 요인에서 더 경제적이란 약속을 제공하는 것은 중요하지 않다. 대부분의 소비자들은 이후의 궁극적인 절약을 위해 기꺼이

(초기에) 더 많이 지불하지 않는다. 그러나, 고체 광원의 비용을 줄이는 것이 조명 회사들에 대해 큰 도전이 되어 왔다. 미국 에너지부에 따르면, 고체 광원의 비용의 70%는 LED 패키지(40%)와 덧붙여진 열 흡수원(appended heat sink)(30%)에 기인한다. 공동으로 양도되고 참조로 본원에 조합되며, 본 발명의 발명자들에 의해 이전에 출원된 미국 공개 특허출원 번호 20130099264(Livesay: 리베세이)에는 열 흡수원(heat sink)과 패키지를 발광 및 발산 소자 내에 조합함으로써 어떻게 열 흡수원과 패키지가 제거될 수 있는지를 보여주었다. 또한 이것은 열 전도성 발광 물질(thermally conductive luminescent material)과 파장 변환 물질을 만드는 것 또는 대안으로 열 전도성 반투명 물질(thermally conductive translucent material)과 LED 사이에 파장 물질을 놓는 것을 포함하여 실현될 수 있는 수 개의 방법을 보여 주었다. 리베세이는 반투명 요소들(translucent elements) 내로, 그리고 그것들을 통해 LED로부터 빛을 연출함으로써 광 방출(즉, 발광)이 되는, 열 전도성 반투명 물질 또는 요소를 위해 사용될 수 있는 수 개의 물질을 리스트한다. 본 발명 이전에는, 높은 효율(광 출력 대 에너지 출력)을 실현시키는 것은 높은 광 투과성을 가진 반투명 물질을 요구하는 것으로 여겨졌다. 그러나, 세라믹 물질에서 높은 투과성을 실현시키는 것은 일반적으로 더 비싼 공정을 요구한다. 예를 들어, 세륨이 도핑된 이트륨 알루미늄 가넷(Cerium doped Yttrium Aluminum Garnet)에서 더 높은 투과성을 실현시키는 것은 높은 소성 온도(sintering temperatures) 및 이후의 뜨거운 등압 압축성형(hot isostatic pressing)을 요구한다. 마찬가지로,  $Al_2O_3$ (알루미나)는 더 값비싼 소성 및 뜨거운 등압 압축성형으로 더 투명하게 된다. 이 공정들은 리베세이 및 본 발명에서 실시한 바와 같이, 광원을 위해 사용되는 물질의 비용을 증가시킨다. 자연 대류 및 방열을 통해 효과적으로 냉각시키는 것은 광 투과형 열 전도성 물질들(리베세이에 의해 교시된 바와 같은)에 부착된 LEDs에 의해 발생하는 열을 발산시키기 위해서는 이들의 큰 표면적을 요구한다. 그러나, 만일 광 투과형 열 전도성 물질들을 처리하는 비용이 높다면, 이것은 광원의 비용에서 중요한 인자(factor)가 된다. 만일 덜 비싼 광 투과형 열 전도성 또는 반투명 물질들이 사용될 수 방법이 있다면 유리할 것이다. 이것은 광원의 비용을 더 낮추고 친환경적인 광원의 채택을 가속화시킬 것이다.

[0006]

전형적인 고체 광원의 LEDs와 인광 물질 내에서 발생하는 열은 전도 수단을 통해 대개 알루미늄 또는 구리로부터 만들어진 크게 덧붙여진 열 흡수원으로 전달된다. LED 접합부와 열 흡수원 사이의 온도 차이는  $40^{\circ}C$  내지  $50^{\circ}C$ 가 될 수 있다. 주위와 덧붙여진 열 흡수원의 표면 사이의 온도 차이는 전형적으로 LED 접합부와 열 흡수원 표면들 사이에서 상당한 온도 강하(열 저항)가 있다는 것을 고려하면 전형적으로 매우 낮다. 열 흡수원과 주위 사이의 작은 온도차에 의해 매우 작은 방열 냉각이 발생한다. 이러한 작은 온도차는 대부분의 방열 냉각을 배제시킬 뿐만 아니라, 효과적으로 LEDs를 냉각시키도록 충분한 표면적을 제공하기 위해 열 흡수원이 상당히 크게(그리고 무겁게) 될 것을 요구한다. 열 흡수원이 커지면 커질수록 LED 접합부와 열 흡수원 핀들의 표면 사이의 온도 강하가 더 커진다. 이러한 이유 때문에, 더 작은 열 흡수원 체적이 사용될 수 있도록 온도 강하를 줄이거나 대류 냉각을 증가시키기 위해 히트 파이프와 활성 냉각(active cooling)이 사용된다. 일반적으로, 열 흡수원 및/또는 활성 냉각의 추가된 무게는 선적과 설치를 위한 비용을 증가시키고, 어떤 경우에는 간접비 적용을 위해 안전 위험이 제기된다. 만일 광원의 더 많은 방열 냉각을 할 수 있도록 LED 접합부 온도에 가깝게 된다면 유리할 것이다.

## 발명의 내용

[0007]

본 기술은 공통의 발광 및 열 발산 표면들을 가진 고체 광원과 관련된다. 본 기술은 LEDs에 의해 방출되는 열의 대부분을 발산시키도록 대류 및 복사 냉각(convective and radiative cooling)을 제공하기 위해 충분한 표면적을 가진 광 투과형 열 전도성 요소들에 설치되고 이들과 열적 접촉상태로 되는 LEDs에 기반한 고체 광원에 관한 것이다. 간단하게는, 그리고 일반적인 용어에서, 본 기술은 적어도 하나의 발광 다이오드(LED)와, 상기 LED가 설치되는 적어도 하나의 광 투과형 열 전도성 요소를 포함하는 자냉식 광원을 제시하며, 상기 요소는 상기 LED로부터의 대부분의 열이 발산되는 열 방출면을 가진다. 이상적으로는, 상기 광원은 상기 LED에 의해 방출된 광을 그 열 방출면을 통해 상기 광 투과형 열 전도성 요소를 통과하여 빠져나가게 유도하도록 하는 구조로 된다. 대부분의 경우 광 투과형 열 전도성 물질은 또한 부분적으로 반사시키며, 때때로 여기에서 반사성/투과성(또는 반사 및 투과성 전달) 열 전도성 요소로 언급된다. 또한, "반투명한(translucent)"이라는 용어는 여기서 그것들로 입사된 광의 부분적으로 반사 및 부분적으로 투과시키는 것 뿐만 아니라 그 요소 내로 입사된 광을 도파시키고 산란시킬 수 있는 요소들을 묘사하기 위해 사용된다. 더 경제적인 자냉식 고체 광원이 더 낮은 광 투과성(즉, 대부분 반사시키는) 열 전도성 반투과 요소들을 이용함으로써 실현될 수 있다. 대부분의 반사(mostly reflective)는 여기서 광 투과율보다 더 높은 광 반사율을 가진 광 투과성 요소들을 묘사하기 위해 사용된다. 현저하게, 대부분 반사되고, 그러므로 낮은(16% 내지 20% 보다 낮은) 광 투과형 열 전도성 요소들이 폐쇄된 캐비티 또는 엔클로저(enclosure)(상기 요소들의 내측 표면들에 설치되는 LEDs에 의해 방출되는 광이 그

내부에서 반사되고 재순환되어 광 재순환 캐비티(light recycling cavity)를 형성하게 하는)를 형성하도록 배치될 때, LEDs에 의해 방출되는 광의 높은 퍼센티지(예컨대, >80%)가 결국 투과하여 하나 이상의 대부분 반사 및 부분적 투과 열 전도성 소자들을 통해 추출되고 이에 의해 상기 캐비티의 외측 표면들로부터 방출된다는 것이 밝혀졌다. 이것은 덧붙여진 열 흡수원을 요구함이 없이 시각적인 즐거움과, 매우 균일하고 전방향의 광원을 창출한다. 덧붙여진 열 흡수원에 대한 요구가 없기 때문에, 광원의 어떠한 방출 측면들로부터 광을 막는 것이 없게 되어 진정으로 전방향의 광원을 창출한다. 선택적으로, 하나 이상의 측면들(예컨대, 반구 대 입체각 내로 방출시키는 것)로부터 방출하는 직접적인 광원을 창출하도록 광 재순환 캐비티를 형성하기 위해 반사기(reflector)가 적어도 하나의 LED와 적어도 하나의 열 전도성 반투명 소자와 함께 사용될 수도 있다.

[0008]

다른 반도체 장치들 뿐만 아니라 LEDs와의 전기적인 인터커넥션(interconnection)은 열 전도성 반투명 소자들에 일체화될 수 있다. 전기 인터커넥션들은 상기 열 전도성 반투명 소자들에서 매우 반사적일 수 있거나 또는 선택적으로 투명 전기 전도성 트레이스(traces)로 될 수 있다. 본 발명의 일실시예에 있어서, 복수의, 부분적 선택적 반사성 및 부분적 선택적 투과성, 열 전도성 요소들이 광 재순환 캐비티를 형성하도록 사용되어 상기 캐비티를 형성하는 상기 열 전도성 반투명 요소들에서 상기 인터커넥션들에 장착되는 LEDs에 의해 방출되는 광을 반사시키고 재순환시킨다. 그 내부에서 다중의 광 반사에 기인하여, 각 LED로부터 방출된 광의 일부는 상기 캐비티를 형성하는 하나 이상의 상기 열 전도성 반사 및 투과 요소들을 통해 전달될 것이다. 여기서 사용되는 '대부분 반사하는(mostly reflective)'이라는 용어는 열 전도성 요소들에 초기에 입사하는 광의 50% 이상을 반사시키는 광 전도성 요소들을 언급한 것이다. 선택적으로, 더 높은 라인 광 전송(70% 보다 큰)의 더 값비싼 물질이 이용될 수도 있다(예컨대, 투명 알루미늄 산화물(transparent alumina oxide, TPA)). 이 물질들은 전형적으로 30% 미만의 반사성으로 된다. LEDs 위의 형광체 코팅물 또는 캡들, 세라믹 또는 유기적(organic)으로 되고 상기 열 전도성 반투명 요소들에 코팅 또는 접착되거나, 또는 선택적으로 상기 열 전도성 반투명 요소들 내에 합체된 파장 변환 요소들에 의해 파장 변환이 실현될 수 있다. 광 투과(선택적으로 반투과) 열 전도성 요소들 또는 더 반사적인 열 전도성 요소들을 가진, 전술한 바와 같은 구조로 되는 광원은 대류 및 복사 수단이 상기 장치를 냉각시키기 위해 사용될 수 있도록 충분히 큰 면적에 비해 LED에서 발생하는 열을 효율적으로 전달하고 발산시킴으로써 부가적인 열 흡수원에 대한 요구를 완전히 또는 부분적으로 배제할 수 있다.

[0009]

더욱, 보다 낮은 광 투과 물질들의 사용은 (열이 발생되는) LED p-n 접합부와 열이 발산되는 광원의 광 방출면들 사이에서 열 저항을 감소시키는 더 높은 열 전도성 물질들의 사용을 허용한다. 이것은 효과적으로 주위로 더 효율적인 복사 및 대류 냉각을 시킬 수 있는 보다 높은 온도(LED 접합부 온도에 가까운)에서 냉각될 방출면을 놓이게 한다.

### 도면의 간단한 설명

[0010]

도 1a 및 1b는 광 방출(optical emission)이 실질적으로 열 제거의 반대 방향으로 되는, 플립칩(flip chip)이 장착된 종래기술의 수직 LED 패키지의 측면도 및 열 회로도(thermal schematics)를 묘사한 것이다.

도 2a, 2b 및 2c는 열 전도성 발광 요소들과 인터커넥트들(interconnects)을 사용하는 본 발명의 자냉식 고체 광원의 측면도를 열 회로도와 함께 묘사한 것이다.

도 3a, 3b 및 3c는 복수의 다이(die)를 가진 본 발명의 자냉식 고체 광원의 측면도를 묘사한 것이다.

도 4a, 4b 및 4c는 여러 LED 다이 타입을 위한 발광 열 전도성 요소들에 있는 본 발명의 인쇄된 전기 인터커넥트들의 측면도를 묘사한 것이다.

도 5a, 5b, 5c 및 5d는 다양한 형상을 가진 본 발명의 파장 변환 요소들의 측면도를 묘사한 것이다.

도 6a 및 6b는 LEDs를 위한 본 발명의 파장 변환 요소들 상의 두 개의 다른 장착 구조의 측면도를 묘사한 것이다.

도 7a, 7b 및 7c는 본 발명의 LED 다이 상의 인쇄된 인터커넥트들의 측면도를 묘사한 것이다.

도 8a, 8b, 8c 및 8d는 본 발명의 자냉식 광원을 위한 여러 환경 씰(environmental seal)의 측면도를 묘사한 것이다.

도 9a 및 9b는 이중 양면 추출(dual sided extraction)을 위한 본 발명의 다이 형상의 측면도를 묘사한 것이다.

도 10a 및 10b는 본 발명의 파장 변환 요소들 내의 블루(blue) 및 레드(red) 다이의 측면도 및 그래프를 묘사한 것이다.



도 11은 본 발명의 3편 자냉식 광원의 평면도를 묘사한 것이다.

도 12는 본 발명의 일체화된 드라이버(integrated driver)를 가진 자냉식 광원의 평면도를 묘사한 것이다.

도 13a 및 13b는 본 발명의 부가적인 냉각수단을 가진 자냉식 광원의 측면도 및 사시도를 묘사한 것이다.

도 14는 본 발명의 열적으로 격리된 영역들을 가진 자냉식 광원의 평면도를 묘사한 것이다.

도 15는 본 발명의 블루 및 레드 다이를 위한 별도의 구동방식(separate drive scheme)을 가진 자냉식 광원의 평면도를 묘사한 것이다.

도 16a 및 16b는 본 발명의 감산 레드 형광체(subtractive red phosphor)와 첨가제 레드 LED(additive red LED)의 그래프를 묘사한 것이다.

도 17은 본 발명의 시안(cyan) 및 옐로우(yellow) LEDs를 가진 자냉식 광원으로부터의 스펙트럼의 그래프를 묘사한 것이다.

도 18a 및 18b는 본 발명의 발광 코팅을 가진 다양한 형상의 측면도 및 사시도를 묘사한 것이다.

도 19a 및 19b는 본 발명의 자냉식 광원을 위한 광학(optics)의 측면도를 묘사한 것이다.

도 20a, 20b 및 20c는 원거리장 광학 패턴(far field optical patterns)을 수정하는 수단의 측면도를 묘사한 것이다.

도 21a, 21b 및 21c는 본 발명의 웨이브 가이드링 물질(waveguiding materials)을 가진 발광 패치 소스(light emitting patch source) 및 그 사용을 묘사한 측면도이다.

도 22는 LED 패키지 및 덧붙여진 광 흡수원을 조합한 종래기술의 광원의 측면도를 나타낸 것이다.

도 23a는 본 발명의 열 흡수 및 발광 기능을 형성하는 단일 요소에 직접 장착되는 LED의 측면도를 나타낸 것이다.

도 23b는 본 발명의 도 23a의 복수의 LEDs를 상호 연결하기 위한 인쇄 회로의 측면도를 묘사한 것이다.

도 24a는 본 발명의 LEDs가 장착된 하나의 매우 반사적인 열 전도성 요소 및 광 재순환 캐비티를 형성하기 위한 반사기의 측면도를 묘사한 것이다. 도 24b는 파장 변환 요소들을 가진 광 재순환 캐비티의 측면도를 묘사한 것이다. 도 24c는 분산된 파장 변환 요소들을 가진 광 재순환 캐비티의 측면도를 묘사한 것이다.

도 25a는 본 발명의 또다른 실시예의 측면도로서, 높은 반사성 열 전도성 요소가 튜브의 내부에 장착된 LEDs와 함께 튜브의 형태로 되어 튜브와 열적으로 접촉한 상태로 되는 것을 묘사한 것이다. 도 26b는 도 26a의 본 발명의 사시도를 나타낸 것이다.

도 27a, b, c, d, e, f 및 g는 본 발명의 다른 실시예들로서, 높은 반사성 열 전도성 요소들이 광원의 발광면과 열 발산면 모두가 되는 것을 나타낸 것이다.

도 28은 본 발명의 또다른 실시예의 사시도로서, 어떠한 칼라로도 조정할 수 있는 광원들을 형성하기 위해 복수 컬러의 LEDs가 이용되는 것을 나타낸 것이다.

도 29는 본 발명의 또다른 실시예의 사시도로서, 공기가 높은 반사성 열 전도성 물질의 양 측면에서 유동하게 하도록 광원이 개방된 상부와 바닥을 가진 것을 나타낸 것이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

여기서 실행하는 하나의 방법으로서 본 발명에 따르면, 전도성 인터커넥트(투명 또는 반사)가 반투명 열 전도성 요소들(예컨대, 알루미늄( $Al_2O_3$ ), 투명 알루미늄, 스피넬(Spinel), 사파이어, 등)에 증착된다. 이것은 석판 인쇄로, 또는 더 바람직하게는 스크린 프린팅을 통해 행해질 수 있다. LEDs 또는 표면 장착 가능한 세라믹 기판들 위의 LEDs(또한 여기서는 LED 패키지로 언급됨)는 (예컨대, 납땜 또는 전도성 접착제를 통해) 반투명 열 전도성 소자들에서 상기 인터커넥트에 장착된다. 상기 장착 방법은 LED로부터 광 투과 열 전도성 요소로 낮은 열 저항 접촉을 설정하는 것이 바람직하다. LEDs에 의해 방출되는 광은 상기 열 전도성 반투명 요소들로 향해지고 통과하여 상기 열 전도성 광 투과(그리고 이에 의해 광 방출하는) 요소에 의해 방출된다. 상기 광 투과 열 전도성 요소들은 LEDs에 의해 발생된 열을 발산시키기 위해 LEDs(또는 세라믹 표면 장착 기판들에 장착된 LEDs) 보다 충분히 더 큰 표면적을 가진다. 본 발명에서 실행된 바와 같이, LEDs에 의해 발생된 열은 열 전도성 광 투과 및

[0011]



선택적 반투과 요소들의 발광(광 방출) 표면(또는 표면들)로부터 대류와 복사를 통해 발산되어 덧붙여진 큰 부피 및 무게의 열 흡수원에 대한 요구를 배제시킨다.

[0012]

상기 광 투과 또는 반투과 열 전도성 물질들 또는 요소들의 큰 표면적은 본 발명을 실행하기 위해 요구되며; 그러므로, 이 물질들의 비용을 최소화하는 것이 바람직하다. 여기서 LEDs로부터 광 방출 및 열 발산 모두를 하는 상기 열 전도성 반투명 요소들을 위한 더 낮은 비용의 물질들을 사용하는 자냉식 고체 광원들을 만드는 수단이 개시된다. 예컨대, 통상적으로 가공된 알루미늄( $Al_2O_3$ )은 비교적 비싸지 않다(<평방 인치당 10센트). 그러나, 그것은 비교적 얇은 두께(500 마이크로에서 1 밀리미터)로 되지만 입사광의 20% 미만의 투과성과 함께 매우 반사성(칼라에 있어서는 흰색)이 있고, 그러므로 LED(s)가 이 물질들 내에 또는 그것들에 의해 둘러싸이는 광원들에서의 발광 요소로서 사용하기 위한 좋지않은 후보로 보인다. 매우 투명한 알루미늄(TPA)은 비교적 매우 비싸지만(>평방 인치당 50센트), 그 표면에서 입사광의 대부분이 프레넬 반사(Fresnel reflections)를 하여 입사광의 80% 이상의 투과율을 가질 수 있다. 그러나, 본 발명의 실시예들 중의 하나는 공동으로 양도되고 참고로 본 발명에 조합된 미국 특허 번호 7,040,774 및 6,960,872에서 개시된 것과 마찬가지로, 열 전도성 반투명 요소들이 광 재순환 캐비티로 되는 폐쇄된 엔벨로프(envelope) 내로 열 전도성 반투명 요소들을 배치시키는 것이다. 보다 투명한 반투명 열 전도성 요소들인 더 비싼 물질들이 이 광 재순환 캐비티를 형성하기 위해 이용될 수 있지만, 더 싸고 더 반사적인(덜 투명한) 열 전도성 반투명 물질(예컨대, 통상적으로 가공된 알루미늄( $Al_2O_3$ ))이 더 비싼 투명 물질들과 거의 마찬가지로 수행할 수 있다는 것이 밝혀졌다. 예를 들어, 광 재순환 캐비티는 83% 이상의 반사성을 가진 96%의 알루미늄의 6개의 얇은 시트를 사용하여 형성될 수 있다. 여기서 실행된 바와 같이, LEDs 또는 LED 표면 장착 가능한 패키지들(작은 세라믹 기판들에 장착된 LEDs)가 완전히 둘러싸인 캐비티를 형성하는 더 대부분의 반사성 반투명 열 전도성 요소들의 내면에 장착된다.

[0013]

이 대부분 반사성 열 전도성 반투명 물질들을 위한 바람직한 재료는 비교적 값이 싼 96% 알루미늄( $Al_2O_3$ )이다. 만일 흰색 광원을 만든다면, 파장 변환 물질들(형광체들)이 LEDs의 발광면에 덮여진다. 이것은 형광체 캡, 세라믹 형광체 칩 또는 실리콘 또는 에폭시와 같이 밝은 접착제 코팅으로 LED에 코팅된 형광체로 될 수 있다. (캐비티의 내측에 장착된) LEDs로부터 방출된 광과 선택적으로 변환된 파장은 둘러싸인 광 재순환 캐비티의 양 측면에 충돌하며, 이러한 경우 상기 반투명 열 전도성 요소들은 대부분 반사적이기 때문에 오직 작은 양의 광만이 투과하여(예컨대, 84% 반사성 알루미늄 요소에 의해 16%만큼 작은) 그 외측표면으로부터 방출된다. 그러나, 투과되지 않은 광은 그와 같이 형성된 캐비티의 양 측면과 다른 측면으로 다시 반사되고, 84% 반사된 광의 16%(~13.4%)가 상기 캐비티의 다른 면들을 통해 투과되어 방출된다. 이러한 과정은 LED(s)에 의해 방출된 광의 매우 높은 퍼센티지가 대부분 반사성 열 전도성 반투명 요소(예컨대, 알루미늄)를 통과하여 광원에 의해 방출될 때까지 계속된다. 비록 높은 반사성(예컨대, 알루미늄) 요소들이 17%의 광 투과성 미만을 가진다 해도, 현저하게 LEDs에 의해 방출된 광의 80% 이상이 결국 외관에서 흰색의 불투명 엔벨로프(envelope)(또는 엔클로저)처럼 보이는 그 측면들을 통해 방출될 것이다. 이러한 접근을 효율적으로 만들기 위한 중요한 매개변수는 상기 대부분 반사성 열 전도성 반투명 요소들(예컨대, 알루미늄)이 낮은 흡수성을 갖지만 효율적으로 광을 산란시키는 것이다. 이를 테면, 알루미늄 세라믹 제조에서 전형적으로 사용되는 소결 보조제(sintering aids) 및 다른 물질들의 신중한 선택이 필요하다. 이것은 전형적으로 그 자체로 사람의 눈에 체색(body color)으로서 드러난다. 산란은 파장에 좌우되지만, 반드시 재순환 캐비티 적용에서 증가된 흡수로 전환하지는 않는다.

[0014]

광 재순환 캐비티에 대해 상기에 인용된 특허들에는, 흡수 손실은 효율적인 재순환 광 시스템을 창출하기 위해 최소로 되어야 한다는 것이 개시되었다. 이러한 개시에 있어서, 상기 재순환 캐비티들은 부분 반사성(<50%)을 사용하여, 그리고 일 실시예에서는 더 반사적인(>50%) 열 전도성 요소들을 사용하여 형성된다. 상기 요소들은 산란성과 함께 반투과적일 수 있으며, >80%의 반사성을 가질 수 있고, 폐쇄된 광 재순환 캐비티들에서 여전히 LEDs로부터 높은 광 추출 효율성을 실현할 수 있다. 일례로서, LEDs 또는 LED 패키지가 장착되는, 얇은 알루미늄( $Al_2O_3$ ) 측면들로 이루어진 큐브(cube)가 상기 큐브의 내부에서 재순환 캐비티를 형성한다. 상기 큐브의 측면들(예컨대, 알루미늄 요소들)의 내면에 반사형(예컨대, 실버(silver)) 또는 투과형(예컨대, 인듐 주석 산화물(indium tin oxide)) 인터커넥트는 전기적인 연결을 할 수 있고, LEDs 및/또는 상기 큐브의 내면들에 장착된 LED에 적용될 전력을 공급할 수 있다. 선택적으로, 핀, 와이어, 전도성 비아(conductive vias), 가요성 회로 등이 외부 전원을 통해 상기 캐비티 내로 전력을 가져오도록 사용될 수 있다. 이러한 접근의 고유의 경량화는 백열등 및 형광등의 그램당 루멘을 초과하는 그램 출력 수준당 50 루멘(lumens) 또는 더 높게 된다. 상기 캐비티의 광 방출면들은 또한 열 방출면들이며, 이에 의해 실질적으로 어떠한 부가적인 열 흡수 요소들에 대한 요구를 배제시키기 때문에, 백열등 및 형광등과 같이, 이러한 광 재순환 캐비티 소스들은 부가적인 열 흡수원을

요구하지 않는다. 그러나, 물리적인 출구 구멍들을 개시한 미국 특허 6,960,872에 기술된 바와 같은 광 재순환 캐비티와는 같지 않게, LEDs 및/또는 LED 패키지에 의해 발생하는 광은 오직 상기 캐비티의 측면들로 이루어진 열 전도성 반투명 요소들을 통과함으로써 (여기에 개시된 바와 같은) 광 재순환 캐비티로부터 탈출할 수 있다. 이것은 전적으로 전방향성의 광원을 창출하는 상기 폐쇄된 캐비티의 모든 내부 표면들로부터 매우 균일한 광 출력으로 귀결된다. 상기 더 반사적인 열전도성 반투명 요소들(예컨대, 알루미늄( $Al_2O_3$ ))은 오직 그들에 충돌하는 입사광의 10%와 20% 사이만을 투과시키기 때문에, 상기 LEDs 및/또는 LED 패키지에 의해 방출되는 대부분의 광은 여러번 반사되며, 따라서 상기 전도성 요소들(예컨대, 알루미늄( $Al_2O_3$ ))이 약간의 파장 변환을 제공할 수 있는 재순환 캐비티를 형성한다. 표준 알루미늄( $Al_2O_3$ )에서의 부주의한 크롬 도펀트(chromium dopants)는 크롬 도핑된 루비 레이저(ruby laser)와 매우 유사한 방식으로 알루미늄 매트릭스에서 크롬을 여기시키는 블루 파장의 광자에 기인하여 협소한 대역의 레드 광을 방출할 것이다. 이를 테면, 부분 투과성 열 전도성 요소들에 도펀트 또는 발광 요소들을 추가하는 것이 또한 본 발명의 실시예이다.

[0015]

상기 부분 투과 열 전도성 요소들은 광원을 위한 방열수단을 제공하기 때문에, 상기 캐비티의 내면들을 포함하는 LEDs 또는 형광체 캡들의 면적들에 비해 상기 부분 투과 열 전도성 요소들(예컨대, 알루미늄( $Al_2O_3$ ))의 비교적 큰 면적이 요구된다. 이것은 LEDs에 의해 발생하는 열을 발산시키도록 복사 및 대류 냉각을 위한 충분히 큰 내부면을 제공하기 위해 요구된다. 이것은 상기 캐비티의 반사성은 상기 부분 투과 열 전도성 반투명 요소들에 의해 크게 결정된다는 것을 의미한다. 알루미늄( $Al_2O_3$ )은 여기서 개시된 재순환 캐비티 광원을 형성하기 위해 사용되는 부분 투과 열 전도성 요소들을 위한 바람직한 재료인 한편, 낮은 흡수 손실, 합리적인 열 전도성, 그리고 열적 안정성을 나타내는 합성물(composites), 다른 세라믹, 다결정질(polycrystalline), 그리고 단일 결정 물질(single crystal materials)도 본 발명의 실시예이다. 실제로, 폴리실라잔과 같은 저 흡수율 광학 폴리머 내의 질화 붕소(Boron Nitride: BN) 플레이크(flakes)가 부분 투과 열 전도성 요소들을 생성시키기 위해 사용될 수 있다. 또한 LED 및/또는 LED 패키지가 더 효율적으로 되기 때문에 상기 부분 투과 열 전도성 요소들의 요구를 만족시킬 수 있는 더 큰 범위의 물질들이 있을 것이라는 것이 주목된다. 미래에는, 더 효율적인 LEDs의 출현에 있어서 여전히 합리적인 출력 수준을 제공하는 상태로 유리(1 W/mK)의 사용이 가능하게 될 수 있다. LEDs의 기술과 부분 반사 부분 투과형 열 전도성 요소들을 위한 알루미늄( $Al_2O_3$ )을 사용하는 현 상태와 함께 20,000 ftL을 초과하는 표면 밝기를 가진 균일한 자냉식 광원이 달성되었다. 상기 대부분 반사 부분 투과형 열 전도성 요소들을 위한 높은 열 전도성 재료들을 이용하는 것도 또한 가능하다. 많은 작은 홀 또는 다공을 가진 실버로 코팅된, 또는 플레이트로 된 구리 및/또는 알루미늄의 얇은 스트립 또는 시트를 사용함으로써 광 재순환 캐비티를 위한 투과율에 대한 반사율의 소정의 비율이 상기 요소들을 통해 작은 구멍들(홀들 또는 다공)의 밀도를 조정함에 의해 달성될 수도 있다. 상기 다공(perforations)은 펀칭, 드릴링, 레이저 어블레이션(laser ablation) 등에 의해 만들어질 수 있다.

[0016]

대류 및 복사 수단이 그 장치를 냉각시키기 위해 사용될 수 있도록 효율적으로 충분히 큰 면적에 걸쳐서 LED와 발광 요소 자체에서 발생하는 열을 효율적으로 전달하고 퍼뜨림으로써 어떠한 부가적인 열 흡수수단에 대한 요구를 완전히 또는 부분적으로 배제시키기 위해 상기 열 전도성 발광 요소가 사용될 수 있다. 다시 말하면, 광을 대류적이고 복사적으로 방출시키는 표면이 또한 그 장치를 냉각시키는 것이다. 선택적으로, 상기 열 전도성 발광 요소는 또한 LEDs에 의해 방출된 방사의 일부분(0에서 100%까지)의 효율적인 파장 변환을 위해 제공될 수 있다. LEDs와 다른 반도체 장치들의 전기적인 인터커넥션은 상기 열 전도 및 선택적 부분 투과성 요소들 위에 만들어진 불투명 및/또는 투명 전도체들(conductors)에 의해 실현될 수 있다. 낮은 가격의 자냉식 고체 광원들이 30% 이상의 반사율을 두꺼운 필름이 인쇄된 실버 전도체들에, 또는 선택적 투명 전도체들(예컨대, 인듐 주석 산화물 또는 산화 아연)에 인쇄될 수 있다.

[0017]

본 발명은 또한 적어도 하나의 광 방출 다이오드(LED) 다이(die)와, 상기 적어도 하나의 LED 다이에 접착된 적어도 하나의 열 전도성 발광소자를 포함하는 자냉식 고체 광원으로 정의될 수 있고; 열은 기본적으로 방출된 광과 동일한 방향으로 상기 광원으로부터 방출된다. 더 구체적으로, 광은 상기 LED 다이로부터 주로 상기 적어도 하나의 발광 요소를 통하는 일 방향으로 방출되고, 상기 광원에서 발생하는 열은 주로 광 방출의 방향과 동일 방향으로 전달된다. 열은 열 흡수 장치에 대한 요구 없이 상기 적어도 하나의 발광 요소로부터 복사, 전도 및 대류의 조합에 의해 상기 광원으로부터 발산된다.

[0018]

선택적으로, 상기 발광 열 전도성 요소는 상기 LEDs로부터의 방사 및/또는 도파(eaveguiding)를 통해 상기 열 전도성 발광 소자들에 의해 변환되는 방사의 적어도 일부를 퍼뜨리는 광을 제공할 수 있다. 열 전도성 발광 요

소는 550 nm 보다 더 긴 파장에 대해  $10\text{ cm}^{-1}$  미만의 알파(alpha)를 가진 웨이브 가이드(waveguide)로서 작용한다. 이 경우에, 550 nm 보다 더 긴 방출 파장을 가진 LEDs는 상기 열 전도성 발광 소자들에 장착되어 그 소자들에 의해 냉각될 수 있고, 또한 상기 열 전도성 발광 소자 내에서 도파(waveguiding)를 통해 방출된 것의 적어도 일부가 효율적으로 퍼뜨려질 수 있다.

[0019] InGaN 및 AlInGaP LEDs를 가진 열 전도성 발광 요소들은 InGaN 스펙트럼의 적어도 일부를 480과 700 nm 사이의 파장으로 변환할 수 있다. 단일 결정, 다결정물, 세라믹 및/또는 화염 분무된(flame sprayed) Ce:YAG, 스트론튬 티오갈레이트(Strontium Thiogallate), 또는 480에서 700 nm 사이의 광을 방출하고 500 nm와 700 nm 사이의 파장에 대해  $10\text{ cm}^{-1}$  미만의 알파(alpha)를 드러내는 다른 발광 물질들은 열 전도성 고체 발광 확산 요소로 될 수 있다.

[0020] InGaN 및 AlInGaP LEDs의 장착은 4500 K 미만의 상관 색 온도(correlated color temperatures)와 50 L/W 보다 더 큰 효율, 그리고 이 열 전도성 광 확산 발광 요소들에 기반하여 80 보다 더 큰 선택적 연색 지수(color rendering indices)를 가진 고체 상태로 확장된 영역의 광원을 형성할 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예는 알루미늄, 질화 알루미늄(ALN), 스피넬(Spinel), 산화 지르코늄(zirconium oxide), 질화붕소(BN), YAG, TAG 및 YAGG 중의 하나 또는 그 이상으로 이루어진, 1 W/mK 이상의 열 전도성을 가진 발광 열 전도성 반투명 요소이다. 선택적으로, LED와의 전기 커넥션을 제공하기 위해 전기 인터커넥트들이 상기 발광 열 전도성 반투명 요소의 적어도 일 표면에 형성될 수도 있다.

[0022] 상기 발광 열 전도성 요소는 1 W/mK 보다 큰 열 전도율과 0.2 보다 더 큰 방사율(emissivity)을 가질 수 있다. 자냉식 고체 광원은 1 W/mK 보다 큰 열 전도율과 0.2 보다 더 큰 방사율을 가진 적어도 하나의 발광 열 전도성 요소를 가질 수 있다. 자냉식 고체 광원은 50°C 보다 더 큰 평균 표면 온도와 50 L/W 보다 더 큰 발광 효율을 가질 수 있다. 선택적으로, 자냉식 고체 광원은 1 W/mK 보다 큰 열 전도율과 0.2 보다 더 큰 방사율을 가진 적어도 하나의 발광 열 전도성 요소를 내장하고, 50°C 보다 더 큰 평균 표면 온도와 50 L/W 보다 더 큰 발광 효율을 가질 수 있다. 자냉식 고체 광원은 자연 대류 냉각과 복사 냉각을 통해  $0.3\text{ W/cm}^2$  보다 더 크게 발산시킬 수 있다.

[0023] 반투명 열 전도성 요소들은 아래 방법들을 통해 형성될 수 있다: 결정 성장(crystal growth), 소결, 코팅, 용착 코팅(fusible coating), 사출 성형, 화염 분사(flame spraying), 스퍼터링(sputtering), 화학 증착(CVD), 플라즈마 분사, 용융 접착(melt bonding), 그리고 압착(pressing). 실질적으로 하나의 상(phase)을 가진 압착과 산화물의 소결(sintering of oxides)은 발광 파우더(luminescent powder)에 기반한 반투명성(translucency)을 향상시킬 것이다. 대안으로, 1 W/mK 보다 더 큰 열 전도율과  $10\text{ cm}^{-1}$  보다 작은 알파(alpha)를 가진 반투명 요소가 소결 과정 중 또는 소결 과정 후에 형성된 파장 변환 층으로 코팅될 수 있다. 둘 다 파장 변환 및 비 파장 변환하는 단일 결정 또는 다결정 물질들이 상기 열 전도성 발광 요소로서 사용될 수 있다. 구체적으로, TPA(transparent polycrystalline alumina), 스피넬, 큐빅 지르코니아(cubic zirconia), 석영(quartz), 그리고 파장 변환 층을 가진 다른 저 흡수성 열 전도성 물질이 이 물질들의 제조 중 또는 후에 형성될 수 있다. 압착, 압출(extruding), 그리고 공간 화염 분사와 같은 기술들이 정밀 정형(near net shape) 또는 완성된 부품(finished parts)을 형성할 수 있다. 추가적인 파장 변환 층들이 딥 코팅(dip coating), 화염 분사, 퓨징(fusing), 증발 건조(evaporation), 스퍼터링, 화학 증착, 레이저 어블레이션, 또는 용융 접착(melt bonding)을 통해 이 물질들 중의 어느 것에 추가될 수 있다. 제어진 입자 크기 및 상(phase)은 반투명성을 향상시킬 수 있다.

[0024] 코팅은 특히, 이 코팅이 발광 특성(luminescent properties)이 있고 없는 높은 방사 코팅이라면, 상기 자냉식 광원의 환경적 특성 및/또는 방사 특성(emissivity characteristics)을 향상시킬 수 있다. 단일 결정, 다결정, 세라믹, 코팅층들, 또는 화염 분사는 높은 방사 또는 환경 보호 코팅을 가진 코팅으로서, 그리고 벌크 물질 Ce:YAG로서 사용될 수 있다. 특히, 폴리실록산(polysiloxanes), 폴리실라잔(polysilazanes), 그리고 다른 투명한 환경적 오버코트(transparent environmental overcoats)가 LEDs의 부착 전 또는 후에 적용되는 딥 코팅, 증발(evaporative), 분사(spray), 또는 다른 코팅 방법을 통해 적용될 수 있다. 퀀텀 도트(quantum dots), 파장 쉬프터 염료(wavelength shifter dyes)(Eljen에 의해 만들어진 것과 같은), 그리고 다른 파장 변환 물질들과 같은, 그러나 이에 국한되지 않는 추가적인 파장 변환 물질들이 이 오버코트들에 추가될 수 있다.

[0025] 무선 전력 전달 요소(wireless power transfer elements), 전력 조절 요소(power conditioning elements), 드

라이브 일렉트로닉스(drive electronics), 역률 조절 일렉트로닉스(power factor conditioning electronics), 적외선/무선 이미터(infrared/wireless emitters), 그리고 센서가 상기 자냉식 고체 광원 내로 통합될 수 있다.

[0026]

자냉식 고체 광원은 4500 K 미만의 칼라 온도에서 50 L/W 보다 큰 발광 효율과, 70 보다 큰 연색 지수(color rendering index)를 가질 수 있다. 상기 자냉식 고체 광원은 광원 표면적의  $0.3 \text{ W/cm}^2$  이상으로 대류 및 복사적으로 냉각시키는  $40^\circ\text{C}$  보다 큰 표면 온도와, 50 L/W 보다 큰 발광 효율을 가질 수 있다.

[0027]

자냉식 고체 광원은 4500 K 미만의 칼라 온도에서 50 L/W 보다 큰 발광 효율과, 블루 및 레드 LEDs를 포함하는 85 보다 큰 연색 지수를 가질 수 있다. 500 nm 보다 긴 파장에 대해  $10 \text{ cm}^{-1}$  미만의 알파(alpha)를 가진 적어도 하나의 발광 열 전도성 요소가 500 nm 보다 긴 방사 파장을 가진 적어도 하나의 LED를 포함하는 상기 자냉식 고체 광원에서 사용된다. 형광체 파우더, 형광 염료(phosphor powders), 파장 쉬프터(wavelength shifters), 양자 도트(quantum dots), 그리고 다른 파장 변환 물질을 포함하는, 그러나 이에 제한되지 않는 코팅 및/또는 요소의 형태로 된 추가적인 파장 변환 물질들은 효율과 연색 지수를 더 향상시킬 수 있다.

[0028]

상기 고체 광원에 대한 종횡비(aspect ratios) 및 형상은 플레이트, 로드(rods), 원통형 로드, 구형, 반구형, 타원형, 그리고 다른 비 평면 형상을 포함할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 다이 배치(die placement)는 에지 효과(edge effects)를 완화시킬 수 있고, 더 균일한 이미터(emitters)를 형성할 수 있다.

[0029]

부가적인 분산(scattering)과 방향전환(redirecting)과 재순환 및 이미징(imaging) 요소들은 원거리장 분포(far field distribution)를 수정하기 위해 설계된 고체 광원에 부착되고, 그리고/또는 인접하게 될 수 있다. 부가적인 요소들은 상기 고체 광원 내에서 발생하는 열의 상기 부가적인 요소로의, 그리고 나서 둘러싸는 주위로의 전도를 통해 상기 고체 광원에 부가적인 냉각이 제공되도록  $0.1 \text{ W/mK}$  보다 큰 열 전도율을 가진 상기 고체 광원에 부착될 수 있다. 외부의 프레임이 기계적인 지지를 제공할 수 있고, 상기 고체 광원에 부착될 수 있으며, 그리고/또는 외부 전기 인터커넥트를 제공할 수 있다. 부가적인 광학 요소들을 가지고 가지지 않고 배치된 복수의 고체 광원은 특정 원거리장 분포를 발생시킬 수 있다. 특히, 복수의 고체 광원은 표면 및 에지 변형이 원거리장에서 완화되도록 서로 평행하지 않게 배치될 수 있다. 2 mm 이상의 고체 광원들 사이의 분리 거리가 대류 냉각을 촉진시키기 위해 바람직하다. 장착(mounting) 및 부가적인 광학 요소들은 유도된 드래프트 효과(draft effects)를 통해 대류 냉각을 향상시킬 수 있다.

[0030]

상기 열 전도성 발광 요소는 또한 LEDs에 의해 방출되는 방사의 일부의 효율적인 파장 변환을 위해 마련될 수 있다. 선택적으로, 상기 발광 열 전도성 요소는 LEDs로부터의 방사의 일부 및/또는 상기 열 전도성 발광 요소들에 의해 변환된 방사의 적어도 일부를 확산시키는 광을 제공할 수 있다.

[0031]

$50^\circ\text{C}$  이상의 표면 온도와 선택적 투과 열 전도성 요소에 장착된 반도체 장치들 보다 더 큰 표면적을 가진 상기 선택적 투과 열 전도성 요소를 포함하는 자냉식 고체 광원이 개시된다. 더 바람직하게, 자냉식 고체 광원은  $100^\circ\text{C}$  이상의 표면 온도와 상기 장착된 반도체 장치 보다 더 큰 표면적을 가진 적어도 하나의 선택적 투과 열 전도성 요소를 포함한다.  $1 \text{ W/mK}$  보다 큰 평균 열 전도율을 가진 적어도 하나의 선택적 투과 열 전도성 발광 요소를 포함하는 자냉식 고체 광원이 가장 바람직하다. 예를 들어, 4 wt%에서 2% 세륨(Cerium)으로 도핑된 야그(YAG)가 분사 건조를 사용하여 알루미늄 매트릭스 내로 분산된다. 분말들(powders)이 콤팩트(compact) 내로 가압되고 나서 8시간 동안  $1500^\circ\text{C}$ 에서 진공 소결되며, 아르곤 하에서 4시간 동안  $1600^\circ\text{C}$ 에서 고온 등압 압축성형(hot isostatic pressing)이 뒤따른다. 이 물질이 1/2 인치 x 1 인치 면적과 1 mm 두께의 조각들로 잘라진 다이아몬드 톱날(diamond saw)이다. 이 부분들이 실버 페이스트(silver paste)가 스크린에 프린트되고 불에 쪼여지는 인터커넥트 트렌치들(interconnect trenches)을 형성하기 위해 기계 가공된 레이저이다. 불에 쪼여진 실버 트레이스(the fired silver traces)는 다이렉트 다이 부착 LED 다이(direct die attach LED die)가 납땜되는 한 표면을 부드럽게 형성하기 위해 겹쳐진다. 두 개의 조각이 함께 샌드위치되어 다이렉트 다이 부착 LED 다이를 세라믹 Ce:YAG/알루미늄 재료의 두 조각 내부에 매립할 수 있도록 포켓들(pockets)이 상기 레이저를 사용하여 컷팅된다. 이러한 방식으로, 자냉식 광원이 형성된다. 다이렉트 다이(direct die)가 부착된 LED는 상기 실버 트레이스들을 통해 전기적으로 상호 연결되고, 상기 세라믹 Ce:YAG/알루미늄 재료에 열적으로 연결된다. 상기 다이렉트 다이 부착 LEDs와 상기 세라믹 Ce:YAG/알루미늄 재료 내에서 발생하는 열은 LEDs의 면적 보다 더 큰 면적에 걸쳐 분산된다. 이러한 실예에서, 자연 대류 및 복사 냉각에 기초하여  $120^\circ\text{C}$  미만의 접합부 온도와  $80^\circ\text{C}$  내지  $90^\circ\text{C}$ 의 상기 세라믹 Ce:YAG/알루미늄 재료의 표면 온도를 유지한 상태에서,  $1 \text{ W/cm}^2$  이상의 전력 밀도(power densities)가 발산될 수 있다. 이를 테면 1/4 인치 x 1/2 인치의 고체 광원은 어떠한 부가적인 열 흡수 또는 냉각수단 없이 100 루멘(lumens)을 넘게 방출할 수 있다.



- [0032] 상기 고체 광원의 광 방출면들로부터 방사되는 열의 양을 향상시키기 위해 0.3 이상의 방사율을 가진 물질들이 바람직하다. 심지어 200℃ 미만의 표면 온도에 대해 0.7 이상의 방사율을 가진 물질들이 더욱 바람직하다. 만일 표면 방사율이 0.8 이상이고 광원 표면적의 대략  $0.08 \text{ W/cm}^2$ 을 발산시킬 수 있다면, 25℃의 주위에서 50℃의 표면 온도와 함께  $20 \text{ W/m}^2/\text{k}$ 의 자연 대류 계수를 가진 자연 대류로 냉각되는 표면은 그것의 에너지의 약 25%를 둘러싸는 주위로 복사적으로 전달할 것이다. 100℃의 표면 온도를 가진 유사한 자연 대류로 냉각되는 표면은 그것의 에너지의 30%를 둘러싸는 주위로 복사적으로 전달할 수 있고 표면적의  $0.25 \text{ watts/cm}^2$  이상을 발산할 수 있다. 150℃의 표면 온도를 가진 유사한 자연 대류로 냉각되는 표면은 열의 35%를 복사적으로 전달할 수 있고  $0.4 \text{ watts/cm}^2$  이상을 발산할 수 있다. 고체 광원이 50%의 전기적인 광 변환 효율에 근접할 수 있고 전형적인 스펙트럼 변환(spectral conversion)이 300 lumens/optical watt로 되는 것으로 주어지면, 이러한 접근법을 사용하여 자냉식 고체 광원은 모든 광원 표면적의  $1.0 \text{ cm}^2$ 에 대해 75 lumen을 방출할 수 있다. 실례로서, 100℃ 미만의 표면 온도를 유지한 상태에서, 1/4 인치 x 1/2 인치 x 2 mm 두께의 자냉식 광 스틱(stick)은 150 lumen 이상을 발생시킬 수 있다. 높은 전력으로 되는 장치에 대한 전형적인 LED 접합부 온도는 120℃를 넘을 수 있으며, 여전히 우수한 수명과 효율을 유지한다. 120℃ 미만의 온도를 가진 표면에 대해 방사된 에너지의 대부분은 8 micron 이상의 파장을 가진 적외선으로 된다. 이와 같이 가시 스펙트럼에서 실질적으로 투명하지만 적외선에서 높은 열 방사율을 가진 높은 방사 코팅들, 재료들, 그리고 표면들은 자냉식 광원의 바람직한 실시예들이다.
- [0033] 적외선에서 상기 재료들의 방사율은 크게 변한다. 우리는 대략 0.95의 방사율을 갖지만, 산화 알루미늄은 0.5와 0.8 사이로 될 수 있다. 폴리이미드와 같은 유기물은 두꺼운 층에서 상당히 높은 방사율을 가질 수 있다. 그러나 이것은 유기물의 낮은 열 전도율에 기인하여 열의 전달에 부정적으로 영향을 줄 것이다. 이와 같이 높은 열 전도율과 같이 높은 방사율 재료 및 코팅이 바람직하다. 고 방사율/저 가시 흡수(visible absorption) 코팅이 J.R. Grammer, "Emissivity Coatings for Low-Temperature Space Radiators", NASA Contract NAS 3-7630(1996년 9월 30)에 기술되어 있다. 0.85 이상의 방사율과 0.2 미만의 흡수율을 가진 여러 규산염(silicates)이 개시되어 있다.
- [0034] 주위의 대기로의 열전달을 최대화 하기 위해, 국부적인 반도체와 패시브(passive) 장치들(예컨대, LEDs, 드라이버, 컨트롤러, 레지스터, 코일, 인덕터, 컵 등)에 의해 발생하는 열을 열 전도를 통해 반도체 다이 보다 더 큰 표면적으로 효과적으로 발산시키고 나서 대류 및 복사를 통해 주위의 대기로 발생된 열을 효율적으로 전달할 수 있는 발광 열 전도성 물질들에 대한 요구가 존재한다. 동시에, 이 발광 열 전도성 물질들은 와트당 고 루멘 효율 및 좋은 연색성(color rendering)을 가진 자냉식 고체 광원을 창출하기 위해 LED 광 방출의 적어도 일부를 선택적으로 또한 효율적으로 가시 스펙트럼의 또다른 부분으로 변환시킬 수 있다. 고체 및 분말 형태 모두에서 종래의 파장 변환기들은 실질적으로 LED 다이 또는 반도체 장치와 동일한 크기로 된다. 이것은 발광 물질들의 체적을 최소화시키지만, 스톡스 손실(Stokes' losses)과 다른 변환 손실들에 기인하여 발광 요소 내에서 발생하는 열을 집중시킨다. 현재의 고체 광원에서는 발생된 열의 대략 50%가 발광 물질 내에 있다. 또한 LEDs에 의해 방출되는 여기 광(excitation light)에 대한 웨이브 가이드로서 작용하는 낮은 도핑 농도(dopant concentration)를 가진 열 전도성 발광 요소를 사용함으로써 발광 변환 손실에 의해 발생하는 열은 큰 체적에 걸쳐 분산될 수 있다. 부가해서, 종래의 LED 패키지에서 보여지는 바와 같은 집중된 점광원보다는 더 분산된 광원이 발생될 수 있다. 이러한 방식에서 추가 확산과 광학 요소들에 대한 요구는 배제되거나 최소로 될 수 있다. 이와 같이 발광 요소들에 장착된 반도체 장치들 보다 더 큰 표면적을 가진 반투명 또는 부분 투명 발광 열 전도성 요소들의 사용이 바람직한 실시예이다.
- [0035] 본 발명의 이것들 및 다른 실시예들은 도면을 참조하여 아래에 상세하게 기술된다.
- [0036] 도 1a는 기관(4)에 장착된 종래의 수직 LED 다이(die)(3)를 묘사한 것이다. 수직 LED 다이(3)는 전형적으로 실리콘 수지 재료에서 Ce:YAG와 같은, 그러나 이에 제한되지 않는 형광체 분말(phosphor powder)로 이루어진 무기/유기 매트릭스(7)로 코팅된다. 와이어 본드(2)가 수직 LED 다이(3)를 인터커넥트(5)에 전기적으로 연결하기 위해 사용되며, 그리고 나서 무기/유기 매트릭스(7)로 코팅된다. 수직 LED 다이(3)의 다른 측면은 일반적으로 공정 땀납(eutectic solder) 또는 전도성 접착제를 통해 인터커넥트(6)와 접촉한다. 어셈블리를 환경적으로 밀봉하기 위해, 수직 LED 다이(3)로부터 광 추출을 향상시키기 위해, 그리고 그 장치에 의해 방출된 광의 원거리장 광 패턴을 수정하기 위해 렌즈(1)가 기관(4)에 추가로 부착된다. 이러한 경우, 방출된 광선(9)은 실질적으로 열 광선(8)과 반대 방향으로 나아간다.
- [0037] 도 1a의 열 회로도(thermal schematic)에서 나타난 바와 같이, 무기/유기 매트릭스(7)의 냉각은 수직 LED 다이

(3)를 통한 열 전도를 통해, 그리고 거의 배타적으로 발생하여 인터커넥트(6)를 통해 기판(4)내에서 발생한다. 스톱스 손실 및 산란 흡수에 기인하여 무기/유기 매트릭스(7) 내에서 발생된 열은 무기/유기 매트릭스(7)의 벌크(bulk) 열 전도성에 의해 결정되는 열 저항에 의해 결정되는 비율로 수직 LED 다이(3)로 열 전도된다. 단순화된 열 회로도에 나타난 바와 같이, 무기/유기 매트릭스(7)의 평균 온도는 열저항(R)(형광체/봉합재)과 수직 LED 다이(3)의 평균 온도(T2)에 의해 결정된다. 무기/유기 매트릭스(7) 내에서 발생하는 열이 주위로 발산되도록 하기 위해, 열은 주위로 발산되기 전에 LED 다이(3)의 열 저항(RLED)과 기판(4) (R 패키지)으로 이동해야 한다. 이것은 이 장치 내에 벌크(bulk) 및 인터페이스(interface) 열 저항들과 공간의 변화(spatial variations)를 한덩어리로 한 단순화된 열 회로도이다. 그러나 일반적으로, 무기/유기 매트릭스(7) 내에서 발생하는 열은 무기/유기 매트릭스(7)를 둘러싸는 다른 물질들(예컨대, 렌즈)의 낮은 열 전도성에 기인하여 주로 수직 LED 다이(3)를 통해 발산되어야 한다. 주위로의 열의 발산을 향상시키기 위해 금속, 합성물, 또는 세라믹 요소들을 사용하면 부가적인 열 흡수수단이 추가로 증가할 수 있지만, 기본적으로 열의 유량은 여전히 동일하다. 렌즈(1)는 방출된 광선들(9)을 위한 추출 요소로서 작용하며, 또한 열선들(8)로서도 작용한다. 전형적으로 0.1 W/mK 미만의 열 전도율을 가진 실리콘 또는 에폭시 수지로 구성되면 렌즈(1)는 단열체로서 작용한다. 렌즈(1)는 또한 저항사율에 기인하여 수직 LED(3) 및 무기/유기 매트릭스(7)로부터의 열 복사를 제한할 수 있다. 일반적으로 이러한 설계는 수직 LED(3) 내의 활성 영역으로부터의 등방성 방출(isotropic emission)의 대략 50%가 그 장치 내의 어떤 표면에서 반사되어야 하며, 그 장치의 원거리장 출력이 실질적으로 자연에서 방향성이 있거나 램버시안(lambertian)적이어야 할 것을 요구한다. 매우 반사적인 층들을 사용하더라도 이것은 이러한 접근에 대해 손실 메커니즘(loss mechanism)을 나타낸다. 이러한 여분의 손실은 광선들(optical rays)이 후면 전극들(back electrodes)을 통과하여 다수의 반사를 겪어야 하는 추가된 경로 길이(pathlength)와 연관된다. 수직 LED(1)의 활성 영역에서 발생하는 광을 추출하기 위해 요구되는 이 추가된 경로길이 및 반사들은 근본적으로 LED 자체의 흡수 손실에 기초하여 LED의 효율을 저감시킨다. 무기/유기 매트릭스(7) 내에서 발생하는 광의 상당한 부분은 또한 수직 LED(1)를 통과하고 이에 의해 반사되어야 한다. 수직 LED(1)는 손실이 없는 반사기가 아니며, 이 광선들의 상기 추가된 경로 길이는 또한 전체적인 효율을 감소시킨다.

[0038]

도 1b는 종래의 플립 칩 장착 LED(15)를 묘사한 것이다. 납땜 또는 열 압축 접착에 의해 플립 칩 장착 LED(15)는 접착부(16, 21)를 통해 기판(19)에서 각각 인터커넥트(17, 18)에 부착된다. 발광 변환기(14)는 Ce:YAG 세라믹, 단결정 Ce:YAG, 다결정 Ce:YAG 또는 종래기술에서 공지된 것과 같은 다른 고체 발광 물질과 같이, 도 1a에서 논의된 바와 같은 무기/유기 매트릭스, 또는 고체 발광 요소로 될 수도 있다. 어느 경우이나, 이러한 설계로 동일한 냉각 효율이 작용한다. 사실상 발광 변환기(14)의 모든 냉각은 플립 칩 장착 LED(15)를 통해서야 한다. 다시, 방출 광선(emission rays)(12)은 실질적으로 열선(13)의 반대 방향으로 움직이며, 다시 한번 플립 칩 장착 LED(15)의 활성 영역의 등방성 방출의 대략 50%가 은과 같은 값비싼 금속, 특별하게 코팅된 방법 및 심지어 광자 결정(photonic crystals)의 경우에서와 같은 나노 리소그래피(nanolithography)의 사용을 요구하는 이 장치 내에서 방향 전환되어야 한다. LED 다이 면적의 큰 부분에 걸쳐 매우 반사적이고 여전히 낮은 저항 접촉을 형성하는 접착부들의 형성은 전형적으로 좋은 저항 접촉(ohmic contact)을 형성하는 것이 요구되는 온도에서 은의 반사성 하락에 기인하여 이 산업에 주요한 도전이 되어 왔다. 이러한 높은 광 반사성 및 낮은 전기 저항성은 추가 비용과 효율 손실로 이끈다. 양 접착부가 일 측면으로부터 행해져야 하기 때문에, 전형적으로 언더필(fill)(20)이 플립 칩 접착부들의 사용에 의해 창출되는 보이드(void)들에서 충전된다. 렌즈(11)는 또한 대류 및 복사로부터의 이 장치에서 열 유동에 대한 장벽(barrier)을 형성한다. 발광 변환기(14)는 전형적으로 플립 칩 장착 다이(15)가 기판(19)에 장착되고 상호 연결된 이후에 부착된다. 플립 칩 장착 다이(15)와 발광 요소(14) 사이의 접착 층(23)은 발광 요소(14)를 열적으로 더 격리시킨다. 전형적으로, InGaN power LED UV/Blue 칩들은 60%에 접근하는 효율을 드러내는 반면에, InGaN power LED 패키지는 전형적으로 40%로 된다. 그러므로 발광 변환기(14) 내에서의 손실은 이 장치 내에서 총 손실의 실질적인 부분을 나타낸다. 도 1a의 무기/유기 매트릭스 발광 변환기의 경우에, 상기 변환 손실은 실리콘 또는 에폭시 매트릭스의 낮은 열 전도성에 기인하여 개별 형광체 분말들 내에서 더 집중된다. 고체 발광 변환기(14)는 고체 물질의 더 높은 열 전도성에 기인하여 더 횡측으로의 발산을 가진다. 양 경우는 전형적으로 14 W/mK의 고유의 열 전도율을 가진 세륨 도핑된 YAG이다. 그러나, 상기 실리콘 매트릭스는 0.1 W/mK 미만의 열 전도율을 가지며 실질적으로 모든 형광체 분말을 둘러싸기 때문에, 상기 무기/유기 매트릭스는 그 자체에 의해 실리콘 또는 에폭시와 거의 동등한 매크로(macro) 열 전도성을 가진다. 형광체 분말의 매우 높은 로딩 레벨(loadings)이 사용될 수 있지만, 보다 높은 분산에 기인하여 효율 손실로 이끈다.

[0039]

접착층(23)을 통해 플립 칩 장착 LED(15) 내로 열적 전도되는 것을 제외하고는 발광 변환기(14)에서 발생하는 열이 진행되는 것은 어디에서든지 단순하지 않다. 대부분의 경우, 고체 발광 변환기들(14)은 플립 칩 장착

LED(15)의 에지로부터 누설되는 블루 광을 처리하는 부가적인 누설 코팅(leakage coating)(22)을 가져야 한다. 무기/유기 매트릭스는 도 1a에서 제기된 것과 동일한 것을 겪는다. 도 1a 및 1b 모두에서, 방출 면은 실질적으로 냉각면들과 다르다. 발광 변환기(14) 내에서 발생하는 열은 실질적으로 플립 칩 장착 LED(15)를 통해 발산된다는 점에서 도 1b에 대한 열 회로도도 도 1a와 유사하다. 높은 전력으로 되는 LEDs의 출현에 의해 이 장치 내에서 발생하는 열의 실질적인 부분은 발광 변환기(14) 내에서 국부적으로 될 수 있다. 이러한 국부화(localization)는 원격 형광체들(remote phosphors)의 사용을 포함하는 다양한 해결책으로 유도했다. 일반적으로, 발광 변환기(14) 효율은 그것의 평균 온도(T4)가 증가함에 따라 감소한다. 종래기술에서 발광 변환기(14)는 T5의 평균 온도를 가진 플립 칩 장착 LED(15)를 통해 그것의 대다수의 열을 발산시킨다. 이것은 본래 그 주위보다 더 높은 온도이다. 이에 의해 발광 변환기(14) 내에서 발생하는 열이 더 높은 효율 장치를 위해 감소될 수 있는 기술들에 대한 요구가 존재한다.

[0040]

도 2a는 광 방출선(optical emission rays)(26)이 실질적으로 열선(thermal rays)(27)과 동일한 방향으로 이동하는 본 발명의 수직 LED(24)를 묘사한 것이다. 열 전도성 발광 요소(25)는 수직 LED(24)에 의해 방출되는 광의 적어도 일부에 대해 파장 변환을 제공하며, 광 및 열 확산 요소, 추출 수단, 그리고 전기 인터커넥트에 대한 기관으로서 작용한다. 도 2a에 있어서, 오버코트(overcoat)(30)는 파장 및/또는 종속된 편광(polarization dependent)으로 되는, 반사적이고 투명하고 부분적으로 반사적이며, 반사성을 드러낼 수 있다.

[0041]

와이어 본드(29)는 전도성 잉크 또는 공정 땀납을 통해 부착된 접촉부(34)를 인터커넥트(31)에 연결함과 함께 인터커넥트(28)를 접촉 패드(33)에 연결시킨다. 투명/반투명 접착층(32)이 열 전도성 발광 소자(25) 내로의, 결국에는 이 장치로부터의 광학적 및 열적 결합을 최소화시킨다. 투명/반투명 접착층(32)은 글래스 핏(glass fit), 폴리실록산, 폴리실라잔, 실리콘, 그리고 다른 투명/반투명 접착 물질로 이루어질 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 투명/반투명 접착층(32)은 0.1 W/mK 이상의, 심지어 더 바람직하게는 1 W/mK 이상 이상의 열 전도성을 가진다. 열 전도성 발광 요소(25)는 단결정 발광 물질, 다결정 발광 물질, 비결정질(amorphous) 발광 물질, 사파이어와 같은 열 전도성 투명/반투명 물질, TPA, 질화물, 스피넬, 규빅 지르코니아, 석영, 열 전도성 발광 코팅으로 코팅된 유리, 그리고 열 전도성 투명/반투명 물질과 열 전도성 발광 물질의 합성물로 이루어질 수 있지만, 이에 제한되지 않는다.

[0042]

도 2a에 있어서, 높은 방사층(35)이 복사 냉각을 향상시키기 위해 열 전도성 발광 요소(25)에 적용될 수 있다. 부가해서, 특히 열 전도성 발광 요소(25)로부터 추출을 증가시키기 위해 추출 요소들이 사용되는 경우에, 높은 방사층(35)은 또한 둘러싸는 공기와 열 반사성 발광 요소(25) 사이에서 인덱스 매칭층(index matching layer)으로서 작용함으로써 향상된 추출 효율을 제공할 수 있다. 이전의 종래기술의 열 회로도와는 다르게, 열 전도성 발광 요소(25)에서 발생한 열의 흐름은 열 전도성 발광 요소(25) 자체의 표면의 대류 및 복사 냉각을 통해 주위와 직접 연결된다. 이러한 직접적인 연결 접근법(direct coupling approach)은 열 전도성 발광 요소(25)의 벌크 열 전도율(bulk thermal conductivity)이 둘러싸는 주위로 열을 효과적으로 전달하기에 충분히 큰 면적에 걸쳐 효과적으로 열을 확산시키기 위해 충분히 큰 경우에만 효과적으로 실현될 수 있다. 이와 같이, 열 전도성 발광 요소는 1 W/mK 이상의 평균 벌크 열 전도율과 함께 부착된 LED 보다 더 큰 표면적을 가지며, 수직 LED(24)와 열 전도성 발광 요소(25) 내에서 발생한 열은 실질적으로 열 전도성 발광 요소(25)의 대류 및 복사를 통해 둘러싸는 주위로 전달된다. 높은 방사층(35)은 가장 바람직하게 100℃에서 0.8 이상의 방사율과, 가시 스펙트럼을 통해서 0.2 미만의 흡수율을 가진다. 대안으로, 열 전도성 발광 요소(25)의 방사율은 100℃에서 0.8 보다 크고, 가시 스펙트럼을 통해서 0.2 미만의 흡수율을 가질 수 있다.

[0043]

도 2b는 투명/반투명 접착층(43)을 통해 열 전도성 발광 요소(42)에 장착되고 접촉부(41, 40)을 통해 열 전도성 발광 요소(42) 위의 인터커넥트(44, 45)에 전기 연결되는 플립 칩 장착 LED(36)를 묘사한 것이다. 인터커넥트(44, 45)는 스크린 프린팅, 잉크젯 프린팅, 리소그래픽 수단, 또는 이것들의 다른 방법의 조합을 통해 형성된 두꺼운 필름 실버 전도체이다. 실례로, 열 전도성 발광 요소(42)는 실버 페이스트(silver paste)가 스크린 인쇄되고 불에 쪼여지는 대략 5 마이크론 깊이의 레이저 컷 트렌치(laser cut trench)를 포함할 수 있다. 그리고 나서 전도성 발광 요소(42)의 표면은 선택적으로 인터커넥트(44, 45)를 위한 매끄러운 면(smooth surface)을 생성하기 위해 랩핑된다. 이 결과적인 표면은 이제 열 압축 접착된 다이(thermo compression bonded die), 일체적인 공정 땀납을 가진 다이렉트 다이 어태치 다이(direct die attach die), 그리고 다른 다이렉트 부착 접착 방법을 위해 충분히 매끄럽게 된다. 인터커넥트(44, 45)는 전형적으로 400℃ 이상의 온도에서 불에 쪼여진다. 인터커넥트(44, 45)는 플립 칩 장착 LED(36)의 폭보다 작거나 큰 라인 폭을 가진 두꺼운 필름 또는 잉크젯 실버 트레이스이다. 상기 장치 내에서 광 손실은 사용된 실버의 양을 최소화하고 인터커넥트 트레이스(traces)의 폭을 최소화하며 실버 트레이스의 반사율을 최대화함으로써 최소로 될 수 있다. 대안으로, 플립 칩 장착 LED(36)와 열 전



도성 발광 요소(42) 사이의 열 저항은 실버 두께 또는 면적을 증가시킴으로써 최소로 될 수 있다. 오버코트(37)는 글래스 핏, 폴리실록산, 폴리실라잔, 화염 분사된 세라믹, 그리고 증발/화학증착 코팅으로 이루어질 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 오버코트(37) 내의 높은 반사층은 선택적이다. 이러한 방식에서, 컴팩트한 방향성 광원이 형성될 수 있다. 투명/반투명 접착층은 이 장치를 위한 환경 및 단락 배리어(environmental and shorting barrier)로서 작용한다. 오버코트(37) 내의 반사기는 모든 높은 온도 공정 후에 적용될 수 있으며, 이에 의해 이 층의 반사율을 최대화시킨다. 도 2b에 나타난 열 회로도(도 1의 장치보다도 훨씬 다른 열 전도 경로가 있다는 것을 보여준다. 열 전도성 발광 요소(42)는 LED(36)로부터의 광의 변환 뿐만 아니라 이 장치를 위한 냉각 표면들을 제공한다. 이 장치의 방출면은 또한 이 장치의 냉각면이다.

[0044]

도 2c는 열 전도성 발광 요소(46) 위에 장착된 횡측(lateral) LED(53)를 묘사한 것이다. 도 2a 및 도 2b에서와 같이, 광 방출(50)과 열선(51)은 실질적으로 동일 방향으로 이동한다. 본 구성에 있어서, 투명/반투명 오버코트(48)는 이 장치의 후면에서 열선(56)과 광 방출(57)을 결합시킨다. 광 방출(50)과 광 방출(57)은 방출 스펙트럼, 강도, 또는 편광과 관련하여 서로 같거나 다를 수 있다. 첨가제, 코팅, 그리고 양자의 조합은 오버코트(48) 내에서 방출 스펙트럼, 강도, 그리고 편광에 영향을 미칠 수 있다. 인터커넥트(49, 54)는 유전체 매트릭스(dielectric matrix)에서 전기 전도성 물질들로 이루어질 수 있지만, 이에 한정되지 않는다. 실버 플레이크 후막 페이스트 스크린(silver flake thick film paste screen)이 유전체 매트릭스 내에서 전기 전도성 물질을 형성하기 위해 50% 이상의 반사율로 인쇄되고 400℃ 이상에서 불에 쪼여질 수 있다. 와이어 본드(47, 52)는 LED 접착부(56, 55)를 각각 인터커넥트(49, 54)에 연결한다. 골드 와이어가 바람직하지만, 상기 와이어 본드는 실버, 실버 코팅된 골드, 그리고 와이어 내의 알루미늄, 포일(foil), 그리고 테이프 형태로 될 수 있다. 열 회로도는 이 장치를 통해 주위로의 열의 흐름을 도시한 것이다. 투명/반투명 오버코트(48)도 또한 발광 물질을 포함한다. 예컨대, 투명/반투명 오버코트(48)는 그린 및 옐로우 방출의 레드로의 변환을 위한 Eljen EJ-284 형광 염료와 같은, 그러나 이에 제한되지 않는 적어도 하나의 발광 물질들을 포함하는 HT 1500 폴리실라잔(Clariant Inc.)과 같은, 그러나 이에 제한되지 않는 무기/유기 매트릭스 물질로 이루어질 수 있다. 발광 코팅들은 적어도 하나의 열 전도성 발광 요소(46)를 포함하는 광 방출 장치 위에 투명/반투명 오버코트(48)를 형성하기 위해 딥 코팅, 분사, 잉크젯, 그리고 다른 증착 기술들을 통해 적용될 수 있다.

[0045]

도 3a는 적어도 하나의 LED(61) 위에 열적으로, 그리고 광학적으로 부착되는 단일의 열 전도성 발광 요소(60)로 이루어지는 자냉식 광원을 묘사한 것이다. LED(61)는 InGaN, GaN, AlGaN, AlInGaP, ZnO, AlN, 그리고 발광 다이오드에 기반한 다이아몬드로 이루어질 수 있다. InGaN 및 AlInGaP LEDs와 같은, 그러나 이에 제한되지 않는 블루 및 레드 발광 다이오드들이 적어도 하나의 열 전도성 발광 요소(60)에 광학적으로, 그리고 열적으로 부착된다. LED(61)와 열 전도성 발광 요소(60)에 의해 발생하는 열(59) 및 방사선(emission)(58)은 LED(61) 보다 실질적으로 더 큰 면적과 체적에 걸쳐 발산된다. 이런 방식으로, 발생한 열은 효과적으로 둘러싸는 주위로 전달된다.

[0046]

단결정 내의 Ce:YAG, 다결정, 세라믹, 그리고 화염 분사 형태가 열 전도성 발광 요소(60)를 위한 바람직한 물질 선택이다. 가돌리늄(gadolinium), 갈륨(galium), 그리고 테르븀(terbium)으로 이루어진 다양한 합금 및 도펀트(dopants)도 또한 사용될 수 있다. 0.02%와 2% 사이의, 바람직하게는 500 미크론 이상의 두께와 함께 0.02%와 2% 사이의 세륨 도펀트 농도를 가진 EFG를 통해 성장된 단결정 세륨 도핑된 YAG로 될 수 있다. 대안으로, 열 전도성 발광 요소(60)는 선택적 포스트 어닐링(optional post annealing)과 함께 화염 분사된 Ce:YAG로 될 수 있다. 열 전도성 발광 요소(60)는 화염 분사, HVOF, LED(61) 위에서 직접적으로 제어된 분위기 하에서의 플라즈마 분사에 의해 형성될 수 있다. 이러한 접근법은 LED(61)를 열 전도성 발광 요소(60)에 접촉시키기 위해 매개 물질(intermediary material)을 사용하는 것 보다 LED(61)에 직접적으로 접촉시킴으로써 열 전도성 발광 요소와 LED(61) 사이에서 열적 및 광학적 결합을 최소화시킨다. 대안으로, 열 전도성 발광 요소(60)는 아래의 방법들 중의 적어도 하나를 사용하여 형성될 수도 있다: 고온 압착(hot pressing), 진공 소결, 대기 소결(atmospheric sintering), 스파크 플라즈마 소결, 화염 분사, 플라즈마 분사, 고온 등압 압축성형(hot isostatic pressing), 저온 등방 압축성형(cold isostatic pressing), 단조 소결(forge sintering), 레이저 융합(laser fusion), 플라즈마 융합, 그리고 다른 용융 기반의 공정. 열 전도성 발광 요소(60)는 단결정, 다결정, 비결정질(amorphous), 세라믹, 또는 무기물들의 용융된 합성물로 될 수 있다. 예컨대, 함께 혼합된 알루미늄 및 세륨 도핑된 Yag 분말의 100그램이 용기 내에 놓여진다. 이 분말들은 2 Kw 파이버 레이저(fiber laser)를 사용하여 함께 용융되어 그 분말의 체적 내에서 용융된 볼(molten ball)을 형성한다. 이러한 방식으로 그 분말은 용기 벽들로부터 오염을 제거하여 용융된 볼을 위한 도가니(crucible)로서 작용한다. 파이버 레이저의 사용은 빔 크기에 따라 대략 4 초에서 용융의 형성을 허용한다. 아직 용융된 상태에서 상기 볼은 선택적으로 플레이트 내에서 Sic 압반들(platens) 사이에서 단조될 수 있다. 가장 바람직하게 상기 용융된 볼은 2차 처리를 위한 용융된 물질로

서 충분한 작업시간을 허용하기 위해 10 mm 이상의 직경으로 된다. 상기 플레이트는 반투명 열 전도성 발광 요소(60)를 형성하기 위해 진공 소결, 대기 소결, 또는 고온 등압 압축성형을 사용하여 더 처리될 수 있다. 화이버 레이저 기반의 용융 공정의 사용은 고온 압착 또는 진공 소결과 비교하여 에너지 비용을 저감시키는 방법으로서 발광 산화물, 질화물, 그리고 산질화물(oxynitrides)의 형성을 위한 바람직한 방법이다. 레이저 기반의 용융 공정 중에 진공, 산소, 수소, 아르곤, 질소, 그리고 암모니아를 포함하는 제어된 분위기의 사용이 개시된다. 화이버 레이저가 바람직한 한편으로, 열 전도성 발광 요소(60)를 형성하도록 분말 질량(powder mass) 내에서 용융된 질량(molten mass)을 형성하기 위해 국소화된 화학 방사선(localized actinic radiation)의 사용이 개시된다.

[0047]

도 3b는 적어도 하나의 LED(64)에 부착된 적어도 두 개의 열 전도성 발광 요소(62, 63)으로 이루어진 자냉식 광원을 묘사한 것이다. 이 경우, 열 방출(64)과 광 방출(65)은 모두 LED(64)의 양 측면으로부터 확산되고 추출될 수 있다. 모든 경우에서, 다수의 LEDs는 적당한 전기 인터커넥트와 평행하고, 직렬로 되고, 비 평행하고, 그리고 이 세가지 모두가 결합된 것을 허용한다. 이 경우, 광 방출(65)은 이 장치들의 두 측면에서 실질적으로 동일하거나 또는 다를 수 있다. 실례로서, 열 전도성 발광 요소(62)는 19 mm x 6 mm 웨이퍼(wafers) 내에서 얇게 조각나는, EFG 병(bottle)을 통해 형성된 1mm 두께의 단결정 세륨으로 도핑된 YAG로 될 수 있다. 이 얇게 조각난 표면(sliced surface)은 높은 굴절률의 Ce:YAG 물질에서 Ce:YAG 방출의 추출을 향상시킨다. 대안으로, 열 전도성 발광 요소(63)는 글래스 프리트 매트릭스(glass frit matrix) 내에서 망간(Mn) 도핑된 스트론튬(Strontium) 티오갈레이트(Thiogallate)의 열 용융된 층과 유로피움(Eu) 도핑된 스트론튬 칼슘 황화물(Sulfide)의 층과 함께 압착 및 소결되는 반투명 다결정 알루미늄으로 될 수 있다. 이러한 방식에서, 광 방출 스펙트럼들의 넓은 범위가 생성될 수 있다.

[0048]

이러한 특별한 경우, 이 장치들의 두 측면은 약간 다른 스펙트럼들을 방출할 것이다. 일반적으로, 불투명 반사기(opaque reflector)가 열 전도성 발광 요소(62, 63) 사이에 놓여지지 않는다면, 이 장치 내에서 상당한 스펙트럼 혼합이 있을 것이다. 이러한 구성은 삼각창(quarter lights), 월와셔(wall washers), 샹들리에(chandeliers), 그리고 광 방출(65)의 실질적인 부분이 두 개의 별개의 방향으로 발생하도록 요구되는 다른 광 구조체를 위해 사용될 수 있다. BEF, 마이크로옵틱(microoptics), 서브파장 요소(subwavelength elements), 그리고 광자 구조체(photonic structures)와 같은 방향성 요소들은 어느 열 전도성 발광 요소(62 및/또는 63)의 광 방출(65)에 다소간의 방향성을 부여한다.

[0049]

또다른 실례에서, 세륨 도핑된 YAG는 열 전도성 발광 요소(62 및/또는 63)의 하나 또는 모두에 대한 발광 특성을 향상시키기 위해 화염, HVOF, 또는 플라즈마 분사를 통해, 그리고 나서 선택적 어닐링, 스파크 플라즈마 소결, 고주파 소결, 또는 HIP를 통해 형성된다. 적어도 하나의 InGaN LED와 적어도 하나의 AlInGaP LEDs가 적어도 하나의 LED(64)를 위해 사용된다.

[0050]

또다른 실례에서, 고순도 알루미늄 산화물이 반투명 반사기를 형성하는 열 전도성 발광 요소(62)를 위한 적어도 하나의 LED 다이(64)에서 직접 화염 분사된다. 화염 분사된 알루미늄 산화물의 방출율은 이 표면으로부터 향상된 복사 냉각을 허용하는 전형적으로 0.8로 된다. 열 전도성 발광 요소(63)는 스킴 용융법(skull melting)을 통해, 그리고 0.1%와 2% 사이의 세륨 도핑 농도로 0.5 인치 x 1 인치 면적과 0.7 mm 두께의 웨이퍼들 내에서 얇게 조각내어 형성된 단결정 Ce:YAG이다. 이 경우, 열 전도성 발광 요소(62)는 반드시 발광 물질을 포함하지는 않지만, LED(64)와 열 전도성 발광 요소(62) 모두에 의해 발생하는 열에 대한 확산 반사기(diffuse reflector)와 열 확산 요소(thermal spreading element)로서 작용한다. LED(64)를 직접 열 전도성 발광 요소(62) 내로 매립함으로써 집어서 위치시키는 것, 다이 부착 공정, 그리고 물질들을 배치시키는 것이 가능하고, 불필요한 인터페이스들을 제거함으로써 열 전달(64)과 광 배출(65)을 최소화시키는 것이 가능하다. 부가적인 발광 물질들과 반투명 반사기들이 어느 열 전도성 발광 요소(62 또는 63) 내에 위치될 수 있거나 그 위에 코팅될 수 있다. 프린팅 기술들이 잉크젯, 실크스크린 프린팅, 시린지 디스펜싱(syringe dispensing), 그리고 리소그래픽 수단(lithographic means)을 포함하지만 이에 제한되지 않도록 포켓들과 매립된 다이(embedded die)가 상기 다이를 리세스시킬 수 있다.

[0051]

도 3c는 부가적인 냉각수단(71, 73)에 열 전도 통로(paths)(74, 79)를 제공하는 두 개의 열 전도성 발광 요소(72, 74)를 묘사한 것이다. 이 경우, 열 전도성 발광 요소(72, 74)는 열 방출(76)과 광 방출(77)을 허용하며, 또한 열 전도 통로(74, 79)를 제공한다. 부가적인 냉각수단(71, 73)은 또한 도 2에서 이전에 개시된 인터커넥트 수단을 통해 LED(75)에 전기 연결을 제공할 수 있다. 하나 이상의 부가적인 냉각수단(71, 73)은 이 장치에 의해 발산될 수 있는 열의 양을 더 향상시킨다. 실례로, 전형적인 자연 대류 계수는 20W/m<sup>2</sup>/K이고, Ce:YAG는 톰 온도에 가까운 0.8의 방사율을 가진다. 실버 후막 인터커넥트 트레이스들에 납땜되는 네 개의 직접 부착 LEDs(75)와

함께 Ce:YAG(72, 74)의 1/4인치 x 1/2인치 x 1 mm 두께의 두 개의 피스(piece)로 이루어진 자냉식 광원은 대략  $2.3 \text{ cm}^2$ 의 표면적을 가진다. 만일 표면 온도가 대략  $100^\circ\text{C}$ 이고 주위는  $25^\circ\text{C}$ 이며 방사율이 0.8이라면, 자연 대류 및 복사 냉각을 사용하여 대략 500 밀리와트의 열이 자냉식 광원의 표면에서 발산될 수 있다. 500 밀리와트 중에서 350 밀리와트의 열은 자연 대류 냉각을 통해 발산되고 150 밀리와트는 복사를 통해 발산된다. 전형적인 4000 K 스펙트럼 출력은 광학 와트(optical watt)당 300 루멘의 광학 효율을 가진다. 만일 고체 광원이 50%의 광 변환 효율에 대한 전기를 가진다면, 발생된 열의 모든 500 밀리와트에 대해 광 출력의 500 밀리와트가 발생된다. 이러한 조건 하에서 대략  $100^\circ\text{C}$ 의 표면 온도를 가진 1/4 인치 x 1/2 인치의 고체 광원은 부가적인 열 흡수 수단에 대한 요구 없이 150 루멘을 출력할 수 있다. 부가적인 냉각수단(71, 73)의 사용은 열이 주위로 대류 및 복사적으로 전달될 수 있는 표면적을 증가시킴으로써 이 출력 수준을 상당히 증가시킬 수 있다. 그 실예에서 쉽게 보여지는 바와 같이, 표면적의 증가는 발산될 수 있는 열의 양에 직접 비례한다. 또한 본 발명의 주요한 속성인, 광 변환 효율에 대한 전기는 극적으로 발생된 열의 양에 영향을 미친다는 것은 분명하다. 통상적인 LED 패키지와는 다르게, 이 자냉식 고체 광원 내에서 발생되는 광은 이 장치의 양 측면에서 추출된다. 나타낸 바와 같은 등방성 추출은 산란 방사 추출(Lambertian extraction) 보다 20% 더 높은 이론적인 효율을 가진다. 또한 이러한 접근법을 사용하여, 만일 열 전도율이  $10 \text{ W/mK}$  이상이고 LEDs(75)가 둘러싸는 열 전도성 발광 요소(72, 74)에 대해 낮은 열 저항이 있도록 부착된다면, LED(75) 연결부와 열 전도성 발광 요소(72, 74)의 표면들 사이의 온도 차이는 매우 낮게 된다. 부가해서, 냉각수단(71, 73)은 이 장치가 다른 외부 전원들과 정확하게 연결되게 하기 위해 물리적으로 다를 수도 있다. 실예로, 냉각수단(71)은 핀으로 될 수 있고, 냉각수단(73)은 키를 가진 전기 인터커넥트가 형성되도록 소켓으로 될 수 있다. 대안으로, 냉각수단(71, 73)은 외부 전원과의 부착을 허용하기 위해 마그네트들을 포함할 수도 있다. 더 바람직하게 이 마그네트들은 키를 가진 인터커넥트가 형성될 수 있도록 다른 극성을 가질 수 있다. 부가적인 냉각수단(71, 73)은 히트 파이프, 금속, 글래스, 세라믹, 질화 붕소 섬유(boron nitride fibers), 카본 섬유, 열분해 흑연 필름(pyrolytic graphite films), 그리고 열 전도성 합성물을 구비할 수 있지만, 이에 제한되지는 않는다. 실예로, BNNT Inc.에 의해 제공되는 것과 같이, 질화 붕소 나노튜브 섬유는 압착, 저온(cool) 등방성 압착(cold isostatic pressing), 중온(warm) 등방성 압착, 그리고/또는 고체 시트를 형성하기 위한 고온(hot) 등방성 압착을 사용하여 열적으로 상호 연결되는 골격 매트릭스(skeleton matrix)를 형성하기 위해 박리 질화 붕소 플레이크(exfoliated boron nitride flakes)와 함께 압착된다. 질화 붕소 나노튜브 섬유는 연속적인 열 매트릭스가 형성되도록 질화 붕소 플레이크들을 상호 연결시키고 질화 붕소 플레이크의 표면에 접촉된다. 상기 결과적인 골격 매트릭스는 폴리실라잔, 폴리실록산, 글래스, 실리콘, 그리고 합성물을 형성하기 위한 다른 중합체의 물질을 구비하지만 이에 제한되지 않는 중합체(polymeric) 또는 중합체의 세라믹 전구 물질(precursors)로 주입될 수도 있다. 대안으로, 상기 질화 붕소 나노튜브 섬유는 끈실(yarn) 내에서 포밍(foamed)되고 천 또는 펠트(felt) 내에서 짜여지고 나서 열 전도성 합성물을 형성하도록 주입될 수 있다. 대안으로, 높은 열 전도성 탄소 섬유 및 필름이 사용될 수도 있지만, 탄소 기반의 접근법들과 비교하여 낮은 광 흡수에 기인하여 질화 붕소가 바람직하다. 대안으로, 탄소 기반의 부가적인 냉각수단(71, 73)은 부가적인 냉각을 제공하는 것 뿐만 아니라 흡수 손실을 줄이고 광원으로부터의 광을 방향 전환시키기 위해 반사층을 구비할 수도 있다. 부가적인 냉각수단(71, 73)은 또한 열 전도성 발광 요소(72 또는 74)의 인접 에지 사이에서 또는 그로부터 방출하는 광 방출(77)을 확산시키고 방향을 바꾸게 하거나 흡수한다. 이러한 방식에서, 이 장치의 원거리장 방출(far field emission)은 강도와 스펙트럼 관점(spectral standpoint)으로부터 모두 조절될 수 있다. 부가적인 냉각수단(71, 73)의 열 저항이 낮은 한, 부가적인 냉각수단(71, 73)을 사용하여 표면 냉각면적을 두 배로 하면 대략 루멘 출력이 두 배로 된다.

[0052]

도 4a는 열 전도성 발광 요소(83) 내에 매립된 적어도 하나의 LED(85)를 묘사한 것이다. 열 전도성 발광 요소(83)는 LED(85)가 리세스되게 하기에 충분히 깊은 함몰부들과 함께 반투명 다결정 알루미늄(AlN)을 형성하기 위해 종래에서 알려진 바와 같이 알루미늄 산화물의 압축 소결을 통해 형성될 수 있다. 발광 코팅(84)은 실질적으로 오직 열 전도성 발광 요소(83)에 형성된 포켓에서만 있을 수 있거나 실질적으로 열 전도성 발광 요소(83)의 모든 표면을 덮을 수도 있다.

[0053]

대안으로, 단결정, 다결정 또는 비결정질 형광체, 피스, 플레이트, 로드 및 입자들이 열 전도성 발광 요소(83) 내에서 융합되거나 그 위에 접촉될 수 있다. 이런 방식에서, 열 전도성 발광 요소(81)에 대해 높은 열 전도성을 유지한 상태에서 발광 물질의 양은 최소로 될 수 있다.

[0054]

실예로, 단결정 YAG 피스들이 TPA 포켓들의 바닥 내에서 광 및 열적으로 융합되도록  $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$  및 두께 300 micron의 단결정 Ce:YAG 피스들이 TPA 압착 소결된 플레이트들 내에 형성된  $1.1 \text{ mm} \times 1.1 \text{ mm} \times 500 \text{ micron}$  깊이의 포켓들 내에서 융합 접촉되고 나서  $1700^\circ\text{C}$ 에서 불에 쪼일 수 있다. 그리고 나서 LED(85)는 포켓의 나머지



깊이 내에서 접착될 수 있고 상기 단결정 Ce:YAG 피스들을 국부적으로 여기시키기 위해 사용될 수 있다. LED(85)와 단결정 Ce:YAG 피스들로부터 조합된 광 방출은 여전히 높은 열 전도성을 유지한 상태에서 상기 소결 압착된 TPA에 의해 확산되고 추출될 것이다.

[0055]

대안으로, 글래스 프리트(glass frits), 폴리실록산, 폴리실라잔, 그리고 다른 투명 바인더들 내의 발광 분말들이 발광 코팅(84)을 먹을 수 있다. 특히, 발광 분말들을 가진 폴리실라잔, 플레이크, 로드, 미리 처리되고 접착체로서 조합된 섬유와 같은 발광 코팅(84) 내의 고온의 바인더들이 열 전도성 발광 요소(83)와 적어도 하나의 LED(85) 사이에 위치될 수 있다.

[0056]

높은 가시 스펙트럼 투사율(high visible spectrum transmission), 낮은 굴절율, 높은 열 전도성, 그리고 네트(net)의 최종 형상을 위한 낮은 공정 비용을 가진 물질들이 열 전도성 발광 요소(83)를 위한 바람직한 물질이다. 이 물질들은 TPA, 스피넬, 석영, 글래스, ZnS, SnSe, ZnO, MgO, AlON, ALN, BN, Diamond, 및 Cubic Ziconia를 구비할 수 있지만 이에 제한되지는 않는다. 특히, 압착 소결을 통해 형성된 Spinel 및 TPA는 네트 형상 부품(net shape parts)의 제조비용이 낮다. 코팅들 또는 접착된 요소들로서 발광 요소들과 함께 종래기술에서 공지된 것과 같은 투명한 치과용의 브레이스(transparent dental braces)에서 보여지는 것과 같이 TPA 부품들을 형성하기 위해 사용되는 기술들의 사용은 열 전도성 발광 요소(83)를 창출할 수 있다.

[0057]

열 전도성 발광 요소(83) 내에서 리세스된 LED(85)와 함께 프린팅 및 리소그래픽 방법들이 적어도 하나의 LED(83)를 외부 전원 및/또는 다른 LEDs 또는 장치에 전기적으로 상호 연결시키기 위해 사용될 수 있다. 와이어 접착과는 다르게, 이러한 접근법은 다수의 스틱의 조립을 용이하게 하고 비용을 줄이는, LEDs를 상호 연결시키는 저 프로파일 방법(low profile method)을 창출한다.

[0058]

하나의 실예에서, LED(85)는 열 전도성 발광 요소(83)를 형성하기 위해 스피넬의 1 mm 두께의 웨이퍼 내에서 레이저 어블레이션(laser ablation)을 통해 형성된 포켓 내에서 접착된다. 이러한 실예에서 상기 스피넬은 발광 요소들 또는 특성을 구비하거나 구비하지 않을 수 있다. 대신에 대부분의 파장 변환은 발광 코팅(84) 및/또는 부가적인 발광 코팅(82)을 통해 LED(85) 주위에서 국부적으로 발생한다. 이것은 아직까지도 필요한 발광 물질의 양이 이 발광 물질들에 대한 주위와의 낮은 열저항을 허용하는 것을 최소화한다. 도 4에는 단일 측면만이 나타난 반면에, 상기 광원은 또한 LED(85) 및 상기 광원 내의 어떠한 발광 요소들로부터의 냉각 및 광 분포를 더 향상시키기 위해 또다른 광원, 열 흡수원(heat sink), 또다른 투명/반투명 열 전도성 요소에 접착될 수도 있다. LED(85)는 10 마이크로 이하의 입자 크기를 가진, 0.1% 내지 2%이 함유된 폴리실라잔이 도핑된 Ce:YAG 분말을 사용하여 포켓 내에서 접착된다.

[0059]

투명/반투명 유전체 층(81)이 접촉 패드(87, 86)를 제외하고 적어도 하나의 LED(85)에 걸쳐 잉크젯 인쇄된다. LED(85)가 TCO 기반의 접촉부들을 사용하는 경우, 상기 TCO의 적어도 일부는 전기적인 접촉을 허용하기 위해 투명/반투명 유전체 층(81)에 의해 덮여지지 않는다. 선택적으로, 부가적인 파장 변환을 허용하기 위해, 그리고 이 장치로부터 더 균일한 스펙트럼 분포를 창출하기 위해 부가적인 발광 코팅(82)이 적어도 하나의 LED(85)에 프린트되거나 형성될 수도 있다. 인터커넥트(80, 88)는 투명/반투명 유전체(81)의 처리 전 또는 후에 적용될 수도 있다. 폴리실라잔, 폴리실록산, 글래스 프리트, 스핀 온 글래스(spin-on glasses), 그리고 유기 코팅은 투명/반투명 유전체(81)의 실예들이며, 바람직하게 상기 코팅은 300°C 이상에서 투명성을 유지할 수 있다. 발광 요소들을 갖고 갖지 않은 폴리실라잔을 함유한 제제(formulations)들은 부가적인 발광 코팅(82), 투명/반투명 유전체(81) 및 발광 코팅(84)을 위한 바람직한 물질이다. 바람직한 발광 요소들은 분말 형광체(powder phosphors), 양자 도트(quantum dots), 형광 염료(fluorescent dyes)(Eljen Technologies로부터의 샘플 파장 쉬프팅 염료들) 및 발광 플레이크와 섬유이다.

[0060]

LED(85)와의 전기 연결은 횡측 LED 설계에 대해 인터커넥트(80, 88)를 경유한다. 실버 전도체 잉크들의 정밀 잉크젯 프린팅 및/또는 후막 실버 잉크들의 스크린 프린팅은 인터커넥트(80, 88)를 형성한다. 실예로서 후막 실버 페이스트는 스크린 프린트되고 LED(85)를 위한 포켓에 이르기까지 열 전도성 발광 요소(83)에서 불에 쪼여진다. 오직 접촉부(87, 86)만이 노출되어 남고 투명/반투명 유전체(81)는 LED(85)에서 단락을 방지하지만 여전히 이전에 적용된 후막 페이스트 전도체들로의 접근을 허용하는 방식으로 LED(85)의 상기 노출된 표면과 열 전도성 발광 요소(83)의 적어도 일부를 덮는다. 투명/반투명 유전체(81) 및 선택적으로 부가적인 발광 코팅(82)의 처리 후 또는 전에, 전도성 잉크가 잉크젯 프린트되어 이전에 상기 접촉부(86, 87)에 적용된 후막 실버 전도체를 연결한다. 이러한 접근법을 사용하여, 여전히 낮은 저항 전도체들을 허용하는 상태에서 화상 인식 및 정렬 기능(alignment features)과 함께 잉크젯 시스템의 이용 가능성에 기인한 정렬 문제(alignment issues)를 극복할 수 있다. 일반적으로, 전도체들의 잉크젯 프린팅은 50 마이크로 아래의 라인 폭과 함께 매우 정확하게 되고 인쇄

될 수 있으며, 그 두께는 전형적으로 긴 라인들의 전류 전송 능력(current carry capacity)을 제한하는 10 미크론 아래로 제한된다. 이러한 접근법을 사용하여, 50 미크론의 두께를 넘을 수 있는 후막 실버 전도체들은 대부분의 전류를 전송하기 위해 사용될 수 있고, 그리고 나서 짧은 잉크젯 프린트된 트레이스(traces)가 박막 실버 전도체들과 접촉부(87, 86) 사이의 연결을 통합하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 접근법을 사용하면 골드 와이어 접착은 제거될 수 있다.

[0061]

투명/반투명 오버코트(89)는 인터커넥트(80, 89) 및/또는 투명/반투명 유전체(81)의 적어도 일부, 추가적인 발광 코팅(82), 이 장치를 환경적 및/또는 전기적으로 격리하기 위한 열 전도체 발광 요소(83)에 걸쳐 적용될 수도 있다. 투명/반투명 유전체 층(81)에 대한 요구를 촉진하거나 심지어 제거하기 위해, 그리고 접촉부(87, 86)에 각각 인터커넥트(89, 88)의 직접적인 프린트를 허용하기 위해, LED 제조 중에 LED 다이(85) 위에 보호 배리어 층들이 형성될 수 있다. 촉매 잉크 및/또는 담금 플레이팅 기술은 인터커넥트(89, 88)를 위한 두껍고(thicker)/낮은(lower) 저항 트레이스의 형성을 허용하고, 후막 프린팅에 대한 요구를 제거하며, 전체의 인터커넥트를 위한 잉크젯 프린팅의 사용을 허용한다. 투명/반투명 오버코트(89)를 위한 바람직한 물질은 폴리실라잔, 폴리실록산, 스핀 온 글래스, 유기물, 글래스 프리트, 그리고 화염, 플라즈마, HVOF 코팅을 구비하지만, 이에 제한되지는 않는다. 스핀 온 글래스 및/또는 CMP에 기반한 평탄화 기술(planarization techniques)은 투명/반투명 오버코트(89)를 위해 사용될 수 있다. 분말, 플레이크, 섬유, 그리고 양자 도트를 포함하지만 이에 제한되지 않는 발광 요소들은 투명/반투명 오버코트(89), 투명/반투명 유전체(81), 그리고 추가적인 발광 코팅(82)에 합체될 수 있다. 발광 요소들은 이 층들에서 공간적으로 또는 균일하게 분산될 수도 있다.

[0062]

도 4b는 발광층(91)이 추출 요소들을 포함하는 투명/반투명 요소(90)에 형성된 광원을 묘사한 것이다. 투명/반투명 요소(90)는 사파이어, 큐빅 지르코니아, YAG(도핑되고 도핑되지 않은), ZnO, TAG(도핑되고 도핑되지 않은), 석영, GGG(도핑되고 도핑되지 않은), GaN(도핑되고 도핑되지 않은), AlN, oxynitrides(도핑되고 도핑되지 않은), orthosilicates(도핑되고 도핑되지 않은), ZnS(도핑되고 도핑되지 않은), ZnSe(도핑되고 도핑되지 않은), 그리고 YAGG(도핑되고 도핑되지 않은)와 같은 단결정 물질, 다결정 물질, 그리고 글래스, 세라믹 YAG(도핑되고 도핑되지 않은), ALON, 스피넬, 그리고 TPA와 같은 비결정질 물질로 될 수 있지만 이에 제한되지는 않는다. 일반적으로, verneuil, EFG, HEM, Czochralski, CVD, hydrothermal, skull, 그리고 에피택셜 수단(epitaxial means)을 통해 성장된 단결정 물질들은 투명/반투명 요소(90)로 될 수 있다.

[0063]

발광층(91)은 투명/반투명 요소(90)에 직접 형성될 수 있거나 또는 별개로 형성되고 나서 투명/반투명 요소(90)에 접착될 수 있다. 화염 분사, 플라즈마 분사, 그리고 HVOF 기술이 발광층(91)과 투명/반투명 요소(90)의 하나를 또는 둘 다를 형성할 수 있다. 광원은 가시광선 스펙트럼(visible spectrum) 및 400 nm와 1200 nm 사이에서 방출하는 적어도 하나의 발광 요소를 포함하는 발광층(91)을 통해서  $10 \text{ cm}^{-1}$  미만의 알파(alpha)를 가진 투명/반투명 요소(90)를 가질 수 있다. 발광층(91)은 투명/반투명 요소(90)보다는 다른 0.2 이상으로 되지 않는 굴절률을 드러낼 수 있다. LED(99)는 InGaN, AlInGaP, ZnO, BN, 또는 Diamond로 될 수 있거나, 또는 InGaN, AlInGaP, ZnO, BN, 또는 Diamond의 조합으로 될 수 있다. InGaN 및 AlInGaP LEDs는 모두 아래의 물질들 중의 적어도 하나로 이루어진 투명/반투명 요소(90)와 조합된 LED(99)를 위해 사용될 수 있다: 사파이어, 스피넬, 석영, 큐빅 지르코니아, ALON, YAG, GGG, TPA, 또는 ZnO 및 발광층(91) 및/또는 세륨 도핑된 YAG를 포함하는 추가적인 발광층(98). 585에서 680 nm 사이에서 방출하는 추가적인 레트 형광체가 발광층(91) 및/또는 추가적인 발광층(98) 내에서 사용될 수 있다. 이 요소들은 실질적으로 흑체 곡선(black body curve)에 놓이는 6500° K와 1200° K 사이의 평균 칼라 온도를 방출하는, 본 발명의 바람직한 실시예인 자냉식 광원을 형성한다. 이 자냉식 광원은 실질적으로 흑체 곡선에 놓이는 4000K와 2000K 사이의 평균 칼라 온도를 방출할 수 있다.

[0064]

칼라와 강도 변화가 원거리장에서 평균화되도록 다수의 자냉식 광원이 고정물(fixture), 반사기, 광학 또는 조명에 사용될 수 있다. 고정물, 반사기, 광학 또는 조명 내의 세 개 또는 그 이상의 자냉식 광원은 광원들로부터 6 인치 이상의 거리에서 균일한 조도(illumination)를 창출한다. 투명/반투명 유전체 층(93)이 잉크젯 프린트되고 실크 스크린 인쇄되며 리소그래픽 수단을 통해 형성될 수 있고, 가시광선 스펙트럼을 통해서  $10 \text{ cm}^{-1}$  미만의 알파(alpha)를 드러낸다. 인터커넥트(95, 94)는 잉크젯, 실크 스크린, 템플레이트(template), 또는 리소그래픽 수단을 사용하여 인쇄될 수 있다. 촉매 잉크 및 담금 플레이팅 기술은 전도체 두께를 증가시키며, 이에 의해 저항을 감소시킨다. 500 미크론 미만의 트레이스 폭과 50% 이상의 반사율을 가진, 인터커넥트(95, 94)를 위한 실버 트레이스들은 광원 내에서 발생하는 열의 흡수를 감소시킨다. LED(99) 상의 접촉부(96, 97)는 회측 장치들에서와 같이 오직 하나의 측면에 있을 수 있거나, 또는 공동으로 양도되고 본 발명에 참고로 병합된 미국 특허 출원 20060284190에서 이전에 개시된 바와 같이 하나의 상면 접촉과 하나의 측면 접촉으로 이루어질 수도 있다.

- [0065] 도 4c는 열 전도성 발광 요소(103)에 장착된, 또는 적어도 부분적으로 매립된 적어도 하나의 수직 LED(100)를 가진 자냉식 광원을 묘사한 것이다. 이전에 기술된 것과 같은 합성물, 층, 단결정, 다결정, 비결정질(amorphous), 그리고 조합물들이 상기 열 전도성 발광 요소(103)를 위해 사용될 수 있다. 이러한 특별한 실예에서, 하나의 수직 LED(100)는 인터커넥트(101, 102)가 열 전도성 발광 요소(103)에, 그리고 수직 LED(100)의 측면에 접촉한 상태로 직접 잉크젯을 통해, 실크 스크린을 통해, 또는 리소그래픽 수단을 통해 프린트될 수 있도록 장착된다. 이 실시예는 부가적인 유전체에 대한 요구를 제거하고, 본래 횡측 장치들 보다 더 낮은  $V_f$ 를 드러내는 수직 LED 장치들의 사용을 허용한다. (공동으로 양도되고 본 발명에 참고로 병합된) 미국 공개 특허 출원 20090140279에 기술된 바와 같은 기판이 없는(substrate free) LED가 LED(100)를 위한 바람직한 실시예이다. 다이렉트 다이 부착 및 플립 칩 장착 구성이 또한 LED(100)를 위해 사용될 수도 있다. 이 기판이 없는 경우를 위해, InGaN 및/또는 AlInGaP 수직 LED(100)는 LED(100)를 위해 TCO 접촉부(104, 105)를 가지며, 인터커넥트(101, 102)는 인접한 접촉부(104, 105)에 대한 저항 접촉을 형성하는 후막 실버 잉크이다. 이러한 방식에서, 흡수 손실은 최소로 되고, LED(100)를 제조하기 위한 리소그래픽 수단에 대한 요구는 제거되거나 최소화된다. 자냉식 광원은 열 전도성 발광 요소(103)에서 TCO 접촉부(104, 105)에 직접 접촉되는 인터커넥트(101, 102)를 위한 후막 실버 트레이스들을 통해 연결되는 TCO 접촉부(104, 105)를 가진 적어도 하나의 수직 LED(100)를 포함한다. 선택적으로, 접착층(106)은 부가적인 발광 물질들을 장착하고 추출을 향상시키고 조합시키기 위해 사용될 수 있거나, 또한 LED(100)를 열 전도성 발광 요소(103)에 또는 그 안에 위치시키기 위해 사용될 수도 있다.
- [0066] 도 5는 열 전도성 발광 요소들의 다양한 형상을 묘사한 것이다. 도 5a는 실질적으로 플랫(flat) 발광 요소(107)를 묘사한 것이다. 두께는 도펀트 농도의 함수이지만, 전형적으로 0.02%와 10% 사이의 세륨 도핑 농도를 가진 균일하게 도핑된 세륨 도핑 YAG에 대해 그 두께는 200 micron에서 2 mm 범위로 된다. 효율적인 열 확산을 발생시키기 위해, 열 전도성 발광 요소(107)의 열 전도율은 발광 요소(107)에서 표면적의  $0.1 \text{ W/cm}^2$  이상의 평균 전력 밀도를 적당하게 처리하기 위해  $1 \text{ W/mK}$  이상으로 되는 것이 필요하다. 만일 열 전도율이 낮다면, 자연 대류 및 복사 수단을 통해 자체를 냉각시키기 위해 플랫 발광 요소(107)의 능력을 감소시키는, 이 장치 내에서 발생된 열의 불충분한 열 확산이 있게 된다.
- [0067] 도 5b는 비 플랫(non-flat) (반구형) 발광 요소(108)를 묘사한 것이다. 이 경우에, 비 플랫 발광 요소(108)의 더 높은 굴절률 내에서 도파하는 광선들에 대한 광 추출이 향상될 수 있다. 부가해서, 원거리장 강도 및 파장 분포는 수정될 수 있다. 동일 또는 다른 형상의 열 전도성 발광 요소들을 가진 더 작은 다수의 자냉식 광원은 균일 또는 특정의 원거리장 강도 및 파장 분포를 창출한다. 공기보다 더 큰 굴절률을 가진 매개체 내에서 발생하는 광의 추출은 스넬의 법칙(Snell's Law)당 총 내부 반사에 의해 제한된다. 형상을 가진 발광 요소들(108)은 이 발광 요소(108)를 빠져나가기 위해 요구되는 광선들의 평균 광 경로 길이를 줄이기 위해 사용될 수 있다. 흡수 손실은 주어진 흡수 계수( $\alpha$ )에 대해 광 경로 길이에 직접 비례하기 때문에, 직접적으로 평균 광 경로 길이를 줄이는 것은 감소된 흡수 손실로 전환한다. 광선들이 발광 요소(108) 내에서 발생되는 공간 위치, 발광 요소(108)의 굴절률, 발광 요소(108)의 흡수 계수( $\alpha$ ), 발광 요소(108) 내 및 위에서 산란하는 벌크(bulk) 및 표면, 그리고 발광 요소(108)의 기하구조(geometry)는 모두 추출 효율을 최적화시키기 위해 종래기술에서 알려진 바와 같이 성형될 수 있다.
- [0068] 도 5c는 실질적으로 균일한 두께를 가진 비 플랫 (곡면의) 열 전도성 발광 요소(108)를 묘사한 것이다. 이 방식에서, 추출은 발광 물질의 균일한 두께를 유지시킴으로써 향상될 수 있다. 종래기술에서 알려진 바와 같은 추출, 압착, 성형, 쏘잉(sawing), 보어링(boring), 그리고 플레임 분사 기술이 열 전도성 발광 요소들의 다양한 형상을 제조하기 위해 사용될 수도 있다.
- [0069] 도 5d는 대류 냉각을 향상시키고 선택적으로 자냉식 광원의 방출 출력을 수정하거나 균질화하기 위해 부가적인 표면 요소들을 가진 비 플랫 (사각형상의 틈) 열 전도성 발광 요소(110)를 묘사한 것이다. 추출, 압착, 그리고 성형 기술이 열 전도성 발광 요소(110)를 형성하기 위해 사용될 수도 있다.
- [0070] 도 6a는 접착층(109)을 통해 장착된 열 전도성 발광 요소(107)의 함몰부 내에 부분적으로 매립된 LED(108)를 묘사한 것이다. 상기 함몰부의 형성은 레이저 기계가공, 전자 빔 기계가공, 에칭(화학적 및 기계적 모두), 플라즈마 에칭, 물딩, 그리고 기계가공 수단에 의해 이루어질 수도 있다. 기판이 없는 LEDs가 300 마이크로 미만의 두께를 가진 부분 매립된 LED(108)를 위해 사용될 수 있다. 열 전도성 파장 변환 요소(107)에 부분 매립된 LED(108)를 매립함으로써 두 요소들 사이의 열 저항은 저감될 수 있고, 이는 주어진 드라이브 레벨에 대해 그 LED의 연결부의 온도를 낮춘다. 선택적으로, 부분 매립된 LED로부터 열 전도성 발광 요소(107) 내로의 더 많은 방출이 연결될 수 있고, 이에 의해 자냉식 광원의 칼라 온도를 변화시킨다.

- [0071] 도 6b는 접착층(111)을 통해 열 전도성 발광 요소(110)에 접촉되는 적어도 하나의 LED(112)를 묘사한 것이다. 이 경우, 접착층(111)은 LED(112)의 방출 파장에 대해  $1 \text{ W/mK}$  이상의 열 전도율과  $10 \text{ cm}^{-1}$  미만의 알파를 드러내야 한다.
- [0072] 도 7은 TCO 접착 기반의 LEDs에 대한 다양한 인쇄 접착부를 묘사한 것이다. 도 7a는 p층(117) 위에 TCO층(114) 위에 상부 실버 페이스트(paste) 접착부(113)로 이루어진 수직 LED를 묘사한 것이다. 활성 영역(116)은 p층(117)과 n층(115) 사이에 있고, n층(115)은 TCO 접착부(118)와 바텀 실버 페이스트 접착부(119)로 덮여진다. 기관 없는 LED는 p층(117)과 활성층(116)과 n층(115)으로 이루어진 기관 없는 LED 구조체 상에서 TCO 접착층(114, 118)의 양면 성장을 허용한다. 후막 고온 실버 페이스트 접착부(113, 119)는 낮은 광 흡수와 낮은  $V_f$ , 그리고 실질적으로 리소그래피가 없는 LED 장치를 형성하기 위해 TCO 접착부(114, 118)와 함께 LEDs에 프린트될 수 있고  $200^\circ\text{C}$  이상의 온도에서 불에 쪼여질 수 있다.
- [0073] 도 7b는 프린트된/잉크젯 인쇄된 접착부(120, 125)를 가진 횡측 장치(lateral device)를 묘사한 것이다. 모든 경우, n층에 대한 저항 접착(ohmic contact)은 합리적인 저항 접착을 형성하기 위해 매개 TCO 층을 구비하거나 구비하지 않을 수 있다. 도 7b에서, TCO(122)는 p층(123)에서 성장된다. 활성층(124)은 p층(123)과 n층(125) 사이에 있다. TCO(122)는  $0.003 \text{ ohm-cm}$  미만의 저항과 1000 Angstroms 두께 이상으로 CVD를 통해 성장된, 도핑된 ZnO이다. 프린트된 에치 마스크(etch masks)가 n층(125)으로 내려가는 단턱(step)의 에치(etch)를 허용한다. 실제로, AlInGaP LED epi가 GaAs에서 성장될 수도 있다. 웨이퍼는 p층(123)에서 TCO(122)를 가진 횡측 장치를 형성하기 위해 에칭되고 패터닝될 수 있다. 프린트된 접착부(120, 125)는 TCO(122)와 n층(125)에서 형성될 수 있다. 선택적으로 추가적인 TCO층이  $V_f$ 를 더 감소시키기 위해 n층(125)으로 형성될 수 있다. 다이렉트 아이 어태치 다이를 생성하도록 프린트된 접착부(120, 125)에 공정 땀납층(eutectic solder layer)의 추가가 또한 개시된다. 바람직한 실시예에 있어서, 상기 AlInGaP epi는 종래에 공지된 바와 같이 AlInGaP와 GaAs 기관 사이에 회생 에칭층을 사용하여 화학적 에칭을 통해 제거된다. 결과적인 다이렉트 어태치 다이는 모두 공동으로 양도되고 참고로 본 발명에 조합된, 미국 특허 출원 7,592,637, 7,727,790, 8,017,415, 8,158,983, 8,163,582, 그리고 미국 공개 특허 출원 20090140279와 2010038656에서 개시된 바와 같이, 추가적으로 GaN 기관들에 접촉된 웨이퍼로 될 수도 있다.
- [0074] 도 7c는 상부 접착부(126)와 측면 접착부(132, 131)를 가진 인쇄된 접착부를 묘사한 것이다. 다시 TCO(127)는 p층(128)과의 낮은 저항의 투명 저항 접착부를 형성하며, 활성 영역(129)은 p층(128)과 n층(130) 사이에 있다. 측면 접착부(132, 131)는 n층(130)의 측면들과 접촉한다. n층(130)은 10 마이크로미터 이상의 두께로 된다. 더 바람직하게는, n층(130)의 두께는 50 마이크로미터 이상이지만 250 마이크로미터 미만이다.
- [0075] 도 8은 단일의 자냉원(single self cooling source)의 원거리장 분포를 변경하는 다양한 방법을 묘사한 것이다. 도 8a에서, LEDs(136)의 반사 지수, 기학구조, 그리고 스페이싱(spacing)과, 파장 변환 요소(133, 135)와, 접착 물질(137)은 이 자냉원의 원거리장 분포를 결정할 것이다. 원거리장 분포는 어디에서 광선들이 빠져나가는지와, 광선은 얼마큼인지와, 광선들의 방향과, 단일 자냉원 상의 특별한 공간점을 빠져나가는 광선들의 스펙트럼에 의해 결정된다. 도 8은 다양한 반사기와, 산란 요소들과, 확산기들(diffusers)과, 어디에서 수정하는지와, 얼마나, 어느 길인지와, 이 자냉원으로부터 방출되는 광선들의 스펙트럼을 도시한 것이다. 비록 두 개의 파장 변환 요소(133, 135)가 묘사되어 있지만, LEDs(136)를 장착시키기 위한 하나 이상의 파장 변환 요소(133, 135)가 사용될 수 있다. 다수의 LEDs(136)가 하나의 파장 변환 요소(133)의 하나 이상의 표면에 장착될 수 있다. 이 매개변수들에 기초하여, 방사는 이 구조체로부터 방출되거나 파이 이 자냉원 내에서 안내될 것이다. 추가적으로, 에지 요소(134)가 또한 이 장치로부터 원거리장 분포를 수정할 수도 있다. 에지 요소(134)와 접착 물질(137)은 반투명하고, 투명하고, 불투명하고, 그리고/또는 발광될 수도 있다. 에지 요소(134)와 접착 물질(137)을 위한 투명 매트릭스 내의 발광 분말들은 원거리장 강도 분포 뿐만 아니라 방출 스펙트럼을 수정할 수 있다.
- [0076] 도 8b는 자냉식 광원의 전체의 단부가 실질적으로 매트릭스(138) 내에서 산란 요소(139)로 덮여지는 자냉식 냉원을 묘사한 것이다. 추가해서, 산란 요소(139)와 매트릭스(138)는 이 자냉식 광원의 에지들 뿐만 아니라 이 자냉식 광원의 다른 표면들의 실질적인 부분을 포위하도록 연장한다. 이 방식에서, 자냉식 광원의 모든 표면에서 방출된 광은 원거리장 강도 분포를 수정하도록 방향이 변경될 수 있다. 산란 요소(139)를 위한 발광 물질들은 자냉식 광원에 의해 방출되는 스펙트럼의 적어도 일부에 의해 여기된다.
- [0077] 도 8c는 금속, 확산 산란기(diffuse scatterer), 유전체 미러(dielectric mirror), 그리고/또는 발광 물질로 이루어져서 이에 의해 LED 또는 파장 변환 요소들 내에서 발생하는 광의 적어도 일부가 광선(141)으로 묘사된



바와 같이 방향 전환되는 에지 터닝 요소(edge turning element)(140)를 묘사한 것이다.

[0078] 도 8d는 반투명하고, 부분적으로 불투명하고, 편광되고, 그리고/또는 발광할 수 있는 외측 코팅(142)을 묘사한 것이다. 원거리장 강도, 편광, 그리고 파장 분포는 근거리장 및 원거리장 모두에서 수정될 수 있으며, 공간 정보가 이 자냉식 광원에 주어질 수 있다. 실예로, 촛불 화염과 유사한 형상을 가진 자냉식 광원은 레드 파장이 이 촛불 화염의 팁(tip) 가까이에서 더 용이하게 방출되고 블루 파장이 이 촛불 화염의 베이스 가까이에서 더 용이하게 방출되도록 스펙트럼적으로 가변할 수 있는 외측 코팅(142)을 가질 수도 있다. 이러한 방식(fashion)에서, 촛불 화염의 공간적으로 스펙트럼적인 특성이 더 면밀하게 매칭될 수 있을 것이다. 이 기술을 사용하여 장식적인 광원들의 폭넓은 범위가 추가적인 광학 요소들에 대한 요구 없이 형성될 수 있다.

[0079] 또다른 실예에서, 외측 코팅(142)은 개구부들이 에칭되거나 기계적으로 형성되는 알루미늄과 같은 반사 코팅으로 이루어질 수 있다. 더 구체적으로, 햇빛을 읽을 수 있는 지시등(sunlight readable indicator lights)이 이러한 기술을 사용하여 경고 지시기, 비상 지시기, 또는 주의 지시기로서 형성될 수 있다. 외측 코팅(142) 내에서 원형의 편광기들의 사용은 햇빛 가독성(sunlight readability)을 향상시킬 수 있다. 대안으로, 외측 코팅(142)은 직접 보여질 수 있거나 외부 광학을 통해 보여질 수 있는 횡단 보도 심볼을 표화하도록 패턴화될 수 있으며, 이에 의해 횡단보도 또는 다른 교통과 관련된 응용을 위한 초 콤팩트한 경고 사인을 창출할 수 있다. 또 다른 실예에서, 외측 코팅(142)은 이 자냉식 광원의 방사율(emissivity)이 700 nm 보다 긴 파장에 대해 향상되도록 스펙트럼적으로 선택적인 방사 코팅으로 이루어질 수도 있다. 이 자냉식 광원의 적외선과 원적외선 방사율을 향상시킴으로써 더욱 효율적인 광원이 실현될 수 있다. 도 3의 이전의 실예에서 기술된 바와 같이, 복사 냉각은 자냉식 광원들에서 냉각의 상당한 퍼센티지를 나타낸다. 자냉식 광원의 표면으로부터 냉각을 최대화하기 위해 높은 방사 코팅이 외측 코팅(142)을 위해 사용되는 것이 바람직하다. 0.5 이상의 방사율을 가진 외측 코팅(142)이 가장 바람직하다. 최대 표면 온도에 좌우되어 복사 냉각은 이 광원의 열 발산의 20%에서 50% 사이를 나타낼 수 있다.

[0080] 도 9a는 매개체(media)(143) 내에서 광학 장치들의 다이 형상의 사용을 묘사한 것이다. 실예로서, LED(145)는 매개체(143) 내에 매립된 활성 영역(146)을 포함한다. 공지된 광선 트레이싱 기술(ray tracing techniques)을 사용하면 매개체(143) 내로 전달된 방사의 양을 최대화하기 위한 최적의 각도(144)가 있다. 전형적으로, 반도체 물질들은 LED(145) 내에서 트래핑(trapping)하는 광으로 이끄는 경향이 있는 높은 굴절률을 드러낸다. 도 9a에서, 최적의 각도(144)는 도면에 나타난 것처럼 활성 영역(146)에 대응한다.

[0081] 대안으로, 도 9b는 표면(149, 148, 147)이 비 정사각형 또는 비 직사각형 다이를 형성하는 비 직교하는 것으로 될 수 있는 것을 묘사한 것이다. 양 경우에서, LED(150) 내에 트래핑된 광은 그 다이를 더 효율적으로 탈출할 수 있다. 다이 형상의 양 형태를 함께 사용하는 것이 바람직하다. 추출 효율을 향상시키기 위해 파장 변환 요소 내에 매립된 LED(150)에 대한 비 직사각형 형상의 사용은 본 발명의 바람직한 실시예이다.

[0082] 도 10a는 파장 변환 요소(151) 내에서 LEDs(152, 154)에 대한 다른 장착 방법과 접착층(153, 155)의 사용을 묘사한 것이다. 접착층(153, 155)은 LEDs(152, 154)를 파장 변환 요소(151)의 적어도 일 표면에 열적, 광학적, 그리고 기계적으로 부착시킨다. LED(152)는 적어도 부분적으로 파장 변환 요소(151) 내에 매립되며, 파장 변환 요소(151)는 LED(152)에 의해 방출되는 방사의 에지 및 표면 결합(coupling)을 접착층(153)을 사용하여 파장 변환 요소(151) 내에서 허용할 수 있다. 대안으로, LED(154)는 실질적으로 접착층(155)을 사용하여 파장 변환 요소(151)의 표면에 결합된다. 접착층(153, 155)은 파장 변환 요소(151)가 웨이퍼 접착, 용합 접착, 또는 용융 접착을 사용하여 LEDs(152, 154)에 직접 접착될 수 있는 경우에 제거될 수도 있다.

[0083] 도 10b는 파장 변환 요소들의 전형적인 투과 스펙트럼(157)을 묘사한 것이다. 블루 방출(156)은 파장 변환 요소에 의해 흡수되고 나서 더 긴 파장으로 재방출된다. 레드 방출(158)은 전형적으로 강하게 흡수되지 않으며, 그러므로 마치 파장 변환 요소(151)가 단순히 웨이브 가이드(waveguide)인 것처럼 거동한다. 사실상 어떠한 칼라 광원도 파장 변환 요소(151) 내에서 블루 및 레드 LEDs의 광 조합을 적절하게 선택함으로써 실현될 수 있다. 파장 변환은 바람직한 실시예이지만, 도 10b는 자냉식 광원은 파장 변환 요소(151)가 발광하는 것을 요구하지 않는다는 것을 나타낸 것이다. 레드 자냉식 광원의 경우, 파장 변환 요소(151)는 파장 변환 없이 LEDs를 선택적으로 분포시키고 열적으로 냉각시키기 위해 사용될 수도 있다. 대안으로, UV 응답 발광 물질들이 UV LEDs(164 또는 165)과 함께 파장 변환 요소(162)를 위해 사용될 수 있다. 투과 스펙트럼(157)은 형광원에서 보여지는 것처럼 백색 바디 칼라를 드러내는 자냉식 광원들의 형성을 허용하는 보다 짧은 파장으로 시프트된다. 그러나 이러한 파장 시프트는 더 큰 스톡스 쉬프트 손실(Stokes's shift losses)에 기인하여 다소 감소된 효율에 의해 상쇄된다.

- [0084] 도 11은 전기 인터커넥트(168)와 적어도 하나의 블루 LED(164)와 적어도 하나의 레드 LED(163)와 드라이브 일렉트로닉스(165, 166, 167)와 함께 적어도 하나의 파장 변환 요소(162)를 포함하는 칼라 조정 가능한 자냉식 광원을 묘사한 것이다. 전기 인터커넥트(168)는 후막 인쇄 실버 잉크(thick film printed silver ink)이다. 세 개의 별개의 핀(159, 160, 161)은 블루 LED(164)를 레드 LED(163)로부터 독립된 제어를 제공한다. 핀(159, 160, 161)은 물리적으로 키결합(keying)을 허용하여 자냉식 광원이 외부 전원에 적절하게 연결하는 것을 보장하도록 하는 형상을 가진다. 핀(159, 160, 161)은 실질적으로 파장 변환 요소(162)의 동일 측면에 나타나 있지만, 본 발명자들에 의해 대안의 핀 형상의 사용이 예상된다. 일반적으로, 외부 전기 인터커넥트는 도 11에 나타난 것처럼 핀(159, 160, 161)을 통해, 또는 플렉스 회로(flex circuits), 전기 트레이스(electrical traces)를 포함하는 강체 요소(rigid elements), 동축의 와이어(coaxial wires), 차폐되고 차폐되지 않은 트위스트 페어(shielded and unshielded twisted pairs)를 구비하지만 이에 제한되지 않는 대안의 인터커넥트 수단을 통해 실현될 수 있으며, 파장 변환 요소(162) 위의, 또는 이에 연결된 에지 타입의 커넥터들은 본 발명의 실시예들이다. 부가해서 파장 변환 요소(162)의 어느 평면(plane)에서 이전에 리스트된 전기 인터커넥트 요소들의 어느 것에 외부 인터커넥트들을 형성하기 위해 파장 변환 요소(162) 내의 피드쓰루(feedthroughs)가 기계, 화학 에칭, 레이저, 워터 제트, 또는 다른 공제 수단(subtractive means)을 통해 형성될 수 있다. 드라이브 일렉트로닉스(165, 166, 167)는 레지스터들, 캡들, 그리고 인덕터들에 이르는 능동 및 수동 요소들 모두로 이루어질 수 있다. 이 방식에서, 다양한 외부 드라이브 입력들이 광원을 여기시키기 위해 사용될 수 있다. 실례로서, 전류원 칩이 파장 변환 요소(162) 위에 장착되고 핀(159, 160, 161)을 통해 외부 전압원에 연결될 수도 있다. 공지된 바와 같이, 전형적인 전류원 칩은 또한 이 전류원 칩을 통해 흐르는 전류를 설정하는 외부 레지스터를 가질 수 있다. 외부 레지스터는 파장 변환 요소(162)에 장착될 수 있거나 또는 이 소스 외부에 위치하여 핀(159, 160, 161)을 통해 전류원 칩에 연결될 수도 있다. 이 광원 내에서의 기능이 증가함에 따라, 핀의 수는 증가될 수도 있다. 집적 회로가 드라이브 일렉트로닉스(165, 166 및/또는 167)를 위해 사용될 수 있다.
- [0085] 파장 변환 요소(162)는 또한 실질적으로 LEDs(164, 165) 뿐만 아니라 드라이브 일렉트로닉스(165, 166, 167)를 냉각시킨다. 핀(159, 160, 161)은 광원의 열 발생 요소들로부터 열을 제거하기 위해 사용될 수도 있다. 파장 변환 요소(162)는 발광하며, 광 확산 및 자냉식 광원 내의 열 발생 요소들의 냉각을 제공한다. 이 경우, UV, violet, cyan, green, yellow, orange, deep red, 그리고 infrared를 포함하지만 이에 제한되지 않는 부가적인 파장 이미터(emitters)가 추가될 수도 있다.
- [0086] 도 12는 모두 파장 변환 요소(169)에 장착되어 실질적으로 이에 의해 냉각되는 다수의 LEDs(171)를 구동시킬 수 있는 매립된 능동 드라이버(active driver)(172)를 가진 자냉식 광원을 묘사한 것이다. 입력 핀들(170)은 능동 드라이버(172)에 전원 입력을 제공할 수 있을 뿐 아니라, 광원 온도, 주위 온도, 광 출력 수준, 모션 검출(motion detection), 적외선 통신 링크, 그리고 디밍 제어(dimming controls)를 포함하지만 이에 제한되지 않는 출력을 제공한다. 이전에 개시된 바와 같이, 파장 변환 요소(169)의 투사 스펙트럼은 더 긴 파장의 낮은 흡수를 허용한다. 자냉식 광원이 또한 컴퓨터, 텔레비전, 룸 내의 무선 장치, 빌딩, 또는 외부부를 위한 통신 링크로서 서비스할 수 있도록 적외선/무선 이미터 및 리시버가 매립된 능동 드라이버(172) 내에서 일체화될 수 있다. 이러한 일체화는 부가적인 와이어링 및 장치에 대한 요구를 제거한다.
- [0087] 도 13a는 파장 변환 요소(173, 174)에서 열(178)을 추출하기 위한 부가적인 열 전도 경로와 LED(177)를 위한 부가적인 냉각 경로로서 전기 접촉부(174, 175)의 사용을 묘사한 것이다. LED(177)는 다이렉트 어태치 또는 플립 칩으로 될 수 있고, 횡측, 수직, 또는 에지 접촉 다이로 될 수도 있다. 실례로, 전기 접촉부(174, 175)는 파장 변환 요소들(173, 174) 사이에서 샌드위치되는 0.3 mm 두께의 주석 도금된 알루미늄 플레이트로 이루어질 수 있다. 이 방식에서 LED(177) 뿐만 아니라 파장 변환 요소들(173, 174)를 위한 전기 입력 및 부가 냉각 수단이 실현될 수 있다.
- [0088] 도 13b는 열(181)이 접촉부(178, 179)로의 전도를 통해 추가적으로 추출되는 로드(rod) 형상의 파장 변환 요소(182) 내의 LEDs(180)를 가진 로드 기반의 광원을 묘사한 것이다. 대안으로, 반구형, 피라미드형, 그리고 다른 비 플랫폼 형상 및 Ce:YAGs가 소정의 강도와 편광, 그리고 파장 분포를 생성시키기 위한 파장 변환 요소(182)를 위해 사용될 수도 있다. 구형 및 피라미드와 같이 Ce:YAG와 다른 형상들은 체적비에 대한 표면적을 최소화시켜서, 가능한 최소 양의 물질을 사용한 상태에서 파장 변환 요소(182)의 표면에서 대류 및 복사 냉각이 최대로 된다. 실례로, 접촉부(178, 179)는 파장 변환 요소(182)에 대해 아교, 기계적인 것, 납땜, 또는 브레이징 수단(brazing means)을 포함하지만 이에 제한되지 않는 접착을 통해 열적으로 접촉된 2 mm의 동 히트 파이프들로 이루어질 수 있다. 이 방식에서 부가적인 냉각이 실현될 수도 있다. LEDs(180)는 두 개의 반구형 파장 변환 요소(182)의 플랫폼 표면에 장착될 수 있다. 두 개의 반구형 파장 변환 요소(182)는 파장 변환 요소(182) 내에 매립된

LEDs(180)와 함께 자냉식 광원을 형성하기 위해 함께 접착된다. 대안으로, LEDs(180)는 LED(180)에 의해 발생된 광이 일반적으로 반구형 파장 변환 요소(182) 내로 결합되도록 반구형 파장 변환 요소(182)의 구형 표면에 장착될 수도 있다. 선택적으로, LEDs(180)에 의해 방출된 광과 파장 변환 요소(182)에서 뒤로 어떠한 발광 요소들에 의해 방출된 광을 반사시키고 투과시키고 전환 또는 이와는 다르게 방출시키는 발광 접착층 위에서 LEDs(180)에 의해 방출된 광이 효과적으로 반구형 파장 변환 요소(182)에 의해 결합되도록 반구형 파장 변환 요소(182)의 플랫 표면은 부가적인 발광 코팅들을 가질 수도 있다. 이러한 접근법의 이점은 LEDs(180)가 파장 변환 요소의 냉각 표면에 보다 가까이 장착되고, 높은 정도의 믹싱이 가능하며, 접착층이 얼마나 잘 파장 변환 요소(182)에 매칭되는 지수가 되는지에 의해 광원의 각 분포가 제어될 수 있다는 것이다. 두 반구형 파장 변환 요소(182)를 함께 접착시키면 외부에 장착된 LEDs(180)와 함께 구형의 광원을 형성한다.

[0089]

도 14는 적어도 두 개의 열적 및/또는 광학적으로 분리된 존(zones)을 가진 자냉식 광원을 묘사한 것이다. LEDs(184)를 포함하는 웨이브 가이드(183)는 배리어(185)를 통해 웨이브 가이드(186)과 LEDs(187)로부터 선택적 및/또는 열적으로 격리된다. 양면 색상의 광원들이 형성될 수 있다. 대안으로, AlInGaP와 같이 온도에 민감한 LEDs는 온도에 더 안정적인 InGaN LEDs로부터 열적으로 격리될 수 있다. 웨이브 가이드(183, 186)는 발광 변환을 제공할 수도 있고 안할 수도 있다. LEDs(184)는 사파이어로부터 만들어진 웨이브 가이드(183)에 장착되는 AlInGaP (red) LEDs 이다. LEDs(187)는 단결정 Ce:YAG인, 웨이브 가이드(186)에 장착되는 InGaN blue LEDs 이다. 배리어(185)는 저 열 전도성 알루미늄 캐스팅 물질(alumina casting material)이다. AlInGaP 효율은 60°C를 넘는 접합부(junction) 온도에 대해 40% 까지 떨어지는 반면에, InGaN 효율은 유사한 연결부 온도에 대해 오직 10% 까지만 떨어질 것이다. 백색 광원은 InGaN으로부터 AlInGaP를 열적으로 격리시킴으로써 높은 전체적인 효율을 실현할 수 있다. 이러한 접근법을 사용하여 두 색상은 다른 표면 온도에서 작동한다. InGaP LED(187)와 웨이브 가이드(186)는 보다 높은 표면 온도에서 작동하는 한편, AlInGaP LED(184)와 웨이브 가이드(183)는 보다 낮은 표면 온도에서 작동한다.

[0090]

도 15는 블루 LED(189)와 레드 LED(192)가 드라이버(190)와 함께 파장 변환 요소(188)에 장착되는 것을 묘사한 것이다. 파워 라인(191, 193, 194, 195)과 제어 라인(196)도 또한 도시되어 있다. 레드 LED(192) 드라이브 레벨은 파워 라인 입력(191)과 출력(195)을 통해 이용 가능한 전압/전류 흐름을 제어함으로써 제어 라인(195)을 통해 설정된다. 전형적으로 드라이버(190)는 일정한 전류원 또는 제어 라인(196)을 통해 제어되는 가변 레지스터로 될 수 있다. 이전에 기술된 바와 같이, 블루 LED(189)는 전형적으로 AlInGaP인 레드 LED(192) 보다 전형적으로 더 안정적인 관련 온도, 수명 및 드라이브 레벨을 가진 InGaN이다. 실제로, 단독으로, 또는 파장 변환 요소(188)를 위한 유토프륨(Eu) 도핑된 마그네슘 갈레이트와 같이 또다른 갈레이트를 가진 다수의 상으로서 유토프륨(europium) 도핑된 스트론튬 티오갈레이트로 코팅된 TPA는 450 nm의 LED(189)에 의해 여기된다. 615 nm의 AlInGaP red LED(192)도 또한 드라이버(190)와 함께 파장 변환 요소(188)에 장착된다. 열은 블루 LED(189)와 레드 LED(192)에 의해 방출되는 방사 뿐만 아니라 파장 변환 요소(188)를 통해 발산된다. 제어 라인(196)은 블루 LED(189)의 고정된 출력에 대해 레드 LED(192)에 전류를 증가시킴으로써 한 범위 내에서 광원의 칼라 온도를 조정하기 위해 사용된다. 부가적인 LEDs와 다른 방사 파장이 사용될 수 있다.

[0091]

도 16은 전형적인 고체 광원에 대한 백색광 스펙트럼을 묘사한 것이다. 도 16a는 전형적으로 블루 LEDs와 Ce:YAG 형광체에 의해 생성되는 고 칼라 온도 저 CRI 스펙트럼(197)을 나타낸다. 스펙트럼(198)에 나타낸바와 같이 칼라 온도를 낮추기 위해 부가적인 형광체(phosphors)가 전형적으로 레드 함량을 더 추가하기 위해 추가된다. 그러나 이러한 레드 추가는 블루의 일부와 어떤 경우에는 그린의 일부가 흡수되어 전체적인 효율을 감소시킨다.

[0092]

도 16b는 블루 LED, Ce:YAG 형광체, 그리고 레드 LED로부터의 전형적인 스펙트럼(199)을 묘사한 것이다. 레드 LED 스펙트럼은 스펙트럼(200)에 나타낸 바와 같이 첨가물(additive)이다. 일반적으로, 도 16의 방법은 본 발명에서 기술된 자냉식 광원을 형성하기 위해 사용된다.

[0093]

도 17은 형광체와 LED 스펙트럼(A, B, C, D, E)을 혼합함으로써 형성되는 고 CRI 백색광 스펙트럼(201)을 묘사한 것이다. 스펙트럼 범위(ranges)는 냉각시키고, 기계적으로, 장착시키고, 환경적으로 보호하고, 그리고 묘사된 스펙트럼들을 생성시키기 위해 요구되는 장치들을 전기적으로 연결시키기 위한 추가로 본 발명에서 개시된 파장 변환 요소들 내에서 혼합되고, 확산되며 변환될 수 있다. 실제로, 스펙트럼(B)는 블루 440 nm를 방출하는 LED로부터 도출될 수 있고, 그 출력의 일부는 500 nm와 600 nm 사이의 스펙트럼(A)을 형성하도록 이전에 개시된 것과 같은 단결정 Ce:YAG 발광 요소를 여기시키기 위해 사용된다. 스펙트럼(C)는 또한 블루 440 nm 방출 LED의 출력의 일부를 490 내지 500 nm 파장으로 변환시키는 시안(cyan) 양자 도트로 이루어질 수 있다. 스펙트럼(D)는 스펙트럼(A)의 일부를 580 nm와 700 nm 사이의 파장으로 변환시키기 위해 Eljen-284(Eljen Technologies In

c.)와 같은 파장 시프터 다이를 사용함으로써 만들어질 수 있으며, 스펙트럼(E)는 600 nm와 800 nm 사이에서 방출하는 AlInGaP 레드 LED로 될 수 있다. 적외선 이미터 또는 변환기가 또한 통신 링크, 보안, 그리고 야시경 응용을 위해 추가될 수도 있다.

[0094]

도 18은 웨이브 가이드와 발광 코팅의 다양한 형상을 묘사한 것이다. 도 18a는 발광 코팅(202)를 가진 직조된(textured) 열 전도성 웨이브 가이드(203)를 묘사한 것이다. 실례로서, 마이크로 렌즈 어레이(micro lens array)가 TPA에서 압착 소결되고 화염 분사를 통해 Ce:YAG로 코팅될 수도 있다. 도 18b는 Ce:YAG와 공기의 기하학적 평균(geometric mean)과 실질적으로 동일한 굴절률과 300 angstroms 이상의 두께를 가진 고 방사 코팅(205)으로 코팅된, EFG 형성 단결정 Ce:YAG 로드(204)를 묘사한 것이다. 도 3의 이전의 실례에서 저 표면 온도에서도 복사 냉각의 중요성이 개시되었다. 이 실례에서 복사 냉각은 표면의 방사율이 0.8을 넘는 한 발산되는 총 열의 30%에 이르는 것을 보여줄 수 있다. 방사율은 카본 블랙 표면을 위해 매우 높은 0.98의 광택을 가진 금속에 대해 매우 낮은 것(0.01)으로부터 변화한다. 가시 스펙트럼(visible spectrum)에서 또한 투명한 고 방사 코팅들(205)의 사용이 가장 바람직하다. 이것들은 규산, 글래스, 유기체, 질화물, 질산화물, 그리고 산화물을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 또한 1 W/mK 이상의 열 전도율을 드러내는 고 방사 코팅(205)이 더 바람직하다. 고 방사 코팅(205)의 두께는 바람직하게 1000 angstrom과 5 micron 사이의 두께로 된다. 방사 코팅(205)은 또한 발광할 수 있다.

[0095]

도 19a는 자냉식 광원(206)과 광학(207)을 묘사한 것이다. 광학(207)은 반사적이고, 투명하고, 반투명 또는 불투명할 수 있다. 장식 및 방향전환 수단 모두가 광학으로 사용될 수도 있다. 공지된 것으로서 포물선, 타원형, 비 이미징(non-imaging) 및 다른 광학 구성이 광학으로 사용될 수도 있다. 특히, 자냉식 광원(206)에 의해 방출되는 광의 실질적인 부분이 그것들의 최초 방향에 대해 직교하는 방향으로 방향 전환되는 광학(207) 위의 프리즘 표면 요소(prismatic surface elements)의 사용이 본 발명의 실시예들이다. 광학(207)은 광원(206)으로부터 하향하는 광의 일부를 방향 전환시킨다. 광학(207)은 글래스, 단결정, 중합체 또는 다른 투명/반투명 물질들로 이루어질 수 있지만 이에 제한되지는 않는다. 칼라를 가진 투명/반투명 물질들은 특정 장식 또는 기능적인 외관을 창출한다. 실례로 광원(206)은 장식 램프를 형성하기 위해 오렌지 글래스 공(glass glob) 내에 매립될 수도 있다. 열 흡수원에 대한 요구의 제거는 광학 디자인을 크게 단순화시키며 반사기와 광학 요소들의 보다 폭넓은 범위를 허용한다.

[0096]

대안으로, 도 19b는 광원(208)을 상하로 슬라이드(210)시키는 가동 반사기(209)를 묘사한 것이다. 이러한 접근법을 사용하여 하향하는 광의 퍼센티지가 확산 조명(diffuse lighting)의 양에 대해 조정될 수 있다. 다시 열 흡수원과 확장된 광원의 제거는 조명기구(light fixture)의 광학 설계를 크게 단순화시킨다.

[0097]

도 20은 단일 광원들의 원거리장 분포를 조정하는 방법을 묘사한 것이다. 도 20a에서, 원거리장 분포 강도 및 파장은 파장 변환 요소(211) 내로의 또는 그 위로의 LEDs(214, 216)를 위한 장착 방법에 의해 조정될 수 있다. LED(214)는 포켓 또는 함몰부가 파장 변환 요소(211)에 형성되는 매립 LED(214)를 묘사한 것이다. 이 매립 LED는 가이드되는 광선(218)에 대한 투과되는 광선(217)의 실질적으로 다른 비율을 가진 표면 장착 LED(216)에 대해 가이드되는 광선(213)에 대한 투과되는 광선(212)의 비율을 변경시킨다.

[0098]

도 20b에서 광학(220)은 광원(219)의 일 표면 이상에서 광을 추출한다. 이 경우, 광선(221)은 그 표면에 대해 실질적으로 직각으로 방향 전환되고, 광원(219)의 다른 표면들로부터 방출되는 광선들과 혼합된다. 광학(220)은 프리즘, 렌즈, 포물선, 타원형, 비구면, 또는 자유롭게 형성된 형상으로 될 수 있다.

[0099]

도 20c는 이전에 개시된 에지 터닝 요소들(224)과 함께 매립 폐쇄부(occlusions)(226) 내의 매립 LEDs(225)를 묘사한 것이다. 광선(227, 223)은 실질적으로 파장 변환 요소(222)에서 직각으로 향해질 수 있다.

[0100]

도 21a는 접착층(229)을 사용하는 함몰부 또는 포켓부들(228)과 전기 인터커넥트 층(231)과 보호 유전체 층(232)을 포함하는 파장 변환 요소 내에 접착된 LED 다이(230)를 묘사한 것이다. 실례로, 500 micron 두께의 Ce:YAG 단결정 웨이퍼는 횡측 LED 다이(230)가 놓여지고 폴리실라잔을 사용하여 접착되는 포켓을 갖도록 레이저 드릴 가공된다. 폴리실라잔은 적어도 부분적으로 처리된다. 폴리실라잔은 횡측 LED 다이(230)의 금속 접촉 패드들 외의 모든 것을 덮기 위해 잉크젯 프rinting 기술을 사용하여 더 코팅된다. 횡측 LED 다이(230)의 노출된 금속 접촉 패드들이 전기 인터커넥트 층(231)을 통해 전기적으로 상호 연결되도록 전도성 잉크가 잉크젯, 스크린 프rinting, 탐포(tampo), 또는 리소그래픽 수단을 통해, 그러나 이에 제한되지 않고 프rinting된다. 나노 실버, 실버 페이스트, 그리고 다른 고 반사성 프rint 가능 전기 전도성 잉크, 페이스트 또는 코팅이 바람직한 전도성 잉크이다. 보호 유전체 층(232)은 잉크젯, 스핀 코팅, 딥(dip) 코팅, 슬롯(slot) 코팅, 롤(roll) 코팅 및 증발 코팅 수단을 통해 적용되지만, 이에 제한되지 않는다.



- [0101] 도 21b는 대부분의 광선이 효율적으로 웨이브 가이드에 결합되지 않는 웨이브 가이드(234)의 표면에 장착되는 LED(233)를 묘사한 것이다. 도 21c는 웨이브 가이드(236) 내의 포켓 내에 있는 매립 LED(235)를 묘사한 것이다. 선택적이고 열적으로 웨이브 가이드(236) 내로의 더 많은 결합이 있다. 부가해서 매립 LED(235)의 사용은 도 21a에서 묘사한 것처럼 단순화된 인터커넥트를 허용한다. LED(233 또는 235)로부터의 스펙트럼의 적어도 일부를 변환시키기 위해 발광 인서트(237)가 더 사용될 수도 있다. 이 경우 저 비용의 물질이 각각 웨이브 가이드(234, 236)를 위해 사용될 수도 있다. 실례로, 매립 LED(235)와 실질적으로 동일 면적으로 0.2% 이상의 세륨 도핑 농도를 가진 50 micron 두께의 단결정 Ce:YAG 인서트가 압착 소결된 TPA 웨이브 가이드들 내에 삽입될 수 있다. 이 방식에서, 여전히 웨이브 가이드, 증가된 열 냉각 표면, 그리고 발광 인서트(237) 또는 LED(235)의 어느 것보다 더 큰 면적에 걸쳐 광을 확산하는 광학을 포함하지만 이에 제한되지 않는 열 전도성 요소의 이익을 실현하는 상태에서 발광 물질의 양은 최소로 될 수 있다. 세라믹, 다결정, 비결정질(amorphous), 합성물 및 발광 물질들의 압착된 분말이 발광 인서트(237)을 위해 사용될 수도 있다. 1 W/mK 이상의 열 전도율을 가진 웨이브 가이드(236)가 발광 인서트(237)와 함께 작업할 수 있다. LED(235)는 적어도 하나의 발광 인서트(237)를 가진, 1 W/mK 이상의 열 전도율을 가진 웨이브 가이드(236) 내에서 InGaN, AlGaN, 및/또는 AlInGaP 기반의 LED인 하나 이상의 LED로 이루어진다.
- [0102] 도 22는 종래기술의 고체 광원이다. 종래의 LED 광원은 인쇄 회로와 LED(2220)을 위한 접착 패드들이 장착된 기판(2210)을 조합한다. 이 LED는 형광체(2230)로 코팅되고, 투명한 밀봉재 또는 접착제(2240)로 밀봉된다. 이들 요소(2210, 2220, 2230, 2240)는 전형적으로 LED 패키지로 불린다. 이 패키지는 LED(2220)에 의해 발생하는 열을 확산시키고 발산시키는 열 흡수원(heat sink)(2250)에 장착된다. 미국 에너지부(DOE)는 LED 조명의 비용의 70%는 열 흡수원(30%)과 패키지(40%)에 기인한다고 추정한다. 광원을 완성시키기 위해 렌즈(2260)가 LED 위에 장착되고, 디퓨저(2270)가 광원으로부터 방사하는 광의 더 균일한 분포를 얻기 위해 추가된다. 이 모든 구성요소는 무게, 크기, 비용 및 LED 광원에 대한 복잡성을 추가한다.
- [0103] (공동으로 양도되고 본 발명에서 참고로 조합된) 미국 공개 특허 출원 20130099264에 있어서, 이 구성요소들의 많은 것을 제거하기 위한 수단은 디퓨저와 열 흡수원과 패키지를 하나의 구성요소로 결합함에 의한 것이다. 도 23a의 LED(2310)는 열 흡수원과 광 방출 디퓨저로서 작용하는 광 투과 열 전도성 반투명 요소(2320)에 장착된다.
- [0104] 도 23b에 나타난 바와 같이, 열 전도성 반투명 요소(2320)는 또한 LED(2332)를 다른 다수의 LEDs(2334, 2336)와, 그리고 전기 리드들(leads) 또는 커넥터들(2340)과 상호 연결시키기 위해 인쇄 회로(2330)을 포함하며, 따라서 그것은 외부 전원(미도시)과 연결될 수 있다. 미국 공개 특허 출원 20130099264에서는 LED(s)로부터의 광이 열 전도성 반투명 요소들 내에서 결합함으로써 어떻게 광이 그 요소들 내에서 가이드되고 나서 추출되는지를 보여준다. 본 발명의 일 실시예는 미국 공개 특허 출원 20130099264에서 기술된 기본 견해를 실행하기 위해 보다 낮은 비용의 물질들이 이용될 수 있는 방법을 보여준다.
- [0105] 여기서 구체화된 광원에 대해, 부분 투사 열 전도성 요소들에 대해 더 많은 표면적을 이용하는 두 가지의 강요적인 이유가 있다. 냉각의 방법은 자연 대류 및 복사이다. 이 두 냉각 수단에 대해 냉각율은 주위로 노출된 표면적에 직접 비례한다. 그러므로, 주위로 더 많은 표면적이 노출될수록 열 발산율은 더 높아진다. 부가해서 광속 밀도는 광원이 그들 또는 조명에 (사람의 눈에 대해) 가려지거나 가려지지 않는 몇 개의 적용에서 바람직할 수 있는 더 높은 표면적과 함께 감소된다. 더 큰 표면적을 수용하는 것은 더 많은 열 전도성 반투명 물질을 요구하는 것이다. 경제적으로 종래의 백열등을 완성시키기 위해 광원은 이 물질들의 비용이 가능한 낮게 되는 것을 요구한다.
- [0106] 광학적으로 투과시키는 것보다 광학적으로 더 반사시키는 덜 비싼 열 전도성 반투명 물질들이 광 재순환 캐비티 내에 형성됨으로써 이용될 수도 있다는 것이 밝혀졌다. 사실, 광 재순환 캐비티 내에 형성될 때, 50% 이상의 반사율(50% 미만의 투과율)을 가진 물질들은 이 폐쇄된 캐비티 내에 둘러싸인, LEDs에 의해 방출되는 광의 50% 이상을 추출할 수 있다는 것이 밝혀졌다. 그러므로, 본 자냉식 광원의 광 재순환 캐비티가 이 캐비티를 형성하는 광 투과 열 전도성 요소의 광 투과율을 넘는 광 추출 효율을 가지는 것이 본 발명의 실시예이다.
- [0107] 그 표면에 장착된 LED(2410) 또는 다수의 LEDs를 가진, 도 24a의 반투명 (선택적 투과 및 반사) 광 투과 열 전도성 요소(2420)(예컨대, 알루미늄( $Al_2O_3$ ), TPA, BeO, AlN, BN, 그리고 다른 열 전도성 세라믹, 비결정질, 합성물, 다결정, 지향성 다결정(oriented polycrystalline), 또는 사용되는 광 파장에 대해 저 흡수 손실을 드러내는 단결정 물질)는 적어도 하나의 광 방출 다이오드(2420)에 의해 방출되는 광의 대부분을 다시 광 투과 열 전도성 물질(요소)(2420)로, 그리고 이를 통해 방향 전환시키기 위해 반사 엔클로저(reflective

enclosure)(2424)를 형성하는 광 반사기와 결합된다. 저 프로파일(profile) 광원을 만들기 위해, 또한 물질을 최소화하기 위해 재순환 캐비티의 두께(2442)는 가능한 얇게 되는 것이 유리하다. 전술된 많은 반투명 물질은 동시에 입사광에 대해 반사적이고 투명하며 산란적이다. 여기서 사용된 것과 같은 반투명은 광을 반사시키고 투과시키고 산란시키며 가이드할 수 있는 물질(광은 이 물질 내에서 상당한 거리를 이동할 수 있다)을 언급한 것이다. 아래에 기술된 바와 같이 광 투과 열 전도성 요소를 만드는 대안의 방법으로서 웨이브 가이드 없이 교대로 반사시키고 투과시키거나 산란시킬 수 있는 몇 개의 물질(예컨대 금속들)이 있다. LED(2410)는 다이렉트 다이 어태치 LED, 수직 LEDs, 횡측 LEDs, 파장 변환층 또는 요소를 갖고 없는 패키지들 내의 LED 패키지 및/또는 LEDs의 어레이(arrays)로 될 수 있다. 광 투과 열 전도성 요소(2420)를 위한 고온 물질들의 사용은 LED(2410)가 납땜되고, 접착적으로 본딩되고, 용접되고, 또는 전기적이고 물리적으로 달리 부착되게 한다. 부분 반사 및 부분 열 투과 열 전도성 요소(2420)의 고온 속성(nature)은 또한 850℃를 넘는 온도에 이르는 열 전도성 요소(2420)의 표면에 전기 인터커넥트 회로의 형성을 허용한다.

[0108]

광 반사기(2424)는 금속, 알루미늄, 향상된 반사성 알루미늄 또는 금속, 플라스틱, 은 코팅 플라스틱, 백색 플라스틱, 세라믹, 글래스, 페인트된 표면, 황산 바륨 코팅된 표면, 확장 테프론 또는 저 흡수 중합체, 고 반사성을 드러내는 합성물질, 충전된 중합체로 될 수 있고, 그리고 반사 또는 확산 반사기, 또는 양자의 조합으로 될 수도 있다. 광 반사기(2424)는 또한 광 및 열 모두를 반사시키는 것이 향상될 수도 있다. 일반적으로, 이 장치에서 발생하는 광 및 열 모두는 실질적으로 광 투과 열 전도성 요소(2420)를 통해 투과된다. 광원 내에서 발생하는 열의 대부분은 광 투과 열 전도성 요소(2420)의 외측 표면을 통해, 그리고 그 표면으로 발산되기 때문에, 열 전도성은 광 투과 열 전도성 요소(2420) 보다 광 반사기(2424)에 대해 더 낮을 수도 있다. 이를 테면, White Optics™ 중합체(polymers)와 같은 열 단열 물질들이 대략 0.1 W/mK의 낮은 열 전도율을 가진 광 반사기(2424)를 위해 사용될 수 있다. 본 발명의 추가 실시예는 부분 광 반사 및 부분 광 투과하는 광 반사기(2424)이다. 그 경우, 반사 및 광 투과 열 전도성 요소가 광 반사기(2424)를 위해 사용될 수도 있다. 이것은 아래(예컨대 도 25)에서 더 상세하게 설명된다.

[0109]

반사 향상된 코팅들을 갖고 100 W/mK 이상의 열 전도율을 가진 알루미늄으로 되는 Alanod™ Miro 제품들이 또한 도 24a에서 광 반사기(2424)를 위해 사용될 수도 있다. 이 경우, 발생한 열의 일부는 광 반사기(2424)를 통해 발산되거나 광원의 외부 설치면으로 전달될 수 있다. 광 반사기(2424)는 또한 광원이 부착되는 열 민감 표면들을 보호하기 위한 열 배리어로서 사용될 수도 있다. 이와 같이, 광 반사기(2424)의 외면에 열 배리어 코팅(2445, 2446)을 사용하는 것이 또한 본 발명의 실시예이다. 기술된 바와 같이, 그리고 일반적으로 본 발명의 실시예는 적어도 하나의 발광 다이오드(LED)(2410)가 광 투과 열 전도성 요소(2420)의 적어도 일부에 장착되고 적어도 하나의 발광 다이오드(LED)(2410)에 의해 방출되는 광을 다시 광 투과 열 전도성 요소(2420)으로, 그리고 이를 통해 재순환시키는 광 반사기(2424)와 함께 결합되는 자냉식 광원이다. 대안으로, 다수의 광 투과 열 전도성 요소가 더 큰 방출 면적의 광원을 형성하기 위해 단일의 광 반사기와 결합될 수도 있다.

[0110]

LED(s)(2410)에 의해 방출되는 광은 광 반사기(2424)에 의해 반사되고 LED(2410)가 장착된 광 투과 열 전도성 요소(2420)에 입사된다. 광 투과 열 전도성 요소(2420)에 입사된 광의 일부는 광 투과 열 전도성 요소(2420)의 출력 표면에서 투과되고 산란되며 방출된다. 광 투과 열 전도성 및 선택적 반투과 요소(2420)의 반사율에 기인하여, 광의 일부는 광 반사기(2424)와 광 투과 열 전도성 요소(2424)에 의해 형성된 캐비티 내로 다시 반사된다. 저 반사성 고 투과성 물질들(예컨대 TPA, 스피넬, 사파이어 등)이 본 발명을 실행하기 위해 사용될 수 있는 반면에, 여전히 높은 출력 효율을 수행하는 상태에서 고 반사성 (저 투과성) 요소들이 사용될 수도 있다.

[0111]

LED(2410)는 인쇄 인터커넥트 패드(2422)를 통해 반사 반투과 열 전도성 요소(2420)에 장착된다. 인쇄 인터커넥트 패드(2422)는 열 전도성 반투명 요소 위에 스크린 인쇄되거나 잉크젯 인쇄될 수 있는 전기 도전성 트레이스(trace)(금, 은, 동, ITO 등)이다.

[0112]

적어도 하나의 반사 및 광 투과 열 전도성 요소(2420)에 장착되는 적어도 하나의 광 반사기(2424)는 그것에 입사하는 광의 반사 또는 확산 반사기로 될 수 있고, 실질적으로 LED(2410)의 강 방출면(들)(2447)을 향하는 >95%의 매우 높은 반사성 표면과, 광 투과 열 전도성 요소(2420)의 내측을 향하는 표면(들)(2431)과 광 반사기(2424) 사이에 형성된 재순환 캐비티의 내부를 가지는 한 어떠한 물질로부터도 만들어질 수 있다. 다시, 적어도 하나의 LED(2410)로부터의 대부분의 열이 광 투과 열 전도성 요소(2420)의 광 및 열 방출면(2440)을 통해 발산되기 때문에 광 반사기(2424)는 열 반사적으로 될 필요는 없다. 그러므로 광 반사기(2424)는 금속, 알루미늄, 플라스틱, 세라믹 등을 포함하는 무수한 다른 물질로부터 만들어질 수 있다. 광 반사기(2424)는 85% 이상의 반

사율을 가지는 것이 바람직할 수 있다. 광 반사기(2424)는 90% 이상의 반사율을 가지는 것이 바람직하다. 그리고 광 반사기(2424)는 95% 이상의 반사율을 가지는 것이 가장 바람직하다. 열이 광 투과 열 반사성 요소(2420)를 통해 주위로 방향 전환되도록, 반사율은 가시 파장 범위로, 또는 더 바람직하게 또한 적외선 범위를 포함하도록 제한될 수 있다.

[0113]

LED(2410)는 그 광 방출면(들)(2447)이 광 반사기(2424)와 대향하거나 또는 실질적으로 광 반사기를 향하는 방향이 되도록 광 투과 열 전도성 요소(2420)에 장착된다. 이것은 LED(2410)가 LED(2410)로부터 반사 및 광 투과 열 전도성 요소(2420)로의 낮은 열 임피던스(low thermal impedance)를 제공하는 광 투과 열 전도성 요소(2420) 위의 금속 패드(2422)와 금속 접촉을 갖도록 허용한다. 반사 및 광 투과 열 전도성 요소(2420)의 외측의 냉각/광 방출면(2440)이 LED(2410)에 의해 발생하는 열을 둘러싸는 주위의 환경으로 발산할 수 있도록 반사 및 광 투과 열 전도성 요소(2420)의 열 전도성은 횡측으로 열을 발산시키는 것이 중요하다. 이에 의해 반사 및 광 투과 열 전도성 요소(2420)의 외측면(2440)은 광원의 최초의 방열면 및 냉각면이 된다. LED(2410) 상의 금속 접촉부들은 납땜, 열압축, 전도성 접착제 등을 통해 반사 및 광 투과 열 전도성 요소(2420)에서 금속 패드들(2422)들에 접촉될 수 있다. 이 접촉부들과 패드들은 (이전에 도 23에서 묘사된 것과 같이) 반사 및 광 투과 열 전도성 요소(2420)에서 인터커넥트를 통해 LEDs에 전기 접촉을 제공할 수 있다. LED(2410)에 의해 방출되는 광은 광 반사기(2424)의 내면에서 반사(2432)되고 나서 반사 및 투과 열 전도성 요소(2420)의 내면(2431)에 충돌하는 샘플 광선(2430)으로 묘사된다. 만일 반사 및 광 투과 열 전도성 요소(2420)가 투과하는 것보다 더 반사한다면, 입사하는 광의 오직 작은 부분만이 열 전도성 반투과 요소(2420)를 통해 투과하고 산란(2433)되며 이로부터 방출(2434)된다. 만일 상기 광 투과 열 전도성 요소가 매우 반사적이라면, 광의 많은 부분이 투과되지 않고 다시 광 반사기(2424)로 반사(2435)되고 다시 광 투과 열 전도성 요소(2420)로 재 반사(2436)된다. 여기서 다시 광(2438)의 또다른 작은 파편이 광 투과 열 전도성 요소(2420)를 통해 투과하고, 다시 더 많은 부분이 다시 광 반사기(2424)로 반사(2439)된다. 이러한 과정은 대부분의 광이 광 투과 열 전도성 요소(2420)의 외측/광방출면(2440)을 통해, 그리고 그것에서 투과될 때까지 계속된다. 그러므로 외측면(2440)은 광 방출면이 되고 (전술된 바와 같이) 동시에 광원을 위한 최초의 광 방출(예컨대 냉각) 면이 된다. 광 투과 열 전도성 요소(2420)의 표면에 장착된 LED(2410) 또는 다수의 LEDs는 부분 광 반사기 및 부분 광 투과기로 작용하는 반사기(2424) 및 광 투과 열 전도성 요소(2420)에 의해 둘러싸인다. 광 투과 열 전도성 요소(2420)가 더 많이 반사할수록(덜 투과할수록) 주어진 균일성을 발생시키기 위해 단위 면적당 요구되는 LEDs(2410)의 수를 감소시키는, 균일성을 향상시키는 재순환 캐비티 내에서 광선들을 더 많이 혼합시키고 광 경로 길이를 더 길게 한다. LED(2410) 또는 다수의 LEDs에 의해 방출되는 광은 반사 및 광 투과 열 전도성 요소(2420)로, 그리고 이것을 통해 반사되고 재순환된다. 광의 많은 반사와 재순환에 기인하여, 광원의 출력 및 방출면을 가로지르는 매우 균일한 휘도 또는 명도를 제공하기 위해 반사기(2424)와 반사 및 광 투과 열 전도성 요소(2420) 사이에 오직 작은 거리 또는 갭(2442)만이 요구된다. 매우 낮은 프로파일(profile) (얇은) 광원을 창출하기 위해, 가장 바람직하게는 갭(2442)은 8 mm 미만이다. 더 바람직하게는 갭(2442)은 5 mm 미만이다. 이 균일성은 이렇게 형성된 광 재순환 캐비티 내에서의 큰 퍼센티지의 재순환에 기인한다. 반사 및 광 투과 열 전도성 요소(2420)를 위한 더 큰 반사 물질들을 이용함으로써 더 높은 균일성이 달성된다. 이를 테면, 반사 및 광 투과 열 전도성 요소(2420)를 위한 바람직한 물질들은 20% 미만의 선(in line) 광 투과율을 가진다. 이것은 일반적으로 불투명체로 간주되고 (종래의 비광 재순환 시스템에서) 방출 요소로서 사용하기에 적당하지 않은 것으로 간주될 수 있지만, 이 물질은 70%와 80%를 초과하는 전체적인 시스템 효율을 가진 본 발명의 광 재순환 시스템에 대해서는 매우 사용 가능하다. 그러므로 전술된 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시에는 광 재순환 캐비티(2405)의 일부로 기능하는 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소(2420);와, 광 재순환 캐비티(2405) 내에서 둘러싸이는, 광 방출(2430)을 위한 적어도 하나의 발광 다이오드(2410);를 포함하고, 상기 적어도 하나의 광 방출 열 전도성 요소(2420)는 또한 적어도 하나의 발광 다이오드(2410)를 위한 광 이미터(emitter)(2438) 및 냉각 요소로서 기능하는 자냉식 고체 광원(2403)이다. 상기 자냉식 광원은 상기 광 재순환 캐비티(2405)의 일부를 형성하고 상기 적어도 하나의 발광 다이오드(2410)로부터 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소(2420)로 광(2430)을 방향 전환시키는 적어도 하나의 광 반사기(2424);를 더 포함한다. 광 투과 열 전도성 요소(2420)는 아래 물질들 중의 적어도 하나로 이루어질 수 있다: 반사성 다공 금속들, 홀들의 어레이와 함께 층을 이루는 합성물질들, 알루미늄( $Al_2O_3$ ), TPA, BeO, AlN, BN, 그리고 다른 열 전도성 세라믹들, 비결정질, 합성물질들, 다결정, 지향성 다결정, 또는 발광 다이오드(2410) 또는 캐비티 내부에서 이용되는 파장 변환 요소(들)(예컨대 도 24b의 2468)로부터의 방출 파장에 대해 낮은 흡수 손실을 드러내는 단결정 물질들. 주요한 차이는 낮은 흡수율은 재순환 캐비티 내에서 사용되는 모든 요소들에 요구되는 것이며, 반사 및 광 투과 열 전도성 요소(2420)는 광이 결국 그것을 통해 투과 되도록 매우 낮은 흡수율 또는 알파(alpha)를 드러내야 한다는 것이다. 알파는 광원에 의해 방출되는 파장에 대해  $1\text{ cm}^{-1}$  미만인



되어야 한다. 색 보정은 파장 의존 산란 또는 흡수에 의해 실현될 수 있다. 도 24b는 재순환 캐비티 내에서 파장 변환 요소(2468)를 사용하는 일 실시예를 묘사한 것이다. 이 실시예에서 적어도 하나의 파장 변환 요소(2468)는 상기 적어도 하나의 발광 다이오드(2458)의 상기 발광면(2451)과 상기 광 투사 열 전도성 요소(2452) 사이에 개재된다. 나타낸 바와 같이, LED(2458)에 의해 방출된 광은 광 투사 열 전도성 요소(2452)에 다시 반사되고 입사되기 전에 상기 파장 변환 요소를 통과해야 한다. 본 실시예에서 LED(2458)의 발광면(2451)을 가리는 파장 변환 요소(2468)는 실질적으로 광 반사기(2450)과 대향하도록 위치된다. 광 투사 열 전도성 요소(2452)와 반사기(2450) 사이의 캐비티 갭(2454)을 최소화시키기 위해, 그리고 여전히 광 투사 열 전도성 요소(2452)의 외측 방출면(2453)으로부터의 균일한 광 방출을 생성시키기 위해 광 재순환 캐비티(2455) 내에서 광 재순환의 양을 증가시키는 것이 필요하다. 이 경우, LED(2458)는 파장 변환 요소(2468)로 가려진다. 파장 변환 요소(2468)는 유기 또는 무기 바인더(binder) 내의 분말, 전에 개시된 것과 같은 무기 열 전도성 파장 변환 물질, 발광 박막 증착(deposition), 바인더 내의 광자 도트, 또는 유기 및 무기 바인더 내의 염료로 될 수도 있다. LED(2458)로부터의 광선(2456)은 파장 변환 요소(2468)를 통과하고, 그 광선의 적어도 일부는 방출된 광선(2456)이 더 넓은 스펙트럼을 갖도록 파장 변환 요소(2468)에 의해 더 긴 파장 범위로 전환된다. 방출된 광선(2456)은 반사된 광선(2459)이 도 24a에 개시된 바와 같이 일부가 반사되고 일부가 투과되는 반사 및 광 투과 열 전도성 요소(2452)로 방향 전환되도록 광 반사기(2450)에서 반사된다. 재순환 캐비티 내에서 수행되는 파장 변환은 재순환 캐비티의 외측에서와 비교되는 바와 같이 광 재순환 캐비티 내부에서 LED(2458)와 파장 변환 요소(2468)의 칼라 온도를 낮춘다는 것이 본 발명에 의해 밝혀졌다. 이것은 LED(2458)로부터 방출된 광선(2460)이 (첫 통과 시) 파장 변환 요소(2468)에 의해 오직 부분적으로 변환되고 나서 광 반사기(2450)에서 반사(2462)하고, 그리고 나서 다시 많은 더 짧은 파장이 더 긴 파장으로 변환되는 파장 변환 요소(2468)로 재순환하는 광에 기인한다. 이 광선(2464)은 이제 반사된 광선(2466)으로서 광 반사기(2450)에서 반사하는 더 높은 퍼센티지의 더 긴 파장을 가지며, 결국 반사 및 광 투과 열 전도성 요소(2452)를 통해 투과한다. 전형적으로, 칼라 온도는 재순환 캐비티 내부에서 파장 변환된 LEDs에 의해 방출된 광에 대해 더 외측 보다는 더 낮은 100° K 내지 300° K 이다.

[0114]

만일 LED 패키지(예컨대 광 출력면들에서 파장 변환 요소들과 함께 작은 세라믹 기판들 위에 장착된 LEDs)가 사용된다면, 작은 면적 패키지의 사용이 그림자(shadowing)와 다른 비균일성(non-uniformities)(광원이 오프 또는 온 될 때 보여지는)을 최소화하기 위해 바람직하다. 1 mm<sup>2</sup> 미만의 다이 크기를 가진 파장 변환 코팅들을 가진 다이렉트 어태치 LED 다이의 사용이 더 바람직하다. 대안으로, 만일 LED 패키지가 LED(2458)와 파장 변환 요소(2468)를 위해 사용된다면, 그림자와 흡수 손실을 최소화하기 위해 1 mm 미만의 높이와 함께 4 mm<sup>2</sup> 미만의 패키지 면적과 높은 반사 서브마운트(submounts)를 가지는 것이 가장 바람직하다. 이것은 또한 균일한 출력 휘도를 가진 매우 얇은 광원의 제작을 허용한다. 이러한 구성에서 대부분의 방사가 광 반사기(2450)를 향해 방출되도록 LED(2458)와 파장 변환 요소(2468)(또는 선택적으로 LED 패키지)가 장착된다는 것에 주목해야 한다. 칼라 보정된 파장 변환(형광체) 캡들과 함께 LED 패키지들(작은 세라믹 표면 장착 기판 상에 장착된 LEDs)의 사용은 본 발명의 광원의 단순한 어셈블리를 허용한다. 광 재순환 캐비티 내에서의 간접 조명 접근법은 매우 얇은 프로파일 구성(profile configuration)에서 열점(hotspots) 없는 매우 균일한 광원을 제공한다. 또한, 방출면과 냉각면이 동일(공동) 면이기 때문에, 덧붙여진 열 흡수원(heat sink)에 대한 요구가 제거된다. 일반적으로, 광 재순환 캐비티 내의 광의 일부가 파장 변환 요소(2468)에서 재충돌하도록 LED(2458)와 적어도 하나의 광 재순환 캐비티의 내부 사이에 개재된 파장 변환 요소(2468)의 사용이 본 발명의 실시예이다. 도 24c는 파장 변환 요소(2472, 2480)가 각각 광 반사기(2470) 내 또는 위에, 그리고/또는 선택적으로 광 투과 열 전도성 반투명 요소(2478) 위에 분포되는 또다른 실시예를 묘사한 것이다. 본 실시예에서 LED(2476)는 광 반사기(2470) 상의 파장 변환 요소(2472)에서 부분적으로 변환되고 반사되는 방출된 광선(2490)을 방출한다. 반사된 광선(2492)은 이전에 개시된 것처럼 반사 및 광 투과 열 전도성 요소(2478)에서 충돌한다. 재순환 캐비티의 두께(2474)는 이전에 논의된 바와 같이, 저 프로파일 광원(low profile light source)을 만들기 위해, 그리고 또한 물질을 최소화하기 위해 가능한 한 얇다. 대안으로, 방출된 광선(2488)은 광 반사기(2470)에서 반사되어 파장 변환 없이 광 투과 열 전도성 요소(2478)에 반사된 광선(2486)으로 될 수 있다. 또한 방출된 광선(2484)은 광 반사기(2470)에서 반사될 수 있고, 그리고 나서 반사된 광선(2482)이, 이전에 개시된 바와 같이 광선의 일부가 투과 또는 반사되는 파장 변환 요소(2480)에서 충돌한다. 파장 변환 요소(2472, 2480)의 이러한 배치는 이들이 LED(2476)에 장착된다면 이 파장 변환 요소들을 더 냉각된 상태로 유지시킬 것이다. 보여질 수 있는 바와 같이, 파장 변환 요소들의 상기의 배치의 다양한 조합이 가능하다.

[0115]

도 25a 및 25b에는 본 발명의 또다른 실시예가 나타나 있다. 6개의 얇은 반사/투과 열 전도성(선택적 반투과)

요소가 둘러싸인 광 재순환 캐비티(2520)를 형성한다(도 25b에서는 2575로서 표시됨). 이 반사/투과 열 전도성 요소들은 선택적으로 더 또는 가장 반사적(>50% 반사율)이거나 가장 투과적(>50% 투과율)일 수 있다. 일반적으로, 더 투과적인 요소들은 약간 더 높은 효율을 가질 것이다. 그러나, 매우 반사적인 요소들도 더 균일하고 덜 비싼 광원을 만드는 한편으로 높은 광 추출 효율을 달성할 수 있다는 것이 발견되었다. 추출은 광자들이 광 재순환 캐비티(2520)(또는 2575)의 내면들에 결합되기 때문에 발생한다. 정확하게 말하면, 광자들은 광 재순환 캐비티(2520)를 이루는 요소들의 표면에서 또는 벌크(bulk) 내에서 후방 산란되거나 투과한다. 이미징 또는 비이미징(non-imaging) 광학 시스템과는 같지 않게, 만일 광자들이 순수하게 반사되거나 산란된다면 그 시스템을 빠져나갈 또다른 기회를 가지는 양자들의 고유의 능력 때문에 산란도 반사도 재순환 광학 시스템 내에서 광 손실(optical losses)을 발생시키지 않는다. 재순환 광학 시스템(recycling optical systems)에서 광 흡수(optical absorption)의 존재는 추출 효율에서 손실을 주는 주요한 배포자(main distributor)이다. 본 발명에 개시된 바와 같은 재순환 광학 시스템을 창출하기 위해, 광 재순환 캐비티(2520)를 구성하는 요소들과 광 재순환 캐비티(2520) 내의 요소들은 낮은 광 흡수를 가져야 한다. 그러므로 추출 효율은 광 재순환 캐비티(2520)로부터 둘러싸는 주위 환경으로 어디서든지 빠져나가는, 적어도 하나의 LED(2530)에 의해 방출되는 광의 퍼센티지로 정의된다. 높은 추출 효율은 광 재순환 캐비티(2520)를 빠져나가는, 적어도 하나의 LED(2530)에 의해 방출되는 광의 30% 이상으로 정의된다. 본 개시에서, 광이 통과한다는 것은 광이 광 재순환 캐비티(2520)를 빠져나가서 둘러싸는 주위 환경으로 방출되는 의미로 일컬어진다. 다수의 반사 또는 산란 사건(scatter event)을 겪을 수 있지만, 결국 적어도 하나의 LED(2530)에 의해 방출되는 모든 광은 광 재순환 캐비티(2520)를 구성하는 요소들을 통과하거나 또는 광이 방출되거나 빠져나가는 동일 요소들에 의한 열로서 둘러싸는 주위 환경에 흡수되고 전달된다. 추출 수단은 저 광흡수 물질, 표면 특징(surface features), 인덱스 매칭 코팅(index matching coatings), 제어된 결정립 크기(crystal grain sizes)를 가진 저 광흡수 물질, 반사 요소, 그리고 반사/투과 (선택적 반투명) 열 전도성 요소(2510, 2512, 2514, 2516, 2570, 2560) 위에, 내에, 또는 가까이에서 부분적이고 관통하는 홀들을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. 입방체의 광 재순환 캐비티(2575)가 나타나 있지만, 그 요소 내부에 장착된 적어도 하나의 LED(2530)와 함께 중공의 구 또는 단일 피스의 중공의 엔클로저(enclosure)인 반사 광 투과 (선택적 반투명) 열 전도성 요소를 기반으로 광 재순환 캐비티를 형성하기 위해 단일 요소가 사용될 수 있다. 도 25a는 광 재순환 캐비티(2520)를 형성하는 4개의 반사/투과 (선택적 반투명) 열 전도성 요소(2510, 2512, 2514, 2516)를 나타낸 캐비티(2520)의 단면을 묘사한 것이다. 이들은 상부와 바닥의 반사 및 광 투과 (선택적 반투명) 열 전도성 요소(2560, 2570)를 묘사함으로써 더 완전하게 광 재순환 캐비티(2520)를 보여주는 도 25b에서 사시도로 더 나타나 있다. 도 25a를 다시 참조하면, 적어도 하나의 LED(2530)는 반사/투과 열 전도성 요소(2510, 2512, 2514, 2516)를 사용하여 형성된 캐비티의 적어도 하나의 표면(2515)에 장착된다. 적어도 하나의 LED(2530)는 도 25b에서 LEDs(2581, 2571)로 더 묘사된 바와 같이 광 재순환 캐비티(2520) 내에서 어디든지 장착될 수도 있다.

[0116] 이전의 실예(도 24)에서와 같이, 적어도 하나의 LED(2530)으로부터 나오는 광선(2517)은 인접한 반사/투과 열 전도성 요소들(2510)로부터 반사(2519)되고 투과(2512)된다. LED(s)(2530)가 장착되는 다른 반사/투과 열 전도성 요소들(2512, 2514, 2516)로 다시 반사되는 광은 입사광의 파편을 투과시키고 그것의 일부를 반사시킬 것이다. 이러한 과정은 광의 대부분이 반사/투과 열 전도성 요소들(2510, 2512, 2514, 2516)을 통해 투과될 때까지 반복된다. 다수의 반사에 기인하여, 광 투과 열 전도성 요소들의 외측 방출면들은 매우 균일한 휘도를 실현할 것이다. 이 광원의 전체적인 크기는 소정의 광 출력에 의해 결정된다.

[0117] 캐비티 내의 LEDs에 의해 발생하는 열을 발산시키기 위해 충분한 표면적이 요구된다. 와트당 120 루멘의 고유의 와트당 루멘 효율을 가진 LED가 이용되고 광 재순환 캐비티의 효율이 70% 라고 가정하면, 이 광원은 와트당 84 루멘의 전체적인 효율을 가질 것이다.  $0.1 \text{ watt/cm}^2$ 의 대류 열전달 효율을 가정하면, 1000 루멘의 광원은  $120 \text{ cm}^2$  또는  $18.6 \text{ in}^2$ 의 표면적을 요구할 것이다. 이것은 측면당 1.75 인치 크기의 비교적 작은 큐브(cube)로 실현될 수 있다. 대류 열전달 효율은 뜨거운 표면들과 주위 사이의 온도차에 직접 비례한다. 그러므로, 더 높은 표면 온도가 더 작은 광원 크기를 만들기 위해 사용될 수 있다.

[0118] 복사 냉각은 발광 표면 온도의 4제곱(the fourth power)과 주위 온도의 4제곱 사이의 차이에 비례한다. 그러므로, 더 높은 표면 온도를 가지면 광원의 냉각율을 증가시키는데 매우 유리하다. 본 발명의 방법에 의해, LEDs는 요소(들)의 방출면의 맞은편에 직접 장착된다. 이것은 LED 온도가 광원의 방출면 온도에 가깝게 유지되도록 LED p-n 접합(junction)에 대한 매우 낮은 열 저항을 가진 방출면으로 귀결된다. 이것은 방출면 온도를 최대화시키고, 그러므로 광원의 복사 및 대류 냉각을 최대화시킨다.

- [0119] 일반적으로, LEDs(2530)의 효율을 향상시킬 뿐만 아니라 전체적인 신뢰성을 향상시키기 위해 보다 큰 체적(그것의 연관된 더 높은 표면적과 함께)이 바람직하다. 방출면과 냉각면들은 본 실시예에서는 기본적으로 동일한 면들이기 때문에, 어떠한 덧붙여진 열 흡수원도 요구되지 않는다. 부가적인 열 흡수원에 대한 요구를 제거하는 능력 뿐만 아니라 드라이브 일렉트로닉스 모듈(2540)로부터 LEDs(2530)에 의해 발생하는 열을 열적으로 격리시키는 능력은 또한 본 발명의 실시예이다.
- [0120] 드라이브 일렉트로닉스와 인터커넥트 와이어와 관련된 고체 광원 제품의 많은 실패와 결과가 있었다. 이 실패들은 주로 LEDs(2530)과 드라이브 일렉트로닉스 모듈(2540)에 의한 공유된 열 흡수원의 사용에 의해 야기된다. 본 발명에서 개시된 실시예들은 드라이브 일렉트로닉스와 광원의 완전한 열 격리를 할 수 있다. 이를 테면, 드라이브 일렉트로닉스 모듈(2540)과 광 재순환 캐비티(2520) 광원(여기에 기술된 것과 같은)으로 이루어진 AC 광구(light bulb)가 개시되는데, 드라이브 일렉트로닉스 모듈(2540) 내에서 발생하는 열과 재순환 캐비티(2520) 내에서 발생하는 열은 열적 분리 수단을 사용하여 냉각된다. 드라이브 일렉트로닉스 모듈은 인터커넥트(2507)를 통해 원격으로 연결될 수 있기 때문에, LEDs와 드라이브 일렉트로닉스 사이에는 최소의 열전달이 있다.
- [0121] 선택적 고 투과 (저 반사) 물질(예컨대, 사파이어, 스피넬, TPA 등)이 여기서 개시된 발광 재순환 캐비티를 형성하기 위해 사용될 수도 있는 반면에, 저 비용 고 반사성 물질들도 또한 사용될 수도 있다. 여기서 사용된 것과 같은 캐비티(예컨대, 광 재순환 캐비티)는 완전히 폐쇄되거나 거의 폐쇄되는, 거의 중공의 엔클로저(enclosure)이다. 실례로, 재순환 캐비티(2520)는 ~84%의 반사율(예컨대, 거의 16%의 선(in line) 반사율)을 가진 96% 알루미늄의 6개의 얇은(0.5 mm) 시트를 사용하여 형성될 수 있다. 이러한 경우, 도 25에서 묘사된 LEDs(2530)는 그 광 방출면에 색 보정(color corrected) 파장 변환 요소(2531)를 가진 1.6 mm x 1.6 mm x 0.7 mm의 LED 패키지들(2530)이며, 3000° K의 출력 칼라 온도를 가진다. 이것들은 캐비티 내에서 대향하는 알루미늄 요소들의 내측면들에 장착된다. 그러나, 일단 이 캐비티가 캐비티 내부에서 파장 종속적인 산란에 기인하여 형성되면, 칼라 온도는 대략 300° K 내지 2700° K 까지 감소된다. 더 짧은 블루 및 그린 파장은 재순환 캐비티(2520) 내에서 더 많이 산란되어 그들의 광 경로 길이를 증가시킨다.
- [0122] 대안으로, 파장 변환 수단이 LEDs(2530)의 방출면들에 대해 가려지는 백색 광원을 만들기 위해 다이렉트 어태치 LED 다이(2530)가 사용될 수 있다. 이것은 실리콘 또는 에폭시와 같은 투명한 접착제 코팅과 함께 LED(2530) 위에 코팅된 형광체 캡, 세라믹 형광체 칩 또는 형광체가 될 수 있다. 대안으로, 파장 변환 물질들은 재순환 캐비티(2530) 내에서 다른 표면으로 분산되거나 그 표면에 적용될 수 있다. 이러한 접근법을 사용하면, 칼라 온도는 넓은 범위의 칼라들(예컨대, 모의(simulating) 촛불)을 형성하도록 변화될 수 있다. 고 광 투과율을 가진 물질들(TPA, 스피넬, 사파이어 등)이 광 투과 열 전도성 요소로서 사용될 수도 있지만, 이 물질들은 비교적 비싸다. 저 비용의 세라믹은 더 불투명한 경향이 있고 저 광 투과율과 고 반사율을 가진다.
- [0123] 그러나, 본 발명의 실행에 의해 높은 네트(net) 광 추출 효율이 이 물질들로 실현될 수도 있다는 것이 밝혀졌다. 이 더 반사적인(84%) 물질들을 사용하면, LEDs(2530)로부터 방출되고 선택적으로 파장이 변환되는 광은 광 재순환 캐비티(2530)의 양 측면에서 충돌하고 16%는 이 특별한 요소의 외측 표면에서 방출될 것이다. 그러나, 투과되지 않은 광(84%)은 캐비티의 반대 및 다른 측면들로 다시 반사되고, ~13.4%(84% 반사된 광의 16%)는 재순환 캐비티(2520)의 다른 표면들을 통해 투과하고 방출된다. 각 반사에 대해 이러한 감소하는 사이클은 LED(s)(2530)에 의해 방출되는 원래의 광의 매우 높은 퍼센티지가 백색 반사 (거의 불투명) 알루미늄을 통과하고 광원에 의해 방출될 때까지 계속된다. 현저하게, 80% 이상의 추출 효율이 선 투과율(line transmittance)에서 17% 미만을 가진 알루미늄( $Al_2O_3$ ) 요소들에 의해 실현되었다. 이러한 효율은 주어진 전압 및 전류에서 LED(s)(2530) 자체의 원시 루멘 출력(raw lumen output)을 측정하고 나서 동일 전압과 전류에서 구동되는 LED(s)(2530)(폐쇄된 캐비티 내에서 둘러싸인)를 가진 광 재순환 캐비티(2520)로부터 출력을 측정함으로써 측정된다.
- [0124] 전술한 바와 같이, 그리고 일반적으로 본 발명의 바람직한 실시예는 적어도 하나의 발광 다이오드(LED)(2530)와, LED(2530)가 장착되는 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소(2514)를 포함하고, 광 투과 열 전도성 요소(2514)는 LED(2530)로부터의 대부분의 열이 발산되는 열 방출면(2509)을 가진 자냉식 광원이다. 이상적으로, 광원(2505)은 LED(2530)에 의해 방출되는 광을 방향 전환시켜서 열 방출면(2509)을 통해 광 투과 열 전도성 요소를 통과하여 이로부터 빠져나가도록 구성된다. 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소(2514)는 또한 광 반사기로서 기능한다. 이에 의해 그것에 입사된 광의 일부를 반사시키고, 그 반사된 광은 광 재순환 캐비티를 형성하는 다른 광 투과 열 전도성 요소들(2510, 2512, 2516)에 의해 반사되고 투과된다. 다수의 광 투과 열 전도성 요소(2510, 2512, 2514, 2516)는 상기 적어도 하나의 발광 다이오드(2530)에 의해 방출된 광



(2587)이 상기 광 투과 열 전도성 요소들(2510, 2512, 2514, 2516)로 다시 와서 그것들을 통해 방향 전환하도록 기능한다. 도 25a에는 이 다수의 요소(2510, 2512, 2514, 2516)에 의해 형성된 캐비티의 단면이 묘사되어 있다. 다수의 요소(2510, 2512, 2514, 2516, 2560, 2570)에 의해 형성되어 이에 의해 완전하게 폐쇄된 엔클로저(enclosure)를 생성시키는 완전한 광 재순환 캐비티(2575)는 도 25b에 나타나 있다. 상기에 기술된 바와 같이, 광 재순환 폐쇄 캐비티 엔클로저 내에 형성될 때 50% 미만의 광 투과율을 가진 광 투과 열 전도성 요소들을 이용한 상태에서 50%를 넘는 광 추출 효율이 실현될 수 있다. 그러므로 광 재순환 캐비티(2575)는 이 광 재순환 캐비티를 형성하는 다수의 광 투과 열 전도성 요소(2510, 2512, 2514, 2516, 2560, 2570)의 광 투과율을 넘는 광 추출 효율을 가지며 본 발명의 실시예이다. 50% 이상의, 더 바람직하게는 80% 이상의 반사율을 가진 광 반사 광 투과 열 전도성 요소들을 사용하는 능력은 자냉식 광원을 형성하기 위한 저 비용의 물질들의 사용을 허용한다. 그러므로 본 발명의 추가 실시예는 50% 이상의 반사율을 가진 다수의 열 전도성 광 투과 요소(2510, 2512, 2514, 2516, 2560, 2570)으로 이루어지는 자냉식 광원이며, 그러나 광 재순환 캐비티(2575)에서 둘러싸인 적어도 하나의 발광 다이오드(2571)에 의해 방출된 광의 50% 이상이 광 재순환 캐비티(2575)를 형성하는 다수의 광 투과 열 전도성 요소(2510, 2512, 2514, 2516, 2560, 2570)를 통해 추출된다. 다시 주요한 속성(key attribute)은 매우 긴 광 경로 길이가 광원의 전체적인 효율을 깎지 않고 가능하도록 재순환 캐비티(2520) 내에서 흡수 손실을 최소화하는 것이다. 나타나 있지는 않지만, 리드(leads), 핀(pins) 또는 무선 입력부를 구비하는 다른 인터커넥트 수단의 추가가 본 실시예에서 개시된다. 안테나, IR 레이저 통신, 그리고 센서를 포함하지만 이에 한정되지 않는 부가적인 기능도 또한 재순환 캐비티 광원(2520) 내에, 또는 그 위에 조합될 수 있다. 자냉식 광원은 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소(2510, 2512, 2514, 2516, 2560, 2570)와 광 방출을 위한 적어도 하나의 발광 다이오드(LED)(2530)를 더 포함할 수도 있으며, 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소(2510, 2512, 2514, 2516, 2560, 2570)는 적어도 하나의 발광 다이오드(2530)의 최초의 열 발산 수단으로 작용하며, 또한 적어도 하나의 발광 다이오드(2530)에 의해 방출된 광의 적어도 일부를 위한 광 추출 수단으로 작용한다. 대안으로, 자냉식 광원은 다수의 광 투과 열 전도성 요소를 더 포함할 수 있으며, 적어도 하나의 발광 다이오드(2530)는 다수의 광 투과 열 전도성 요소의 적어도 하나에 장착되고, 다수의 광 투과 열 전도성 요소는 다수의 광 투과 열 전도성 요소를 통해 적어도 하나의 발광 다이오드(2530)로부터 광을 추출하는데 있어서 높은 추출 효율을 가진 광 재순환 캐비티(2520)를 형성한다.

[0125] 광 재순환 캐비티들의 이점은 미국 특허 6,869,206과 미국 특허 6,960,872(이 두 특허는 공동으로 양도되고 본 발명 내에 참고로 병합됨)에 기재되었으며, 이들 특허에는 캐비티 내의 고 반사성 LEDs를 포함하는 고 반사성 캐비티를 가짐으로써 광 회도에서의 증가 또는 이득(gain)이 실현될 수 있다는 것이 나타나 있다. 본 실시예에서, 광 재순환은 고 효율 광원(전형적으로 불투명한 것으로 여겨지는 물질과 함께)을 창출하기 위해 사용될 뿐만 아니라, 다수의 반사와 고 수준의 산란이 균일한 밝기 소스를 창출한다. 다시, 재순환 캐비티(2520)에서 생성된 긴 광 경로 길이는 더 높은 균일성으로 이끈다.

[0126] 상기에 인용된 두 특허에서, 실현될 광 이득(optical gain)을 위해 LED 표면적은 캐비티의 출구 구멍 면적을 초과하는 것을 필요로 했다. 그 경우, LEDs는 전형적으로 캐비티를 이루는 물질들 보다 더 낮은 반사성을 갖지만 더 높은 표면적을 갖기 때문에, 이것은 캐비티의 효율을 낮춘다. 본 발명에서, 물리적인 출구 구멍은 없다. 사실상, 출구 구멍은 재순환 캐비티 광원(2520)의 전체의 외면이다.

[0127] 본 발명에서의 설계에 의해 캐비티를 구성하는 광 투과 열 전도성 요소들은 LEDs로부터의 열을 발산하기 위해 캐비티 내의 LEDs 보다 훨씬 더 큰 면적을 가진다. 상기 실예들에서, 균질의 물질들이 반사/투과 광 투과 열 전도성 요소들을 형성하기 위해 사용된다. 대안으로, 비균질의 반사/투과 열 전도성 요소들이 또한 사용될 수도 있다.

[0128] 실예로서, 대개 반사 광 투과 열 전도성 요소로서 작용하는 반사성 다공 금속 물질을 형성하기 위해 반사성 알루미늄이 홀들의 배열(an array of holes)과 함께 드릴 가공되고, 에칭되거나 이와는 다르게 다공으로 형성될 수도 있다. 반사성 알루미늄의 표면적의 50% 미만을 나타내는 총 면적을 가진 작은 홀들이 바람직하다. 광 투과(반사와 함께) 열 전도성 요소들(2510, 2512, 2514, 2516) 중의 적어도 하나를 형성하기 위해 상기 홀들의 면적은 상기 반사성 알루미늄(포일(foil)의 형태로 휘어질 수 있는)의 표면적의 20% 미만을 커버하는 것이 훨씬 더 바람직하다. 본 실시예에서 광 투과 열 전도성 요소(예컨대, 도 25의 2510, 2512, 2514, 2516 또는 도 24의 2420)는 반사성 다공 금속 물질이다. 선택적으로, 부가적인 산란 코팅들 또는 층들이 반사성 다공(다공성(porous)) 금속(예컨대 알루미늄) 요소의 일 측면 또는 양 측면에 추가될 수도 있다.

[0129] LEDs(2530)의 표면적은 재순환 캐비티(2520)의 전체적인 내부 표면적과 비교하여 작게 될 것이다. 광 재순환 캐비티(2520)를 구성하는 요소들의 외면은 재순환 캐비티(2520) 내부의 파장 변환 요소들에서의 스톱스 손실

(Stokes' losses)과 함께 LEDs(2530)에 의해 발생하는 열을 발산시키는 것이 요구되기 때문에 이것은 바람직하다. 세라믹 반투과 요소들에 대해, 물리적인 출구 구멍은 없다. 그러나, 캐비티의 측면들을 이루는 열 전도성 부분 반사 반투명 요소들(2510, 2512, 2514, 2516)을 통해 부분적으로 투과되는 광에 의해 재순환 캐비티(2520)를 통한 광 추출은 있다.

[0130]

언급된 바와 같이, 본 발명은 대안으로 균질(예컨대, 세라믹, 알루미늄 등) 및 비균질 물질들의 면들 또는 조합에 걸쳐 고르게 또는 고르지 않게(광을 패턴화시키기 위해) 분포된 미세 홀들과 함께 다공성으로 되었던 고 반사성 금속 측면들과 함께 실행될 수 있다. 광 투과 열 전도성 요소들(2510, 2512, 2514, 2516)로서 다공의 가요성 금속 포일에 기반한 설계는 넓은 면적 및 가요성의 광원들이 열 발산 발광 요소들로서 높은 열 전도성 금속을 사용하여 구조화되도록 허용한다. 예컨대 2560 및 2570의 어떤 측면도 부가적인 대류 냉각을 위한 공기 홀들을 갖거나 갖지 않은 방출면 또는 비 방출면이 될 수 있다. 유일한 요구는 그들은 그 내측면들에서 매우 반사적(>90%)이 되어야 한다는 것이다. 다공의 가요성 금속 포일들은 선택적으로 기류를 재순환 캐비티(2520)내로, 그리고 그로부터 허용하거나 허용하지 않도록 만들어질 수도 있다.

[0131]

일반적으로, 광 재순환 캐비티(2520)는 LEDs(2530)로부터의 광이 더 큰 면적에 걸쳐 발산되도록, 그리고 광 재순환 캐비티(2520) 내에서 파장 변환 요소들과 상호 작용할 다수의 기회를 갖도록 허용한다. 또한 산란은 더 긴 파장 보다 더 강하게 산란되는 더 짧은 파장에 대해 파장 종속적이라는 것을 주목해야 한다. 그 결과로, 파장 변화층들을 포함하는 LED 패키지는 광 재순환 캐비티(2520) 외측에서 측정된 것과 같은 LED 패키지와 비교하여 광 재순환 캐비티 내에 내장될 때 상당히 더 낮은 칼라 온도를 가진 광원을 창출한다. 이것은 광 투과 열 전도성 요소들을 통해 더 짧은 파장(UV 및 블루)과 비교하여 파장 변환층으로의 더 짧은 파장의 증가된 재순환에 기인하는 것 뿐만 아니라 더 긴 파장(그린, 옐로우, 레드, 적외선)의 약간 더 높은 방출 효율에 기인한다. 이 두 효과에 근거해서 칼라 온도는 광 재순환 캐비티를 사용하여 수백도의 켈빈(Kelvin)까지 저감시킬 수 있다. 비균질적인 접근법을 위해, 반사 표면(specular surfaces)이 이러한 파장 의존성을 줄이기 위해 사용될 수 있다. 그러므로, 본 발명의 실시예는 재순환이 더 짧은 파장 여기(excitation)(UV 및 블루)와 파장 변환층 사이에서 다수의 상호작용을 허용하기 때문에 요구되는 파장 변환 물질의 양을 최소화한 상태에서 여기에 기술된 바와 같은 광 재순환 캐비티들이 더 낮은 칼라 온도 소스들을 허용하는 것이다.

[0132]

일반적으로, 저 광흡수 플라스틱(불소 중합체, 폴리실록산, 폴리실잔, 할로젠화 중합체, 비할로젠화 중합체, 폴리카보네이트, 아크릴, 그리고 저 광흡수 유기물을 포함하는 무기/유기 합성물)이 바람직하다. 저 흡수 강 산란 고분자 필름의 실예는 WhiteOptic™ 이다. 이 필름은 저흡수 손실과 백색 바디 칼라를 드러내는 한편, 그것은 또한 매우 낮은 열 전도성을 가진다. 이러한 물질은 LED를 냉각시키기 위해 사용되지 않는 재순환 캐비티의 일부에 대해 사용될 수 있는 한편, 1 W/mK 보다 높은 열 전도율을 가진 물질들이 본 발명에서 개시된 열 전도성 반투과 물질들을 위해 바람직하다. 본 발명의 바람직한 실시예는 다수의 광 투과 열 전도성 요소가 백색 바디 칼라를 가진 자냉식 광원이다.

[0133]

일반적으로, 모두 충전되지 않은 유기 물질들은 저 열 전도율(1 W/mK 미만, 그리고 전형적으로 0.1 W/mK 미만)을 드러내며, 재순환 캐비티 내의 LEDs에서 발생하는 열을 발산시키기 위해 효과적으로 사용될 수 없다. 이론적으로 그와 같은 낮은 수준에서 LEDs를 작동시킬 수 있고 재순환 캐비티 내에서 수백 개의 LEDs를 사용할 수 있으며 더 낮은 열 전도성 물질들을 사용할 수 있지만, 그 비용은 엄두도 못 낼 정도로 비싸다. 거의 모든 고체 광원에서 LEDs 자체는 전형적으로 전체적인 비용의 50% 내지 80%를 나타낸다. 본 발명의 의도는 여전히 부가적인 열 흡수 수단을 요구하지 않은 상태에서 LEDs의 최소의 수를 허용할 수 있는 물질들을 개시하는 것이다. 실험적인 결과에 근거하여, 광 투과 열 전도성 요소들에 대해 5 W/mK 이상의 열 전도율이 바람직하고, 20 W/mK 이상이 가장 바람직하다. 부가해서, 저 광흡수를 드러내는 대부분 충전되지 않은 중합체 시스템(most unfilled polymer systems)은 전형적으로 150℃ 아래의, 그리고 심지어 100℃ 아래의 낮은 사용 온도를 가진다. 그러므로, 200℃ 이상을 견딜 수 있는 강 산란 유기 물질들이 바람직하고, 심지어 300℃ 이상을 견딜 수 있는 유기 물질들이 더 바람직하다. 와이어 접착 및/또는 다이렉트 다이 어태치와 양립할 수 있는 고 품질 저 저항 인터커넥트들이 400℃가 넘는 온도에서 불에 쪼인다. 또한 다이렉트 다이 어태치 LEDs가 전형적으로 300℃ 이상에서 납땜된다. 더 낮은 온도의 인터커넥트들과 전도 접착제가 사용될 수도 있는 한편, 전기적이고 선택적 모두의 성능에서 상당한 절충이 있다. 마지막으로, 대부분 충전되지 않은 유기 물질들은 또한 가연성이 될 수 있다. 이를 테면 알루미늄 또는 다공성의 금속 포일과 같은 무기 물질들이 바람직하다. 그러나, 유기/무기 합성물도 가능하다.

[0134]

300℃ 이상을 견딜 수 있고 5 W/mK를 넘는 열 전도율을 가진 열 전도성 무기/유기 합성물의 실예로서, 다공성의

가요성 금속 포일 위의 열 전도층 또는 무기 열 전도성 광 투과 요소를 형성하도록 사용될 수 있는, 또는 광 재순환 캐비티의 적어도 일 표면을 형성하는 독립적인 요소(freestanding element)로서 사용될 수 있는 질화 붕소 충전 폴리실라잔이 있다. 다른 고분자 바인더(polymeric binders)도 또한 가능하지만, 그러나 질화 붕소를 가진 폴리실라잔의 고온 성능, 광 투명도 및 적합성은 이 무기/유기 합성물을 바람직한 물질 선택이 되게 한다. 충전된 열가소성 합성물들이 특히 바람직하다.

[0135]

도 26a는 도 26b의 사시도에서 나타난 본 발명의 또다른 실시예를 묘사한 것이다. 적어도 하나의 LED(2610)가 반사/투과 열 전도성 튜브(2642)의 내측 벽에 인쇄된 전기 전도성 인터커넥트(2632)에 장착된다. 이 인터커넥트(2632)는 상기 튜브의 내측에 삽입 및 프린팅을 허용하도록 특별하게 설계된 스크린 프린터 또는 패드 프린터를 사용하여 인쇄될 수도 있다. 선택적으로, 인터커넥트(2632)는 또한 튜브(2642) 내부에 결합하기 위해 긴 리치의 헤드 또는 노즐을 가진 특별한 구조로 된 잉크젯 프린터를 사용하여 인쇄될 수도 있다. 일단 인쇄되면 전도성 잉크가 증착되고 나서 노(furnace)에서 처리되거나 불에 쪼게 된다. 인터커넥트(2632)는 금, 은, 동 또는 인듐 주석 산화물(ITO) 또는 산화 아연과 같이 투명 전도체를 포함하는 다른 적당한 전기 전도체로 될 수 있다. 백색 광원을 위해 가시 범위를 통해 고 전도성을 가진 실버와 같은 물질이 바람직하다. 레드 또는 자외선 소스에 대해 금이 바람직하다. 그리고 나서 적어도 하나의 LED(2610) 또는 표면 장착 LED 패키지가 튜브(2642)의 내벽에서 인터커넥트(2632)의 일부인 패드들 위에 납땜된다. 이러한 작업은 또한 광 인식을 통해 이 패드들을 위치시키고 이 패드들 위에 LED(2610)를 놓는 적당하게 설계된 피킹 및 배치 기구(pick and place mechanism)에 의해 수행될 수 있다.

[0136]

전술한 바와 같이, 이러한 방식으로 LEDs를 장착시키면 균일성을 향상시킨 간접 조명을 창출시킨다. LED(2610)에 의해 방출된 광의 샘플 광선(2620)은 대부분 반사 반투과 열 전도성 튜브(2642)의 내측 표면에 나쁜 영향을 주는 것으로 나타나 있다. 이 광의 일부(2621)는 투과되지만 대부분의 광은 반사(2622)되고 다시 투과(2624)되는 작은 파편과 반사(2626)되는 대부분의 파편과 함께 튜브(2642)의 내측에 나쁜 영향을 준다. 광선(2626)으로 나타난 이 반사된 부분은 다시 튜브(2642)의 내부에 영향을 주고 작은 부분이 투과(2628)되고 주요 부분은 반사(2630)된다. 이것은 모든 광이 대부분 반사(선택적 반투명) 광 투과 열 전도성 튜브(2642)의 벽들을 통해 흡수되거나 투과될 때까지 튜브(2642)에 의해 형성된 광 재순환 캐비티 주위에서 반사되고 산란된 광과 함께 이런 식으로 계속된다. 이것은 튜브(2642)의 외측에서 매우 균일한 방출면(2650)에 도움이 된다. 전형적으로 충분한 믹싱을 얻는 것은 균일한 방출 패턴을 얻도록 튜브(2642) 내부에 많은 LEDs 또는 LED 패키지(2610)를 놓고 그것들을 분포시킬 것을 요구한다. 그러나 내부를 향해 마주하는 LEDs와 반사 및 광 투과 열 전도성 튜브(2642)에 의해 그것의 투과 전에 튜브(2642)의 전체 외측면(2650)에서 매우 균일한 휘도가 실현되는 광의 충분한 반사, 바운스(bounces) 및 산란이 있다. 이 튜브는 이전에 개시된 물질들(예컨대 금속, 알루미늄, TPA 등)로부터 만들어질 수 있다.

[0137]

도 27a 내지 도 27g는 대부분 반사 및 광 투과 열 전도성 요소들이 동시에 광원의 발광면들과 방열면들로 되는 본 발명의 여러 실시예를 나타낸 것이다. 모든 실예에서, LEDs 또는 LED 패키지(2710)는 각 경우에 폐쇄되거나 대부분이 폐쇄된 캐비티(cabities), 엔클로저(enclosures), 또는 엔벨로프(envelopes)를 형성하는 대부분 반사 반투과 열 전도성 요소들(2720)의 내벽에 장착된다. LEDs(2710)로 연결되는 인터커넥트들(2730)과 반사/투과 열 전도성 요소들(2720, 2734, 2736, 2738)의 내벽에 인쇄되는 인터커넥트(2730)는 반사 및 광 투과 (그리고 선택적 반투과) 열 전도성 요소들(2736)에 의해 형성되는 엔벨로프의 벽들을 통과하는 홀 또는 바이어(via) 또는 핀들(2740)을 통해 전기 전도에 의해 연결된다. 선택적으로, 측면들(열 전도성 반사/투과 요소들) 중의 한 측면은 상기 측면의 내면에 인쇄된 인터커넥트를 캐비티의 외측으로 노출시킬 또다른 측면과 겹쳐질 수 있다. 이것은 이 측면에 관통홀 또는 바이어(via)에 대한 요구를 제거할 것이다.

[0138]

도 27a에는 큐비클(cubicle) 또는 직사각형 구조체가 나타나 있다. 도 27b에는 구가 나타나 있다. 이 실예에서, 적어도 하나의 LED(2721)는 또한 구형의 광 재순환 캐비티 내에서 인터커넥트(2722, 2725)에 납땜된다. 외부 핀들(2724, 2723)이 각각 인터커넥트(2722, 2725)를 연결한다. 이 방식에서 단일의 광 투과 열 전도성 요소가 광 재순환 캐비티를 형성하기 위해 사용될 수 있다. 본 발명의 이 실시예들에서 광 투과 열 전도성 요소들은 광 이미터(emitter)로서 기능할 뿐만 아니라 그것들에 장착되는 적어도 하나의 LED(2721)를 위한 냉각 요소로 기능한다. 도 27c에서, 구는 12면체 구조를 통해 가깝게 될 수 있다. 도 27d에 나타난 바와 같이, 본 발명의 원리를 사용하여 크고 작은 플랫 광 패들들이 또한 구조화될 수 있다. 다양한 예술적인 형상이 만들어질 수 있는데, 예컨대 도 27e에서 화염 형상은 촛불 화염의 모습을 흉내내도록 형성된다. 도 27f는 본 발명이 피라미드 형상의 광원을 형성하도록 이용될 수 있는 것을 보여준다. 도 27g에서, 본 발명의 교시를 이용하여 에디슨 백열등을 흉내낸 전구가 또한 만들어질 수 있다. 일반적으로, 본 발명에 대한 바람직한 실시예는 광 재순환 캐비티(2720)의

일부로 기능하는 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소와, 상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소가 또한 광 이미터로서, 그리고 적어도 하나의 발광 다이오드(2721)를 위한 냉각 요소로서 기능하는 광 재순환 캐비티(2720) 내에서 둘러싸인 광 방출을 위한 적어도 하나의 발광 다이오드(2721)를 포함하는 자냉식 광원이다.

[0139] 나타낸 모든 구성에서 균질의 또는 비균질의 물질들이 광 투과 열 전도성 요소들(2720)을 위해 사용될 수 있다. 바디 칼라 및/또는 패턴의 폭넓은 범위가 기능적 및/또는 미적 이유로 부분 반사 부분 투과 열 전도성 요소들(2720)의 외면에서 창출될 수 있다. 기재된 바와 같이 빛을 내는 자냉식 광 재순환 캐비티를 형성하기 위한 많은 방법이 있다. 장착된 적어도 하나의 LED와 함께 폐쇄된 캐비티 또는 엔벨로프의 형태로 되고 이 엔벨로프의 내면과 열 접촉상태로 되는 단일의 열 전도 광 투과 요소를 포함하는 가장 기본적인 것이 형성될 수 있다. 이 LED는 이 엔벨로프 또는 캐비티를 통과하는 작은 와이어 또는 바이아(via)를 통해 이 LED에 연결되는 외부 전원 에 의해 동력을 공급받을 수도 있다.

[0140] 도 28은 여러가지 칼라의 LEDs(2810)가 동시에 광 반사 및 투과 열 전도성 요소들(2832, 2834, 2836, 2838, 2840, 2842)에 의해 형성되는 광 재순환 캐비티 엔벨로프(2820) 내부에서 이용되는 본 발명의 또다른 실시예를 묘사한 것이다. 여러가지 칼라의 LEDs(2810)와 본 발명의 교시를 사용함으로써 자연광 스펙트럼 내에서 어떠한 칼라로 조정될 수 있는 광원이 생성될 수도 있다. 많은 반사 때문에, 균일한 칼라 및 휘도(brightness)가 광 재순환 캐비티/엔벨로프(2820)의 모든 외측 방출면에서 보여지도록 광은 엔벨로프(캐비티)를 빠져나가기 전에 여러 칼라들의 충분한 파장 혼합이 실현되는 것을 초래한다.

[0141] 인터커넥트 회로(2854, 2856)가 또한 광 재순환 캐비티 엔벨로프(2820) 내에 존재하여 여러가지 칼라의 LEDs(2810)를 외부 접촉부(external contacts)(2850, 2852)에 별개로 또는 공동으로 연결할 수 있다. 나타낸 바와 같이, 사용되는 금속 물질들의 비용에 기인하여 얇은 트레이스(traces)가 가장 바람직한 인터커넥트들이다. 5 마이크론 미만의 RMS 거칠기(roughness)를 가진 저 표면 거칠기 실버 후막 페이스트가 가장 바람직하다. 일례는 Cree에 의해 제조된 DA-500 다이(die)와 같이 다이렉트 어태치 LED 다이(2810)의 사용을 허용할 수 있는 Hereaus 실버 후막 페이스트 CL80-9364 이다. 와이어 접착 비용의 제거에 기인하여 다이렉트 어태치 다이 및/또는 납땜된 LED 패키지(2810)가 바람직한 실시예이다. 일반적으로, 고 반사성 및 고 전도성 물질들이 인터커넥트 회로(2854, 2856)를 위해 바람직하다. 요구되는 전류 및 거리에 따라 전형적으로 5 마이크론의, 또는 더 두꺼운 두께와 함께 전형적인 트레이드 폭은 100 마이크론이다. 전도성 에폭시, 납땜, 초음파 접착, 탭 접착(tab bonding), 기계적인 수단, 그리고 공지된 다른 연결 수단을 사용하여 외부 접촉부(2850, 2852)가 인터커넥트 회로(2854, 2856)에 부착될 수도 있다. 외부 접촉부(2850, 2852)를 위한 가요성 회로(flex circuits)를 사용하는 것이 개시되어 있지만, 핀, 클립, 패드, 스트립, 그리고 다른 기계적인 접촉 수단을 포함하지만 이에 제한되지 않는 다른 수단이 개시된다.

[0142] 외부 접촉부(2850, 2852)가 단순히 광 재순환 캐비티 엔벨로프(2820)의 외측 표면에서 금속화된 패드가 되도록 광 재순환 캐비티 엔벨로프(2820)의 내면들 외측에서 연속적인 인터커넥트 회로(2854, 2856)가 바람직한 실시예이다. 이러한 접근법 및 인터커넥트 회로(2854, 2856)의 특성은 본 개시에서 다른 실시예들과 공통되며 이 다른 실시예들에 의해 이용될 수 있다. 접착제, 클립, 납땜, 기계적인 수단, 그리고 동시에 광 반사 및 투과 열 전도성 요소(2832, 2834, 2836, 2838, 2840, 2842)를 함께 물리적으로 지지하기 위한 용착 과정의 사용이 또한 개시된다. 인터커넥트 회로(2854, 2856)가 또한 그 조립체를 위해 납땜 연결을 제공하는 것이 바람직한 실시예이다. 일단 형성되고 나면 본 실시예는 여전히 실질적으로 백색 바디 칼라를 유지한 상태에서, 켜졌을 때 폭넓은 범위의 칼라들을 창출할 수 있다. 이전에 개시된 바와 같이, 부가적인 반도체 장치들과 요소들이 LEDs 외에도 광 재순환 캐비티 엔벨로프(2820)내에서, 그리고/또는 그 위에서 결합될 수도 있다.

[0143] 부가해서 인터커넥트 회로(2854, 2856)는 RFID와 다른 통신 및 센서 응용을 위한 안테나를 형성하도록 사용될 수도 있다. 인터커넥트 회로(2854, 2856)는 또한 외부 접촉부(2850, 2852)에 대한 요구를 제거하는 외부 변조 에너지원(external modulated energy source)에 유도성 또는 용량성 커플러(inductive or capacitive couplers)를 생성시키기 위해 서용될 수도 있다. 이 자냉식 광원들 내에 결합될 수 있는 부가 기능은 RFID 감지, 스모크 검출, 주위온도 검출, FR 이미터(emitters), 스트로브 소스(strobe sources), 광 데이터 링크, 모션 센서, 그리고 무선 통신이지만 이에 제한되지는 않는다.

[0144] 사실상 모든 차지하는 공간에서 조명이 요구되므로 센서, 통신, 그리고 보안 기능이 광원 내에 조합되는 것은 당연한 것이다. 특히 저 비용의 알루미늄으로 구성된다면 동시 광 반사 및 투과 열 전도성 요소(2832, 2834, 2836, 2838, 2840, 2842)는 이 추가 기능들을 광원 내에 조합시키기 위한 이상적인 기판을 제공한다. 이 광원들의 강 산란 백색 바디 칼라는 카메라와 센서와 같은 보안 기능의 은폐를 허용한다. 실제로, 가게 주인은 외부



식별 광원이 그 가게 내의 어딘가에서 움직임을 검출할 수 있는 상태에서 그 가게의 출구에서 RFID 태그의 진위를 조사하는 본 발명에 기초한 광원을 살 수 있다. 이 방식에서, 조명과 보안은 비용을 줄이고 보안을 은폐하며 미관을 향상시키는 동일 요소로 된다. 인터커넥트 회로(2854, 2856)와 외부 접촉부(2850, 2852)는 나타낸 바와 같이 단일 회로로 될 수 있거나 다수의 회로로 될 수도 있다. 추가 기능들은 LEDs(2810)와 별개로, 그리고 동시에 전력을 공급받을 수도 있다.

[0145]

이전의 실예들 및 실시예들에서, 대부분 폐쇄된 광 재순환 캐비티 또는 엔벨로프가 형성되었다. 도 29는 자냉식 광원(2910)이 개방된 상부(2920)와 바닥(2930)을 가진 본 발명의 또다른 실시예를 보여준다. 이것은 공기가 다수의 광 투과 열 전도성 요소(2940, 2942, 2944, 2946)의 양 측면에서 유동하게 하여 LEDs(2950)에 더 많은 냉각을 생성시킨다. 이러한 접근법을 사용하여 광 재순환 캐비티(2910)를 형성하는 다수의 광 투과 열 전도성 요소(2940, 2942, 2944, 2946, 2920, 2930)로 이루어지는 자냉식 광원이 배치되어서 공기가 상기 광 재순환 캐비티(2910)를 통해 유동하게 할 뿐 아니라 광이 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소(2940, 2942, 2944, 2946, 2920, 2930)를 통과하지 않고 탈출하는 것을 방지하도록 한다.

[0146]

도 29는 여전히 공기가 굴뚝 냉각 효과를 생성시키면서 바닥에서 상부까지(캐비티 또는 엔벨로프의 내부에서) 유동하게 하는 상태에서 광이 실질적으로 재순환 캐비티(2990) 내에서 다시 반사되도록 배치되는 상단 캡(2970)과 바닥단 캡(2980)을 나타낸 것이다. 그 목표는 공기가 캐비티를 통해 유동하지만 캐비티 내부에서 LEDs에 의해 방출된 광이 광 투과 열 전도성 요소들을 통과하지 않고 탈출하는 것을 방지하게 하는 것이다. 대안으로, 상단 캡(2970) 및/또는 바닥단 캡(2980)은 공기 유동을 허용하기 위해 전적으로 다공성으로 될 수도 있다. 그러나, 대부분의 경우 더 구조적인 강성을 제공하고 제작하기가 더 용이한 대부분 폐쇄된 엔벨로프가 바람직하다. 이것은 광원의 제작을 단순화시킬 수 있다. 반사 및 투과 열 전도성 요소들에 의해 형성되는 광 재순환 캐비티 또는 엔벨로프는 선택적으로 밀봉될 수 있거나 또는 공기압이 캐비티 또는 엔벨로프의 내부에서 주위 공기압과 같게 하기 위해 작은 개구부가 제공될 수 있다.

[0147]

본 발명은 고체 광원의 광 방출면이 또한 그 광원을 냉각시키기 위해 사용되는 고체 광원을 창출한다. 그와 같은 자냉식 광원은 바람직하게 대류 및 복사 냉각을 최대화하도록 온도가 LED 접합부와 유사한 방출면을 가질 것이다. 이 방출면은 작은 열 전도성 기관들에 장착된 작지만 국부적으로 된 LED 다이 또는 LED로부터의 열이 충분히 큰 면적에 걸쳐 발산되어 효과적으로 LEDs를 냉각시키게 하는 충분한 열 전도성을 드러내는 물질로 구성된다. 본 발명에서 이것은 반도체 장치들 보다 더 큰 표면에 걸쳐 전도를 통해 반도체 장치(예컨대 LEDs)에서 발생하는 열을 발산시키는 비교적 높은 열 전도 광 투과 및 선택적 반사 및 선택적 확산 요소를 사용하여 더 큰 체적에 걸쳐 발생하는 열을 확산시킴으로써 실현된다. 복사 및 대류 냉각은 고 방사성을 가진 물질들 또는 고 방사 코팅들을 선택함으로써, 그리고 큰 표면적 및 자냉식 광원의 외측 표면들과의 열 발생 구성요소들(예컨대 LEDs)의 충분한 결합에 의해 생성되는 더 큰 표면 온도를 이용함으로써 최대화된다. 또한 본 발명의 실시예는 폐쇄된 캐비티로부터 탈출 또는 추출된 광만이 이 캐비티의 벽들을 통과하여 발광 캐비티의 외측 방열면들에 의해 방출되는, 광 재순환 캐비티들 내에 형성되는 자냉식 광원이다. 캐비티의 벽들 또는 측면들은 광의 반사 및 투과를 드러내고 고 열 전도성을 드러내는 요소 또는 물질에 의해 제작될 수도 있다. 이것들은 고 및 저 선택적 투과 세라믹을 포함한다. 또한 본 발명에는 보다 낮은 비용의 세라믹, 그리고 심지어 다수의 작은 구멍을 가진 다공성의 금속들의 사용을 허용하는, 비교적 높은 광 반사성(그러므로 저 광 투과성)을 가진 물질들이 사용될 수 있다는 것이 교시된다.

[0148]

예를 들어, 심지어 광 투과 열 전도성 요소들을 위한 물질로서 >80%의 반사율(그리고 <20%의 선(in line) 광 투과율)을 가진 알루미늄을 사용하여도 이 물질들로 만들어진 폐쇄된 광 재순환 캐비티로부터 매우 높은 추출 효율이 달성될 수 있다는 것을 보여주었다. 완전히 폐쇄된 광 재순환 캐비티 내부에서 LEDs에 의해 방출된 광의 70%를 넘게, 그리고 어떤 경우에는 80%를 넘게 이 열 전도성 물질들을 통해 추출되고 이 물질들에 의해 방출될 수 있다는 것을 보여주었다. 이 매우 반사적인 세라믹 물질들을 사용하는 것의 추가적인 이익은 이것들이 백색 바디 칼라를 가진다는 것이다. 그러므로, 광원이 꺼진 상태로 될 때 이 물질들은 미적으로 매우 만족스러운 외관을 가진다. 이것은 켜지지 않을 때 노랗게 보이는 많은 상업적으로 이용 가능한 고체 백열 전구와 대비된다.

[0149]

본 발명의 주요한 속성은 미국 특허 7,040,774(공동으로 양도되고 참고로 본 발명에서 조합된)에서 개시된 것들과 유사한 효율적인 재순환 캐비티들의 형성이다. 광 재순환 광학 캐비티에서, 발생하는 다수의 바운스(bounces) 또는 반사는 목적성 있게 야기되는 것이다. 만일 이 캐비티가 충분히 낮은 광 흡수 손실을 가진 물질들을 사용하여 형성된다면 그 효율은 매우 높게 될 수 있다. 본 발명은 광 재순환 캐비티의 적어도 일부가 부분 투과(선택적 반투명) 열 전도성 요소들로 구성되는 광 재순환 광학 캐비티들의 형성을 개시한다. 이것은 광 흡수가 최소로 된다면 전형적으로 불투명한 것으로 여겨지는 물질들조차도 효율적인 이미터(emitters)를 형성하

기 위해 사용될 수 있다는 인식을 기반으로 한다. 이러한 발견의 중요성은 백색 바디 칼라 알루미늄(예컨대 96%  $Al_2O_3$ )와 같은 저 비용의 물질들이 이제 파장 변환을 가진 또는 갖지 않은 반투명 열 전도성 이미터들로서 기능할 수 있다는 것이다. 백색 바디 칼라 또는 심지어 황백색(off-white) 바디 칼라 광원을 형성하는 능력은 미감 및 시장성 관점 모두에서 중요하다. 소비자들은 백열등과 형광 램프와 친숙하기 때문에 많은 응용에 대해 백색 바디 칼라 또는 황백색 바디 칼라 광원을 선호한다. 이를 테면, 광을 방출하지 않을 때 백색 또는 황백색 바디 칼라를 가진 열 전도성 발광 요소들이 선호된다. 이것은 홀의 어레이(arrays of holes)를 가진 반사기들과 같이 비균질의 열 전도성 발광 요소들이 사용될 때 폭넓은 범위의 바디 칼라 및 패턴을 포함하도록 더 확장될 수 있다. 다양한 미적 모습을 창출하기 위해 질감(texture) 및 다른 외면 처리의 사용도 또한 본 발명의 실시예이다. 특히, 주위(예컨대, 전등갓, 천장 타일 등)와 매치되거나 대비되거나 미적으로 섞이는 열 전도성 발광 요소들의 형성은 본 발명의 실시예들이다. 일반적으로, 열전도성 발광 요소를 위해 광범위한 바디 칼라를 창출하는 능력은 본 발명의 바람직한 실시예이다.

- [0150] 본 발명은 특정 실시예들 및 실예들로 기술되었지만, 많은 대안, 변경, 그리고 변형이 앞에서의 기재에 비추어 분명해질 것이라는 것은 당업자에게는 분명한 것이다. 따라서, 본 발명은 첨부된 청구항들의 범위 내에 속하는 모든 그와 같은 대안, 변경 및 변형을 포함하도록 의도된 것이다.
- [0151] 여기서 기술된 모든 요소, 부품 그리고 단계는 바람직하게 포함된다. 이들 요소와 부품과 단계는 당업자에게는 자명한 바와 같이 다른 요소와 부품과 단계로 대체되거나 또는 함께 삭제될 수 있다는 것으로 이해해야 한다. 대체로, 본 기재는 LEDs로부터 방출된 광이 열전도성 반투명 요소들의 방열면으로부터 나오도록 지향되는, 상기 요소들과의 열 접촉 상태로 되는 LEDs를 가진 고체 광원을 개시한 것이다. 상기 열 전도성 반투명 요소들은 광 재순환 캐비티를 형성하도록 반사기와 함께 배치되거나 조합된다. 캐비티를 형성하는 열 전도성 반투명 요소들의 외측 표면은 LEDs에 의해 방출된 광의 매우 높은 퍼센티지가 결국 균일하고 전방향적으로 투과되고 방출될 때까지 캐비티 내부에서 LEDs에 의해 방출되는 광이 계속해서 반사되고 재순환됨에 따라 발광된다. 동시에, LEDs로부터의 열은 광원을 복사 및 대류로 냉각시켜서 부피가 큰 덧붙여진 열 흡수원에 대한 요구를 제거하는, 캐비티의 요소들의 발광하는 외측 표면을 통해 그리고 이 표면으로 전도된다.
- [0152] 컨셉(CONCEPTS)
- [0153] 본 기재는 적어도 아래의 컨셉들을 더 개시한다.
- [0154] 컨셉 1. 광을 방출하기 위한 적어도 하나의 발광 다이오드(LED); 및
- [0155] 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소를 포함하고, 상기 적어도 하나의 발광 다이오드는 상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소에 장착되며, 상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소는 상기 적어도 하나의 발광 다이오드로부터의 열의 대부분이 발산되는 열 방출면을 가지며;
- [0156] 상기 적어도 하나의 발광 다이오드에 의해 방출된 광이 상기 열 방출면을 통해 상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소를 통과하고 빠져나가기 위해 방향을 바꾸도록 구성되는, 자냉식 광원.
- [0157] 컨셉 2. 상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소는 또한 광 반사기로서 기능하는, 컨셉 1의 자냉식 광원.
- [0158] 컨셉 3. 상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소는 반투명한, 컨셉 1 또는 2의 자냉식 광원.
- [0159] 컨셉 4. 상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소는 반사성 다공을 가진 금속 물질인, 컨셉 1 내지 3의 자냉식 광원.
- [0160] 컨셉 5. 상기 적어도 하나의 발광 다이오드에 의해 방출된 광의 대부분을 상기 광 투과 열 전도성 요소로 보내서 상기 광 투과 열 전도성 요소를 통해 방향을 바꾸도록 하는 반사 엔클로저(reflective enclosure)를 더 포함하는, 컨셉 1 내지 4의 자냉식 광원.
- [0161] 컨셉 6. 다수의 광 투과 열 전도성 요소를 더 포함하고, 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소는 상기 적어도 하나의 발광 다이오드에 의해 방출된 광을 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소로 보내서 상기 요소들을 통해 방향을 바꾸는 기능을 하는, 컨셉 1 내지 5의 자냉식 광원.
- [0162] 컨셉 7. 상기 적어도 하나의 발광 다이오드의 상기 광 방출면과 상기 광 투과 열 전도성 요소 사이에 개재된 적어도 하나의 파장 변환 요소를 더 포함하는, 컨셉 1 내지 6의 자냉식 광원.
- [0163] 컨셉 8. 상기 광 투과 열 전도성 요소의 적어도 일부에 장착되는 상기 적어도 하나의 발광 다이오드는 상기 적어도 하나의 발광 다이오드에 의해 방출된 광을 상기 광 투과 열 전도성 요소로 보내서 상기 광 투과 열 전도성

요소를 통해 재순환시키는 광 반사기와 결합되는, 컨셉 1의 자냉식 광원.

[0164] 컨셉 9. 상기 광 반사기는 금속 반사기인, 컨셉 8의 자냉식 광원.

[0165] 컨셉 10. 상기 광 반사기는 플라스틱 반사기인, 컨셉 8의 자냉식 광원.

[0166] 컨셉 11. 상기 광 반사기는 부분적으로 광을 반사시키고 부분적으로 광을 투과시키는, 컨셉 8 내지 10의 자냉식 광원.

[0167] 컨셉 12. 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소; 및

[0168] 광을 방출하기 위한 적어도 하나의 발광 다이오드(LED);를 포함하고, 상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소는 상기 적어도 하나의 발광 다이오드의 최초의 방열 수단으로 작용하고, 또한 상기 적어도 하나의 발광 다이오드에 의해 방출된 광의 적어도 일부에 대한 광 추출 수단으로 작용하는, 자냉식 광원.

[0169] 컨셉 13. 다수의 광 투과 열 전도성 요소를 더 포함하고; 상기 적어도 하나의 발광 다이오드는 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소 중의 적어도 하나에 장착되며; 그리고

[0170] 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소는 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소를 통해 상기 적어도 하나의 발광 다이오드로부터 광을 추출하는데 있어서 높은 효율을 가진 광 재순환 캐비티를 형성하는, 자냉식 광원.

[0171] 컨셉 14. 상기 광 재순환 캐비티는 상기 광 재순환 캐비티를 형성하는 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소의 광 투과율을 넘는 광 추출 효율을 가진, 컨셉 13의 자냉식 광원.

[0172] 컨셉 15. 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소는 50% 이상의 반사율을 갖지만, 상기 광 재순환 캐비티에 둘러싸인 상기 적어도 하나의 발광 다이오드에 의해 방출된 광의 50% 이상이 상기 광 재순환 캐비티를 형성하는 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소를 통해 추출되는, 컨셉 13 또는 14의 자냉식 광원.

[0173] 컨셉 16. 상기 광 재순환 캐비티를 형성하는 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소는 공기가 상기 광 재순환 캐비티를 통해 흐르게 하지만, 또한 광이 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소를 통과하지 않고 빠져나가는 것을 방지하도록 배치되는, 컨셉 13 내지 15의 자냉식 광원.

[0174] 컨셉 17. 상기 다수의 광 투과 열 전도성 요소는 백색 바디 칼라를 가진, 컨셉 12 내지 16의 자냉식 광원.

[0175] 컨셉 18. 광 재순환 캐비티의 일부로서 기능하는 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소; 및

[0176] 상기 광 재순환 캐비티 내에서 둘러싸여서 광을 방출하는 적어도 하나의 발광 다이오드;를 포함하고,

[0177] 상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소는 또한 광 이미터(light emitter)로서, 그리고 상기 적어도 하나의 발광 다이오드를 위한 냉각 요소로서 기능하는, 자냉식 광원.

[0178] 컨셉 19. 상기 광 재순환 캐비티의 일부를 형성하고 상기 적어도 하나의 발광 다이오드로부터의 광을 상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소로 방향을 바꾸게 하는 적어도 하나의 광 반사기를 더 포함하는, 컨셉 18의 자냉식 광원.

[0179] 컨셉 20. 상기 적어도 하나의 광 투과 열 전도성 요소는 반사성 다공을 가진 금속, 홀의 어레이(arrays of holes)와 함께 층을 이루는 합성물, 알루미늄( $Al_2O_3$ ), TPA, 산화베릴륨(BeO), 질화알루미늄( $AlN$ ), 질화붕소(BN), 그리고 다른 열 전도성 세라믹, 비결정질(amorphous), 합성물, 다결정, 지향성의 다결정(oriented polycrystalline), 또는 사용되는 방출 파장에 대한 저 흡수 손실을 드러내는 단결정 물질 중의 적어도 하나를 포함하는, 컨셉 18 또는 19의 자냉식 광원.

[0180] 인터커넥트를 포함하는 열 전도성 발광 요소에 기반한 고체 광원{SOLID STATE LIGHT SOURCES BASED ON THERMALLY CONDUCTIVE LUMINESCENT ELEMENTS CONTAINING INTERCONNECTS}

[0181] 선행 출원에 대한 참조

[0182] 본 가출원은 참조로 여기에 조함된, 2011년 8월 11에 출원된 미국 가출원 번호 61/574,925의 이익을 청구한, 2012년 8월 10일에 출원된 미국 출원 번호 13/572,608의 이익을 청구하는 일부 계속 출원이다.

[0183] 본 발명의 배경기술

[0184] 본 발명은 대류 및 복사 냉각을 제공하는 열 전도성 발광 요소들에, 또는 내에 장착되는 LEDs에 기반하는 고체 광원에 관한 것이다. 저비용의 자냉식 고체 광원은 또한 LEDs의 전기 인터커넥트와 다른 반도체 장치들을 통합시

킴으로써 실현될 수 있다. 열 전도성 발광 요소는 충분히 대류 및 복사 수단이 이 장치를 냉각시키기 위해 사용될 수 있도록 충분히 큰 면적에 걸쳐 LED 및 발광 요소 자체에서 발생하는 열을 효율적으로 전달하고 발산시킴으로써 어떠한 부가적인 열 흡수 수단에 대한 요구를 완전히 또는 부분적으로 제거하기 위해 사용될 수 있다.

[0185] 고체 발광 세라믹 플레이트가 더 긴 파장의 광자로의 더 짧은 파장의 광자의 변환에 대한 신틸레이터(scintillators)로서 Born의 미국 특허 4,849,639에 개시되어 있다. Born은 고체 이미터()로부터의 협대역 방출을 광대역 가시광원으로 변환시키기 위한 이 세라믹 플레이트의 사용을 개시하지는 않는다.

[0186] 세라믹 내의 CeYag, 단결정, 그리고 분말 형태는 1970년대 초반 이후로 Bell 연구소 및 다른 기관에서 레이저 로드(laser rods)로의 플래쉬램프(flashlamp) 출력의 충분한 결합을 위해 블루 파장을 옐로우 파장으로 변환시키기 위해 사용되었다. 다시, 블루/UV 고체 이미터를 광대역 백색 광원으로 변환시키기 위한 이들 물질의 사용은 개시되어 있지 않다.

[0187] 투명 및 반투명 발광 YAG 세라믹의 형성은 Cusano의 미국 특허 4,421,671과 Greskovich의 미국 특허 4,466,930에 개시되어 있다. 신틸레이터, CRT 페이스 플레이트(faceplates), 그리고 X선 스크린으로서 이들 물질의 사용은 개시되지만 고체 조명에서의 사용은 개시되지 않는다.

[0188] 고품 파장 변환 요소가 세라믹, 단결정, 합성물 및 층을 이루는 고품물질인 자냉식 광원을 형성하기 위한 고품 파장 변환 요소의 사용이 Zimmerman의 미국 특허 7,285,791에 개시되어 있다. Zimmerman은 미국 특허 7,804,099의 고체 광원을 형성하기 위한 고품 파장 변환 요소의 사용을 개시한다. 고품출 표면의 사용은 개시되어 있지 않다.

[0189] Mueller-Mach 등의 미국 특허 6,696,703은 LED 다이에 직접 박막 형광체를 증착시키는 것을 개시한다. 그러나, 증착된 것과 같은 박막 형광체는 비교적 빈약한 파장 변환 효율을 가진다. 이 형광체를 적절하게 활성화시키기 위해 고온 어닐링 단계가 요구된다. 이 어닐링 단계는 LED의 반도체 층들을 손상시킬 수 있다. 부가해서, 대부분의 박막 형광체의 흡수 단면은 고체 조명 내에서 전형적으로 사용되는 블루 및 인접한 자외선(UV) 여기(excitations)에 대해 특히 낮다. 발광 물질의 충분한 두께의 층을 LED에 직접 생성시키는 것은 대부분의 경우에 경제적이지도 않고 실용적이지도 않다. 형광체를 LED 다이에 직접 증착시키는 것의 또다른 단점은 증착된 형광체 층 내에서 발생하는 광의 큰 부분이 층 내부 반사율에 기인하여 갇힐 수 있다는 것이다. 그러므로 가장 좋은 형광체가 효율적으로 사용될 수 있도록(예컨대, 충분한 양, 최소의 후방산란(backscatter), 그리고 최대의 광 추출과 함께) LED 패키지 내에서 고성능의 형광체를 이용하기 위한 방법에 대한 요구가 존재한다. 또한 LED 반도체 층들을 손상시키지 없이 고효율의 형광체를 제조하기 위한 방법에 대한 요구가 존재한다. 부가해서, 고 반사율은 개시되어 있지 않다.

[0190] 형광체의 또다른 중요한 관점은 특성 및 전체적인 장치 효율에 관련된다. 형광체는 전형적으로 양자 효율 및 스톡스 쉬프트 손실(Stokes shift losses)의 측면에서 특징이 있다. 실제로, 분말 형광체 층은 글래스 표면에 증착되고 여기된다. 발광은 여기 에너지의 함수로 측정되며 그 결과는 대개 기존의 양자 효율의 표준 형광체에 비교된다. 스톡스 손실과 관련된 손실은 감해지며 그 결과는 고유의 양자 효율이 될 것이다. 후방 산란된 광, 코팅 두께의 가변성 및 광 포획(light trapping)과 같은 특징의 이러한 방법에 대해 몇가지의 문제가 존재한다. 형광체 분말의 경우, 발생하는 광의 대부분은 실질적으로 구형의 성질에 기인하여, 그리고 자체 물질에 또는 그 안에 위치되는 산란하는 중심에 기인하여 형광체 입자들로부터 빠져나갈 수 있다. 광 분말의 효율을 측정하는 주요 문제가 두꺼운 샘플로부터의 광의 후방 산란이다. 그러나, 증착된 형광체 필름 또는 성장된 형광체 보울(boules)에 대해, 형광체 효율을 측정하는 문제는 광 추출에 의해 영향을 받는다. 형광체에서 발생하는 광의 대부분은 층 내부 반사율에 기인하여 이 물질 자체 내에서 갇힐 수 있다. 여러 거칠기 기법(roughening techniques)과 성형(shaping) 접근법을 포함하는 여러 접근법이 층 내부 반사율 문제를 해결하기 위해 사용되었다. 이것들의 경우, 전체적인 효율은 변환 효율만큼 추출 수단의 기능이 된다. 증착된 형광체 필름은 연관된 요인(indices) 및 손실과 함께 2차 기관 물질의 추가된 복잡성을 가진다.

[0191] Mayer 등의 미국 특허 6,565,770은 가요성 기관에 만들어지고 나서 그 기관을 휘게 함으로써 기계적으로 제거될 수 있는 얇은 간섭 안료 플레이크(interference pigment flakes)를 개시한다. 논의된 이색 반사기(dichroic reflectors)가 돈에 대한 보안 향상 및 다른 장식적인 광학 효과에서 사용된다. 발광 물질의 사용은 보안 마킹(security markings)을 위한 UV 조명과 같이 특별한 광학 효과의 형성과 관련된다. LEDs 또는 다른 광 방출 장치의 출력 효율을 향상시키는 것에 대한 어떠한 설명도 논의되어 있지 않으며, 효율적인 고체 조명 요소를 형성하기 위해 형광체 층을 여기원(excitation source)과 통합시키는 것에 기반하는 어떠한 장치도 논의되어 있지 않다.



- [0192] 플레이크와 같은 형광체의 사용은 또한 플라즈마 디스플레이에서의 사용을 위한 Aoki 등의 미국 특허 6,667,574에 의해 논의되어 있지만, 이 특허는 다시 출력을 향상시키기 위한 고체 조명 응용 또는 방법에 대한 언급이 부족하다. 부가해서, 상기의 두 개의 응용은 전형적으로 플라즈마 디스플레이를 만드는데 있어서 또는 돈 또는 장식적인 항목의 표시에 있어서 요구되는 큰 면적 때문에 매우 비싼 비용이 든다. 이 파장 변환 물질들의 성능을 최대화하기 위해 고온 공정이 바람직하다.
- [0193] Mueller-Mach 등의 미국 특허 6,630,691는 LED 구조체가 에피택셜 성장 기술(epitaxial growth techniques)에 의해 제작되는 얇은 단결정 형광체 기판을 개시한다. 그러나, 단결정 형광체 기판은 값이 비싸고, LED 구조체의 성장을 허용하기 위해 적절한 격자 정합(lattice match)을 가진 단결정 형광체 기판을 찾는 것은 어려울 수 있다.
- [0194] Ng 등의 미국 특허 출원 20050006689는 미리 형성된 투명 캡의 일부로서 LED의 출력 표면에 걸쳐 놓여지는 단결정 형광체의 평면 시트를 개시한다. 그러나, 단결정 형광 시트는 에피택셜 공정에 의해 성장되어야 하거나, 또는 형광체 물질의 부피가 큰 단결정들로부터 얇게 베어져야 한다. 그러므로 단결정 형광체 시트는 대부분의 실용적인 응용에 대해 너무 비싸다. 다결정 형광체의 평면 시트는 미국 특허 출원 20050006689에는 개시되어 있지 않다. 형광체 시트에서 열 발산을 향상시키기 위해 단결정 형광체의 평면 시트를 LED의 표면에 직접 접촉시키는 것도 또한 개시되어 있지 않다.
- [0195] 백열 전구와 같은 종래의 광원과 같이 많은 LEDs는 자체적으로 효과적으로 냉각시킬 수 없다. 이를 테면 과열을 방지하기 위해 부가적인 열흡수 또는 냉각 수단이 요구된다. 이것은 선적 비용과 재료 비용에 기인하여 광원의 비용 뿐만 아니라 이 광원을 사용하는 구조체의 비용을 증가시킨다. 일반적으로, LEDs가 부가적인 열흡수 수단에 대한 요구 없이 사용될 수 있는 물품 또는 수단에 대한 요구가 존재한다.
- [0196] 작은 반도체 장치를 효과적으로 냉각시키기 위해 반도체 장치의 결합부 또는 활성 영역과 주변 사이의 온도 차이를 최소화시키는 것이 바람직하다. 또한 반도체 장치에 의해 발생하는 열을 주변으로 발산시키기 위해 필요로 하는 표면적을 최소화시키는 것이 바람직하다. 높은 열 전도성 물질이 매우 넓은 면적에 걸쳐 열을 발산시키기 위해 사용될 수 있는 반면에, 이 높은 열 반사성 물질은 상당한 무게 및 비용의 추가를 초래한다. 종래의 LED 장치에서는 LED 다이와 최종의 광원 사이에 수 개의 인터커넥트의 층이 존재한다. 조명기구 제작자들은 구성요소들을 조명기구에 와이어 접속시키고 플립칩 부착시키거나 심지어 납땜시키는 능력을 요구받지 않거나 갖지 않았기 때문에 이러한 접근법이 사용된다. 또한 백열 전구와 같이 규칙적으로 광원을 교체할 필요성은 소켓 또는 핀 기반의 커넥터와 같이 넓은 범위의 신속 교체 인터커넥트로 이끌어졌다. 가벼운 자냉식 교체 광원은 가구 제작자들에게 상당한 이익을 제공할 것이다. 예를 들어 백열 전구는 오직 50 그램의 무게로 1000 루멘 이상을 발생시키면서 매우 가벼우며, 이를 테면 단순한 핀과 소켓을 사용하여 용이하게 제위치에 유지시킬 수 있다. 전형적인 LED 광원에 대해 이것은 그 경우가 아니다. 열 흡수원의 추가된 무게 및 LED 패키지와 열 흡수원 사이의 낮은 저항 열적 연결을 위한 요구는 복잡한 많은 레벨의 인터커넥트의 사용을 필요로 한다. 가볍고 부가적인 열 흡수 또는 냉각 수단에 대한 요구 없이 용이하게 넓은 범위의 조명기구 내에 결합되는 LED 광원에 대한 요구가 존재한다.
- [0197] 당업자에게는 잘 알려진 바와 같이, 태양 또는 백열 스펙트럼과 매우 유사하게 매칭되도록 LEDs의 협대역 방출을 넓히기 위해 전형적으로 형광체 변환이 사용된다. 이것은 대개 유기 매트릭스 내에 혼합되는 형광체 분말을 통해 이루어진다. 이러한 종래의 접근법을 사용하면 형광체 분말에서 발생하는 열은 유기 매트릭스에 의해 주위와 열적으로 격리된다.
- [0198] 예를 들어, 블루 InGaN LEDs는 관례적으로 형광체 분말을 포함하는 유기층으로 코팅된다. 유기 물질은 전형적으로 실리콘 또는 에폭시로 이루어진다. LED 효율 및 자속 밀도가 증가함에 따라 형광체 분말에서 더 많은 열손실이 국부적으로 된다. 불행하게도, 발광층의 열 전도율은 주로 전형적으로 약 0.1 W/m/K로 되는 유기 매트릭스 물질의 열 전도율에 의해 결정된다. 전형적으로 발광 유기층에 대한 50 마이크론의 코팅 두께는 형광체 분말과 유기 매트릭스 물질 사이의 굴절률 차이에 의해 발생하는 높은 산란 손실을 방지한다. 더 짧은 파장 여기를 더 긴 파장 방출로 변환시키기 위해 충분한 형광체 분말이 사용되어야 하는 것과 반대로, 이것은 전형적으로 유기 매트릭스 물질의 퍼센티지에 대한 형광체 분말의 퍼센티지의 비율인 로딩 레벨(loading level)에 의해 조절된다. 형광체 분말의 더 낮은 로딩 레벨은 열 전도율을 감소시키며, 더 높은 로딩 레벨은 산란 손실에 기인하여 코팅의 두께를 제한한다.
- [0199] 일반적으로 형광체 분말이 낮은 열 전도율 매트릭스로 된 상태에서 LEDs 홀로를 놓고서도 형광체 분말에서 열의 상당한 양을 제거하기는 어렵다. 그것들의 발광 효율은 전형적으로 형광체 분말이 뜨거워짐에 따라 감소한다.

이러한 발광 비효율성은 형광체 분말을 LED로부터 멀리 떨어지게 이동시킴으로써 형광체 분말에 대한 열 부하를 감소시키고, 이에 의해 분말에서 단위 면적당 자속 밀도를 감소시키는 원격 형광체 접근법의 개발에 박차를 가했다. 그러나 이러한 원격 형광체 접근법은 광원의 크기를 증가시키고, 요구되는 형광체 분말의 양이 LEDs 주위에서 열 배리어를 형성시키며 큰 체적의 광원을 생성시킨다.

[0200]

부가해서, 유기 시스템은 유기 시스템을 한정하는 C-H 본드의 광 안정성에 기인하여 블루 및 UV 방사에 민감하다. 극심한 노화(intense solarization) 하에서 특히 투명한 광학 시스템의 광 안정화는 다른 온실 및 야외 응용에서 투명 유기체(플라스틱)의 장기간 사용을 제한하였다. 태양 상수(solar constant)는 C-H 본드를 광화학적으로 공격하기에 충분히 짧은 파장을 가진 광의 10% 미만에서 대략 평방 미터당 1000 광학 와트(optical watt)이다. 고체 조명 응용에서의 전형적인 블루 LED는 사실상 방출된 모든 파장이 유기 물질의 C-H 본드에 역으로 영향을 줄 수 있는 평방 밀리미터당 1 광학 와트까지 출력시킬 것이다. 이 조사 레벨(irradiation levels)은 온실 필름 경험보다 10000배(four order of magnitude)가 더 높은 자속 밀도를 나타낸다. 따라서, 열 전도성 및 광 안정성 기준에 대해 무기적인 해결책이 유기적인 해결책보다 더 바람직할 수 있다.

[0201]

모든 파장 변환 물질과 반도체 장치들은 온도 종속적인 효율 곡선을 드러낸다. 약 150℃의 Ce:YAG에 대해 열 롤 오프(thermal roll-off)가 발생한다. 대안으로, AlInGaP 레드 다이오드와 InGaN 블루 다이(die)는 모두 접합부 온도가 100℃를 넘기 때문에 약간의 롤 오프를 드러낸다. 그러므로 고체 조명 시스템 내에서 발생하는 열이 가장 낮은 가능한 열 저항 경로를 사용하여 둘러싸는 주위로 전달하는 것이 중요하게 된다. 자연 대류 냉각의 경우, 둘러싸는 주위(공기)로 전달될 수 있는 열의 양은 자연 대류 열전달 계수, 표면적, 그리고 둘러싸는 공기 또는 주위에 대한 표면의 온도에 의해 결정된다.

[0202]

만일 접합부 온도와 방사 표면 사이의 온도가 조명장치의 충분히 큰 높은 방사율 표면적에 대해 최소로 된다면 복사 냉각도 또한 고체 조명장치의 냉각에 기여할 수 있다. 강제 대류 냉각, 히트파이프, 그리고 심지어 액체 냉각과 같은 제안된 해결책은 열을 주위로 이동시키거나 실질적으로 광원의 체적과 무게를 증가시킨다. 이러한 해결책은 매우 낮은 루멘/그램 광원을 초래한다.

[0203]

역사적으로, 광원은 전술된 바와 같이 자기자신을 냉각하였다. 백열등과 형광 튜브의 경우, 광원과 필라멘트 또는 아크 자체를 둘러싸는 유리 밀봉체는 대류 및 복사를 통해 발생하는 초과 열을 전달한다. 백열 전구 유리 밀봉체는 150℃를 초과할 수 있으며, 할로겐의 석영 밀봉체는 섭씨 수백도를 초과할 수도 있다. 복사 파워(radiative power)는 그 온도의 4승의 비율로 된다. 25℃의 주위에서 50℃의 표면 온도를 가진 자연 대류적으로 냉각되는 표면은 그 에너지의 약 5%만을 둘러싸는 주위로 복사적으로 전달할 것이다. 100℃의 표면 온도를 가진 자연 대류적으로 냉각되는 표면은 그 에너지의 20%를 둘러싸는 주위로 복사적으로 전달할 수 있다. 높은 전력의 장치에 대한 전형적인 LED 접합부 온도는 120℃를 넘게 될 수 있으며, 여전히 우수한 수명과 효율을 유지한다. 120℃ 미만의 온도를 가진 표면에 대해 방사된 에너지의 대부분은 8 미크론 이상의 파장을 가진 적외선이다.

[0204]

적외선에서 물질들의 방사율은 크게 변한다. 유리는 대략 0.95의 방사율을 가지는 반면에, 산화 알루미늄은 0.23과 같이 낮게 될 수도 있다. 폴리이미드와 같은 유기물은 두꺼운 층에서 상당히 높은 방사율을 가질 수 있다. 그러나 이것은 유기체들의 낮은 열 전도성에 기인하여 열전달에 부정적으로 영향을 미칠 것이다.

[0205]

주위 대기로의 열전달을 최대화 하기 위해, 국부적으로 되는 반도체 및 수동 장치(예컨대, LEDs, 드라이버, 컨트롤러, 레지스터, 코일, 인덕터, 컵 등)에 의해 발생하는 열을 열 전도를 통해 이 반도체 다이 보다 더 큰 표면적으로 효과적으로 발산시키고 나서 발생한 열을 대류 및 복사를 통해 주위의 대기로 효율적으로 전달할 수 있는 발광 열 전도성 물질들에 대한 요구가 존재한다. 동시에, 이 발광 열 전도성 물질들은 높은 L/W 효율과 좋은 연색성(color rendering)을 가진 자냉식 고체 광원을 창출하도록 LED 방출의 적어도 일부를 가시 스펙트럼의 또다른 부분으로 효율적으로 변환시켜야 한다.

[0206]

전형적인 고체 광원에서 LEDs와 형광체 물질 내에서 발생한 열은 전도 수단을 통해 대개 알루미늄 또는 동으로 만들어진 훨씬 더 큰 열 흡수원으로 전달된다. LED 접합부와 열 흡수원 사이의 온도 차이는 40 내지 50℃로 될 수 있다. 주위와 열 흡수원 온도 사이의 온도 차이는 LEDs의 접합부 온도에 대해 전술된 제약이 주어져서 전형적으로 매우 작게 된다. 이러한 작은 온도 차이는 복사 냉각의 대부분을 없앨 뿐만 아니라 LEDs를 효과적으로 냉각하기에 충분한 표면적을 제공하기 위해 열 흡수원이 매우 크고 무겁게 될 것을 요구한다. 열 흡수원의 이러한 추가된 중량은 선적, 설치에 대한 비용을 증가시키며, 몇몇 경우에는 간접비용 적용을 위한 안전 위험을 야기한다.

- [0207] 이상적으로, 백열등, 할로젠, 나트륨, 그리고 형광 광원과 같이, 고체 광원의 방출면은 또한 그 광원을 냉각시키기 위해 사용될 것이다. 그와 같은 냉각원은 대류 및 복사 냉각을 모두 최대화시키기 위해 LED 접합부들의 온도와 매우 가까운 방출면을 가질 것이다. 방출면은 작지만 국부화된 LED 다이(die)로부터의 열이 LEDs를 효과적으로 냉각시키기에 충분히 큰 면적에 걸쳐 발산되게 하도록 충분한 열 전도율을 드러내는 물질로 구성되어야 한다.
- [0208] 종래의 백열등, 할로젠 및 형광 광원과 같지 않게, 고체 광원은 전형적으로 난연성이 아니며 또한 심지어 클래스 1 또는 클래스 A 건축 코드 요건(Class 1 or Class A building code requirements)에 따르지 않는다. 간접적(램프/정착물이 화염에 노출되는 경우) 및 직접적(램프/정착물 자체가 화염을 발생시키는 경우)인 2가지 타입의 화재 위험이 있다. 종래의 고체 램프 및 정착물은 탈 수 있는 많은 양의 유기 물질을 사용하기 때문에 간접적 및 직접적 모두의 화재 위험을 제기할 수 있다.
- [0209] 심지어 LED 다이가 가연성이 아닌 질화물 또는 AlInGaP와 같은 무기 물질을 사용하여 만들어진다고 해도 이 LED 다이는 전형적으로 유기 물질을 사용하여 패키징되거나 또는 대부분 유기 물질을 포함하는 정착물에 장착된다. 유기 LEDs 또는 OLEDs는 대부분 유기물이며, 또한 태워지는 경우 방출될 수 있는, 루테튬과 같이 무거운 금속과 같은 독성 물질들을 포함한다. 이 물질들을 태워져서 발생하는 연기는 독성이며, 연기 흡입에 기인하여 화재 사망시 선도하는 원인들 중의 하나이다. 백열등과 형광 조명기구는 전형적으로 얇은 금속 부품들로 구성되며, 건축 코드 요건을 충족시키기 위해 구체적으로 설계되는 글래스 또는 난연 플라스틱을 사용한다.
- [0210] 실제로, 고체 패널 조명은 전형적으로 LEDs의 선형 어레이를 사용하여 가장자리가 커지는 아크릴 또는 폴리카보네이트 웨이브 가이드(waveguides)로 이루어진다. 몇 파운드의 아크릴이 각 정착물에 사용될 수 있다. 이러한 정착물들을 천장에 합체하면 증가된 화재 위험으로 이끈다. 다른 트로퍼 설계(troffer designs)는 최근의 LED 트로퍼 설계에서 보여지는 바와 같이 확산기 및 반사기로서 작용하기 위해 크고 얇은 유기 필름에 좌우된다. 화재 중에 이 유기 물질들은 연기와 증가된 화염 발산율에 기인하여 소방관 및 점유자에게 상당한 위험을 제기한다. 많은 경우, 형광 및 백열등 적용을 위해 개발되었던, 폴리머(polymers)를 더욱 난연성있게 만들기 위해 전형적으로 사용된 난연 첨가제들은 웨이브 가이드 및 광 투과 장치의 광학 특성에 부정적으로 영향을 준다. 클래스 1 또는 클래스 A 표준은 이 유기 물질들에 의해 충족될 수 없다. 이를 태면 광 투과 물질 UL94에 대한 별도의 표준은 상업적인 설치에서 사용된다. 종래의 고체 광원에서 이 유기 물질들의 많은 양의 사용은 불타는 구조체에서 직면하는 조건에 노출될 때 이 물질들의 높은 연기 비율과 화염 발산에 대한 경향에 기인하여 소방관과 점유자에 대한 위험을 크게 증가시킨다. 덧붙여진 천장을 가진 전형적인 상업적인 설치의 조명기구로서 표면적의 10%를 포함한다. 천장 타일은 덧붙여진 천장 위에서 점유자와 플레넘(plenum) 사이에서 화재 배리어로서 작용하도록 구체적으로 설계된다. 조명기구는 화염이 천장 타일을 우회하는 통로를 제공함으로써 이러한 화재 배리어의 효과와 타협한다. 이러한 이유 때문에 백열등과 형광기구 조차도 전형적으로 천장의 플레넘 측에 추가적인 화재 내화성 커버를 가질 것이 요구된다. 이러한 화재 엔클로저(fire enclosures)는 비용을 증가시키고 천장의 플레넘 측으로부터 조명기구를 효과적으로 냉각시키기 위한 능력을 없앤다. 대부분의 고체 트로퍼가 후면 냉각에 좌우되는 것에 주어져서, 이 화재 엔클로저는 LED 다이에서 더 높은 작동 온도로 이끌며, 실제로 고체 광원에 대한 직접적인 화재 위험을 증가시킨다. 고체 조명 기구에서 유기물의 많은 양은 일단 간접적 또는 직접적으로 화염에 노출되면 화염 발산에 대해 직접적으로 기여할 수 있다.
- [0211] 그러므로 화재 중에 점유자와 소방관에 대한 위험을 줄일 수 있고 고체 조명 전구와 함께 떨어지는 것들과 관련된 직접적인 화재 위험을 최소화시킬 수 있는 등급의 클래스 1로 되는 고체 조명 해결책에 대한 요구가 존재한다.
- [0212] 고체 광 전구의 최근의 리콜(recalls)은 직접적인 화재 위험으로 되는 고체 광원 자체에 근거하는 위험을 설명한다. 이 리콜에 있어서, 구동 전자장치가 과열되고 나서 광원에서 다른 유기 물질들이 점화된다.
- [0213] 고열과 심지어 직접적인 화염에 노출될 때 불에 타지 않거나 점화되지 않을 고체 광원에 대한 요구가 존재한다.
- [0214] 백열등과 형광 조명기구가 존재한 지난 수십년에 걸쳐 이상적인 해결책은 그 기구의 대부분을 무기 물질을 사용하여 구성시키는 것이며, 광원의 그램당 루멘을 최대화시키는 것이라는 것이 밝혀졌다. 전형적인 백열등 광원은 그램당 30 루멘 이상을 방출하며, 이 광원은 대류 냉각 및 복사 냉각 모두에 기반하여 자연식으로 된다. 종래의 고체 전구는 그램당 5 루멘 미만을 방출하며, LEDs 및 구동 전자장치들에 의해 방출되는 열을 둘러싸는 주위로 전달하기 위한 열흡수 수단을 요구한다. 백열등 및 형광등에서 그램당 높은 루멘은 간접적이고 직접적으로 불타는 물질이 적게 되는 것을 의미한다. 또한, 고체 전구에서 구동 전자장치들과 광원은 동일한 냉각 경로를 가지며, 그러므로 구동 전자장치들에서 발생하는 열은 LEDs에 의해 발생하는 열에 추가된다. LEDs로부터 추가된 열

은 구동 전자장치들의 온도를 상승시키며, 반대로도 된다. 리콜에 있어서 이것은 고체 광원에서 사용되는 유기 물질들을 점화시키는 치명적인 결과로 이끌었다. 사용되는 많은 양의 유기 물질들과 조합된 구동 전자장치들과 LEDs로부터의 열의 결합은 폴리머 캐패시터(polymer capacitors)와 같은 구성요소들이 과열되고 태워질 때 직접적인 화재 위험을 발생시킨다. 수년간의 노력에 기초하여 백열등과 형광원은 정확하게 상기에서 설명된 이유 때문에 유기물에 기반한 물질들로부터 멀어지게 되었다.

- [0215] 고체 조명 산업은 효율을 향상시킬 뿐만 아니라 간접적 또는 직접적으로 화재 위험을 나타내지 않는 그림당 높은 루멘의 고체 광원을 개발하는 것을 필요로 한다.
- [0216] 상업적인 광 응용은 또한 지진적, 음향적, 그리고 미적 요구사항을 받는다. 지진 표준은 매달린 천장이 지진 조건을 견디는 것을 요구하며, 더욱 최근에는 이와 같은 요구사항들은 테러리스트 공격을 해결하기 위해 사용되고 있다. 일반적으로, 조명기구는 그것의 무게와 크기 때문에 매달린 천장 적용에서 오버헤드 데크(overhead deck)로부터 별개로 매달려야 한다.
- [0217] 매달린 천장과 합체되고 인증될 수 있는 고체 조명 해결책에 대한 요구가 존재한다.
- [0218] 음향과 관련하여 매달린 천장은 이전에 논의된 화재 배리어와 유사한 방식으로 배리어를 형성함으로써 소음 수준을 감쇄시킨다. 조명기구는 다시 천장 타일 또는 격자 거더(grid work) 내에 직접적으로 합체될 수 없기 때문에 천장 타일에 의해 생성되는 배리어와 타협한다.
- [0219] 천장의 음향 성능을 떨어뜨리지 않는 고체 조명원에 대한 요구가 존재한다.
- [0220] 마지막으로, 조명은 기능적일 뿐만 아니라 미적인 것이다. 시장 조사는 트로퍼(troffers)는 기능적인 반면에 미적인 관점에서 바람직하지 않은 것으로 나타난다.
- [0221] 그러므로 미적으로 기쁨을 주는 폭넓은 범위의 디자인을 제공하는 고체 조명원에 대한 요구가 존재한다.
- [0222] 매달린 천장은 상업적인 오피스 및 소매 공간의 큰 퍼센티지를 나타낸다. 이러한 특별한 적용에서 2 피트 x 2 피트 및 2 피트 x 4 피트의 격자(grid)가 천장에 매달리고, 음향적/장식적 타일들이 T 형상의 격자 피스들에 의해 매달린다. 조명은 전형적으로 마찬가지로 T 형상의 격자 피스들에 매달리는 2 x 2 또는 2 x 4 트로퍼들로 이루어졌다. 트로퍼들은 매달린 천장 위에서 AC 버스(bus)에 연결된다. 각 트로퍼는 시트 메탈 하우징, 드라이버, 광원, 그리고 반사 및 확산 요소로 이루어진다. 고체 트로퍼의 경우에 부가적인 열흡수 수단 또는 냉각 수단이 또한 각 트로퍼 내에 합체될 수도 있다. 건축 코드를 준수하기 위해 대부분의 조명기구는 매달린 천장 위의 플레넘 공간으로부터 이 조명 기구를 격리시키는 부가적인 화재 봉쇄 하우징을 요구한다. 일반적으로 표준 트로퍼는 2 x 2에 대해 1 입방 피트의, 그리고 2 x 4에 대해 2 입방 피트의 최소 체적을 요구한다. 전형적인 루멘 출력은 2 x 2 트로퍼에 대해 2000 루멘이고 2 x 4 트로퍼에 대해 4000 루멘이다. 많은 경우에 조명기구의 위치는 그 지역에 걸쳐 균일한 조명이 요구되거나 바람직하지 않을 수도 있더라도 일정한 공간에 놓여진다. 이것은 일단 설치되면 트로퍼들을 재 위치시키는 것과 관련된 어려움과 비용에 의해 유도된다. 이것은 관련된 에너지 손실과 함께 과도한 조명에 이르게 한다.
- [0223] 용이하게 재 위치시킬 수 있고 기술 진보에 따라 개선되거나 변경될 수 있는 매달린 천장을 위한 경량의 확산 및 방향성의 조명기구에 대한 요구가 존재한다.
- [0224] 최근 Armstrong은 24 VDC DC FlexZone 격자 시스템을 소개했다. T 형상의 격자 피스들이 이 격자 피스들의 상부와 바닥에 24 VDC 연결을 제공한다. 24 VDC의 이용 가능성은 고체 조명을 위한 별개의 드라이버 및 발라스트(ballasts)에 대한 요구를 없앤다. 드라이버의 제거 또는 단순화는 특히 자냉식 고체 광원이 사용되는 경우에 대해 매우 경량이고 작은 체적의 조명기구를 허용한다. 경량 및 작은 체적은 직접적으로 감소된 원재료 사용과 고정 비용과 창고 비용, 그리고 선적 비용을 의미한다. 고정된 금속 하우징들을 없애고 그것들을 Armstrong의 FlexZone 시스템과 같은 전기 격자 시스템에 직접 부착하는 모듈식과 교체 가능한 광학 및 조명 요소들로 대체함으로써 조명기구 자체에 대한 비용을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 조명을 변경하는 것과 연관된 비용을 줄일 수 있다. 20억 평방 피트 가까이 상업 및 소매의 매달린 천장 공간이 매년 리모델링되거나 창출된다.
- [0225] 이 공간이 어떻게 재구성될 것인지에 있어서의 많은 유연성에 대한 요구가 존재한다.
- [0226] 현재의 조명기구는 지진 건축 코드(seismic building codes)당 무게 및 크기 제한에 기인하여 빌딩의 데크에 부가적인 서포트를 요구한다.
- [0227] 최종 사용자가 필요에 따라 조명기구를 조정하고 재 위치시킬 수 있도록 격자와 함께 지진 인증될 수 있는 현장



설치 가능하고 사용자 교체 가능한 조명기구에 대한 요구가 존재한다.

- [0228] 현재의 요구사항 하에서, 조명에 대한 어떠한 변경도 천장 패널들이 제거되고, 조명 기구가 재 위치될 수 있기 전에 최소한 추가적인 지지 와이어들이 빌딩 데크에 설치되어야 할 것을 요구한다.
- [0229] 재 인증 및 외부 노동에 대한 요구 없이 최종 사용자에게 의해 쉽게 조정될 수 있는 경량의 튼튼한 조명에 대한 요구가 존재한다.
- [0230] 광 모듈의 무게를 평가하는데 있어서 그램당 루멘의 개념을 이용하는 것이 유용하다. 조명 기구의 그램당 루멘의 감소는 제작 비용, 선적 비용, 그리고 물질 비용과 처리 비용의 감소에 기인한 저장 비용에 대해 큰 영향을 가질 수 있다. 그것은 또한 고정물(fixtures)이 매달린 천장의 격자에 직접 부착될 수 있게 하며, 여전히 존재하는 트로퍼 타입의 광원에 대해 일반적으로 필요로하는 추가적인 지지 구조를 요구함이 없이 지진 표준을 충족시킬 수 있다.
- [0231] 또한 미적으로 기쁨을 주는 그램당 높은 루멘의 조명기구에 대한 요구가 존재한다.
- [0232] 많은 적용에 대해 조명은 존재하지만 그 자체가 주의를 끌어서는 안된다. 이것은 즉시 천장의 다른 부분들로부터 주의를 끄는 트로퍼들의 경우는 아니다.
- [0233] 그러므로 매달린 천장 적용에서 상기의 요구들을 제기하는 경량이고 컴팩트한 조명기구에 대한 요구가 있다.
- [0234] 다시 조명 모듈의 두께는 그 설비의 미감에 직접적인 영향을 준다. 존재하는 선형 고체 광원은 LEDs에 의해 방출된 광을 확산시키기 위해 큰 혼합 챔버를 요구하며, 이것은 현저하게 이 광원의 깊이를 증가시킨다. 광 패널 모듈이 천장의 평면에 가깝게 방출면을 갖게 하되 아래의 룸 또는 오피스 공간 내로 돌출하지 않게 하기 위해, 광원 모듈의 주요 부분은 서스펜션(suspension) 천장 내로 리세스되어야 한다.
- [0235] 전기 격자에 부착될 수 있는, 10 mm 아래의 두께를 가진 낮은 프로파일(low profile) 또는 얇은 조명 패널에 대한 요구가 존재한다.
- [0236] 이상적으로, 이러한 조명 패널은 최종 사용자에게 의해(그리고 단골 설치자를 요구하지 않고) 그 설비의 오피스 공간 측으로부터 현장에서 교체될 것이며, 미적으로 기쁨을 주고 일체식이며 균일한 외관을 나타낼 것이다. 기본적으로 이상적인 서스펜션 천장 조명 시스템은 미적 관점에서 천장 내로 "사라질" 것이다.
- [0237] 최종적으로 클래스 1 또는 클래스 A 표준을 충족하거나 넘어서고, 지진 요구사항을 충족하며, 음향 표준을 충족하며, 현장에서 조정 가능하게 되고, 미적으로 기쁨을 주는 방식으로 상업적인 조명 적용에 쉽게 합체될 수 있는 고체 광원에 대한 요구가 존재한다.
- [0238] 본 발명은 이러한 쟁점을 극복하는 자냉식 고체 광원을 개시한다.
- [0239] 발명의 요약
- [0240] 본 발명은 열 전도성 발광 요소들 내에 또는 그 안에 장착되는 LEDs 기반의 고체 광원에 관한 것이다. 열 전도성 발광 요소들은 방광면으로부터 대류 및 복사 냉각 모두를 사용하여 LEDs의 냉각의 실질적인 부분을 제공한다. LEDs의 전기 인터커넥트와 불투명 및/또는 투명 전도체를 기반으로 하는 다른 반도체 장치는 저비용의 자냉식 고체 광원을 창출한다. 저비용의 자냉식 고체 광원은 그 위에 인쇄된 30% 이상의 전도율을 가진 후막 인쇄 실버 전도체를 가질 수 있다.
- [0241] 간단하게, 그리고 일반적인 용어로, 본 발명의 자냉식 광원은 적어도 하나의 발광 다이오드(LED) 다이(die);와, 적어도 하나의 열 전도성 발광 요소를 포함한다. 상기 발광 요소는 전기 인터커넥트를 구비하며, 상기 LED 다이에 의해 방출된 광의 적어도 일부를 다른 파장 범위로 변환시키는 파장 변환기로서, 상기 LED 다이에 의해 방출된 광을 위한 광 웨이브 가이드로서, 그리고 상기 LED 다이에 의해 발생된 열을 더 큰 단면적에 걸쳐 확산시키는 열 확산 요소로서 다수의 기능을 수행한다. 마지막으로, 이 발광 요소는 광원으로부터의 방출된 광의 최적의 결합을 위해 고방사율 층을 제공한다.
- [0242] 상기 열 전도성 발광 요소는 대류 및 복사 수단이 이 장치를 냉각시키기 위해 사용될 수 있도록 LED와 발광 요소 자체에서 발생하는 열을 효율적으로 충분히 큰 영역에 걸쳐 효율적으로 전달하고 확산시킴으로써 어떠한 부가적인 열흡수원 수단에 대한 요구를 완전히 또는 부분적으로 없애기 위해 사용될 수 있다. 즉, 광을 방출하는 표면은 또한 이 장치를 대류 및 복사로 냉각시킨다. 상기 열 전도성 발광 요소는 또한 LEDs에 의해 방출된 방사광의 적어도 일부의 효율적인 파장 변환을 제공한다.

- [0243] 본 발명은 또한 적어도 하나의 발광 다이오드(LED) 다이(die)와, 상기 적어도 하나의 LED 다이에 접촉되는 적어도 하나의 열 전도성 발광 요소를 포함하고, 열이 기본적으로 방출된 광과 동일한 방향으로 광원으로부터 투과되는 자냉식 고체 광원으로 한정될 수도 있다. 더 구체적으로, 광은 주로 상기 적어도 하나의 발광 요소를 통해 일 방향으로 상기 LED 다이로부터 방출되고, 광원에서 발생하는 열은 주로 광 방사의 방향과 동일한 방향으로 투과된다. 열은 열 흡수 장치에 대한 요구 없이 상기 적어도 하나의 발광 요소로부터 복사와 전도 및 대류의 조합에 의해 광원으로부터 발산된다.
- [0244] 선택적으로, 상기 발광 열 전도성 요소는 LEDs로부터의 방사광의 적어도 일부 및/또는 웨이브 가이드를 통해 상기 열 전도성 발광 요소에 의해 변환된 방사광의 광 확산을 제공할 수 있다. 열 전도성 발광 요소는 550 nm 보다 긴 파장에 대해  $10^{-1}$  cm 미만의 알파(alpha)와 함께 웨이브 가이드(waveguide)로서 작용한다. 이 경우, 550 nm 보다 긴 방사 파장을 가진 LEDs는 열 전도성 발광 요소들에 의해 장착되고 냉각될 수 있으며, 또한 그 방사의 적어도 일부를 또한 열 전도성 발광 요소 내에서 웨이브 가이드를 통해 효율적으로 발산할 수 있다.
- [0245] InGaN 및 AlInGaP LEDs를 가진 열 전도성 발광 요소들은 InGaN 스펙트럼의 적어도 일부를 480과 700 nm 사이의 파장으로 변형시킬 수 있다. 단결정, 다결정, 세라믹, 및/또는 화염 분사된 Ce:YAG, 스트론튬 티오갈레이트, 또는 480과 700 nm 사이의 광을 방출하고 5600 nm와 700 nm 사이의 파장에 대해  $10^{-1}$  cm 미만의 알파(alpha)를 드러내는 다른 발광 물질들은 열 전도성 고체 발광 확산 요소로 될 수 있다.
- [0246] InGaN 및 AlInGaP LEDs의 장착은 4500 K 미만의 상온 색 온도와 50 L/W 이상의 효율 및 선택적으로 이 열 전도성 광 확산 발광 요소들에 기반하여 80 이상의 연색성을 가진 고체 확장 영역 광원을 형성할 수 있다.
- [0247] 본 발명의 일 실시예는 1 W/m/K 이상의 열 전도율을 갖고, 알루미늄, ALN, 스피넬, 산화 지르코늄, BN, YAG, TAG, 그리고 YAGG 중의 하나 이상으로 이루어진 발광 열 전도성 반투명 요소이다.
- [0248] 상기 발광 열 전도성 요소는 1 W/m/K 이상의 열 전도율을 가지며, 0.2 이상의 방사율을 가진다. 자냉식 고체 광원은 1 W/m/K 이상의 열 전도율과 0.2 이상의 방사율을 가진 적어도 하나의 발광 열 전도성 요소를 가질 수 있다. 자냉식 고체 광원은 50 °C 이상의 평균 표면 온도와 50 L/W 이상의 발광 효율을 가질 수 있다. 선택적으로, 자냉식 고체 광원은 50 °C 이상의 평균 표면 온도와 50 L/W 이상의 발광 효율을 가질 수 있고, 1 W/m/K 이상의 열 전도율과 0.2 이상의 방사율을 가진 적어도 하나의 발광 열 전도성 요소를 포함할 수 있다. 자냉식 고체 광원은 자연 대류 냉각 및 복사 냉각을 통해  $0.3 \text{ W/cm}^2$  이상을 발산할 수 있다.
- [0249] 발광 열 전도성 요소는 결정 성장, 소결, 코팅, 융합 코팅, 사출 성형, 화염 분사, 스퍼터링(sputtering), CVD, 플라즈마 분사, 용융 본딩, 그리고 압착의 방법을 통해 형성될 수 있다. 실질적으로 하나의 상(phase)을 가진 산화물의 압착 및 소결은 발광 분말에 기반하는 반투명도를 향상시킬 것이다. 대안으로, 1 W/m/K 이상의 열 전도율과  $10^{-1}$  cm 미만의 알파(alpha)를 가진 반투명 요소가 소결 과정 동안 또는 소결 과정 후 형성되는 발광층으로 코팅될 수 있다. 발광하고 발광하지 않는 단결정 또는 다결정 물질 모두가 열 전도성 발광 요소로 될 수 있다. 구체적으로 TPA(투명 다결정 알루미늄), 스피넬, 입방체의 지르코니아, 석영, 그리고 발광층을 가진 다른 저흡수 열 전도성 물질들이 이 물질들의 제조 동안 또는 후에 형성될 수 있다. 압착, 추출, 그리고 공간 화염 방사와 같은 기술이 거의 정미 형상(net shape) 또는 마무리 부분(finished parts)을 형성할 수 있다. 부가적인 발광층들이 딥 코팅, 화염 분사, 융합, 증발, 스퍼터링, CVD, 레이저 어블레이션, 또는 용융 본딩을 통해 이 물질들의 어느 것에 추가될 수 있다. 조절된 입자 크기 및 상은 반투명도를 향상시킬 수 있다.
- [0250] 코팅은 특히 이 코팅이 발광 특성을 가지고 갖지 않은 고 방사성 코팅이라면, 자냉식 광원의 환경적 및/또는 방사성 특성을 향상시킬 수 있다. 단결정, 다결정, 세라믹, 코팅층, 또는 화염 분사는 코팅으로서, 그리고 고 방사성 또는 환경적 보호 코팅을 가진 부피가 큰 물질 Ce:YAG로서 사용될 수 있다. 특히, 폴리실록산, 폴리실라잔, 그리고 다른 투명한 환경적 오버코트(overcoats)가 LEDs의 부착 전 또는 후에 적용되는, 딥 코팅, 증발, 분사, 또는 다른 코팅 방법을 통해 적용될 수 있다. 양자 도트, 발광 염료(EIjen 파장 시프터 염료와 같은), 그리고 다른 발광 물질과 같지만 이에 제한되지 않는 부가적인 발광 물질이 이 오버코트에 추가될 수 있다.
- [0251] 무선 전력 전달 요소, 전력 조절 요소, 드라이브 전자장치, 전력 인자 조절 전자장치, 적외선/무선 이미터, 그리고 센서가 자냉식 고체 광원에 탑재될 수 있다.
- [0252] 자냉식 고체 광원은 4500 K 미만의 칼라 온도와 70 이상의 연색성에서 50 L/W 이상의 발광 효율을 가질 수

있다. 이 자냉식 고체 광원은 40 °C 이상의 표면 온도와 0.3 W/cm<sup>2</sup> 보다 큰 대류 및 복사 냉각을 가질 수 있고, 50 L/W 이상의 발광 효율을 가질 수 있다.

[0253]

자냉식 고체 광원은 4500 K 미만의 칼라 온도와 블루 및 레드 LEDs를 포함하여 85 이상의 연색성에서 50 L/W 이상의 발광 효율을 가질 수 있다. 500 nm 보다 긴 파장에 대해 10<sup>-1</sup> cm 미만의 알파(alpha)를 가진 적어도 하나의 발광 열 전도성 요소가 500 nm 보다 긴 방사 파장을 가진 적어도 하나의 LED를 포함하는 자냉식 고체 광원에 사용된다. 형광체 분말, 형광 다이, 파장 쉬프터, 양자 도트, 그리고 다른 파장 변환 물질을 포함하지만 이에 제한되지 않는 코팅 및/또는 요소의 형태로 되는 부가 발광 물질들은 효율 및 연색 지수를 더 향상시킬 수 있다.

[0254]

고체 광원에 대한 중형비 및 형상은 플레이트, 로드, 원통형 로드, 구형, 반구형, 타원형, 드리고 다른 비 평판 형상을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 다이 배치는 에지 효과를 완화시킬 수 있고 더 균일한 이미터를 형성할 수 있다. 부가적인 산란, 방향전환(redirecting), 재순환, 그리고 이미징 요소들이 원거리장 분포를 수정하기 위해 설계된 고체 광원에, 그리고/또는 부근에 부착될 수 있다. 고체 광원 내에서 발생하는 열의 부가 요소로의, 그리고 나서 둘러싸는 주위로의 전도를 통해 고체 광원에 추가 냉각이 제공되도록 상기 부가 요소가 0.1 W/m/K 이상의 열 전도율로 고체 광원에 부착될 수 있다. 외부 프레임이 기계적인 지지를 제공할 수 있고, 고체 광원에 부착될 수 있으며, 그리고/또는 외부 전기 인터커넥트를 제공할 수 있다. 부가적인 광학 요소와 함께 그리고 없이 배치되는 다수의 고체 광원은 원거리장 분포를 발생시킬 수 있다. 특히, 원거리장에서 표면과 에지 변화가 완화되도록 다수의 고체 광원은 서로 비 평행하게 배치될 수 있다. 대류 냉각을 촉진시키기 위해 2 mm 이상의 고체 광원 면들 사이의 분리 거리가 바람직하다. 장착 및 부가 광학 요소들은 유도된 통풍 효과를 통해 대류 냉각을 향상시킬 수 있다.

[0255]

본 발명에 있어서, 반도체 장치들이 장착되는 열 전도성 발광 요소들은 충분히 낮은 열 저항으로 충분한 영역에 걸쳐 열을 효과적으로 발산하여 반도체 장치들과 열 전도성 발광 요소 자체에 의해 발생하는 열을 대류 및 복사 수단 모두에 의해 둘러싸는 주위로 효과적으로 전달하기 위해 사용된다. 본 발명에서, 광을 방출하는 표면은 이 장치를 대류 및 복사로 냉각시킨다.

[0256]

열 전도성 발광 요소는 또한 LEDs에 의해 방출되는 방사선의 적어도 일부의 충분한 파장 변환을 제공한다. 선택적으로, 이 발광 열 전도성 요소는 LEDs로부터의 방사선의 적어도 일부 및/또는 열 전도성 발광 요소에 의해 변환되는 방사선의 광 확산을 제공할 수 있다. 열 전도성 발광 요소들은 500 nm 보다 긴 파장에 대해 10<sup>-1</sup> cm 미만의 알파(alpha)와 함께 웨이브 가이드로서 작용한다. 이 경우 550 nm 보다 긴 방사 파장을 가진 LEDs는 열 전도성 발광 요소들에 의해 장착되고 냉각될 수 있으며, 또한 그 방사선을 열 전도성 발광 요소 내에서 웨이브 가이드를 통해 효율적으로 확산할 수 있다.

[0257]

50 °C 이상의 표면 온도와 선택적 투과 열 전도성 요소에 장착되는 반도체 장치들 보다 더 큰 표면적을 가진 선택적 투과 열 전도성 요소를 포함하는 자냉식 고체 광원이 개시된다. 100 °C 이상의 표면 온도와 장착된 반도체 장치들 보다 더 큰 표면적을 가진 적어도 하나의 선택적 투과 열 전도성 요소를 포함하는 자냉식 고체 광원이 더 바람직하다. 1 W/m/K 이상의 평균 열 전도율을 가진 적어도 하나의 선택적 투과 열 전도성 발광 요소를 포함하는 자냉식 고체 광원이 가장 바람직하다. 예를 들어, 4 wt%에서 2% 세륨으로 도핑된 YAG가 분사 건조를 사용하여 알루미늄 매트릭스 내로 분산된다. 이 분말은 콤팩트(compact)로 압착되고 나서 8 시간 동안 1500 °C에서 진공 소결되고, 아르곤 하에서 4 시간 동안 1600 °C에서 고온 등압 압축성형이 뒤따른다. 이 물질이 1/2 인치 x 1 인치 면적과 1 mm 두께의 조각들로 잘라진 다이아몬드 톱날(diamond saw)이다. 이 부분들이 실버 페이스트(silver paste)가 스크린에 프린트되고 불에 쪼여지는 인터커넥트 트렌치들(interconnect trenches)을 형성하기 위해 기계 가공된 레이저이다. 그리고 나서 불에 쪼여진 실버 트레이스(the fired silver traces)가 다이렉트 다이 부착 LED 다이(direct die attach LED die)가 납땜되는 부드러운 표면을 형성하기 위해 접착된다. 두 개의 조각이 함께 샌드위치되어 다이렉트 다이 부착 LED 다이를 세라믹 Ce:Yag/알루미늄 재료의 두 조각 내부에 매립할 수 있도록 포켓들(pockets)이 상기 레이저를 사용하여 커팅된다. 이러한 방식으로, 자냉식 광원이 형성된다. 다이렉트 다이(direct die)가 부착된 LED는 상기 실버 트레이스들을 통해 전기적으로 상호 연결되고, 상기 세라믹 Ce:Yag/알루미늄 재료에 열적으로 연결된다. 상기 다이렉트 다이 부착 LEDs와 상기 세라믹 Ce:Yag/알루미늄 재료 내에서 발생하는 열은 LEDs의 면적 보다 더 큰 면적에 걸쳐 분산된다. 이러한 실예에서, 이러한 실예에서, 자연 대류 및 복사 냉각에 기초하여 120°C 미만의 접합부 온도와 80°C 내지 90°C의 상기 세라믹 Ce:Yag/알루미늄 재료의 표면 온도를 유지한 상태에서, 1 W/cm<sup>2</sup> 이상의 전력 밀도(power densities)가 발산될 수 있다. 이를테면 1/4 인치 x 1/2 인치의 고체 광원은 어떠한 부가적인 열 흡수 또는 냉각수단 없이 100 루멘(lumens)을 넘

게 방출할 수 있다.

[0258]

상기 고체 광원의 광의 방사되는 열의 양을 향상시키기 위해 0.3 이상의 방사율을 가진 물질들이 바람직하다. 심지어 200℃ 미만의 표면 온도에 대해 0.7 이상의 방사율이 더욱 바람직하다. 만일 표면 방사율이 0.8 이상이고 광원 표면적의 대략  $0.08 \text{ W/cm}^2$ 을 발산시킬 수 있다면, 25℃의 주위에서 50℃의 표면 온도와 함께  $20 \text{ W/m}^2/\text{k}$ 의 자연 대류 계수를 가진 자연 대류로 냉각되는 표면은 그것의 에너지의 약 25%를 둘러싸는 주위로 복사적으로 전달할 것이다. 100℃의 표면 온도를 가진 유사한 자연 대류로 냉각되는 표면은 그것의 에너지의 30%를 둘러싸는 주위로 복사적으로 전달할 수 있고 표면적의  $0.25 \text{ watts/cm}^2$  이상을 발산할 수 있다. 150℃의 표면 온도를 가진 유사한 자연 대류로 냉각되는 표면은 열의 35%를 복사적으로 전달할 수 있고  $0.4 \text{ watts/cm}^2$  이상을 발산할 수 있다. 고체 광원이 50%의 전기적인 광 변환 효율에 근접할 수 있고 전형적인 스펙트럼 변환(spectral conversion)이 300 lumens/optical watt로 되는 것으로 주어지면, 이러한 접근법을 사용하여 자냉식 고체 광원은 모든 광원 표면적의  $1.0 \text{ cm}^2$ 에 대해 75 lumen을 방출할 수 있다. 실례로서, 100℃ 미만의 표면 온도를 유지한 상태에서, 1/4 인치 x 1/2 인치 x 2 mm 두께의 자냉식 광 스틱(stick)은 150 lumen 이상을 발생시킬 수 있다. 높은 전력으로 되는 장치에 대한 전형적인 LED 접합부 온도는 120℃를 넘을 수 있으며, 여전히 우수한 수명과 효율을 유지한다. 120℃ 미만의 온도를 가진 표면에 대해 방사된 에너지의 대부분은 8 micron 이상의 파장을 가진 적외선으로 된다. 이와 같이 가시 스펙트럼에서 실질적으로 투명한 높은 방사 코팅들, 재료들, 그리고 표면들은 자냉식 광원의 바람직한 실시예들이다.

[0259]

적외선에서 상기 재료들의 방사율은 크게 변한다. 우리는 대략 0.95의 방사율을 갖지만, 산화 알루미늄은 0.5와 0.8 사이로 될 수 있다. 폴리이미드와 같은 유기물은 두꺼운 층에서 상당히 높은 방사율을 가질 수 있다. 그러나 이것은 유기물의 낮은 열 전도율에 기인하여 열의 전달에 부정적으로 영향을 줄 것이다. 이를 태면 높은 열 전도율과 같이 높은 방사율 재료 및 코팅이 바람직하다. 고 방사율/저 가시 흡수(visible absorption) 코팅이 J.R. Grammer, "Emissivity Coatings for Low-Temperature Space Radiators", NASA Contract NAS 3-7630(1996년 9월 30)에 기술되어 있다. 0.85 이상의 방사율과 0.2 미만의 흡수율을 가진 여러 규산염(silicates)이 개시되어 있다.

[0260]

주위의 대기로의 열전달을 최대로 하기 위해, 국부적인 반도체와 패시브(passive) 장치들(예컨대, LEDs, 드라이버, 컨트롤러, 레지스터, 코일, 인덕터, , 캡 등)에 의해 발생되는 열을 열 전도를 통해 반도체 다이 보다 더 큰 표면적으로 효과적으로 발산시키고 나서 대류 및 복사를 통해 주위의 대기로 발생된 열을 효율적으로 전달할 수 있는 발광 열 전도성 물질들에 대한 요구가 존재한다. 동시에, 이 발광 열 전도성 물질들은 L/W 효율 및 좋은 연색성(color rendering)을 가진 자냉식 고체 광원을 창출하기 위해 LED 방출의 적어도 일부를 효율적으로 가시 스펙트럼의 또다른 부분으로 변환시켜야 한다. 고체 및 분말 형태 모두에서 종래의 파장 변환기들은 실질적으로 LED 다이 또는 반도체 장치와 동일한 크기로 된다. 이것은 발광 물질들의 체적을 최소화시키지만, 스톡스 손실(Stokes' losses)과 다른 변환 손실들에 기인하여 발광 요소 내에서 발생하는 열을 집중시킨다. 현재의 고체 광원에서는 발생된 열의 대략 50%가 발광 물질 내에 있다.

[0261]

또한 LEDs에 의해 방출되는 여기 광(excitation light)에 대한 웨이브 가이드로서 작용하는 낮은 도핑 농도(dopant concentration)를 가진 열 전도성 발광 요소를 사용함으로써 발광 변환 손실에 의해 발생하는 열은 더 큰 체적에 걸쳐 분산될 수 있다. 부가해서, 종래의 LED 패키지에서 보여지는 바와 같은 집중된 점광원보다는 더 분산된 광원이 발생될 수 있다. 이러한 방식에서 추가 확산과 광학 요소들에 대한 요구는 배제되거나 최소로 될 수 있다. 이와 같이 발광 요소들에 장착된 반도체 장치들 보다 더 큰 표면적을 가진 발광 열 전도성 요소들의 사용이 바람직한 실시예이다.

[0262]

전형적인 고체 광원에서 LEDs와 형광체 물질 내에서 발생된 열은 전도 수단을 통해 대개 알루미늄 또는 동으로 만들어진 훨씬 더 큰 열 흡수원으로 전달된다. LED 접합부와 열 흡수원 사이의 온도 차이는 40 내지 50℃로 될 수 있다. 주위와 열 흡수원 온도 사이의 온도 차이는 LEDs 접합부와 열흡수 표면에서 상당한 온도 강하가 발생하는 것에 주어져서 전형적으로 매우 작게 된다. 이러한 작은 온도 차이는 복사 냉각의 대부분을 없앨 뿐만 아니라 LEDs를 효과적으로 냉각하기에 충분한 표면적을 제공하기 위해 열 흡수원이 매우 크고 무겁게 될 것을 요구한다. 열 흡수원이 커지면 커질수록 LED 접합부와 열흡수원 핀들의 표면 사이의 온도 강하가 커지게 된다. 이러한 이유 때문에, 보다 작은 열흡수원 체적이 사용될 수 있도록 온도 강하를 감소시키거나 대류 냉각을 증가시키기 위해 히트 파이프들 및 활성 냉각(active cooling)이 사용된다. 일반적으로, 열 흡수원 및/또는 활성 냉각의 추가된 중량은 선적, 설치에 대한 비용을 증가시키며, 몇몇 경우에는 간접비용 적용을 위한 안전 위험을 야



기한다.

- [0263] 이상적으로, 백열등, 할로겐, 나트륨, 그리고 형광 광원과 같이, 고체 광원의 방출면은 또한 그 광원을 냉각시키기 위해 사용될 것이다. 그와 같은 냉각원은 대류 및 복사 냉각을 모두 최대화시키기 위해 LED 접합부들의 온도와 매우 가까운 방출면을 가질 것이다. 방출면은 작지만 국부화된 LED 다이(localized LED die)로부터의 열이 LEDs를 효과적으로 냉각시키기에 충분히 큰 면적에 걸쳐 발산되게 하도록 충분한 열 전도율을 드러내는 물질로 구성되어야 한다. 본 발명에 있어서, 이것은 사용되는 반도체 장치들에서 발생하는 열을 이 반도체 장치들 보다 더 큰 표면적에 걸쳐 전도를 통해 확산시키는 열 전도성 발광 요소를 사용하여, 그리고 높은 방사 코팅, 증가된 표면적, 그리고 자냉식 광원의 표면으로의 열의 충분한 결합에 의해 생성되는 보다 높은 표면 온도에 의해 대류 및 복사 냉각을 최대화하여 상기 발광 요소 내에서 발생하는 열을 보다 큰 체적에 걸쳐 확산시킴으로써 실현된다.
- [0264] 전술된 바와 같이, 비 화염성 고체 광원에 대한 요구가 존재한다. 유기물의 화재 위험을 줄이기 위한 기술은 화염 발산과 연기에 기인하여 클래스 1 또는 클래스 A 요구사항을 충족시킬 수 없을 뿐만 아니라 이 물질들의 광학 특성을 저하시킬 수 있다. 본 개시는 자냉식 고체 광원에서 비 화염성으로 되는 유기 물질 및 이의 사용을 인용한다. 이 광원은 화재 동안 화염의 확산과 연기의 증가에 기여하지 않을 뿐만 아니라 천장에서 파열의 제거 및/또는 감소에 의해 인접한 화재의 유지, 음향 및 미적인 매달린 천장을 유지할 수 있다. 그림당 높은 루멘에 의해 형성된 이 광원의 경량 특성은 직접적인 부착, 매달음, 그리고 매달린 천장 위나 천장으로부터 또는 천장 내에 광원의 매립을 허용한다. 이것은 매달린 천장에 대한 지진 인증을 허용하고, 부가적인 지지 와이어에 대한 요구를 제거한다. 지지 와이어의 제거는 사무실 공간 내의 사용자가 필요에 따라 조명을 바꾸고, 고치고, 대체하고, 또는 그 이외에 이동시킬 수 있게 한다. 이것은 또한 격자와 천장 타일과의, 또는 격자 및/또는 천장 타일에 부착되거나 매립된 전원 격자(power grids)와의 전기 및 물리적인 커넥터가 자석, 클립 및 다른 분리 가능한 형태를 사용할 수 있게 한다.
- [0265] 그리고 나서 방출면과 냉각면이 실질적으로 동일한 자냉식 광원과의 접합부에서 사용될 수 있는 재순환 캐비티 또는 함몰부를 형성하기 위한 천장 타일 외층 또는 스크림(scrim)의 사용이 또한 개시된다. 일반적으로 개시된 자냉식 고체 조명기구는 방출/냉각 표면이 사무실 공간 내에서 직접 주변으로 노출되기 때문에 플레넘(plenum) 측이 아닌 사무실 공간 측으로 열의 대부분을 전달한다. 플레넘 공간에서 드라이버들과의 전기 및 물리적 연결은 푸시 핀 커넥트, 매립 트레이스, 표면 트레이스, 그리고 다른 인터커넥트 수단을 통해 발생한다.
- [0266] 도면의 간단한 설명
- [0267] 도 1a 및 1b는 광 방출(optical emission)이 실질적으로 열 제거의 반대 방향으로 되는, 플립칩(flip chip)이 장착된 종래기술의 수직 LED 패키지의 측면도 및 열 회로도(thermal schematics)를 묘사한 것이다.
- [0268] 도 2a, 2b 및 2c는 열 전도성 발광 요소들과 인터커넥트들(interconnects)을 사용하는 본 발명의 자냉식 고체 광원의 측면도를 열 회로도와 함께 묘사한 것이다.
- [0269] 도 3a, 3b 및 3c는 복수의 다이(die)를 가진 본 발명의 자냉식 고체 광원의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0270] 도 4a, 4b 및 4c는 여러 LED 다이 타입을 위한 발광 열 전도성 요소들에 있는 본 발명의 인쇄된 전기 인터커넥트들의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0271] 도 5a, 5b, 5c 및 5d는 다양한 형상을 가진 본 발명의 파장 변환 요소들의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0272] 도 6a 및 6b는 LEDs를 위한 본 발명의 파장 변환 요소들 상의 두 개의 다른 장착 구조의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0273] 도 7a, 7b 및 7c는 본 발명의 LED 다이 상의 인쇄된 인터커넥트들의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0274] 도 8a, 8b, 8c 및 8d는 본 발명의 자냉식 광원을 위한 여러 환경 씰(environmental seal)의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0275] 도 9a 및 9b는 이중 양면 추출(dual sided extraction)을 위한 본 발명의 다이 형상의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0276] 도 10a 및 10b는 본 발명의 파장 변환 요소들 내의 블루(blue) 및 레드(red) 다이의 측면도 및 그래프를 묘사한 것이다.
- [0277] 도 11은 본 발명의 3핀 자냉식 광원의 평면도를 묘사한 것이다.

- [0278] 도 12는 본 발명의 일체화된 드라이버(integrated driver)를 가진 자냉식 광원의 평면도를 묘사한 것이다.
- [0279] 도 13a 및 13b는 본 발명의 추가적인 냉각수단을 가진 자냉식 광원의 측면도 및 사시도를 묘사한 것이다.
- [0280] 도 14는 본 발명의 열적으로 격리된 영역들을 가진 자냉식 광원의 평면도를 묘사한 것이다.
- [0281] 도 15는 본 발명의 블루 및 레드 다이를 위한 별도의 구동방식(separate drive scheme)을 가진 자냉식 광원의 평면도를 묘사한 것이다.
- [0282] 도 16a 및 16b는 본 발명의 감산 레드 형광체(subtractive red phosphor)와 첨가제 레드 LED(additive red LED)의 그래프를 묘사한 것이다.
- [0283] 도 17은 본 발명의 시안(cyan) 및 옐로우(yellow) LEDs를 가진 자냉식 광원으로부터의 스펙트럼의 그래프를 묘사한 것이다.
- [0284] 도 18a 및 18b는 본 발명의 발광 코팅을 가진 다양한 형상의 측면도 및 사시도를 묘사한 것이다.
- [0285] 도 19a 및 19b는 본 발명의 자냉식 광원을 위한 광학(optics)의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0286] 도 20a, 20b 및 20c는 원거리장 광학 패턴(far field optical patterns)을 수정하는 수단의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0287] 도 21a, 21b 및 21c는 본 발명의 웨이브 가이드링 물질(waveguiding materials)을 가진 발광 패치 소스(light emitting patch source) 및 그 사용을 묘사한 측면도이다.
- [0288] 도 22는 종래기술의 광 스트립의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0289] 도 23은 종래기술의 웨이브 가이드 광 패널의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0290] 도 24는 방출면과 냉각면이 실질적으로 동일한 면으로 되는 자냉식 광 스트립의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0291] 도 25는 방출/냉각 표면의 다이 온도 대 열 전도율을 나타낸 그래프를 묘사한 것이다.
- [0292] 도 26은 매달린 천장 설치의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0293] 도 27은 매달린 천장 격자에 부착된 자냉식 비 화염성 광 스트립의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0294] 도 28a는 반사기 스크립을 가진, 그리고 갖지 않은 매달린 천장의 천장 타일 내에 일체화된 자냉식 비 화염성 광 패널의 측면도를 묘사한 것이며, 도 28b는 재순환 캐비티를 형성하는 스크립 층을 가진 매립된 자냉식 광원의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0295] 도 29는 매달린 자냉식 광 패널의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0296] 도 30은 매달린 천장 내의 자냉식 광 스트립의 지진적 설치의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0297] 도 31은 매달린 천장 내의 자냉식 광 패널의 음향적 설치의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0298] 도 32a는 재순환 램버시안 자냉식 광 스트립의 측면도를 묘사한 것이다. 도 32b는 열 전도성 발광 요소를 가진 재순환 램버시안 자냉식 광 스트립의 측면도를 묘사한 것이다. 도 32c는 열 전도성 반투명 요소 및 반사기를 가진 재순환 램버시안 자냉식 광 스트립의 측면도를 묘사한 것이다. 도 32d는 웨이브 가이드링 요소를 가진 재순환 램버시안 자냉식 광 스트립의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0299] 도 33은 재순환 자냉식 광원에서 효율 대 반사율을 나타내는 그래프를 묘사한 것이다.
- [0300] 도 34는 자냉식 광원 위의 장식 오버레이(decorative overlays)의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0301] 도 35a는 반사기 캐비티와 열 전도성 반투명 요소를 가진 재순환 자냉식 광원의 측면도를 묘사한 것이다. 도 35b는 발광 열 전도성 반투명 요소를 가진 재순환 자냉식 광원의 측면도를 묘사한 것이다. 도 35c는 열 전도성 반투명 요소 및 파장 변환 코팅/요소를 가진 재순환 자냉식 광원의 측면도를 묘사한 것이다. 도 35d는 재순환 캐비티가 없는 자냉식 광원의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0302] 도 36은 푸시 핀 커넥터와 자냉식 광원의 측면도를 묘사한 것이다.
- [0303] 도 37은 자냉식 광원을 위한 스크립 오버레이의 측면도를 묘사한 것이다.

[0304]

도면의 상세한 설명

[0305]

도 1a는 기판(4)에 장착된 종래의 수직 LED 다이(die)(3)를 묘사한 것이다. 수직 LED 다이(3)는 전형적으로 실리콘 수지 재료에서 Ce:YAG와 같은, 그러나 이에 제한되지 않는 형광체 분말(phosphor powder)로 이루어진 무기/유기 매트릭스(7)로 코팅된다. 와이어 본드(2)가 수직 LED 다이(3)를 인터커넥트(5)에 전기적으로 연결하기 위해 사용되며, 그리고 나서 무기/유기 매트릭스(7)로 코팅된다. 수직 LED 다이(3)의 다른 측면은 일반적으로 공정 땀납(eutectic solder) 또는 전도성 접착제를 통해 인터커넥트(6)와 접촉한다. 어셈블리를 환경적으로 밀봉하기 위해, 수직 LED 다이(3)로부터 광 추출을 향상시키기 위해, 그리고 그 장치에 의해 방출된 광의 원거리장 광 패턴을 수정하기 위해 렌즈(1)가 기판(4)에 추가로 부착된다. 이러한 경우, 방출된 광선(9)은 실질적으로 열 광선(8)과 반대 방향으로 나아간다.

[0306]

도 1a의 열 회로도(thermal schematic)에서 나타난 바와 같이, 무기/유기 매트릭스(7)의 냉각은 수직 LED 다이(3)를 통한 열 전도를 통해, 그리고 거의 배타적으로 발생하여 인터커넥트(6)를 통해 기판(4)내에서 발생한다. 스톱스 손실 및 산란 흡수에 기인하여 무기/유기 매트릭스(7) 내에서 발생된 열은 무기/유기 매트릭스(7)의 벌크(bulk) 열 전도성에 의해 결정되는 열 저항에 의해 결정되는 비율로 수직 LED 다이(3)로 열 전도된다. 단순화된 열 회로도에 나타난 바와 같이, 무기/유기 매트릭스(7)의 평균 온도는 열저항(R)(형광체/봉합재)과 수직 LED 다이(3)의 평균 온도(T2)에 의해 결정된다. 무기/유기 매트릭스(7) 내에서 발생하는 열이 주위로 발산되도록 하기 위해, 열은 주위로 발산되기 전에 LED 다이(3)의 열 저항(RLED)과 기판(4) (R 패키지)으로 이동해야 한다. 이것은 이 장치 내에 벌크(bulk) 및 인터페이스(interface) 열 저항들과 공간의 변화(spatial variations)를 한데어러한 한 단순화된 열 회로도이다. 그러나 일반적으로, 무기/유기 매트릭스(7) 내에서 발생하는 열은 무기/유기 매트릭스(7)를 둘러싸는 다른 물질들(예컨대, 렌즈)의 낮은 열 전도성에 기인하여 주로 수직 LED 다이(3)를 통해 발산되어야 한다. 주위로의 열의 발산을 향상시키기 위해 금속, 합성물, 또는 세라믹 요소들을 사용하면 부가적인 열 흡수수단이 추가로 증가할 수 있지만, 기본적으로 열의 유량은 여전히 동일하다. 렌즈(1)는 방출된 광선들(9)을 위한 추출 요소로서 작용하며, 또한 열선들(8)로서도 작용한다. 전형적으로 0.1 W/mK 미만의 열 전도율을 가진 실리콘 또는 에폭시 수지로 구성되면 렌즈(1)는 단열체로서 작용한다. 렌즈(1)는 또한 저항방사율에 기인하여 수직 LED(3) 및 무기/유기 매트릭스(7)로부터의 열 복사를 제한할 수 있다. 일반적으로 이러한 설계는 수직 LED(3) 내의 활성 영역으로부터의 등방성 방출(isotropic emission)의 대략 50%가 그 장치 내의 어떤 표면에서 반사되어야 하며, 그 장치의 원거리장 출력이 실질적으로 자연에서 방향성이 있거나 램버시안(lambertian)적이어야 할 것을 요구한다. 매우 반사적인 층들을 사용하더라도 이것은 이러한 접근에 대해 손실 메커니즘(loss mechanism)을 나타낸다. 이러한 여분의 손실은 광선들(optical rays)이 후면 전극들(back electrodes)을 통과하여 다수의 반사를 겪어야 하는 추가된 경로 길이(pathlength)와 연관된다. 수직 LED(1)의 활성 영역에서 발생하는 광을 추출하기 위해 요구되는 이 추가된 경로 길이 및 반사들은 근본적으로 LED 자체의 흡수 손실에 기초하여 LED의 효율을 저감시킨다. 무기/유기 매트릭스(7) 내에서 발생하는 광의 상당한 부분은 또한 수직 LED(1)를 통과하고 이에 의해 반사되어야 한다. 수직 LED(1)는 손실이 없는 반사기가 아니며, 이 광선들의 상기 추가된 경로 길이는 또한 전체적인 효율을 감소시킨다.

[0307]

도 1b는 종래의 플립 칩 장착 LED(15)를 묘사한 것이다. 납땜 또는 열 압축 접착에 의해 플립 칩 장착 LED(15)는 접촉부(16, 21)를 통해 기판(19)에서 각각 인터커넥트(17, 18)에 부착된다. 발광 변환기(14)는 Ce:YAG 세라믹, 단결정 Ce:YAG, 다결정 Ce:YAG 또는 종래기술에서 공지된 것과 같은 다른 고체 발광 물질과 같이, 도 1a에서 논의된 바와 같은 무기/유기 매트릭스, 또는 고체 발광 요소로 될 수도 있다. 어느 경우에도, 이러한 설계로 동일한 냉각 효율이 작용한다. 사실상 발광 변환기(14)의 모든 냉각은 플립 칩 장착 LED(15)를 통해야 한다. 다시, 방출 선(emission rays)(12)은 실질적으로 열선(13)의 반대 방향으로 움직이며, 다시 한번 플립 칩 장착 LED(15)의 활성 영역의 등방성 방출의 대략 50%가 은과 같은 값비싼 금속, 특별하게 코팅된 방법 및 심지어 광자 결정(photonic crystals)의 경우에서와 같은 나노 리소그래피(nanolithography)의 사용을 요구하는 이 장치 내에서 방향 전환되어야 한다.

[0308]

LED 다이 면적의 큰 부분에 걸쳐 매우 반사적이고 여전히 낮은 저항 접촉을 형성하는 접촉부들의 형성은 전형적으로 좋은 저항 접촉(ohmic contact)을 형성하는 것이 요구되는 온도에서 은의 반사성 하락에 기인하여 이 산업에 주요한 도전이 되어 왔다. 이러한 높은 광 반사성 및 낮은 전기 저항성은 추가 비용과 효율 손실로 이끈다. 양 접촉부가 일 측면으로부터 행해져야 하기 때문에, 전형적으로 언더필(underfill)(20)이 플립 칩 접촉부들의 사용에 의해 창출되는 보이드(void)들에서 충전된다. 렌즈(11)는 또한 대류 및 복사로부터의 이 장치에서 열 유동에 대한 장벽(barrier)을 형성한다. 발광 변환기(14)는 전형적으로 플립 칩 장착 다이(15)가 기판(19)에 장착되고 상호 연결된 이후에 부착된다. 플립 칩 장착 다이(15)와 발광 요소(14) 사이의 접착 층(23)은 발광 요소

(14)를 열적으로 더 격리시킨다. 전형적으로, InGaN power LED UV/Blue 칩들은 60%에 접근하는 효율을 드러내는 반면에, InGaN power LED 패키지는 전형적으로 40%로 된다. 그러므로 발광 변환기(14) 내에서의 손실은 이 장치 내에서 총 손실의 실질적인 부분을 나타낸다. 도 1a의 무기/유기 매트릭스 발광 변환기의 경우에, 상기 변환 손실은 실리콘 또는 에폭시 매트릭스의 낮은 열 전도성에 기인하여 개별 형광체 분말들 내에서 더 집중된다. 고체 발광 변환기(14)는 고체 물질의 더 높은 열 전도성에 기인하여 더 횡측으로의 발산을 가진다. 양 경우는 전형적으로 14 W/m/K의 고유의 열 전도율을 가진 세륨 도핑된 YAG이다. 그러나, 상기 실리콘 매트릭스는 0.1 W/m/K 미만의 열 전도율을 가지며 실질적으로 모든 형광체 분말을 둘러싸기 때문에, 상기 무기/유기 매트릭스는 그 자체에 의해 실리콘 또는 에폭시와 거의 동등한 매크로(macro) 열 전도성을 가진다. 형광체 분말의 매우 높은 로딩 레벨(loadings)이 사용될 수 있지만, 보다 높은 분산에 기인하여 효율 손실로 이끈다.

[0309]

접착층(23)을 통해 플립 칩 장착 LED(15) 내로 열적 전도되는 것을 제외하고는 발광 변환기(14)에서 발생하는 열이 진행되는 것은 어디에서든지 단순하지 않다. 대부분의 경우, 고체 발광 변환기들(14)은 플립 칩 장착 LED(15)의 에지로부터 누설되는 블루 광을 처리하는 부가적인 누설 코팅(leakage coating)(22)을 가져야 한다. 무기/유기 매트릭스는 도 1a에서 제기된 것과 동일한 것을 겪는다. 도 1a 및 1b 모두에서, 방출 면은 실질적으로 냉각면들과 다르다. 발광 변환기(14) 내에서 발생하는 열은 실질적으로 플립 칩 장착 LED(15)를 통해 발산된다는 점에서 도 1b에 대한 열 회로도도 도 1a와 유사하다. 높은 전력으로 되는 LEDs의 출현에 의해 이 장치 내에서 발생하는 열의 실질적인 부분은 발광 변환기(14) 내에서 집중될 수 있다. 이러한 집중화(localization)는 원격 형광체들(remote phosphors)의 사용을 포함하는 다양한 해결책으로 유도했다. 일반적으로, 발광 변환기(14) 효율은 그것의 평균 온도(T4)가 증가함에 따라 감소한다. 종래기술에서 발광 변환기(14)는 T5의 평균 온도를 가진 플립 칩 장착 LED(15)를 통해 그것의 대다수의 열을 발산시킨다. 이것은 본래 그 주위보다 더 높은 온도이다. 이에 의해 발광 변환기(14) 내에서 발생하는 열이 더 높은 효율 장치를 위해 감소될 수 있는 기술들에 대한 요구가 존재한다.

[0310]

도 2a는 광 방출선(optical emission rays)(26)이 실질적으로 열선(thermal rays)(27)과 동일한 방향으로 이동하는 본 발명의 수직 LED(24)를 묘사한 것이다. 열 전도성 발광 요소(25)는 수직 LED(24)에 의해 방출되는 광의 적어도 일부에 대해 파장 변환을 제공하며, 광 및 열 확산 요소, 추출 수단, 그리고 전기 인터커넥트에 대한 기관으로서 작용한다. 도 2a에 있어서, 오버코트(overcoat)(30)는 파장 및/또는 종속된 편광(polarization dependent)으로 되는, 반사적이고 투명하고 부분적으로 반사적이며, 반사성을 드러낼 수 있다.

[0311]

와이어 본드(29)는 전도성 잉크 또는 공정 땀납을 통해 부착된 접촉부(34)를 인터커넥트(31)에 연결함과 함께 인터커넥트(28)를 접촉 패드(33)에 연결시킨다. 투명/반투명 접착층(32)이 열 전도성 발광 소자(25) 내로의, 결국에는 이 장치로부터의 광학적 및 열적 결합을 최소화시킨다. 투명/반투명 접착층(32)은 글래스 핏(glass fit), 폴리리실록산, 폴리실라잔, 실리콘, 그리고 다른 투명/반투명 접착 물질로 이루어질 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 투명/반투명 접착층(32)은 0.1 W/mK 이상의, 심지어 더 바람직하게는 1 W/mK 이상 이상의 열 전도성을 가진다. 열 전도성 발광 요소(25)는 단결정 발광 물질, 다결정 발광 물질, 비결정질(amorphous) 발광 물질, 사파이어와 같은 열 전도성 투명/반투명 물질, TPA, 질화물, 스피넬, 규빅 지르코니아, 석영, 열 전도성 발광 코팅으로 코팅된 유리, 그리고 열 전도성 투명/반투명 물질과 열 전도성 발광 물질의 합성물로 이루어질 수 있지만, 이에 제한되지 않는다.

[0312]

도 2a에 있어서, 높은 방사층(35)이 복사 냉각을 향상시키기 위해 열 전도성 발광 요소(25)에 적용될 수 있다. 부가해서, 특히 열 전도성 발광 요소(25)로부터 추출을 증가시키기 위해 추출 요소들이 사용되는 경우에, 높은 방사층(35)은 또한 둘러싸는 공기와 열 반사성 발광 요소(25) 사이에서 인덱스 매칭층(index matching layer)으로서 작용함으로써 향상된 추출 효율을 제공할 수 있다. 이전의 종래기술의 열 회로도와는 다르게, 열 전도성 발광 요소(25)에서 발생한 열의 흐름은 열 전도성 발광 요소(25) 자체의 표면의 대류 및 복사 냉각을 통해 주위와 직접 연결된다. 이러한 직접적인 연결 접근법(direct coupling approach)은 열 전도성 발광 요소(25)의 벌크 열 전도율(bulk thermal conductivity)이 둘러싸는 주위로 열을 효과적으로 전달하기에 충분히 큰 면적에 걸쳐 효과적으로 열을 확산시키기에 충분히 큰 경우에만 효과적으로 실현될 수 있다. 이와 같이, 열 전도성 발광 요소는 1 W/mK 이상의 평균 벌크 열 전도율과 함께 부착된 LED 보다 더 큰 표면적을 가지며, 수직 LED(24)와 열 전도성 발광 요소(25) 내에서 발생한 열은 실질적으로 열 전도성 발광 요소(25)의 대류 및 복사를 통해 둘러싸는 주위로 전달된다. 높은 방사층(35)은 가장 바람직하게 100℃에서 0.8 이상의 방사율과, 가시 스펙트럼을 통해서 0.2 미만의 흡수율을 가진다. 대안으로, 열 전도성 발광 요소(25)의 방사율은 100℃에서 0.8 보다 크고, 가시 스펙트럼을 통해서 0.2 미만의 흡수율을 가질 수 있다.

[0313]

도 2b는 투명/반투명 접착층(43)을 통해 열 전도성 발광 요소(42)에 장착되고 접촉부(41, 40)을 통해 열 전도성



발광 요소(42) 위의 인터커넥트(44, 45)에 전기 연결되는 플립 칩 장착 LED(36)를 묘사한 것이다. 인터커넥트(44, 45)는 스크린 프린팅, 잉크젯 프린팅, 리소그래픽 수단, 또는 이것들의 다른 방법의 조합을 통해 형성된 두꺼운 필름 실버 전도체이다. 실예로, 열 전도성 발광 요소(42)는 실버 페이스트(silver paste)가 스크린 프린트되고 불에 쪼여지는 대략 5 미크론 깊이의 레이저 컷 트렌치(laser cut trench)를 포함할 수 있다. 그리고 나서 전도성 발광 요소(42)의 표면은 선택적으로 인터커넥트(44, 45)를 위한 매끄러운 면(smooth surface)을 생성하기 위해 랩핑된다. 이 결과적인 표면은 이제 열 압축 접착된 다이(thermo compression bonded die), 일체적인 공정 뿔납을 가진 다이렉트 다이 부착 다이(direct die attach die), 그리고 다른 다이렉트 부착 접착 방법을 위해 충분히 매끄럽게 된다. 인터커넥트(44, 45)는 전형적으로 400℃ 이상의 온도에서 불에 쪼여진다. 인터커넥트(44, 45)는 플립 칩 장착 LED(36)의 폭보다 작거나 큰 라인 폭을 가진 두꺼운 필름 또는 잉크젯 실버 트레이스이다. 상기 장치 내에서 광 손실은 사용된 실버의 양을 최소화하고 인터커넥트 트레이스(traces)의 폭을 최소화하며 실버 트레이스의 반사율을 최대화함으로써 최소로 될 수 있다. 대안으로, 플립 칩 장착 LED(36)와 열 전도성 발광 요소(42) 사이의 열 저항은 실버 두께 또는 면적을 증가시킴으로써 최소로 될 수 있다. 오버코트(37)는 글래스 펫, 폴리실록산, 폴리실라잔, 화염 분사된 세라믹, 그리고 증발/화학증착 코팅으로 이루어질 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 오버코트(37) 내의 높은 반사층은 선택적이다. 이러한 방식에서, 컴팩트한 방향성 광원이 형성될 수 있다. 투명/반투명 접착층은 이 장치를 위한 환경 및 단락 배리어(environmental and shorting barrier)로서 작용한다. 오버코트(37) 내의 반사기는 모든 높은 온도 공정 후에 적용될 수 있으며, 이에 의해 이 층의 반사율을 최대화시킨다. 도 2b에 나타난 열 회로도(thermal circuit)는 다시 도 1의 장치보다도 훨씬 다른 열 전도 경로가 있다는 것을 보여준다. 열 전도성 발광 요소(42)는 LED(36)로부터의 광의 변환 뿐만 아니라 이 장치를 위한 냉각 표면들을 제공한다. 이 장치의 방출면은 또한 이 장치의 냉각면이다.

[0314]

도 2c는 열 전도성 발광 요소(46) 위에 장착된 횡측(lateral) LED(53)를 묘사한 것이다. 도 2a 및 도 2b에서와 같이, 광 방출(50)과 열선(51)은 실질적으로 동일 방향으로 이동한다. 본 구성에 있어서, 투명/반투명 오버코트(48)는 이 장치의 후면에서 열선(56)과 광 방출(57)을 결합시킨다. 광 방출(50)과 광 방출(57)은 방출 스펙트럼, 강도, 또는 편광과 관련하여 서로 같거나 다를 수 있다. 첨가제, 코팅, 그리고 양자의 조합은 오버코트(48) 내에서 방출 스펙트럼, 강도, 그리고 편광에 영향을 미칠 수 있다. 인터커넥트(49, 54)는 유전체 매트릭스(dielectric matrix)에서 전기 전도성 물질들로 이루어질 수 있지만, 이에 한정되지 않는다. 실버 플레이크 후막 페이스트 스크린(silver flake thick film paste screen)이 유전체 매트릭스 내에서 전기 전도성 물질을 형성하기 위해 50% 이상의 반사율로 인쇄되고 400℃ 이상에서 불에 쪼여질 수 있다. 와이어 본드(47, 52)는 LED 접착부(56, 55)를 각각 인터커넥트(49, 54)에 연결한다. 골드 와이어가 바람직하지만, 상기 와이어 본드는 실버, 실버 코팅된 골드, 그리고 와이어 내의 알루미늄, 포일(foil), 그리고 테이프 형태로 될 수 있다. 열 회로도는 이 장치를 통해 주위로의 열의 흐름을 도시한 것이다. 투명/반투명 오버코트(48)도 또한 발광 물질을 포함한다. 예컨대, 투명/반투명 오버코트(48)는 그린 및 옐로우 방출의 레드로의 변환을 위한 Eljen EJ-284 형광 염료와 같은, 그러나 이에 제한되지 않는 적어도 하나의 발광 물질들을 포함하는 HT 1500 폴리실라잔(Clariant Inc.)과 같은, 그러나 이에 제한되지 않는 무기/유기 매트릭스 물질로 이루어질 수 있다. 발광 코팅들은 적어도 하나의 열 전도성 발광 요소(46)를 포함하는 광 방출 장치 위에 투명/반투명 오버코트(48)를 형성하기 위해 딥 코팅, 분사, 잉크젯, 그리고 다른 증착 기술들을 통해 적용될 수 있다.

[0315]

도 3a는 적어도 하나의 LED(61) 위에 열적으로, 그리고 광학적으로 부착되는 단일의 열 전도성 발광 요소(60)로 이루어지는 자냉식 광원을 묘사한 것이다. LED(61)는 InGaN, GaN, AlGaN, AlInGaP, ZnO, AlN, 그리고 발광 다이오드에 기반한 다이아몬드로 이루어질 수 있다. InGaN 및 AlInGaP LEDs와 같은, 그러나 이에 제한되지 않는 블루 및 레드 발광 다이오드들이 적어도 하나의 열 전도성 발광 요소(60)에 광학적으로, 그리고 열적으로 부착된다. LED(61)와 열 전도성 발광 요소(60)에 의해 발생하는 열(59) 및 방사선(emission)(58)은 LED(61) 보다 실질적으로 더 큰 면적과 체적에 걸쳐 발산된다. 이런 방식으로, 발생한 열은 효과적으로 둘러싸는 주위로 전달된다.

[0316]

단결정 내의 Ce:YAG, 다결정, 세라믹, 그리고 화염 분사 형태가 열 전도성 발광 요소(60)를 위한 바람직한 물질 선택이다. 가돌리늄(gadolinium), 갈륨(gallium), 그리고 테르븀(terbium)으로 이루어진 다양한 합금 및 도펀트(dopants)도 또한 사용될 수 있다. 0.02%와 2% 사이의, 바람직하게는 500 미크론 이상의 두께와 함께 0.02%와 2% 사이의 세륨 도펀트 농도를 가진 EFG를 통해 성장된 단결정 세륨 도핑된 YAG로 될 수 있다. 대안으로, 열 전도성 발광 요소(60)는 선택적 포스트 어닐링(optional post annealing)과 함께 화염 분사된 Ce:YAG로 될 수 있다. 열 전도성 발광 요소(60)는 화염 분사, HVOF, LED(61) 위에서 직접적으로 제어된 분위기 하에서의 플라즈마 분사에 의해 형성될 수 있다. 이러한 접근법은 LED(61)를 열 전도성 발광 요소(60)에 접촉시키기 위해 매개 물질(intermediary material)을 사용하는 것 보다 LED(61)에 직접적으로 접촉시킴으로써 열 전도성 발광 요소와

LED(61) 사이에서 열적 및 광학적 결합을 최소화시킨다. 대안으로, 열 전도성 발광 요소(60)는 아래의 방법들 중의 적어도 하나를 사용하여 형성될 수도 있다: 고온 압착(hot pressing), 진공 소결, 대기 소결(atmospheric sintering), 스파크 플라즈마 소결, 화염 분사, 플라즈마 분사, 고온 등압 압축성형(hot isostatic pressing), 저온 등방 압축성형(cold isostatic pressing), 단조 소결(forge sintering), 레이저 융합(laser fusion), 플라즈마 융합, 그리고 다른 용융 기반의 공정. 열 전도성 발광 요소(60)는 단결정, 다결정, 비결정질(amorphous), 세라믹, 또는 무기물들의 용융된 합성물로 될 수 있다. 예컨대, 함께 혼합된 알루미늄 및 세륨 도핑된 Yag 분말의 100 그램이 용기 내에 놓여진다. 이 분말들은 2 Kw 화이버 레이저(fiber laser)를 사용하여 함께 용융되어 그 분말의 체적 내에서 용융된 볼(molten ball)을 형성한다. 이러한 방식으로 그 분말은 용기 벽들로부터 오염을 제거하여 용융된 볼을 위한 도가니(crucible)로서 작용한다. 화이버 레이저의 사용은 빔 크기에 따라 대략 4 초에서 용융의 형성을 허용한다. 아직 용융된 상태에서 상기 볼은 선택적으로 플레이트 내에서 Sic 압반들(platens) 사이에서 단조될 수 있다. 가장 바람직하게 상기 용융된 볼은 2차 처리를 위한 용융된 물질로서 충분한 작업시간을 허용하기 위해 10 mm 이상의 직경으로 된다. 상기 플레이트는 반투명 열 전도성 발광 요소(60)를 형성하기 위해 진공 소결, 대기 소결, 또는 고온 등압 압축성형을 사용하여 더 처리될 수 있다. 화이버 레이저 기반의 용융 공정의 사용은 고온 압착 또는 진공 소결과 비교하여 에너지 비용을 저감시키는 방법으로서 발광 산화물, 질화물, 그리고 산질화물(oxynitrides)의 형성을 위한 바람직한 방법이다. 레이저 기반의 용융 공정 중에 진공, 산소, 수소, 아르곤, 질소, 그리고 암모니아를 포함하는 제어된 분위기의 사용이 개시된다. 화이버 레이저가 바람직한 한편으로, 열 전도성 발광 요소(60)를 형성하도록 분말 질량(powder mass) 내에서 용융된 질량(molten mass)을 형성하기 위해 국소화된 화학 방사선(localized actinic radiation)의 사용이 개시된다.

[0317]

도 3b는 적어도 하나의 LED(64)에 부착된 적어도 두 개의 열 전도성 발광 요소(62, 63)으로 이루어진 자냉식 광원을 묘사한 것이다. 이 경우, 열 방출(64)과 광 방출(65)은 모두 LED(64)의 양 측면으로부터 확산되고 추출될 수 있다. 모든 경우에서, 다수의 LEDs는 적당한 전기 인터커넥트와 평행하고, 직렬로 되고, 비 평행하고, 그리고 이 세가지 모두가 결합된 것을 허용한다. 이 경우, 광 방출(65)은 이 장치들의 두 측면에서 실질적으로 동일하거나 또는 다를 수 있다. 실례로서, 열 전도성 발광 요소(62)는 19 mm x 6 mm 웨이퍼(wafers) 내에서 얇게 조각나는, EFG 병(bottle)을 통해 형성된 1mm 두께의 단결정 세륨으로 도핑된 YAG로 될 수 있다. 이 얇게 조각난 표면(sliced surface)은 높은 굴절률의 Ce:YAG 물질에서 Ce:YAG 방출의 추출을 향상시킨다. 대안으로, 열 전도성 발광 요소(63)는 글래스 프리트 매트릭스(glass frit matrix) 내에서 망간(Mn) 도핑된 스트론튬(Strontium) 티오갈레이트(Thiogallate)의 열 융합된 층과 유로피움(Eu) 도핑된 스트론튬 칼슘 황화물(Sulfide)의 층과 함께 압착 및 소결되는 반투명 다결정 알루미늄으로 될 수 있다. 이러한 방식에서, 광 방출 스펙트럼들의 넓은 범위가 생성될 수 있다.

[0318]

이러한 특별한 경우, 이 장치들의 두 측면은 약간 다른 스펙트럼들을 방출할 것이다. 일반적으로, 불투명 반사기(opaque reflector)가 열 전도성 발광 요소(62, 63) 사이에 놓여지지 않는다면, 이 장치 내에서 상당한 스펙트럼 혼합이 있을 것이다. 이러한 구성은 삼각창(quarter lights), 월와셔(wall washers), 샹들리에(chandeliers), 그리고 광 방출(65)의 실질적인 부분이 두 개의 별개의 방향으로 발생하도록 요구되는 다른 광 구조체를 위해 사용될 수 있다. BEF, 마이크로옵틱(microoptics), 서브파장 요소(subwavelength elements), 그리고 광자 구조체(photonic structures)와 같은 방향성 요소들은 어느 열 전도성 발광 요소(62 및/또는 63)의 광 방출(65)에 다소간의 방향성을 부여한다.

[0319]

또다른 실례에서, 세륨 도핑된 YAG는 열 전도성 발광 요소(62 및/또는 63)의 하나 또는 모두에 대한 발광 특성을 향상시키기 위해 화염, HVOF, 또는 플라즈마 분사를 통해, 그리고 나서 선택적 어닐링, 스파크 플라즈마 소결, 고주파 소결, 또는 HIP를 통해 형성된다. 적어도 하나의 InGaN LED와 적어도 하나의 AlInGaP LEDs가 적어도 하나의 LED(64)를 위해 사용된다.

[0320]

또다른 실례에서, 고순도 알루미늄 산화물이 반투명 반사기를 형성하는 열 전도성 발광 요소(62)를 위한 적어도 하나의 LED 다이(64)에서 직접 화염 분사된다. 화염 분사된 알루미늄 산화물의 방출율은 이 표면으로부터 향상된 복사 냉각을 허용하는 전형적으로 0.8로 된다. 열 전도성 발광 요소(63)는 스킴 용융법(skull melting)을 통해, 그리고 0.1%와 2% 사이의 세륨 도핑 농도로 0.5 인치 x 1 인치 면적과 0.7 mm 두께의 웨이퍼들 내에서 얇게 조각내어 형성된 단결정 Ce:YAG이다. 이 경우, 열 전도성 발광 요소(62)는 반드시 발광 물질을 포함하지는 않지만, LED(64)와 열 전도성 발광 요소(62) 모두에 의해 발생하는 열에 대한 확산 반사기(diffuse reflector)와 열 확산 요소(thermal spreading element)로서 작용한다. LED(64)를 직접 열 전도성 발광 요소(62) 내로 매립함으로써 집어서 위치시키는 것, 다이 부착 공정, 그리고 물질들을 배제시키는 것이 가능하고, 불필요한 인터페이스

들을 제거함으로써 열 전달(64)과 광 배출(65)을 최소화시키는 것이 가능하다. 부가적인 발광 물질들과 반투명 반사기들이 어느 열 전도성 발광 요소(62 또는 63) 내에 위치될 수 있거나 그 위에 코팅될 수 있다. 프린팅 기술들이 잉크젯, 실크스크린 프린팅, 시린지 디스펜싱(syringe dispensing), 그리고 리소그래픽 수단(lithographic means)을 포함하지만 이에 제한되지 않도록 포켓들과 매립된 다이(embedded die)가 상기 다이를 리세스시킬 수 있다.

[0321]

도 3c는 부가적인 냉각수단(71, 73)에 열 전도 경로(paths)(74, 79)를 제공하는 두 개의 열 전도성 발광 요소(72, 74)를 묘사한 것이다. 이 경우, 열 전도성 발광 요소(72, 74)는 열 방출(76)과 광 방출(77)을 허용하며, 또한 열 전도 경로(74, 79)를 제공한다. 부가적인 냉각수단(71, 73)은 또한 도 2에서 이전에 개시된 인터커넥트 수단을 통해 LED(75)에 전기 연결을 제공할 수 있다. 하나 이상의 부가적인 냉각수단(71, 73)은 이 장치에 의해 발산될 수 있는 열의 양을 더 향상시킨다. 실례로, 전형적인 자연 대류 계수는  $20\text{W/m}^2/\text{K}$ 이고, Ce:YAG는 룬 온도에 가까운 0.8의 방사율을 가진다. 실버 후막 인터커넥트 트레이스들에 납땜되는 네 개의 직접 부착 LEDs(75)와 함께 Ce:YAG(72, 74)의 1/4인치 x 1/2인치 x 1 mm 두께의 두 개의 피스(piece)로 이루어진 자냉식 광원은 대략  $2.3\text{ cm}^2$ 의 표면적을 가진다. 만일 표면 온도가 대략  $100^\circ\text{C}$ 이고 주위는  $25^\circ\text{C}$ 이며 방사율이 0.8이라면, 자연 대류 및 복사 냉각을 사용하여 대략 500 밀리와트의 열이 자냉식 광원의 표면에서 발산될 수 있다. 500 밀리와트 중에서 350 밀리와트의 열은 자연 대류 냉각을 통해 발산되고 150 밀리와트는 복사를 통해 발산된다. 전형적인 4000 K 스펙트럼 출력은 광학 와트(optical watt)당 300 루멘의 광학 효율을 가진다. 만일 고체 광원이 50%의 광 변환 효율에 대한 전기를 가진다면, 발생된 열의 모든 500 밀리와트에 대해 광 출력의 500 밀리와트가 발생된다. 이러한 조건 하에서 대략  $100^\circ\text{C}$ 의 표면 온도를 가진 1/4 인치 x 1/2 인치의 고체 광원은 부가적인 열 흡수 수단에 대한 요구 없이 150 루멘을 출력할 수 있다. 부가적인 냉각수단(71, 73)의 사용은 열이 주위로 대류 및 복사적으로 전달될 수 있는 표면적을 증가시킴으로써 이 출력 수준을 상당히 증가시킬 수 있다. 그 실례에서 쉽게 보여지는 바와 같이, 표면적의 증가는 발산될 수 있는 열의 양에 직접 비례한다. 또한 본 발명의 주요한 속성인, 광 변환 효율에 대한 전기는 극적으로 발생된 열의 양에 영향을 미친다는 것은 분명하다. 통상적인 LED 패키지와는 다르게, 이 자냉식 고체 광원 내에서 발생되는 광은 이 장치의 양 측면에서 추출된다. 나타낸 바와 같은 등방성 추출은 산란 방사 추출(Lambertian extraction) 보다 20% 더 높은 이론적인 효율을 가진다. 또한 이러한 접근법을 사용하여, 만일 열 전도율이  $10\text{ W/mK}$  이상이고 LEDs(75)가 둘러싸는 열 전도성 발광 요소(72, 74)에 대해 낮은 열 저항이 있도록 부착된다면, LED(75) 연결부와 열 전도성 발광 요소(72, 74)의 표면들 사이의 온도 차이는 매우 낮게 된다. 부가해서, 냉각수단(71, 73)은 이 장치가 다른 외부 전원들과 정확하게 연결되게 하기 위해 물리적으로 다룰 수도 있다. 실례로, 냉각수단(71)은 핀으로 될 수 있고, 냉각수단(73)은 키를 가진 전기 인터커넥트가 형성되도록 소켓으로 될 수 있다. 대안으로, 냉각수단(71, 73)은 외부 전원과의 부착을 허용하기 위해 마그네트들을 포함할 수도 있다. 더 바람직하게 이 마그네트들은 키를 가진 인터커넥트가 형성될 수 있도록 다른 극성을 가질 수 있다. 부가적인 냉각수단(71, 73)은 히트 파이프, 금속, 글래스, 세라믹, 질화 붕소 섬유(boron nitride fibers), 카본 섬유, 열분해 흑연 필름(pyrolytic graphite films), 그리고 열 전도성 합성물을 구비할 수 있지만, 이에 제한되지는 않는다. 실례로, BNNT Inc.에 의해 제공되는 것과 같이, 질화 붕소 나노튜브 섬유는 압착, 저온(cool) 등방성 압착(cold isostatic pressing), 중온(warm) 등방성 압착, 그리고/또는 고체 시트를 형성하기 위한 고온(hot) 등방성 압착을 사용하여 열적으로 상호 연결되는 골격 매트릭스(skeleton matrix)를 형성하기 위해 박리 질화 붕소 플레이크(exfoliated boron nitride flakes)와 함께 압착된다. 질화 붕소 나노튜브 섬유는 연속적인 열 매트릭스가 형성되도록 질화 붕소 플레이크들을 상호 연결시키고 질화 붕소 플레이크의 표면에 접촉된다. 상기 결과적인 골격 매트릭스는 폴리실라잔, 폴리실록산, 글래스, 실리콘, 그리고 합성물을 형성하기 위한 다른 중합체의 물질을 구비하지만 이에 제한되지 않는 중합체(polymeric) 또는 중합체의 세라믹 전구 물질(precursors)로 주입될 수도 있다. 대안으로, 상기 질화 붕소 나노튜브 섬유는 끈실(yarn) 내에서 포밍(foamed)되고 천 또는 펠트(felt) 내에서 짜여지고 나서 열 전도성 합성물을 형성하도록 주입될 수 있다. 대안으로, 높은 열 전도성 탄소 섬유 및 필름이 사용될 수도 있지만, 탄소 기반의 접근법들과 비교하여 낮은 광 흡수에 기인하여 질화 붕소가 바람직하다. 대안으로, 탄소 기반의 부가적인 냉각수단(71, 73)은 부가적인 냉각을 제공하는 것 뿐만 아니라 흡수 손실을 줄이고 광원으로부터의 광을 방향 전환시키기 위해 반사층을 구비할 수도 있다. 부가적인 냉각수단(71, 73)은 또한 열 전도성 발광 요소(72 또는 74)의 인접 예지 사이에서 또는 그로부터 방출하는 광 방출(77)을 확산시키고 방향을 바꾸게 하거나 흡수한다. 이러한 방식에서, 이 장치의 원거리장 방출(far field emission)은 강도와 스펙트럼 관점(spectral standpoint)으로부터 모두 조절될 수 있다. 부가적인 냉각수단(71, 73)의 열 저항이 낮은 한, 부가적인 냉각수단(71, 73)을 사용하여 표면 냉각면적을 두 배로 하면 대략 루멘 출력이 두 배로 된다.

[0322]

도 4a는 열 전도성 발광 요소(83) 내에 매립된 적어도 하나의 LED(85)를 묘사한 것이다. 열 전도성 발광 요소



(83)는 LED(85)가 리세스되게 하기에 충분히 깊은 함몰부들과 함께 반투명 다결정 알루미늄(Al)을 형성하기 위해 종래에서 알려진 바와 같이 알루미늄 산화물의 압축 소결을 통해 형성될 수 있다. 발광 코팅(84)은 실질적으로 오직 열 전도성 발광 요소(83)에 형성된 포켓에서만 있을 수 있거나 실질적으로 열 전도성 발광 요소(83)의 모든 표면을 덮을 수도 있다. 대안으로, 단결정, 다결정 또는 비결정질 형광체, 피스, 플레이트, 로드 및 입자들이 열 전도성 발광 요소(83) 내에서 융합되거나 그 위에 접착될 수 있다. 이런 방식에서, 열 전도성 발광 요소(81)에 대해 높은 열 전도성을 유지한 상태에서 발광 물질의 양은 최소로 될 수 있다.

[0323]

실예로, 단결정 YAG 피스들이 TPA 포켓들의 바닥 내에서 광 및 열적으로 융합되도록 1 mm x 1 mm 및 두께 300 micron의 단결정 Ce:YAG 피스들이 TPA 압착 소결된 플레이트들 내에 형성된 1.1 mm x 1.1 mm x 500 micron 깊이의 포켓들 내에서 융합 접착되고 나서 1700°C에서 불에 쪼일 수 있다. 그리고 나서 LED(85)는 포켓의 나머지 깊이 내에서 접착될 수 있고 상기 단결정 Ce:YAG 피스들을 국부적으로 여기시키기 위해 사용될 수 있다. LED(85)와 단결정 Ce:YAG 피스들로부터 조합된 광 방출은 여전히 높은 열 전도성을 유지한 상태에서 상기 소결 압착된 TPA에 의해 확산되고 추출될 것이다.

[0324]

대안으로, 글래스 프리트(glass frits), 폴리실록산, 폴리실라잔, 그리고 다른 투명 바인더들 내의 발광 분말들이 발광 코팅(84)을 먹을 수 있다. 특히, 발광 분말들을 가진 폴리실라잔, 플레이크, 로드, 미리 처리되고 접착제로서 조합된 섬유와 같은 발광 코팅(84) 내의 고온의 바인더들이 열 전도성 발광 요소(83)와 적어도 하나의 LED(85) 사이에 위치될 수 있다.

[0325]

높은 가시 스펙트럼 투사율(high visible spectrum transmission), 낮은 굴절율, 높은 열 전도성, 그리고 네트(net)의 최종 형상을 위한 낮은 공정 비용을 가진 물질들이 열 전도성 발광 요소(83)를 위한 바람직한 물질이다. 이 물질들은 TPA, 스피넬, 석영, 글래스, ZnS, SnSe, ZnO, MgO, AlON, ALN, BN, Diamond, 및 Cubic Zirconia를 구비할 수 있지만 이에 제한되지는 않는다. 특히, 압착 소결을 통해 형성된 Spinel 및 TPA는 네트 형상 부품(net shape parts)의 제조비용이 낮다. 코팅들 또는 접착된 요소들로서 발광 요소들과 함께 종래기술에서 공지된 것과 같은 투명한 치과용의 브레이스(transparent dental braces)에서 보여지는 것과 같이 TPA 부품들을 형성하기 위해 사용되는 기술들의 사용은 열 전도성 발광 요소(83)를 창출할 수 있다.

[0326]

열 전도성 발광 요소(83) 내에서 리세스된 LED(85)와 함께 프린팅 및 리소그래픽 방법들이 적어도 하나의 LED(83)를 외부 전원 및/또는 다른 LEDs 또는 장치에 전기적으로 상호 연결시키기 위해 사용될 수 있다. 와이어 접착과는 다르게, 이러한 접근법은 다수의 스틱의 조립을 용이하게 하고 비용을 줄이는, LEDs를 상호 연결시키는 저 프로파일 방법(low profile method)을 창출한다.

[0327]

하나의 실예에서, LED(85)는 열 전도성 발광 요소(83)를 형성하기 위해 스피넬의 1 mm 두께의 웨이퍼 내에서 레이저 어블레이션(laser ablation)을 통해 형성된 포켓 내에서 접착된다. 이러한 실예에서 상기 스피넬은 발광 요소들 또는 특성을 구비하거나 구비하지 않을 수 있다. 대신에 대부분의 파장 변환은 발광 코팅(84) 및/또는 부가적인 발광 코팅(82)을 통해 LED(85) 주위에서 국부적으로 발생한다. 이것은 아직까지도 필요한 발광 물질의 양이 이 발광 물질들에 대한 주위와의 낮은 열저항을 허용하는 것을 최소화한다. 도 4에는 단일 측면만이 나타난 반면에, 상기 광원은 또한 LED(85) 및 상기 광원 내의 어떠한 발광 요소들로부터의 냉각 및 광 분포를 더 향상시키기 위해 또다른 광원, 열 흡수원(heat sink), 또다른 투명/반투명 열 전도성 요소에 접착될 수도 있다. LED(85)는 10 마이크로 이하의 입자 크기를 가진, 0.1% 내지 2%이 함유된 폴리실라잔이 도핑된 Ce:YAG 분말을 사용하여 포켓 내에서 접착된다.

[0328]

투명/반투명 유전체 층(81)이 접촉 패드(87, 86)을 제외하고 적어도 하나의 LED(85)에 걸쳐 잉크젯 프린트된다. LED(85)가 TCO 기반의 접촉부들을 사용하는 경우, 상기 TCO의 적어도 일부는 전기적인 접촉을 허용하기 위해 투명/반투명 유전체 층(81)에 의해 덮여지지 않는다. 선택적으로, 부가적인 파장 변환을 허용하기 위해, 그리고 이 장치로부터 더 균일한 스펙트럼 분포를 창출하기 위해 부가적인 발광 코팅(82)이 적어도 하나의 LED(85)에 프린트되거나 형성될 수도 있다. 인터커넥트(80, 88)는 투명/반투명 유전체(81)의 처리 전 또는 후에 적용될 수도 있다. 폴리실라잔, 폴리실록산, 글래스 프리트, 스핀 온 글래스(spin-on glasses), 그리고 유기 코팅은 투명/반투명 유전체(81)의 실예들이며, 바람직하게 상기 코팅은 300°C 이상에서 투명성을 유지할 수 있다. 발광 요소들을 갖고 갖지 않은 폴리실라잔을 함유한 제제(formulations)들은 부가적인 발광 코팅(82), 투명/반투명 유전체(81) 및 발광 코팅(84)을 위한 바람직한 물질이다. 바람직한 발광 요소들은 분말 형광체(powder phosphors), 양자 도트(quantum dots), 형광 염료(fluorescent dyes)(Eljen Technologies로부터의 샘플 파장 쉬프팅 염료들) 및 발광 플레이크와 섬유이다.

[0329]

LED(85)와의 전기 연결은 횡측 LED 설계에 대해 인터커넥트(80, 88)를 경유한다. 실버 전도체 잉크들의 정밀 잉



크젯 프린팅 및/또는 후막 실버 잉크들의 스크린 인쇄는 인터커넥트(80, 88)를 형성한다. 실예로서 후막 실버 페이스트는 스크린 인쇄되고 LED(85)를 위한 포켓에 이르기까지 열 전도성 발광 요소(83)에서 불에 쪼여진다. 오직 접촉부(87, 86)만이 노출되어 남고 투명/반투명 유전체(81)는 LED(85)에서 단락을 방지하지만 여전히 이전에 적용된 후막 페이스트 전도체들로의 접근을 허용하는 방식으로 LED(85)의 상기 노출된 표면과 열 전도성 발광 요소(83)의 적어도 일부를 덮는다. 투명/반투명 유전체(81) 및 선택적으로 부가적인 발광 코팅(82)의 처리 후 또는 전에, 전도성 잉크가 잉크젯 인쇄되어 이전에 상기 접촉부(86, 87)에 적용된 후막 실버 전도체를 연결한다. 이러한 접근법을 사용하여, 여전히 낮은 저항 전도체들을 허용하는 상태에서 화상 인식 및 정렬 기능(alignment features)과 함께 잉크젯 시스템의 이용 가능성에 기인한 정렬 문제(alignment issues)를 극복할 수 있다. 일반적으로, 전도체들의 잉크젯 프린팅은 50 미크론 아래의 라인 폭과 함께 매우 정확하게 되고 인쇄될 수 있으며, 그 두께는 전형적으로 긴 라인들의 전류 전송 능력(current carry capacity)을 제한하는 10 미크론 아래로 제한된다. 이러한 접근법을 사용하여, 50 미크론의 두께를 넘을 수 있는 후막 실버 전도체들은 대부분의 전류를 전송하기 위해 사용될 수 있고, 그리고 나서 짧은 잉크젯 프린트된 트레이스(traces)가 박막 실버 전도체들과 접촉부(87, 86) 사이의 연결을 통합하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 접근법을 사용하면 골드 와이어 접착은 제거될 수 있다.

[0330]

투명/반투명 오버코트(89)는 인터커넥트(80, 89) 및/또는 투명/반투명 유전체(81)의 적어도 일부, 부가적인 발광 코팅(82), 이 장치를 환경적 및/또는 전기적으로 격리하기 위한 열 전도체 발광 요소(83)에 걸쳐 적용될 수도 있다. 투명/반투명 유전체 층(81)에 대한 요구를 촉진하거나 심지어 제거하기 위해, 그리고 접촉부(87, 86)에 각각 인터커넥트(89, 88)의 직접적인 프린트를 허용하기 위해, LED 제조 중에 LED 다이(85) 위에 보호 배리어 층들이 형성될 수 있다. 촉매 잉크 및/또는 담금 플레이팅 기술은 인터커넥트(89, 88)를 위한 두껍고(thicker)/낮은(lower) 저항 트레이스의 형성을 허용하고, 후막 프린팅에 대한 요구를 제거하며, 전체의 인터커넥트를 위한 잉크젯 프린팅의 사용을 허용한다. 투명/반투명 오버코트(89)를 위한 바람직한 물질은 폴리실라잔, 폴리실록산, 스핀 온 글래스, 유기물, 글래스 프리트, 그리고 화염, 플라즈마, HVOF 코팅을 구비하지만, 이에 제한되지는 않는다. 스핀 온 글래스 및/또는 CMP에 기반한 평탄화 기술(planarization techniques)은 투명/반투명 오버코트(89)를 위해 사용될 수 있다. 분말, 플레이크, 섬유, 그리고 양자 도트를 포함하지만 이에 제한되지 않는 발광 요소들은 투명/반투명 오버코트(89), 투명/반투명 유전체(81), 그리고 부가적인 발광 코팅(82)에 합체될 수 있다. 발광 요소들은 이 층들에서 공간적으로 또는 균일하게 분산될 수도 있다.

[0331]

도 4b는 발광층(91)이 추출 요소들을 포함하는 투명/반투명 요소(90)에 형성된 광원을 묘사한 것이다. 투명/반투명 요소(90)는 사파이어, 큐빅 지르코니아, YAG(도핑되고 도핑되지 않은), ZnO, TAG(도핑되고 도핑되지 않은), 석영, GGG(도핑되고 도핑되지 않은), GaN(도핑되고 도핑되지 않은), AlN, oxynitrides(도핑되고 도핑되지 않은), orthosilicates(도핑되고 도핑되지 않은), ZnS(도핑되고 도핑되지 않은), ZnSe(도핑되고 도핑되지 않은), 그리고 YAGG(도핑되고 도핑되지 않은)와 같은 단결정 물질, 다결정 물질, 그리고 글래스, 세라믹 YAG(도핑되고 도핑되지 않은), ALON, 스피넬, 그리고 TPA와 같은 비결정질 물질로 될 수 있지만 이에 제한되지는 않는다. 일반적으로, verneuil, EFG, HEM, Czochralski, CVD, hydrothermal, skull, 그리고 에피택셜 수단(epitaxial means)을 통해 성장된 단결정 물질들은 투명/반투명 요소(90)로 될 수 있다.

[0332]

발광층(91)은 투명/반투명 요소(90)에 직접 형성될 수 있거나 또는 별개로 형성되고 나서 투명/반투명 요소(90)에 접촉될 수 있다. 화염 분사, 플라즈마 분사, 그리고 HVOF 기술이 발광층(91)과 투명/반투명 요소(90)의 하나를 또는 둘 다를 형성할 수 있다. 광원은 가시광선 스펙트럼(visible spectrum) 및 400 nm와 1200 nm 사이에서 방출하는 적어도 하나의 발광 요소를 포함하는 발광층(91)을 통해서  $10 \text{ cm}^{-1}$  미만의 알파(alpha)를 가진 투명/반투명 요소(90)를 가질 수 있다. 발광층(91)은 투명/반투명 요소(90)보다는 다른 0.2 이상으로 되지 않는 굴절률을 드러낼 수 있다. LED(99)는 InGaN, AlInGaP, ZnO, BN, 또는 Diamond로 될 수 있거나, 또는 InGaN, AlInGaP, ZnO, BN, 또는 Diamond의 조합으로 될 수 있다.

[0333]

InGaN 및 AlInGaP LEDs는 모두 아래의 물질들 중의 적어도 하나로 이루어진 투명/반투명 요소(90)와 조합된 LED(99)를 위해 사용될 수 있다: 사파이어, 스피넬, 석영, 큐빅 지르코니아, ALON, YAG, GGG, TPA, 또는 ZnO 및 발광층(91) 및/또는 세륨 도핑된 YAG를 포함하는 부가적인 발광층(98). 585에서 680 nm 사이에서 방출하는 부가적인 레드 형광체가 발광층(91) 및/또는 부가적인 발광층(98) 내에서 사용될 수 있다. 이 요소들은 실질적으로 흑체 곡선(black body curve)에 놓이는 6500° K와 1200° K 사이의 평균 칼라 온도를 방출하는, 본 발명의 바람직한 실시예인 자냉식 광원을 형성한다. 이 자냉식 광원은 실질적으로 흑체 곡선에 놓이는 4000K와 2000K 사이의 평균 칼라 온도를 방출할 수 있다.

- [0334] 칼라와 강도 변화가 원거리장에서 평균화되도록 다수의 자냉식 광원이 고정물(fixture), 반사기, 광학 또는 조명에 사용될 수 있다. 고정물, 반사기, 광학 또는 조명 내의 세 개 또는 그 이상의 자냉식 광원은 광원들로부터 6 인치 이상의 거리에서 균일한 조도(illumination)를 창출한다. 투명/반투명 유전체 층(93)이 잉크젯 프린트되고 실크 스크린 프린트되며 리소그래픽 수단을 통해 형성될 수 있고, 가시광선 스펙트럼을 통해서  $10\text{ cm}^{-1}$  미만의 알파(alpha)를 드러낸다. 인터커넥트(95, 94)는 잉크젯, 실크 스크린, 템플레이트(template), 또는 리소그래픽 수단을 사용하여 프린트될 수 있다. 촉매 잉크 및 담금 플레이팅 기술은 전도체 두께를 증가시키며, 이에 의해 저항을 감소시킨다. 500 미크론 미만의 트레이스 폭과 50% 이상의 반사율을 가진, 인터커넥트(95, 94)를 위한 실버 트레이스들은 광원 내에서 발생하는 열의 흡수를 감소시킨다. LED(99) 상의 접촉부(96, 97)는 횡측 장치들에서와 같이 오직 하나의 측면에 있을 수 있거나, 또는 공동으로 양도되고 본 발명에 참고로 병합된 미국 특허 출원 20060284190에서 이전에 개시된 바와 같이 하나의 상면 접촉과 하나의 측면 접촉으로 이루어질 수도 있다.
- [0335] 도 4c는 열 전도체 발광 요소(103)에 장착된, 또는 적어도 부분적으로 매립된 적어도 하나의 수직 LED(100)를 가진 자냉식 광원을 묘사한 것이다. 이전에 기술된 것과 같은 합성물, 층, 단결정, 다결정, 비결정질(amorphous), 그리고 조합물들이 상기 열 전도체 발광 요소(103)를 위해 사용될 수 있다. 이러한 특별한 실예에서, 하나의 수직 LED(100)는 인터커넥트(101, 102)가 열 전도체 발광 요소(103)에, 그리고 수직 LED(100)의 측면에 접촉한 상태로 직접 잉크젯을 통해, 실크 스크린을 통해, 또는 리소그래픽 수단을 통해 프린트될 수 있도록 장착된다. 이 실시예는 부가적인 유전체에 대한 요구를 제거하고, 본래 횡측 장치들 보다 더 낮은  $V_f$ 를 드러내는 수직 LED 장치들의 사용을 허용한다. (공동으로 양도되고 본 발명에 참고로 병합된) 미국 공개 특허 출원 20090140279에 기술된 바와 같은 기판이 없는(substrate free) LED가 LED(100)를 위한 바람직한 실시예이다. 다이렉트 다이 부착 및 플립 칩 장착 구성이 또한 LED(100)를 위해 사용될 수도 있다. 이 기판이 없는 경우를 위해, InGaN 및/또는 AlInGaP 수직 LED(100)는 LED(100)를 위해 TCO 접촉부(104, 105)를 가지며, 인터커넥트(101, 102)는 인접한 접촉부(104, 105)에 대한 저항 접촉을 형성하는 후막 실버 잉크이다. 이러한 방식에서, 흡수 손실은 최소로 되고, LED(100)를 제조하기 위한 리소그래픽 수단에 대한 요구는 제거되거나 최소화된다. 자냉식 광원은 열 전도성 발광 요소(103)에서 TCO 접촉부(104, 105)에 직접 접촉되는 인터커넥트(101, 102)를 위한 후막 실버 트레이스들을 통해 연결되는 TCO 접촉부(104, 105)를 가진 적어도 하나의 수직 LED(100)를 포함한다. 선택적으로, 접촉층(106)은 부가적인 발광 물질들을 장착하고 추출을 향상시키고 조합시키기 위해 사용될 수 있거나, 또한 LED(100)를 열 전도성 발광 요소(103)에 또는 그 안에 위치시키기 위해 사용될 수도 있다.
- [0336] 도 5는 열 전도성 발광 요소들의 다양한 형상을 묘사한 것이다. 도 5a는 실질적으로 플랫(flat) 발광 요소(107)를 묘사한 것이다. 두께는 도펀트 농도의 함수이지만, 전형적으로 0.02%와 10% 사이의 세륨 도핑 농도를 가진 균일하게 도핑된 세륨 도핑 YAG에 대해 그 두께는 200 micron에서 2 mm 범위로 된다. 효율적인 열 확산을 발생시키기 위해, 열 전도성 발광 요소(107)의 열 전도율은 발광 요소(107)에서 표면적의  $0.1\text{ W/cm}^2$  이상의 평균 전력 밀도를 적당하게 처리하기 위해  $1\text{ W/mK}$  이상으로 되는 것이 필요하다. 만일 열 전도율이 낮다면, 자연 대류 및 복사 수단을 통해 자체를 냉각시키기 위해 플랫 발광 요소(107)의 능력을 감소시키는, 이 장치 내에서 발생된 열의 불충분한 열 확산이 있게 된다.
- [0337] 도 5b는 비 플랫(non-flat) (반구형) 발광 요소(108)를 묘사한 것이다. 이 경우에, 비 플랫 발광 요소(108)의 더 높은 굴절률 내에서 도파하는 광선들에 대한 광 추출이 향상될 수 있다. 부가해서, 원거리장 강도 및 파장 분포는 수정될 수 있다. 동일 또는 다른 형상의 열 전도성 발광 요소들을 가진 더 작은 다수의 자냉식 광원은 균일 또는 특정의 원거리장 강도 및 파장 분포를 창출한다. 공기보다 더 큰 굴절률을 가진 매개체 내에서 발생하는 광의 추출은 스넬의 법칙(Snell's Law)당 총 내부 반사에 의해 제한된다. 형상을 가진 발광 요소들(108)은 이 발광 요소(108)를 빠져나가기 위해 요구되는 광선들의 평균 광 경로 길이를 줄이기 위해 사용될 수 있다. 흡수 손실은 주어진 흡수 계수(alpha)에 대해 광 경로 길이에 직접 비례하기 때문에, 직접적으로 평균 광 경로 길이를 줄이는 것은 감소된 흡수 손실로 전환한다. 광선들이 발광 요소(108) 내에서 발생하는 공간 위치, 발광 요소(108)의 굴절률, 발광 요소(108)의 흡수 계수(alpha), 발광 요소(108) 내 및 위에서 산란하는 벌크(bulk) 및 표면, 그리고 발광 요소(108)의 기하구조(geometry)는 모두 추출 효율을 최적화시키기 위해 종래기술에서 알려진 바와 같이 형성될 수 있다.
- [0338] 도 5c는 실질적으로 균일한 두께를 가진 비 플랫 (곡면의) 열 전도성 발광 요소(108)를 묘사한 것이다. 이 방식에서, 추출은 발광 물질의 균일한 두께를 유지시킴으로써 향상될 수 있다. 종래기술에서 알려진 바와 같은 추출, 압착, 성형, 쏘잉(sawing), 보어링(boring), 그리고 플레임 분사 기술이 열 전도성 발광 요소들의 다양한

형상을 제조하기 위해 사용될 수도 있다.

- [0339] 도 5d는 대류 냉각을 향상시키고 선택적으로 자냉식 광원의 방출 출력을 수정하거나 균질화하기 위해 부가적인 표면 요소들을 가진 비 플랫폼 (사각형상의 톱니) 열 전도성 발광 요소(110)를 묘사한 것이다. 추출, 압착, 그리고 성형 기술이 열 전도성 발광 요소(110)를 형성하기 위해 사용될 수도 있다.
- [0340] 도 6a는 접착층(109)을 통해 장착된 열 전도성 발광 요소(107)의 함몰부 내에 부분적으로 매립된 LED(108)를 묘사한 것이다. 상기 함몰부의 형성은 레이저 기계가공, 전자 빔 기계가공, 에칭(화학적 및 기계적 모두), 플라즈마 에칭, 몰딩, 그리고 기계가공 수단에 의해 이루어질 수도 있다. 기판이 없는 LEDs가 300 미크론 미만의 두께를 가진 부분 매립된 LED(108)를 위해 사용될 수 있다. 열 전도성 파장 변환 요소(107)에 부분 매립된 LED(108)를 매립함으로써 두 요소들 사이의 열 저항은 저감될 수 있고, 이는 주어진 드라이브 레벨에 대해 그 LED의 연결부의 온도를 낮춘다. 선택적으로, 부분 매립된 LED로부터 열 전도성 발광 요소(107) 내로의 더 많은 방출이 연결될 수 있고, 이에 의해 자냉식 광원의 칼라 온도를 변화시킨다.
- [0341] 도 6b는 접착층(111)을 통해 열 전도성 발광 요소(110)에 접착되는 적어도 하나의 LED(112)를 묘사한 것이다. 이 경우, 접착층(111)은 LED(112)의 방출 파장에 대해  $1 \text{ W/m/K}$  이상의 열 전도율과  $10 \text{ cm}^{-1}$  미만의 알파를 드러내야 한다.
- [0342] 도 7은 TCO 접착 기반의 LEDs에 대한 다양한 인쇄 접착부를 묘사한 것이다. 도 7a는 p층(117) 위에 TCO층(114) 위에 상부 실버 페이스트(paste) 접착부(113)로 이루어진 수직 LED를 묘사한 것이다. 활성 영역(116)은 p층(117)과 n층(115) 사이에 있고, n층(115)은 TCO 접착부(118)와 바텀 실버 페이스트 접착부(119)로 덮여진다. 기판 없는 LED는 p층(117)과 활성층(116)과 n층(115)으로 이루어진 기판 없는 LED 구조체 상에서 TCO 접착층(114, 118)의 양면 성장을 허용한다. 후막 고온 실버 페이스트 접착부(113, 119)는 낮은 광 흡수와 낮은  $V_f$ , 그리고 실질적으로 리소그래피가 없는 LED 장치를 형성하기 위해 TCO 접착부(114, 118)와 함께 LEDs에 프린트될 수 있고  $200^\circ\text{C}$  이상의 온도에서 불에 쪼여질 수 있다.
- [0343] 도 7b는 프린트된/잉크젯 프린트된 접착부(120, 125)를 가진 횡측 장치(lateral device)를 묘사한 것이다. 모든 경우, n층에 대한 저항 접착(ohmic contact)은 합리적인 저항 접착을 형성하기 위해 매개 TCO 층을 구비하거나 구비하지 않을 수 있다. 도 7b에서, TCO(122)는 p층(123)에서 성장된다. 활성층(124)은 p층(123)과 n층(125) 사이에 있다. TCO(122)는  $0.003 \text{ ohm-cm}$  미만의 저항과 1000 Angstroms 두께 이상으로 CVD를 통해 성장된, 도핑된 ZnO이다. 프린트된 에치 마스크(etch masks)가 n층(125)으로 내려가는 단턱(step)의 에치(etch)를 허용한다. 실제로, AlInGaP LED epi가 GaAs에서 성장될 수도 있다. 웨이퍼는 p층(123)에서 TCO(122)를 가진 횡측 장치를 형성하기 위해 에칭되고 패터닝될 수 있다. 프린트된 접착부(120, 125)는 TCO(122)와 n층(125)에서 형성될 수 있다. 선택적으로 부가적인 TCO층이  $V_f$ 를 더 감소시키기 위해 n층(125)으로 형성될 수 있다. 다이렉트 아이 어태치 다이를 생성하도록 프린트된 접착부(120, 125)에 공정 땀납층(eutectic solder layer)의 추가가 또한 개시된다. 바람직한 실시예에 있어서, 상기 AlInGaP epi는 종래에 공지된 바와 같이 AlInGaP와 GaAs 기판 사이에 회생 에칭층을 사용하여 화학적 에칭을 통해 제거된다. 결과적인 다이렉트 어태치 다이는 모두 공동으로 양도되고 참고로 본 발명에 조합된, 미국 특허 출원 7,592,637, 7,727,790, 8,017,415, 8,158,983, 8,163,582, 그리고 미국 공개 특허 출원 20090140279와 2010038656에서 개시된 바와 같이, 부가적으로 GaN 기판들에 접착된 와이퍼로 될 수도 있다.
- [0344] 도 7c는 상부 접착부(126)와 측면 접착부(132, 131)를 가진 프린트된 접착부를 묘사한 것이다. 다시 TCO(127)는 p층(128)과의 낮은 저항의 투명 저항 접착부를 형성하며, 활성 영역(129)은 p층(128)과 n층(130) 사이에 있다. 측면 접착부(132, 131)는 n층(130)의 측면벽들과 접착한다. n층(130)은 10 미크론 이상의 두께로 된다. 더 바람직하게는, n층(130)의 두께는 50 미크론 이상이지만 250 미크론 미만이다.
- [0345] 도 8은 단일의 자냉원(single self cooling source)의 원거리장 분포를 변경하는 다양한 방법을 묘사한 것이다. 도 8a에서, LEDs(136)의 반사 지수, 기하구조, 그리고 스페이싱(spacing)과, 파장 변환 요소(133, 135)와, 접착 물질(137)은 이 자냉원의 원거리장 분포를 결정할 것이다. 원거리장 분포는 어디에서 광선들이 빠져나가는지와, 광선은 얼마큼인지와, 광선들의 방향과, 단일 자냉원 상의 특별한 공간점을 빠져나가는 광선들의 스펙트럼에 의해 결정된다. 도 8은 다양한 반사기와, 산란 요소들과, 확산기들(diffusers)과, 어디에서 수정하는지와, 얼마나, 어느 길인지와, 이 자냉원으로부터 방출되는 광선들의 스펙트럼을 도시한 것이다. 비록 두 개의 파장 변환 요소(133, 135)가 묘사되어 있지만, LEDs(136)를 장착시키기 위한 하나 이상의 파장 변환 요소(133, 135)가 사용될 수 있다. 다수의 LEDs(136)가 하나의 파장 변환 요소(133)의 하나 이상의 표면에 장착될 수 있다. 이 매개변수들에 기초하여, 방사는 이 구조체로부터 방출되거나 광이 이 자냉원 내에서 안내될 것이다.

부가적으로, 에지 요소(134)가 또한 이 장치로부터 원거리장 분포를 수정할 수도 있다. 에지 요소(134)와 접촉 물질(137)은 반투명하고, 투명하고, 불투명하고, 그리고/또는 발광될 수도 있다. 에지 요소(134)와 접촉 물질(137)을 위한 투명 매트릭스 내의 발광 분말들은 원거리장 강도 분포 뿐만 아니라 방출 스펙트럼을 수정할 수 있다.

[0346] 도 8b는 자냉식 광원의 전체의 단부가 실질적으로 매트릭스(138) 내에서 산란 요소(139)로 덮여지는 자냉식 냉원을 묘사한 것이다. 부가해서, 산란 요소(139)와 매트릭스(138)는 이 자냉식 광원의 에지들 뿐만 아니라 이 자냉식 광원의 다른 표면들의 실질적인 부분을 포위하도록 연장한다. 이 방식에서, 자냉식 광원의 모든 표면에서 방출된 광은 원거리장 강도 분포를 수정하도록 방향이 변경될 수 있다. 산란 요소(139)를 위한 발광 물질들은 자냉식 광원에 의해 방출되는 스펙트럼의 적어도 일부에 의해 여기된다.

[0347] 도 8c는 금속, 확산 산란기(diffuse scatterer), 유전체 미러(dielectric mirror), 그리고/또는 발광 물질로 이루어져서 이에 의해 LED 또는 파장 변환 요소들 내에서 발생하는 광의 적어도 일부가 광선(141)으로 묘사된 바와 같이 방향 전환되는 에지 터닝 요소(edge turning element)(140)를 묘사한 것이다.

[0348] 도 8d는 반투명하고, 부분적으로 불투명하고, 편광되고, 그리고/또는 발광할 수 있는 외측 코팅(142)을 묘사한 것이다. 원거리장 강도, 편광, 그리고 파장 분포는 근거리장 및 원거리장 모두에서 수정될 수 있으며, 공간 정보가 이 자냉식 광원에 주어질 수 있다. 실례로, 촛불 화염과 유사한 형상을 가진 자냉식 광원은 레드 파장이 이 촛불 화염의 팁(tip) 가까이에서 더 용이하게 방출되고 블루 파장이 이 촛불 화염의 베이스 가까이에서 더 용이하게 방출되도록 스펙트럼적으로 가변할 수 있는 외측 코팅(142)을 가질 수도 있다. 이러한 방식(fashion)에서, 촛불 화염의 공간적으로 스펙트럼적인 특성이 더 면밀하게 매칭될 수 있을 것이다. 이 기술을 사용하여 장식적인 광원들의 폭넓은 범위가 추가적인 광학 요소들에 대한 요구 없이 형성될 수 있다.

[0349] 또다른 실례에서, 외측 코팅(142)은 개구부들이 에칭되거나 기계적으로 형성되는 알루미늄과 같은 반사 코팅으로 이루어질 수 있다. 더 구체적으로, 햇빛을 읽을 수 있는 지시등(sunlight readable indicator lights)이 이러한 기술을 사용하여 경고 지시기, 비상 지시기, 또는 주의 지시기로서 형성될 수 있다. 외측 코팅(142) 내에서 원형의 편광기들의 사용은 햇빛 가독성(sunlight readability)을 향상시킬 수 있다. 대안으로, 외측 코팅(142)은 직접 보여질 수 있거나 외부 광학을 통해 보여질 수 있는 횡단 보도 심볼을 표시하도록 패턴화될 수 있으며, 이에 의해 횡단보도 또는 다른 교통과 관련된 응용을 위한 초 컴팩트한 경고 사인을 창출할 수 있다. 또 다른 실례에서, 외측 코팅(142)은 이 자냉식 광원의 방사율(emissivity)이 700 nm 보다 긴 파장에 대해 향상되도록 스펙트럼적으로 선택적인 방사 코팅으로 이루어질 수도 있다. 이 자냉식 광원의 적외선과 원적외선 방사율을 향상시킴으로써 더욱 효율적인 광원이 실현될 수 있다. 도 3의 이전의 실례에서 기술된 바와 같이, 복사 냉각은 자냉식 광원들에서 냉각의 상당한 퍼센티지를 나타낸다. 자냉식 광원의 표면으로부터 냉각을 최대화하기 위해 높은 방사 코팅이 외측 코팅(142)을 위해 사용되는 것이 바람직하다. 0.5 이상의 방사율을 가진 외측 코팅(142)이 가장 바람직하다. 최대 표면 온도에 좌우되어 복사 냉각은 이 광원의 열 발산의 20%에서 50% 사이를 나타낼 수 있다.

[0350] 도 9a는 매개체(media)(143) 내에서 광학 장치들의 다이 형상의 사용을 묘사한 것이다. 실례로서, LED(145)는 매개체(143) 내에 매립된 활성 영역(146)을 포함한다. 공지된 광선 트레이싱 기술(ray tracing techniques)을 사용하면 매개체(143) 내로 전달된 방사의 양을 최대화하기 위한 최적의 각도(144)가 있다. 전형적으로, 반도체 물질들은 LED(145) 내에서 트래핑(trapping)하는 광으로 이끄는 경향이 있는 높은 굴절률을 드러낸다. 도 9a에서, 최적의 각도(144)는 도면에 나타난 것처럼 활성 영역(146)에 대응한다.

[0351] 대안으로, 도 9b는 표면(149, 148, 147)이 비 직사각형 또는 비 직사각형 다이를 형성하는 비 직교하는 것으로 될 수 있는 것을 묘사한 것이다. 양 경우에서, LED(150) 내에 트래핑된 광은 그 다이를 더 효율적으로 탈출할 수 있다. 다이 형상의 양 형태를 함께 사용하는 것이 바람직하다. 추출 효율을 향상시키기 위해 파장 변환 요소 내에 매립된 LED(150)에 대한 비 직사각형 형상의 사용은 본 발명의 바람직한 실시예이다.

[0352] 도 10a는 파장 변환 요소(151) 내에서 LEDs(152, 154)에 대한 다른 장착 방법과 접착층(153, 155)의 사용을 묘사한 것이다. 접착층(153, 155)은 LEDs(152, 154)를 파장 변환 요소(151)의 적어도 일 표면에 열적, 광학적, 그리고 기계적으로 부착시킨다. LED(152)는 적어도 부분적으로 파장 변환 요소(151) 내에 매립되며, 파장 변환 요소(151)는 LED(152)에 의해 방출되는 방사의 에지 및 표면 연결(coupling)을 접착층(153)을 사용하여 파장 변환 요소(151) 내에서 허용할 수 있다. 대안으로, LED(154)는 실질적으로 접착층(155)을 사용하여 파장 변환 요소(151)의 표면에 결합된다. 접착층(153, 155)은 파장 변환 요소(151)가 웨이퍼 접착, 용합 접착, 또는 용융 접착을 사용하여 LEDs(152, 154)에 직접 접착될 수 있는 경우에 제거될 수도 있다.



[0353]

도 10b는 파장 변환 요소들의 전형적인 투과 스펙트럼(157)을 묘사한 것이다. 블루 방출(156)은 파장 변환 요소에 의해 흡수되고 나서 더 긴 파장으로 재방출된다. 레드 방출(158)은 전형적으로 강하게 흡수되지 않으며, 그러므로 마치 파장 변환 요소(151)가 단순히 파 가이드(waveguide)인 것처럼 거동한다. 사실상 어떠한 칼라 광원도 파장 변환 요소(151) 내에서 블루 및 레드 LEDs의 광 조합을 적절하게 선택함으로써 실현될 수 있다. 파장 변환은 바람직한 실시예이지만, 도 10b는 자냉식 광원은 파장 변환 요소(151)가 발광하는 것을 요구하지 않는다는 것을 나타낸 것이다. 레드 자냉식 광원의 경우, 파장 변환 요소(151)는 파장 변환 없이 LEDs를 선택적으로 분포시키고 열적으로 냉각시키기 위해 사용될 수도 있다. 대안으로, UV 응답 발광 물질들이 UV LEDs(164 또는 165)과 함께 파장 변환 요소(162)를 위해 사용될 수 있다. 투과 스펙트럼(157)은 형광원에서 보여지는 것처럼 백색 바디 칼라를 드러내는 자냉식 광원들의 형성을 허용하는 보다 짧은 파장으로 시프트된다. 그러나 이러한 파장 시프트는 더 큰 스톡스 쉬프트 손실(Stokes's shift losses)에 기인하여 다소 감소된 효율에 의해 상쇄된다.

[0354]

도 11은 전기 인터커넥트(168)와 적어도 하나의 블루 LED(164)와 적어도 하나의 레드 LED(163)와 드라이브 일렉트로닉스(165, 166, 167)와 함께 적어도 하나의 파장 변환 요소(162)를 포함하는 칼라 조정 가능한 자냉식 광원을 묘사한 것이다. 전기 인터커넥트(168)는 후막 인쇄 실버 잉크(thick film printed silver ink)이다. 세 개의 별개의 핀(159, 160, 161)은 블루 LED(164)를 레드 LED(163)로부터 독립된 제어를 제공한다. 핀(159, 160, 161)은 물리적으로 키결합(keying)을 허용하여 자냉식 광원이 외부 전원에 적절하게 연결하는 것을 보장하도록 하는 형상을 가진다. 핀(159, 160, 161)은 실질적으로 파장 변환 요소(162)의 동일 측면에 나타나 있지만, 본 발명자들에 의해 대안의 핀 형상의 사용이 예상된다. 일반적으로, 외부 전기 인터커넥트는 도 11에 나타난 것처럼 핀(159, 160, 161)을 통해, 또는 플렉스 회로(flex circuits), 전기 트레이스(electrical traces)를 포함하는 강체 요소(rigid elements), 동축의 와이어(coaxial wires), 차폐되고 차폐되지 않은 트위스트 페어(shielded and unshielded twisted pairs)를 구비하지만 이에 제한되지 않는 대안의 인터커넥트 수단을 통해 실현될 수 있으며, 파장 변환 요소(162) 위의, 또는 이에 연결된 에지 타입의 커넥터들은 본 발명의 실시예들이다. 부가해서 파장 변환 요소(162)의 어느 평면(plane)에서 이전에 리스트된 전기 인터커넥트 요소들의 어느 것에 외부 인터커넥트들을 형성하기 위해 파장 변환 요소(162) 내의 피드쓰루(feedthroughs)가 기계, 화학 에칭, 레이저, 워터 제트, 또는 다른 공제 수단(subtractive means)을 통해 형성될 수 있다. 드라이브 일렉트로닉스(165, 166, 167)는 레지스터들, 캡들, 그리고 인덕터들에 이르는 양 능동 및 수동 요소들로 이루어질 수 있다. 이 방식에서, 다양한 외부 드라이브 입력들이 광원을 여기시키기 위해 사용될 수 있다. 실례로서, 전류원 칩이 파장 변환 요소(162) 위에 장착되고 핀(159, 160, 161)을 통해 외부 전압원에 연결될 수도 있다. 공지된 바와 같이, 전형적인 전류원 칩은 또한 이 전류원 칩을 통해 흐르는 전류를 설정하는 외부 레지스터를 가질 수 있다. 외부 레지스터는 파장 변환 요소(162)에 장착될 수 있거나 또는 이 소스 외부에 위치하여 핀(159, 160, 161)을 통해 전류원 칩에 연결될 수도 있다. 이 광원 내에서의 기능이 증가함에 따라, 핀의 수는 증가될 수도 있다. 집적 회로가 드라이브 일렉트로닉스(165, 166 및/또는 167)를 위해 사용될 수 있다. 파장 변환 요소(162)는 또한 실질적으로 LEDs(164, 165) 뿐만 아니라 드라이브 일렉트로닉스(165, 166, 167)를 냉각시킨다. 핀(159, 160, 161)은 광원의 열 발생 요소들로부터 열을 제거하기 위해 사용될 수도 있다. 파장 변환 요소(162)는 발광하며, 광 확산 및 자냉식 광원 내의 열 발생 요소들의 냉각을 제공한다. 이 경우, UV, violet, cyan, green, yellow, orange, deep red, 그리고 infrared를 포함하지만 이에 제한되지 않는 부가적인 파장 이미터(emitters)가 추가될 수도 있다.

[0355]

도 12는 모두 파장 변환 요소(169)에 장착되어 실질적으로 이에 의해 냉각되는 다수의 LEDs(171)를 구동시킬 수 있는 매립된 능동 드라이버(active driver)(172)를 가진 자냉식 광원을 묘사한 것이다. 입력 핀들(170)은 능동 드라이버(172)에 전원 입력을 제공할 수 있을 뿐 아니라, 광원 온도, 주위 온도, 광 출력 수준, 모션 감출(motion detection), 적외선 통신 링크, 그리고 디밍 제어(dimming controls)를 포함하지만 이에 제한되지 않는 출력을 제공한다. 이전에 개시된 바와 같이, 파장 변환 요소(169)의 투과 스펙트럼은 더 긴 파장의 낮은 흡수를 허용한다. 자냉식 광원이 또한 컴퓨터, 텔레비전, 룸 내의 무선 장치, 빌딩, 또는 외부를 위한 통신 링크로서 서비스할 수 있도록 적외선/무선 이미터 및 리시버가 매립된 능동 드라이버(172) 내에서 일체화될 수 있다. 이러한 일체화는 부가적인 와이어링 및 장치에 대한 요구를 제거한다.

[0356]

도 13a는 파장 변환 요소(173, 174)에서 열(178)을 추출하기 위한 부가적인 열 전도 경로와 LED(177)를 위한 부가적인 냉각 경로로서 전기 접촉부(174, 175)의 사용을 묘사한 것이다. LED(177)는 다이렉트 어태치 또는 플립 칩으로 될 수 있고, 횡측, 수직, 또는 에지 접촉 다이로 될 수도 있다. 실례로, 전기 접촉부(174, 175)는 파장 변환 요소들(173, 174) 사이에서 샌드위치되는 0.3 mm 두께의 주석 도금된 알루미늄 플레이트로 이루어질 수 있

다. 이 방식에서 LED(177) 뿐 아니라 파장 변환 요소들(173, 174)을 위한 전기 입력 및 부가 냉각 수단이 실현될 수 있다.

[0357]

도 13b는 열(181)이 접촉부(178, 179)로의 전도를 통해 추가적으로 추출되는 로드(rod) 형상의 파장 변환 요소(182) 내의 LEDs(180)를 가진 로드 기반의 광원을 묘사한 것이다. 대안으로, 반구형, 피라미드형, 그리고 다른 비 플랫 형상 및 단면이 소정의 강도와 편광, 그리고 파장 분포를 생성시키기 위한 파장 변환 요소(182)를 위해 사용될 수도 있다. 구형 및 피라미드와 같이 단면 및 다른 형상들은 체적비에 대한 표면적을 최소화시켜서, 가능한 최소 양의 물질을 사용한 상태에서 파장 변환 요소(182)의 표면에서 대류 및 복사 냉각이 최대로 된다. 실예로, 접촉부(178, 179)는 파장 변환 요소(182)에 대해 아교, 기계적인 것, 납땜, 또는 브레이징 수단(brazing means)을 포함하지만 이에 제한되지 않는 접착을 통해 열적으로 접촉된 2 mm의 동 히트 파이프들로 이루어질 수 있다. 이 방식에서 부가적인 냉각이 실현될 수도 있다. LEDs(180)는 두 개의 반구형 파장 변환 요소(182)의 플랫 표면에 장착될 수 있다. 두 개의 반구형 파장 변환 요소(182)는 파장 변환 요소(182) 내에 매립된 LEDs(180)와 함께 자냉식 광원을 형성하기 위해 함께 접착된다. 대안으로, LEDs(180)는 LED(180)에 의해 발생된 광이 일반적으로 반구형 파장 변환 요소(182) 내로 결합되도록 반구형 파장 변환 요소(182)의 구형 표면에 장착될 수도 있다. 선택적으로, LEDs(180)에 의해 방출된 광과 파장 변환 요소(182)에서 뒤로 어떠한 발광 요소들에 의해 방출된 광을 반사시키고 투과시키고 전환 또는 이와는 다르게 방출시키는 발광 접착층 위에서 LEDs(180)에 의해 방출된 광이 효과적으로 반구형 파장 변환 요소(182)에 의해 결합되도록 반구형 파장 변환 요소(182)의 플랫 표면은 부가적인 발광 코팅들을 가질 수도 있다. 이러한 접근법의 이점은 LEDs(180)가 파장 변환 요소의 냉각 표면에 보다 가까이 장착되고, 높은 정도의 믹싱이 가능하며, 접착층이 얼마나 잘 파장 변환 요소(182)에 매칭되는 지수가 되는지에 의해 광원의 각 분포가 제어될 수 있다는 것이다. 두 반구형 파장 변환 요소(182)를 함께 접착시키면 외부에 장착된 LEDs(180)와 함께 구형의 광원을 형성한다.

[0358]

도 14는 적어도 두 개의 열적 및/또는 광학적으로 분리된 존(zones)을 가진 자냉식 광원을 묘사한 것이다. LEDs(184)를 포함하는 웨이브 가이드(183)는 배리어(185)를 통해 웨이브 가이드(186)과 LEDs(187)로부터 선택적 및/또는 열적으로 격리된다. 양면 색상의 광원들이 형성될 수 있다. 대안으로, AlInGaP와 같이 온도에 민감한 LEDs는 온도에 더 안정적인 InGaP LEDs로부터 열적으로 격리될 수 있다. 웨이브 가이드(183, 186)는 발광 변환을 제공할 수도 있고 안할 수도 있다. LEDs(184)는 사파이어로부터 만들어진 웨이브 가이드(183)에 장착되는 AlInGaP (red) LEDs 이다. LEDs(187)는 단결정 Ce:YAG인, 웨이브 가이드(186)에 장착되는 InGaP blue LEDs 이다. 배리어(185)는 저 열 전도성 알루미늄 카스팅 물질(alumina casting material)이다. AlInGaP 효율은 60°C를 넘는 연결부(junction) 온도에 대해 40% 까지 떨어지는 반면에, InGaP 효율은 유사한 연결부 온도에 대해 오직 10% 까지만 떨어질 것이다. 백색 광원은 InGaP로부터 AlInGaP를 열적으로 격리시킴으로써 높은 전체적인 효율을 실현할 수 있다. 이러한 접근법을 사용하여 두 색상은 다른 표면 온도에서 작동한다. InGaP LED(187)와 웨이브 가이드(186)는 보다 높은 표면 온도에서 작동하는 한편, AlInGaP LED(184)와 웨이브 가이드(183)는 보다 낮은 표면 온도에서 작동한다.

[0359]

도 15는 블루 LED(189)와 레드 LED(192)가 드라이버(190)와 함께 파장 변환 요소(188)에 장착되는 것을 묘사한 것이다. 파워 라인(191, 193, 194, 195)과 제어 라인(196)도 또한 도시되어 있다. 레드 LED(192) 드라이브 레벨은 파워 라인 입력(191)과 출력(195)을 통해 이용 가능한 전압/전류 흐름을 제어함으로써 제어 라인(195)을 통해 설정된다. 전형적으로 드라이버(190)는 일정한 전류원 또는 제어 라인(196)을 통해 제어되는 가변 레지스터로 될 수 있다. 이전에 기술된 바와 같이, 블루 LED(189)는 전형적으로 AlInGaP인 레드 LED(192) 보다 전형적으로 더 안정적인 관련 온도, 수명 및 드라이브 레벨을 가진 InGaP이다. 실예로, 단독으로, 또는 파장 변환 요소(188)를 위한 유로피움(Eu) 도핑된 마그네슘 갈레이트와 같이 또다른 갈레이트를 가진 다수의 상으로서 유로피움(europium) 도핑된 스트론튬 티오갈레이트로 코팅된 TPA는 450 nm의 LED(189)에 의해 여기된다. 615 nm의 AlInGaP red LED(192)도 또한 드라이버(190)와 함께 파장 변환 요소(188)에 장착된다. 열은 블루 LED(189)와 레드 LED(192)에 의해 방출되는 방사 뿐만 아니라 파장 변환 요소(188)를 통해 발산된다. 제어 라인(196)은 블루 LED(189)의 고정된 출력에 대해 레드 LED(192)에 전류를 증가시킴으로써 한 범위 내에서 광원의 칼라 온도를 조정하기 위해 사용된다. 부가적인 LEDs와 다른 방사 파장이 사용될 수 있다.

[0360]

도 16은 전형적인 고체 광원에 대한 백색광 스펙트럼을 묘사한 것이다. 도 16a는 전형적으로 블루 LEDs와 Ce:YAG 형광체에 의해 생성되는 고 칼라 온도 저 CRI 스펙트럼(197)을 나타낸다. 스펙트럼(198)에 나타낸바와 같이 칼라 온도를 낮추기 위해 부가적인 형광체(phosphors)가 전형적으로 레드 함량을 더 추가하기 위해 추가된다. 그러나 이러한 레드 추가는 블루의 일부와 어떤 경우에는 그린의 일부가 흡수되어 전체적인 효율을 감소시킨다.

- [0361] 도 16b는 블루 LED, Ce:YAG 형광체, 그리고 레드 LED로부터의 전형적인 스펙트럼(199)을 묘사한 것이다. 레드 LED 스펙트럼은 스펙트럼(200)에 나타난 바와 같이 첨가물(additive)이다. 일반적으로, 도 16의 방법은 본 발명에서 기술된 자냉식 광원을 형성하기 위해 사용된다.
- [0362] 도 17은 형광체와 LED 스펙트럼(A, B, C, D, E)을 혼합함으로써 형성되는 고 CRI 백색광 스펙트럼(201)을 묘사한 것이다. 스펙트럼 범위(ranges)는 냉각시키고, 기계적으로, 장착시키고, 환경적으로 보호하고, 그리고 묘사된 스펙트럼들을 생성시키기 위해 요구되는 장치들을 전기적으로 연결시키기 위한 추가로 본 발명에서 개시된 파장 변환 요소들 내에서 혼합되고, 확산되며 변환될 수 있다. 실례로, 스펙트럼(B)는 블루 440 nm를 방출하는 LED로부터 도출될 수 있고, 그 출력의 일부는 500 nm와 600 nm 사이의 스펙트럼(A)을 형성하도록 이전에 개시된 것과 같은 단결정 Ce:YAG 발광 요소를 여기시키기 위해 사용된다. 스펙트럼(C)는 또한 블루 440 nm 방출 LED의 출력의 일부를 490 내지 500 nm 파장으로 변환시키는 시안(cyan) 양자 도트로 이루어질 수 있다. 스펙트럼(D)는 스펙트럼(A)의 일부를 580 nm와 700 nm 사이의 파장으로 변환시키기 위해 Eljen-284(Eljen Technologies Inc.)와 같은 파장 시프터 다이를 사용함으로써 만들어질 수 있으며, 스펙트럼(E)는 600 nm와 800 nm 사이에서 방출하는 AlInGaP 레드 LED로 될 수 있다. 적외선 이미터 또는 변환기가 또한 통신 링크, 보안, 그리고 야시경 응용을 위해 추가될 수도 있다.
- [0363] 도 18은 웨이브 가이드와 발광 코팅의 다양한 형상을 묘사한 것이다. 도 18a는 발광 코팅(202)을 가진 직조된(textured) 열 전도성 웨이브 가이드(203)를 묘사한 것이다. 실례로서, 마이크로 렌즈 어레이(micro lens array)가 TPA에서 압착 소결되고 화염 분사를 통해 Ce:YAG로 코팅될 수도 있다. 도 18b는 Ce:YAG와 공기의 기하학적 평균(geometric mean)과 실질적으로 동일한 굴절률과 300 angstroms 이상의 두께를 가진 고 방사 코팅(205)으로 코팅된, EFG 형성 단결정 Ce:YAG 로드(204)를 묘사한 것이다. 도 3의 이전의 실례에서 저 표면 온도에서도 복사 냉각의 중요성이 개시되었다. 이 실례에서 복사 냉각은 표면의 방사율이 0.8을 넘는 한 발산되는 총 열의 30%에 이르는 것을 보여줄 수 있다. 방사율은 카본 블랙 표면을 위해 매우 높은 0.98의 광택을 가진 금속에 대해 매우 낮은 것(0.01)으로부터 변화한다. 가시 스펙트럼(visible spectrum)에서 또한 투명한 고 방사 코팅들(205)의 사용이 가장 바람직하다. 이것들은 규산, 글래스, 유기체, 질화물, 질산화물, 그리고 산화물을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 또한 1 W/mK 이상의 열 전도율을 드러내는 고 방사 코팅(205)이 더 바람직하다. 고 방사 코팅(205)의 두께는 바람직하게 1000 angstrom과 5 micron 사이의 두께로 된다. 방사 코팅(205)은 또한 발광할 수 있다.
- [0364] 도 19a는 자냉식 광원(206)과 광학(207)을 묘사한 것이다. 광학(207)은 반사적이고, 투명하고, 반투명 또는 불투명할 수 있다. 장식 및 방향전환 수단 모두가 광학으로 사용될 수도 있다. 공지된 것으로서 포물선, 타원형, 비 이미징(non-imaging) 및 다른 광학 구성이 광학으로 사용될 수도 있다. 특히, 자냉식 광원(206)에 의해 방출되는 광의 실질적인 부분이 그것들의 최종 방향에 대해 직교하는 방향으로 방향 전환되는 광학(207) 위의 프리즘 표면 요소(prismatic surface elements)의 사용이 본 발명의 실시예들이다. 광학(207)은 광원(206)으로부터 하향하는 광의 일부를 방향 전환시킨다. 광학(207)은 글래스, 단결정, 중합체 또는 다른 투명/반투명 물질들로 이루어질 수 있지만 이에 제한되지는 않는다. 칼라를 가진 투명/반투명 물질들은 특정 장식 또는 기능적인 외관을 창출한다. 실례로 광원(206)은 장식 램프를 형성하기 위해 오렌지 글래스 공(glass glob) 내에 매립될 수도 있다. 열 흡수원에 대한 요구의 제거는 광학 디자인을 크게 단순화시키며 반사기와 광학 요소들의 보다 폭넓은 범위를 허용한다.
- [0365] 대안으로, 도 19b는 광원(208)을 상하로 슬라이드(210)시키는 가동 반사기(209)를 묘사한 것이다. 이러한 접근법을 사용하여 하향하는 광의 퍼센티지가 확산 조명(diffuse lighting)의 양에 대해 조정될 수 있다. 다시 열 흡수원과 확장된 광원의 제거는 조명기구(light fixture)의 광학 설계를 크게 단순화시킨다.
- [0366] 도 20은 단일 광원들의 원거리장 분포를 조정하는 방법을 묘사한 것이다. 도 20a에서, 원거리장 분포 강도 및 파장은 파장 변환 요소(211) 내로의 또는 그 위로의 LEDs(214, 216)를 위한 장착 방법에 의해 조정될 수 있다. LED(214)는 포켓 또는 함몰부가 파장 변환 요소(211)에 형성되는 매립 LED(214)를 묘사한 것이다. 이 매립 LED는 가이드되는 광선(218)에 대한 투과되는 광선(217)의 실질적으로 다른 비율을 가진 표면 장착 LED(216)에 대해 가이드되는 광선(213)에 대한 투과되는 광선(212)의 비율을 변경시킨다.
- [0367] 도 20b에서 광학(220)은 광원(219)의 일 표면 이상에서 광을 추출한다. 이 경우, 광선(221)은 그 표면에 대해 실질적으로 직각으로 방향 전환되고, 광원(219)의 다른 표면들로부터 방출되는 광선들과 혼합된다. 광학(220)은 프리즘, 렌즈, 포물선, 타원형, 비구면, 또는 자유롭게 형성된 형상으로 될 수 있다.
- [0368] 도 20c는 이전에 개시된 에지 터닝 요소들(224)과 함께 매립 폐쇄부(occlusions)(226) 내의 매립 LEDs(225)를



묘사한 것이다. 광선(227, 223)은 실질적으로 파장 변환 요소(222)에서 직각으로 향해질 수 있다.

[0369]

도 21a는 접착층(229)을 사용하는 합몰부 또는 포켓부들(228)과 전기 인터커넥트 층(231)과 보호 유전체 층(232)을 포함하는 파장 변환 요소 내에 접착된 LED 다이(230)를 묘사한 것이다. 실예로, 500 micron 두께의 Ce:YAG 단결정 웨이퍼는 횡측 LED 다이(230)가 놓여지고 폴리실라잔을 사용하여 접착되는 포켓을 갖도록 레이저 드릴 가공된다. 폴리실라잔은 적어도 부분적으로 처리된다. 폴리실라잔은 횡측 LED 다이(230)의 금속 접착 패드들 외의 모든 것을 덮기 위해 잉크젯 프린팅 기술을 사용하여 더 코팅된다. 횡측 LED 다이(230)의 노출된 금속 접착 패드들이 전기 인터커넥트 층(231)을 통해 전기적으로 상호 연결되도록 전도성 잉크가 잉크젯, 스크린 프린팅, 탐포(tampo), 또는 리소그래픽 수단을 통해, 그러나 이에 제한되지 않고 프린팅된다. 나노 실버, 실버 페이스트, 그리고 다른 고 반사성 프린트 가능 전기 전도성 잉크, 페이스트 또는 코팅이 바람직한 전도성 잉크이다. 보호 유전체 층(232)은 잉크젯, 스핀 코팅, 딥(dip) 코팅, 슬롯(slot) 코팅, 롤(roll) 코팅 및 증발 코팅 수단을 통해 적용되지만, 이에 제한되지 않는다.

[0370]

도 21b는 대부분의 광선이 효율적으로 웨이브 가이드에 결합되지 않는 웨이브 가이드(234)의 표면에 장착되는 LED(233)를 묘사한 것이다. 도 21c는 웨이브 가이드(236) 내의 포켓 내에 있는 매립 LED(235)를 묘사한 것이다. 선택적이고 열적으로 웨이브 가이드(236) 내로의 더 많은 결합이 있다. 부가해서 매립 LED(235)의 사용은 도 21a에서 묘사한 것처럼 단순화된 인터커넥트를 허용한다. LED(233 또는 235)로부터의 스펙트럼의 적어도 일부를 변환시키기 위해 발광 인서트(237)가 더 사용될 수도 있다. 이 경우 저 비용의 물질이 각각 웨이브 가이드(234, 236)을 위해 사용될 수도 있다. 실예로, 매립 LED(235)와 실질적으로 동일 면적으로 0.2% 이상의 세륨 도핑 농도를 가진 50 micron 두께의 단결정 Ce:YAG 인서트가 압착 소결된 TPA 웨이브 가이드들 내에 삽입될 수 있다. 이 방식에서, 여전히 웨이브 가이드, 증가된 열 냉각 표면, 그리고 발광 인서트(237) 또는 LED(235)의 어느 것보다 더 큰 면적에 걸쳐 광을 확산하는 광학을 포함하지만 이에 제한되지 않는 열 전도성 요소의 이익을 실현하는 상태에서 발광 물질의 양은 최소로 될 수 있다. 세라믹, 다결정, 비결정질(amorphous), 합성물 및 발광 물질들의 압착된 분말이 발광 인서트(237)을 위해 사용될 수도 있다. 1 W/mK 이상의 열 전도율을 가진 웨이브 가이드(236)가 발광 인서트(237)와 함께 작업할 수 있다. LED(235)는 적어도 하나의 발광 인서트(237)를 가진, 1 W/m/K 이상의 열 전도율을 가진 웨이브 가이드(236) 내에서 InGaN, AlGaN, 및/또는 AlInGaP 기반의 LED인 하나의 LED로 이루어진다.

[0371]

도 22는 종래기술의 LED 광 스트립을 묘사한 것이다. 엔클로저(2202)는 전형적으로 서브마운트(submount)(2208)와, LED 다이(2206)와, 캡슐 렌즈(encapsulating lens)(2204)로 이루어진 LED 패키지들을 포함한다. 엔클로저(2202)의 내부는 반사적이다. LED 다이(2206)에 의해 방출된 광과 디퓨저/렌즈 요소(2200)는 개별 LED 패키지들로부터 광을 위한 충분한 거리에 놓여져서 디퓨저/렌즈 요소(2200)의 출력 표면에서 공간적으로 균일한 출력을 혼합하고 형성한다. 열은 LED 패키지들로부터 엔클로저(2202)를 통해 열흡수원(2210)으로 추출된다. 일반적으로 발생된 열의 대부분은 디퓨저/렌즈 요소(2200)를 통하는 광 방출의 반대 방향으로 이동한다. 실용적인 관점에서 LED 패키지들 사이의 거리는 균일성을 얻기 위해 디퓨저/렌즈 요소(2200)가 LED 패키지들로부터 떨어져야 할 필요가 있는 최소 거리로 된다. 이러한 구성에서 디퓨저/렌즈 요소(2200)는 전형적으로 유기물이고, 심지어 엔클로저(2202)와 열흡수원(2210)도 유기물로 충전될 수도 있다. 특히 디퓨저/렌즈 요소(2200)는 화염 노출 하에서 가연성인 아크릴 또는 폴리카보네이트로 된다. 불행하게도 화염 확산과 연기를 줄이기 위한 종래의 기법은 이 물질들에서 광 투과 및 광 흡수 손실에 악영향을 준다.

[0372]

도 23은 종래기술의 패널 광에 기반하는 웨이브 가이드를 묘사한 것이다. 이 경우 웨이브 가이드(2305)는 전형적으로 아크릴과 폴리카보네이트로 만들어진다. 이 구성에서 가연성 물질의 양은 2 x 2 또는 2 x 4 피트 트로퍼(troffer)에서 보여지는 것과 같이 큰 웨이브 가이드를 형성하기 위해 사용될 수 있는 유기물의 수 파운드까지 더 많다. 투과 및 저 산란 또는 손실과 같은 요구되는 광학 특성은 다시 종래의 난연성 기술의 사용을 무효화하는 구성에서 더욱 엄격하다. LED 패키지(2313)로부터의 광은 반사기(2308)를 사용하여 웨이브 가이드(2305)에 결합된다. LED 패키지(2313)에 의해 발생된 열은 열흡수원(2310)(전형적으로 외측 금속 프레임 또는 베젤)을 통해 발산된다. 후부 반사기(2304), 추출 요소들(2306), 엔드 반사기(2302), 그리고 상부 디퓨저(2300)가 웨이브 가이드(2305) 내의 광을 상부 디퓨저(2300)를 통해 보내기 위해 사용된다. 전형적으로 반사기들과 디퓨저들은 모두 유기물이고 화염에 노출 시 화염 확산 및 연기 발생을 더 높인다. 일반적으로 LED 패키지들 내에서 큰 면적의 유기 필름, 유기 광 웨이브 가이드, 유기 반사 필름, 그리고 유기 요소들의 사용은 구조체 내에서 화재 동안 소방관과 점유자에게 위험을 증가시킬 수 있다. 아크릴과 같은 많은 유기물은 불에 탈 때 연기 뿐만 아니라 독성과 해로운 화학물을 방출시킨다. 불연성 고체 광원에 대한 요구가 존재한다.

[0373]

도 24는 방출 및 냉각면이 실질적으로 동일한 면으로 되는 불연성 자냉식 광원을 묘사한 것이다. 열 전도성 반



투명 요소(2400)는 본 발명자들에 의해 이전에 개시된 바와 같이 1 W/m/K 이상의 열 전도율을 가진다. 이 특별한 실시예에서 다이렉트 어태치 LED 다이(2414)는 열 전도성 반투과 요소(2400)에 전도 트레이스 인쇄되고 불에 쪼이는 인터커넥트(2402)에 납땜된다. 열 전도성 반투과 요소(2400)는 전형적으로 알루미늄, 사파이어, Yag, GGG, 스피넬, 가시 파장 범위를 통해 1 cm<sup>-1</sup> 아래의 손실과 1 W/m/K 이상의 열 전도율과 화염에 노출될 때 불연성으로 되는 다른 무기 고 열 전도성 물질과 같은, 그러나 이에 제한되지 않는 무기 물질로 된다. 대안으로, 폴리실라잔/hBN과 같이 글래스 합성물과 불연성 무기/유기 합성물이 사용될 수도 있다. 다른 실록산 뿐 아니라 폴리실라잔이 화염의 노출에서 불연성 잔류물로 변환되는 경향에 근거하여 사용될 수도 있다. LED 다이(2414)와 파장 변환층(2416)에 의해 발생하는 열은 열 전도성 요소(2400)를 통해 전도되고 부가 열흡수 수단의 요구 없이 둘러싸는 주위로 전달된다. 열 전도성 반투과 요소(2400)의 두께는 100 micron과 5 mm 사이로 되고, 500 micron 내지 1 mm가 바람직하다. 저 수준의 산란은 더 두꺼운 열 전도성 반투과 요소(2400)의 사용을 허용한다. 그러나 이 특별한 구성에서 흡수 손실이 낮다면 94% 내지 100% 알루미늄과 같은 고 산란 열 전도성 반투과 요소(2400)가 사용될 수 있다. 이를 테면, 알루미늄을 착색시키지 않는 소결 보조제(sintering aids)가 바람직하다. 또한 캐비티 반사기(2412)는 80% 이상의, 더 바람직하게는 90% 이상의 반사율을 가져야 한다. 이전의 출원에서 본 발명자들에 의해 개시된 바와 같이, 본 실시예에서 형성된 재순환 캐비티의 효율은 이 재순환 캐비티 내의 모든 요소들의 광 손실의 감소와 직접 관련된다. 이를 테면 다이렉트 어태치 LED 다이(2414)는 80% 이상의 반사율을 가져야 하고, 인터커넥트(2402)는 80% 이상의 반사율을 가져야 하며, 파장 변환층(2416)은 흡수를 최소화하기 위해 가능한 낮은 손실을 가져야 한다. 일반적으로 각 반사와 관련된 손실이 최소로 되는 한 이 재순환 시스템들에서 산란은 매우 높을 수 있다. 전형적인 광선은 열 전도성 반투명 요소(2400)를 통해 재순환 캐비티를 여기하기 전에 40 반사 이상을 가질 수 있다. 다이렉트 어태치 LED 다이(2414) 및/또는 파장 변환층(2416)으로부터의 광이 재순환 캐비티로 먼저 진입하지 않고 열 전도성 반투명 요소(2400)를 통과하는 것을 방지하기 위해 블로킹층(blocking layer)(2404)이 사용될 수도 있다. 재순환 캐비티 내에서 광 경로 길이를 증가시킴으로써 열 전도성 반투명 요소(2400)를 빠져나가는 공간 균일성을 향상시키기 위해 부가적인 분배 요소들(2410)이 또한 사용될 수도 있다. 다이렉트 어태치 LED 다이(2414)로의 전력은 차례로 외부 전원 리드(power leads)(2408, 2406)에 부착되는 인터커넥트(2402)를 통해 공급된다. 외부 전원 리드(2408, 2406)는 가요성 회로, 핀, 와이어, 절연 와이어, 자석 접촉부, 그리고 다른 물리적 접촉 수단으로 될 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 캐비티 반사기(2412)는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 같은 코팅된 금속으로 되는 것이 바람직하다. 일반적으로 불연성 자냉식 광원을 창출하기 위해 무기 물질의 사용이 바람직하다.

[0374]

도 25는 도 24에서 이전에 논의된 열 전도성 반투과 요소의 두 개의 다른 열 전도율에 대한 LED 다이의 온도 대 입력 와트를 도시한 것이다. LED 다이는 점선(2504)에 의해 묘사된 것과 같이 최대 작동 온도(T<sub>max</sub>)를 가진다. 1 W/m/K를 가진 글래스(glass)와 같이 저 열 전도성 물질이 사용된다면, T<sub>max</sub>는 국부화(localization)에 기인하여 층의 두께와 무관하게 매우 낮은 입력 와트에 도달된다. 이것은 밀집 배치된 많은 수의 LED 다이의 사용으로 이끌거나 낮은 드라이브 레벨로 이끈다. 대신 열 전도성 반투과 요소가 알루미늄과 같이 30 W/m/K의 열 전도율을 가진 물질로 만들어진다면 여전히 T<sub>max</sub> 아래의 다이 온도를 유지한 상태에서 매우 높은 드라이브 레벨이 사용될 수 있는 커브(2502)가 측정된다. 이것은 최대 온도 한계를 초과하지 않고 각 LED 다이에 대해 LED 다이와 더 높은 드라이브 레벨 사이에서 증가된 간격을 갖게 할 수 있다.

[0375]

도 26은 전형적인 매달린 천장을 묘사한 것이다. 천장 타일(2606)은 앵커(2602)와 와이어(2604)를 통해 격자(grid)(2603)에 의해 데크(2600)로부터 매달린다. 오피스 공간(2609)은 천장 타일(2606) 아래와 플로어(2612) 위에 있다. 점유자 또는 소방관(2610)은 전형적으로 오피스 공간(2609)을 차지한다. 화재는 플레넘 공간(2608) 또는 오피스 공간(2609)에서 전파될 수 있다. 덕트 공간, 전기 분배, 네트워크 및 소화 설비는 전형적으로 플레넘 공간(2608)에 있다. 일반적으로, 음향, 미감, 그리고 소화 설비를 위해 매달린 천장에서 틈(breaks)의 수 및 크기를 최소화하는 것이 바람직하다. 트로퍼(troffers)와 같이 현존하는 조명기구는 매달린 천장의 인접한 특성(contiguous nature of the suspended ceiling)을 깨뜨린다. 대부분의 건축 코드에서 트로퍼와 조명은 플레넘 공간(2608)에서 내화성 엔클로저에 둘러싸이는 것이 요구될 수 있다. 불행하게도 대부분의 고체 광원은 플레넘 공간(2608) 내에서 발생하는 냉각에 좌우된다. 내화성 엔클로저의 사용은 플레넘 공간(2608)으로의 열전달을 매우 방해한다. 이상적으로, 미감, 화재 및 음향적 관점에서 어떠한 조명기구도 매달린 천장의 인접한 특성을 깨뜨리지 못할 것이며, 오피스 공간(2609)으로부터 스스로 냉각할 것이다. 더욱 바람직하게는 어떠한 부가 와이어(2604)가 요구되지 않도록 조명기구가 매달린 천장과 함께 지진 인증을 받을 수 있도록 조명기구는 격자(2603) 및/또는 천장 타일(2606) 내에서 미적으로 섞일 것이다. 이러한 동시적인 요구사항들을 충족시키는 수단으로서 높은 루멘/그램 자냉식 광원의 사용이 개시된다. 이 조명기구들은 불연성으로 되어 이에 의해 소방관/점유자(2610)에 대한 위험을 훨씬 더 감소시키는 것이 가장 바람직하다.

- [0376] 도 27은 자석 접촉부들(2706)을 통해 격자(2700)에서 24VDC에 부착되는 자냉식 재순환 고체 광원(2704)을 묘사한 것이다. 전도체들(2708)이 유전체(2710)를 통해 격자(2700)에 부착된다. 종래기술과 같이 외부 인터넥터들(미도시)이 전도체(2708, 2709)를 24VDC 전력 공급부(미도시)에 연결한다. 전형적인 실예는 Armstrong FlexZone이다. 자냉식 재순환 고체 광원(2704)은 AC 또는 다른 DC 전압으로 작동하도록 적용될 수 있으므로, 이 실시예는 24VDC 전력 격자로 제한되지 않는다. 천장 타일(2702)의 오피스 공간 측이 기본적으로 자냉식 재순환 고체 광원(2704)의 방출면과 수평 표면(flush)이 될 수 있도록 자냉식 재순환 고체 광원(2704)은 바람직하게 5mm의 두께를 가진다. 이것은 매달린 천장에 더욱 단일체의 모습(monolithic look)을 창출시킨다. 방출면의 꺼진 상태의 바디 칼라를 천장 타일(2702) 바디 칼라 및 질감(texture)과 매우 매칭되게 하는 것이 더 바람직하다. 격자(2700)는 앵커(2714)와 와이어(2716)를 통해 데크(2712)에 부착된다.
- [0377] 도 28a는 천장 타일(2802) 내로 리세스된 자냉식 고체 광원을 묘사한 것이다. 이 실시예에서 다이렉트 어태치 LED 다이(2803)는 다시 열 전도성 반투과 요소(2808)에 부착되고, 재순환 캐비티는 반사기(2801)에 의해 형성된다. 파장 변환층(2805)이 다이렉트 어태치 LED 다이(2803)에 적용되어서 이에 의해 요구되는 파장 변환 물질의 양을 줄이고 외부 바디 칼라에서 파장 변환 층(2805)의 영향을 최소화시킨다. 천장 타일은 유전체이고 전형적으로 쉽게 다공성으로 되기 때문이다. 푸시 핀 접촉부들(2810)이 묘사되어 있다. 자냉식 고체 광원은 실질적으로 외측 스크림 층(scrim layer)(2800)과 수평한 평면을 이루도록 천장 타일(2802) 내의 리세스된 포켓 내로 밀려질 수 있다. 푸시 핀 접촉부는 전기 연결을 제공할 뿐만 아니라 자냉식 고체 광원을 천장 타일(2802)에 부착시킨다. 천장 타일(2802)의 플레넘 측에서 클립(2804)이 자냉식 고체 광원을 더 지지한다. 제 위치에 유지되는 피어싱 귀걸이와 유사한 방식으로, 클립(2804)은 이 광원을 제 위치에서 록킹시키고 또한 전원 리드(power leads)(2806, 2812)를 통해 전기 입력을 제공하기 위해 사용될 수 있다. 열의 대부분은 방출면에 의해 오피스 공간 측으로 전달되기 때문에, 자냉식 고체 광원은 천장의 인접한 특성을 깨뜨리지 않고 냉각될 수 있다.
- [0378] 도 28b는 재순환 캐비티를 창출하기 위해 스크림 층(2808)이 형성된 매립 자냉식 광원을 묘사한 것이다. 이 경우, 다이렉트 어태치 LED 다이(2824)와 파장 변환층(2826)과 푸시 핀 접촉부들(2832)이 부착되는 열 전도성 반투과 요소(2822)는 단순히 천장 타일(2820)과 스크림 층(2828)에 형성된 함몰부를 덮는다. 푸시 핀 접촉부들(2832)은 또한 리드(2816, 2814)를 통해 공급되는 전원과 함께 클립(2818)에 의해 연결되고 지지될 수 있다. 이 경우 스크림 층(2828)은 바람직하게 적어도 자냉식 고체 광원의 재순환 캐비티를 형성하는 영역 내에서 고 반사적으로 된다. 베젤(bezels)과 마이크로 루버(micro louvers)와 같이 광범위한 부가 요소들이 또한 이 광원의 미적 광학적 성능을 향상시키기 위해 사용될 수 있다. 이 실시예는 대부분의 스크림 층(2828)의 고 반사성의 이익을 취함으로써 캐비티 반사기에 대한 요구를 제거한다.
- [0379] 도 29는 매달린 천장 내에서 매달린 자냉식 조명기구(2916)를 묘사한 것이다. 케이블(2914, 2918)은 각각 전원 리드(2912, 2910)를 포함하는 각 격자(2920, 2910)에 부착된다. 케이블(2914, 2918)은 매달린 자냉식 조명기구(2916)에 물리적인 지지 및 전기 입력 모두를 제공한다. 대안으로, 전원 리드(2912, 2910)는 케이블(2914, 2918)과 함께 천장 타일(2908)을 통해 나올 수 있다. 그램당 루멘 출력은 그램당 50 루멘 이상이기 때문에, 2000 루멘의 매달린 자냉식 조명기구(2916)는 충분히 격자 또는 천장 타일들을 지지할 수 있는 물리적인 능력 내로 되는 40 그램에 불과한 무게로 된다. 이것은 조명 설계자를 위한 유연성을 증가시킨다. 트로퍼들과 같이 종래의 조명기구와는 같지 않게, 사실상 이러한 조명 접근법에 의해 위험에 처하지 않는다. 이것은 조명기구가 매달린 천장에서 떨어지는 화재 동안 특히 소방관/점유자(2924)에게 상당한 위험이 될 수 있다. 미관상 와이어(2904)와 앵커(2902)에 의해 데크(2900)에 지지되는 매달린 천장은 플레넘 공간(2906)에 공기 덕트, 배선, 그리고 화재 진압 수단을 숨긴다. 소방관/점유자(2924)의 시야는 매달린 천장, 플로어(2922), 그리고 벽들에 의해 한정된 오피스 공간이다.
- [0380] 도 30은 지진을 감안한 매달린 천장 설치에서의 자냉식 고체 광원의 사용을 묘사한 것이다. 지진 발생 시 데크(3000), 플로어(3006), 그리고 벽(3002, 3004)은 서로 상대적으로 움직여서 격자(3034)와, 데크(3008)에 부착된 앵커(3030)를 통해 고정된 와이어(3032)에 의해 지지되는 천장 타일(3010)으로 이루어진 매달린 천장에 스트레스를 준다. 매달린 천장은 또한 각각 지지부재(3020, 3022)에 의해 벽(3004, 3002)에 부착될 수도 있다. 격자 지지 자냉식 고체 광원(3012)은 매립된 자냉식 고체 광원(3014)이 천장 타일(3010)에 부착 또는 그 안에 매립된 상태에서 격자(3034)에 부착된다. 어느 경우에도 자냉식 고체 광원들은 낮은 열 질량(low thermal mass)을 갖기 때문에, 그리고 매달린 천장에서 과열을 형성하지 않기 때문에, 격자(3034) 또는 천장 타일(3010)의 감쇄(dampening) 및 지지 기능을 방해하지 않는다. 이러한 접근법의 인접한 특성은 조명이 상당히 다를 수 있더라도 두 개의 다른 매달린 천장 설치가 매우 똑같이 지진에 응답하게 한다. 이것은 점유자가 매달린 천장의 지진 응답에 타협함이 없이 조명을 채택하게 한다.

- [0381] 도 31은 천장 타일(3020)에 있는 자냉식 고체 광원(3112)을 포함하고 격자(3106)에 있는 자냉식 고체 광원(3110)을 포함하는 매달린 천장을 묘사한 것이다. 이러한 접근법을 사용하면 매달린 천장의 음향적 응답이 조명 기구에 의해 타협되지 않는다. 종래의 설치에서는 천장 타일(3108)이 거의 감쇄 효과(dampening effects)가 없이 트로퍼들에 의해 재 배치되기 때문에 소음 감쇄에 있어서 많은 틈(breaks)이 발생한다. 이것은 음파가 플로어(3116)와 매달린 천장 사이에서 튀기 때문에 점유자(3114)에 대해 소음 수준을 증가시킨다. 사실상 매달린 천장에서 모든 틈을 제거함으로써 최대 수의 천장 타일(3108, 3110)이 사용될 수 있기 때문에 오피스 공간 내의 소음 수준은 감소될 수 있다. 또한 앵커(3102)를 통해 데크(3100)에 고정되는 와이어(3104)에 의해 한정된 플레닛 공간 내의 소음은 더 인접한 매달린 천장이 형성된다면 오피스 공간과 점유자(3114)로 감소된다. 일반적으로 매달린 천장이 더 인접할수록 점유자(3114)에 대해 음향 소음이 줄고 화재 위험이 낮아진다.
- [0382] 도 32a는 다이렉트 어태치 LED 다이(3204)가 부착되는 열 전도성 반투과 요소(3202)를 포함하는 재순환 자냉식 광원을 묘사한 것이다. 다이렉트 어태치 LED 다이(3204)는 파장 변환층(3206)으로 더 코팅된다. 반사 요소(3200)를 통해 재순환 캐비티가 더 형성되어 재순환 캐비티에서 발생하는 광선은 열 전도성 반투과 요소(3202)를 통해 빠져나간다. 광선들을 재순환 캐비티의 길이 아래에서 방향을 바꾸게 하는 조정 요소(3208)의 부가로 균일성이 더 향상될 수 있다. 열 전도성 반투과 요소(3202)를 빠져나가는 광선에 대해 공간 균일성을 증가시키는 재순환 캐비티 내에서 광선의 광 경로 길이를 증가시키기 위해 특히 원추형, 피라미드형, 또는 첨점(cusp)형상의 조정 요소(3208)가 사용될 수 있다. 조정 요소(3208)는 개별 피스, 시트로 될 수 있거나, 또는 반사기(3200) 내에 직접 형성될 수 있다. 열의 대부분은 열 전도성 반투과 요소(3202)의 표면을 통해 주위로 전달되기 때문에 금속 또는 반사성 무기물이 반사기(3200)를 위해 바람직한 한편, 반사기(3200)는 사실상 3M의 ESR 필름, 금속 코팅 필름, hBN 플레이크(flakes)를 포함하는 폴리실라잔과 같은 확산 반사성 필름, 그리고 다른 무기 및/또는 유기 반사기와 같이 다수의 층을 이루는 반사기를 구비한 물질로 형성될 수 있다. 90% 이상의 반사율을 가진 반사기가 가장 바람직하다. 금속과 세라믹과 같은 불연성 물질이 바람직하다.
- [0383] 도 32b는 반사기(3224)에 의해 생성되는 재순환 캐비티로의 출력으로서 열 전도성 반투과 요소(3220)를 포함하는 자냉식 고체 광원을 묘사한 것이다. 다시 다이렉트 어태치 LED 다이(3228)는 파장 변환층(3229)에 의해 부분적으로 더 긴 파장으로 변환된 블루 광을 방출한다. 참고의 출원에서 본 발명자들에 의해 이전에 개시된 바와 같이, 파장 변환층(3229)의 위치 또는 심지어 그것의 제거도 또한 개시된다. 단일 칼라의 자냉식 광원과 다수 칼라의 자냉식 광원도 또한 이러한 접근법을 사용하여 구성될 수도 있다. 또한 다이렉트 어태치 LED 다이(3228)는 바람직한 실시예인 한편, 다이렉트 어태치, 플립 칩, 와이어 접착 또는 다른 연결 방법을 위해 인터커넥트(미도시)가 사용될 수 있기 때문에 다양한 LED 다이와 LED 패키지가 사용될 수 있다. 이 실시예에서 열 전도성 반투과 요소(3220)를 빠져나가는 광선들의 공간 균일성을 조절하기 위해 산란 요소들(3226)이 사용된다.
- [0384] 도 32c는 반사기(3332)가 열 전도성 반투과 요소(3330)를 통해 나가는 광의 방향을 바꾸기 위해 형성되는 재순환 캐비티를 묘사한 것이다. 다시 다이렉트 어태치 LED 다이(3336)와 파장 변환층(3338)은 광을 반사기(3332)에 의해 형성된 재순환 캐비티 내로 방출한다. 열 전도성 반투과 요소(3330)를 통해 나가는 재순환 캐비티 내의 광을 공간적으로 방향 전환시키기 위해 부가 산란 또는 조정 요소(3334, 3340)가 사용될 수 있다. 조정 요소(3334)는 또한 반사기(3332) 내의 홀들을 통해 조정 요소들(3334)을 삽입함으로써 재순환 캐비티의 조립 후에 균일성을 조정하는 능력을 묘사한 것이다. 대안으로, 광선이 재순환 캐비티를 빠져나갈 때 조정 요소(3340)가 제어하기 위해 불투명 또는 반투명 반사 요소들이 열 전도성 반투명 요소에 공간적으로 인쇄될 수 있다. 실예로 도트 패턴을 형성하도록 열 전도성 반투과 요소(3330)를 공간적으로 가로질러서 반사성 실버의 작은 도트들을 인쇄하기 위해 실버 후막 인터커넥트 물질이 사용될 수 있다.
- [0385] 도 32d는 부가적인 웨이브 가이드 요소(3352)를 가진 재순환 자냉식 광원을 묘사한 것이다. 이 구성에서 다이렉트 어태치 LED 다이(3356)와 파장 변환 요소는 그것들의 열을 열 전도성 반투명 요소(3346)로 전달하지만 방출된 광선의 대부분이 웨이브 가이드(3352) 내에 포획되도록 웨이브 가이드(3352)와의 결합이 발생한다. 추출 요소(3354, 3357)에 기인하여 웨이브 가이드(3352)로부터의 추출이 발생한다. 추출 요소(3357)는 웨이브 가이드(3352)와 열 전도성 반투명 요소(3346) 사이의 인덱스 매칭 도트(a index matching dot) 만큼 단순하게 될 수 있다. 반사기(3350)는 여전히 광원 내에서 재순환을 향상시키기 위해 사용되며, 그것은 웨이브 가이드(3352)로부터 분리되거나 그 위에 형성될 수 있다.
- [0386] 도 33은 본 발명자들에 의해 이전에 개시된 것과 같이 재순환 캐비티의 효율에서 반사율의 중요성을 나타내는 그래프를 묘사한 것이다. LED 다이와 같은 점광원을 균일한 확산 출력으로 변환시키기 위해 발생해야 하는 많은 수의 바운드에 기인하여 LED 다이, 인터커넥트, 반사기에서의, 그리고/또는 열 전도성 반투명 요소 내에서의 어떠한 손실도 최소로 되도록 할 필요가 있다. 참고의 출원에서 본 발명자들에 의해 이전에 개시된 바와 같이,



80% 이상의 반사율을 가진 LED 다이와 80% 이상의 반사율을 가진 반사기와 80% 이상의 반사율을 가진 인터커택트가 바람직하다. 여기서 개시된 열 전도성 반투명 요소들은 알루미늄, 사파이어, YAG, 글래스, YSZ, GGG, 그리고 다른 광학적 저 흡수 물질과 같이 저 흡수손실 물질들로 되는 것이 가장 바람직하다. 선 투과(line transmission)에 있어서 전형적으로 사용되는 수(number)는 광학 손실의 좋은 지표(indicator)는 아니라는 것을 주의해야 한다. 이것들과 같은 재순환 캐비티 소스는 다수의 바운드를 허용하기 때문에 백색 또는 불투명하게 보이는 알루미늄과 같은 높은 산란 물질들이 실제로 매우 효율적인 창문(windows)이 될 수 있다. 중요한 문제는 선 투과가 아니라 광 흡수 손실이다. 알루미늄  $Al_2O_3$ 는 가시 스펙트럼에 걸쳐서 매우 낮은 광 흡수를 가지지만, 만일 부적절한 소결 첨가제가 사용된다면 흡수 손실은 증가될 수 있다. 그러므로 특성에서 비정질(amorphous), 다결정 또는 단결정으로 되거나 되지 않을 수 있는 고 순도의 물질이 바람직하다. 상기는 유기 물질에 대해서도 사실이며, 다공성을 가진 테프론 필름은 100%에 접근하여 발생될 수 있는 어떤 가장 높은 확산 반사율 숫자를 가진다. 이러한 효과는 이 물질들에 대해 가시 영역에 걸쳐서 저 광 흡수에 기인한다. 본 발명자들에 의한 참고되는 출원에서 이전에 개시된 폴리실라잔 및 hBN 합성물의 경우와 같이 합성물들이 마찬가지로 저 흡수로 될 수 있다. 일반적으로 가시 영역에 걸쳐서 투명 상태에서 0.1  $cm^{-1}$  미만의 흡수 손실을 가진 물질이 열 전도성 반투명 요소를 위해 바람직하다.

[0387] 도 34는 열 전도성 반투명 요소(3402)에 인쇄되거나 그와 다르게 형성된 장식 요소들(3404)을 묘사한 것이다. 재순환 자냉식 광원은 다시 반사기(3400)를 사용하여 형성된다. 장식 요소들(3404)은 페인트, 라커(lacquers), 융합 글래스, 또는 패턴을 부여하는 다른 코팅, 직물(textures) 및 다른 미적 요소를 포함할 수도 있다. 알루미늄과 같은 무기 물질이 열 전도성 반투명 요소(3402)를 위해 바람직하기 때문에, 글레이징(glazing)과 같은 고온 처리 단계가 가능하다. 이 고온 처리 단계는 또한 글래스와 여전히 합리적인 열 전도율을 가진 무기물과 같은 물질들을 사용하는 경향이 있다. 직물은 열 전도성 반투명 요소(3402) 위에 코팅되거나 또는 그 요소의 직접적인 엠보싱(direct embossing)을 통해 부여될 수도 있다.

[0388] 도 35a는 반사 캐비티(3500)와, LED 다이(3508)가 부착되는 열 전도성 반투명 요소(3502)를 가진 재순환 자냉식 광원을 묘사한 것이다. 파장 변환 요소(3504, 3506)가 도시된 바와 같이 형성될 수도 있다. 이 구성에서 파장 변환 요소(3504, 3506)에서 사용되는 형광체가 백색 바디 칼라를 가질 수 있도록 UV LED 다이가 바람직하다. 대안으로 광원의 외부 바디 칼라는 형광체, 양자 도트, 그리고 특별한 바디 칼라를 가진 다른 파장 변환 물질을 선택함으로써 수정될 수 있다. 매달린 천장과 같은 설치물에 일체식의 균일한 모습을 창출하기 위한 요구가 있을 때 바디 칼라는 광원의 중요한 미적 속성이 된다.

[0389] 도 35b는 열 전도성 반투명 요소(3512)도 또한 발광하는 재순환 자냉식 광원을 묘사한 것이다. 참고의 출원에서 본 발명자들에 의해 이전에 개시된 바와 같이, 광범위한 물질이 세라믹의, 코팅된, 단결정 형태로 사용될 수 있다. LED 다이(3514)는 열 전도성 반투명 요소(3512)에 부착되고, 재순환은 반사기(3510)에 의해 발생한다.

[0390] 도 35c는 열 전도성 반투명 요소(3522)에 형성되거나 부착된 별도의 파장 변환 코팅/요소(3524)를 묘사한 것이다. LED 다이(3514)에 대한 이 두 요소들의 상대적인 위치는 스위칭되거나 또는 도시된 바와 같이 사용될 수도 있다. 반사기(3520)는 재순환 캐비티를 형성한다.

[0391] 도 35d는 재순환 캐비티가 없는 자냉식 광원을 묘사한 것이다. 이 실시예에서 열 전도성 반투명 요소(3530)에 의해 물리적으로 지지되고 인터랙트되며(미도시) 냉각되는 LED 다이(3532)로부터의 방출은 오직 파장 변환층(3534)만을 부분적으로 비춘다. 냉각 및 방출면들을 하나의 요소 내에 통합시킴으로써 열 흡수원을 제거하는 유연성을 보여주는 이러한 접근법을 사용하여 광범위한 광학 효과가 형성될 수 있다.

[0392] 도 36은 천장 타일들(3608)을 위한 푸시 핀 커넥터를 묘사한 것이다. 자냉식 고체 광원(3614)은 두 개의 실질적으로 단단한 핀(3618, 3616)을 포함한다. 천장 타일(3608)은 유전체이고 쉽게 뚫리는 경향이 있기 때문에, 단단한 핀(3618, 3616)은 간단히 스크립 층(3610)과 천장 타일(3608)을 통해 가압될 수 있다. 전원 리드(power leads)(3602, 3600)와의 전기 커넥터로서 부가적으로 작용할 수 있는 클립(3604, 3606)을 통해 부가적인 장착 지지부가 위치될 수 있다. 이 자냉식 고체 광원(3614)의 그램당 고 루멘은 이러한 타입의 설치를 허용한다. 미적 요소들(3612)이 또한 추가될 수 있다. 미적 요소들(3612)을 위해 불연성 물질의 사용이 바람직하다. 대안으로, 자냉식 고체 광원(3614)을 위한 리세스를 형성시키기 위해 스크립 층(3610)이 형성될 수 있다. 선택적으로 자석 커넥터(3632, 3630)가 천장 타일(3608)의 제거 없이 전면 측 제거(front side removal)를 허용하기 위해 사용될 수도 있다.

[0393] 도 37은 스크립 층(3708) 하면에서 천장 타일(3700) 내에 매립된 자냉식 고체 광원을 묘사한 것이다. 이 구성에서 열 전도성 반투명 요소로부터의 열이 오피스 공간의 주위로 추출될 수 있도록 합리적인 기공 또는 열 전도성



을 가진 반투명 스크림이 바람직하다. LED 다이(3706)와 반사기(3702)로부터의 열은 다시 이전에 개시된 바와 같이 재순환 캐비티를 창출하기 위해 사용된다. 이 구성에서 전기 인터넥트(3710, 3712)는 또한 스크림 층(3708) 아래에 매립될 수 있다. 이것은 종래의 조명기구를 대체하는 조명 천장 타일을 창출한다.

본 발명은 구체적인 실시예들과 실예들과 함께 기술되었지만, 많은 대안과 변경 및 변형이 전술한 것에 비추어 분명하다는 것이 통상의 기술자에게는 명백할 것이다. 따라서, 본 발명은 첨부된 청구항들의 의미(spirit)와 범위 내로 되는 모든 그와 같은 대안과 변경과 변형을 포함하도록 의도된 것이다.

## 요약

열 전도성 발광 요소들에 또는 그 안에 장착되는 LEDs 기반의 고체 광원은 대류 및 복사 냉각 모두를 제공한다. 서비스용의 자냉식 고체 광원이 LEDs의 전기 인터커넥트 및 다른 반도체 장치와 통합될 수 있다. 열 전도성 발광 요소는 대류 및 복사 수단이 이 장치를 냉각시키기 위해 사용될 수 있도록 충분히 큰 면적에 걸쳐 LED 및 발광 요소 자체에서 발생하는 열을 효율적으로 전달하고 확산시킴으로써 부가적인 열흡수 수단에 대한 요구를 완전히 또는 부분적으로 제거할 수 있다.

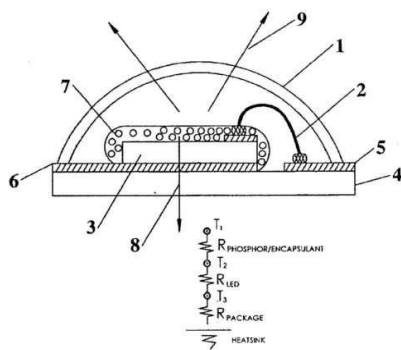


FIG. 1A  
(Prior Art)

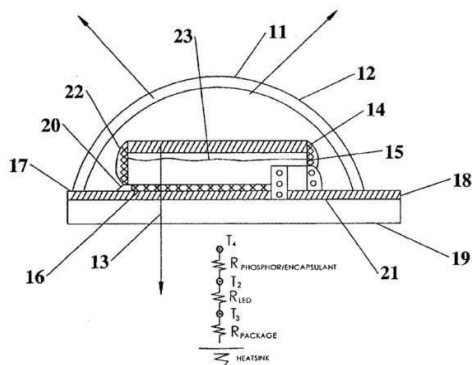


FIG. 1B  
(Prior Art)

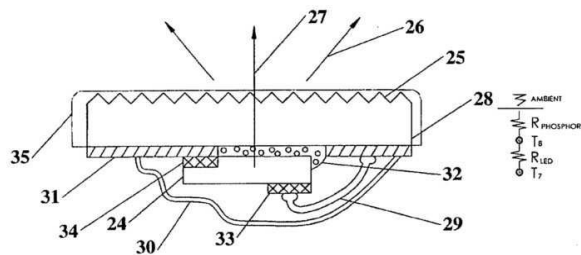


FIG. 2A

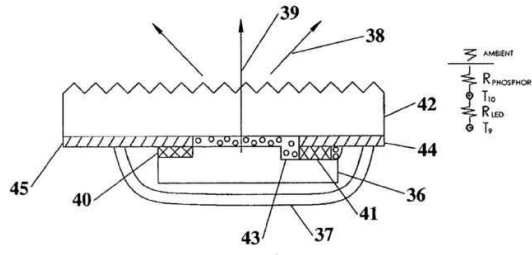


FIG. 2B

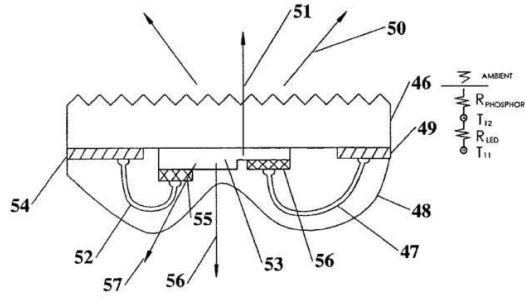


FIG. 2C

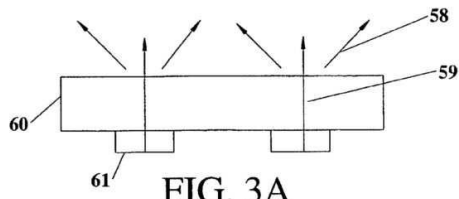


FIG. 3A

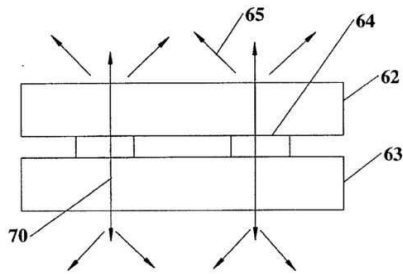


FIG. 3B

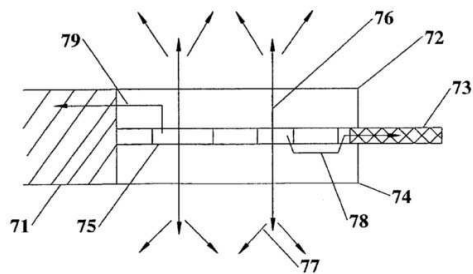


FIG. 3C

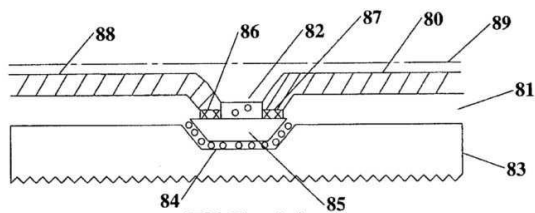


FIG. 4A

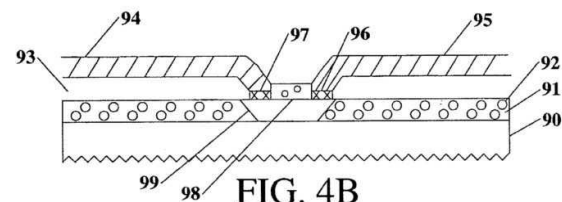


FIG. 4B

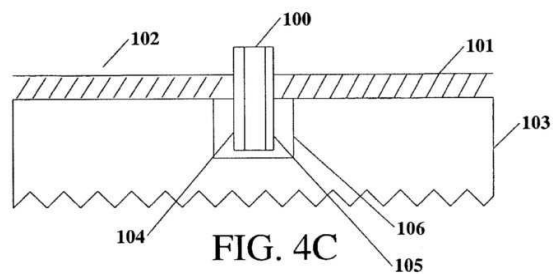


FIG. 4C



FIG. 5A



FIG. 5B

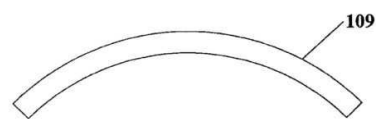


FIG. 5C

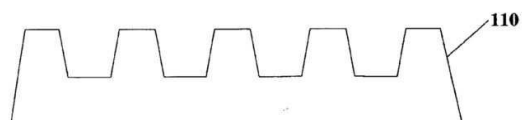
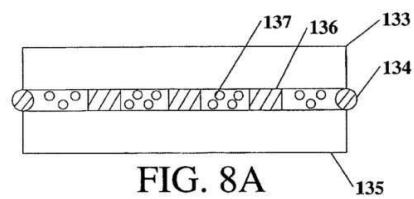
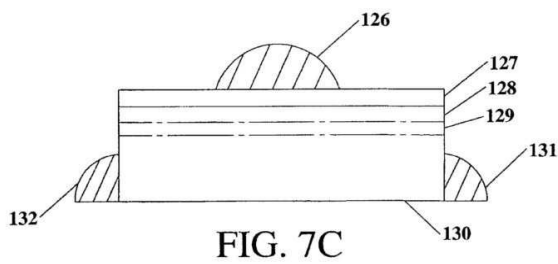
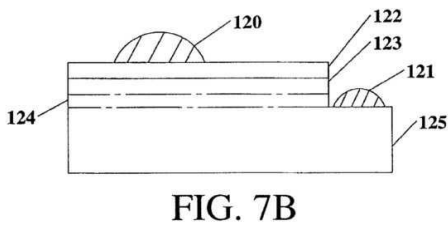
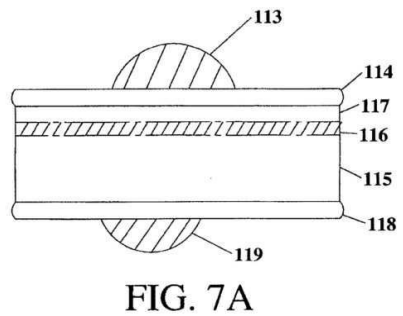
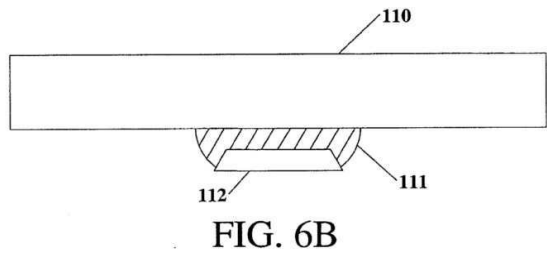
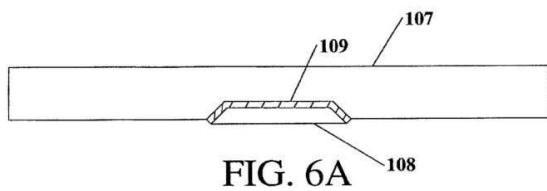


FIG. 5D





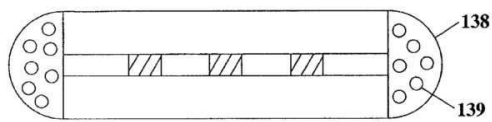


FIG. 8B

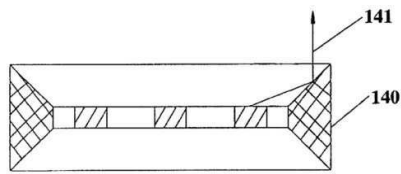


FIG. 8C

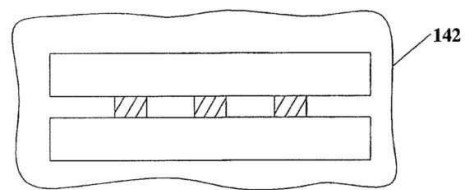


FIG. 8D

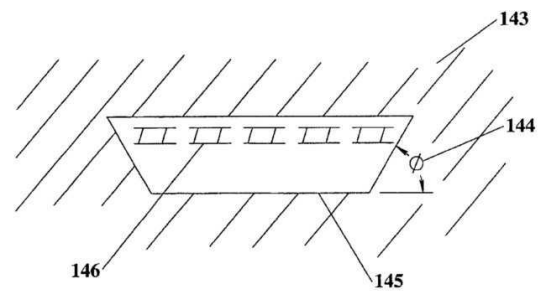


FIG. 9A

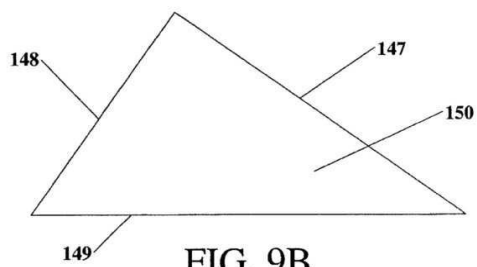


FIG. 9B

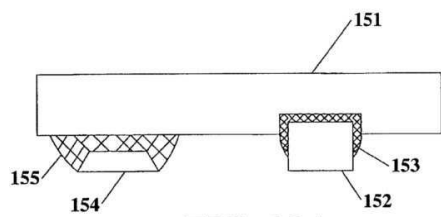


FIG. 10A

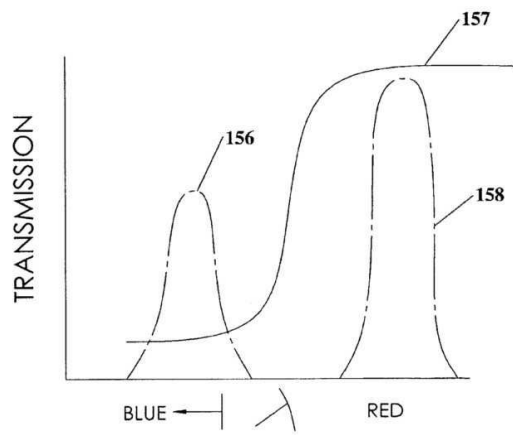


FIG. 10B

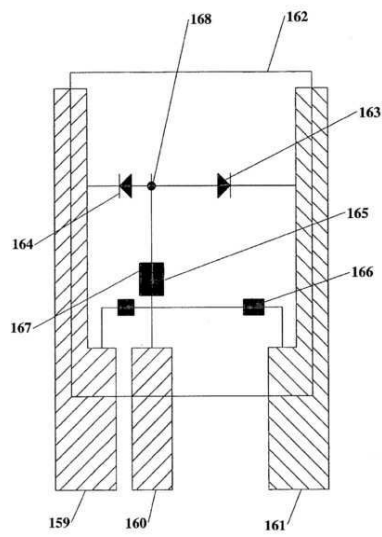


FIG. 11

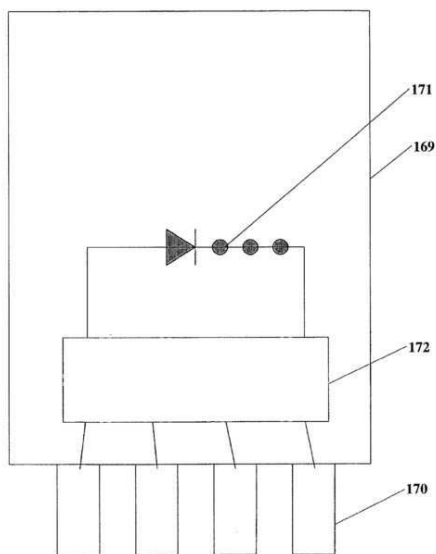


FIG. 12

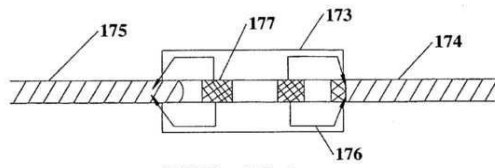


FIG. 13A

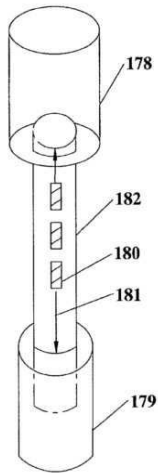


FIG. 13B

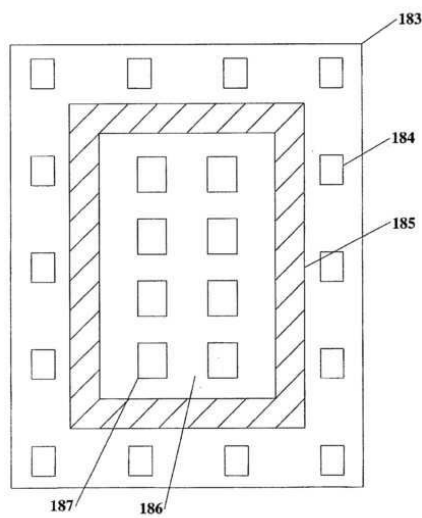


FIG. 14

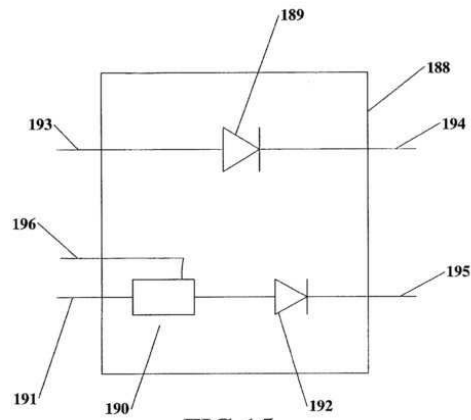


FIG. 15

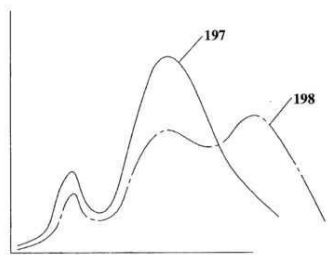


FIG. 16A

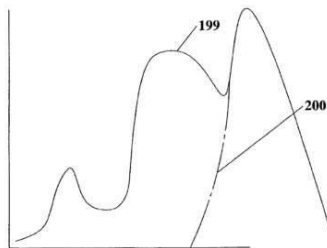


FIG. 16B

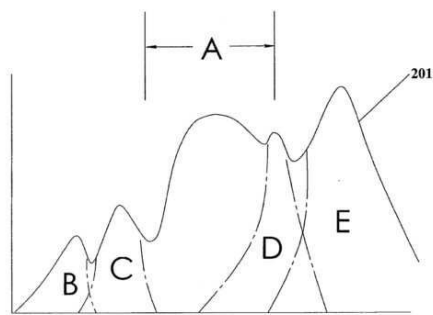


FIG. 17

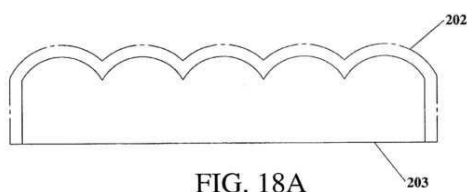


FIG. 18A



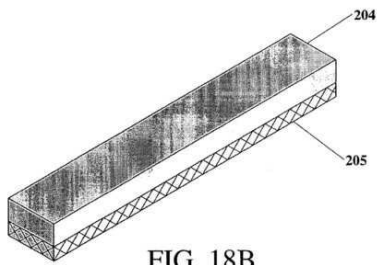


FIG. 18B

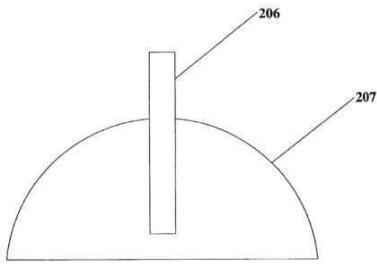


FIG. 19A

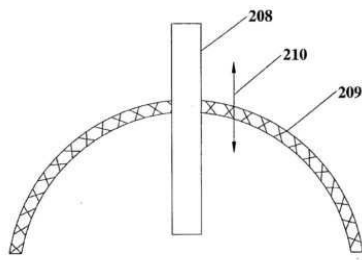


FIG. 19B

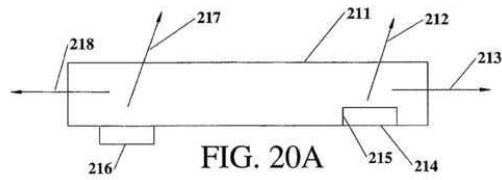


FIG. 20A

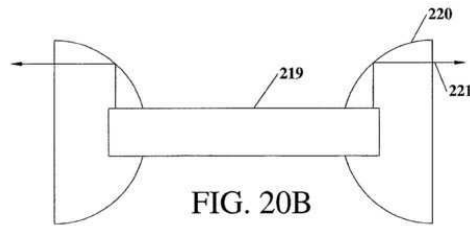


FIG. 20B

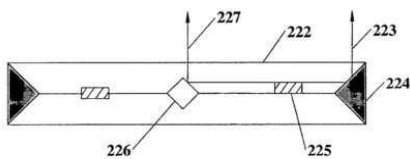


FIG. 20C

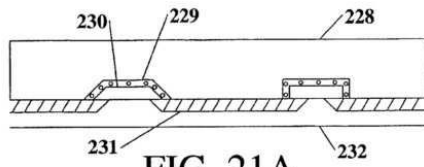


FIG. 21A

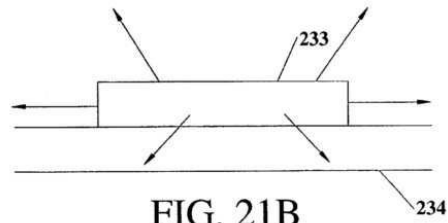


FIG. 21B

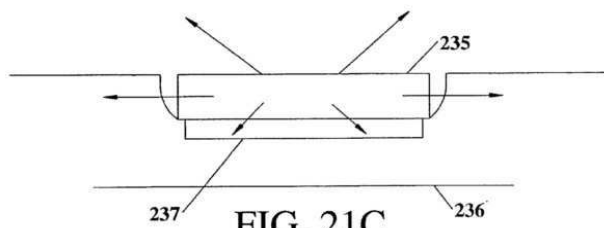
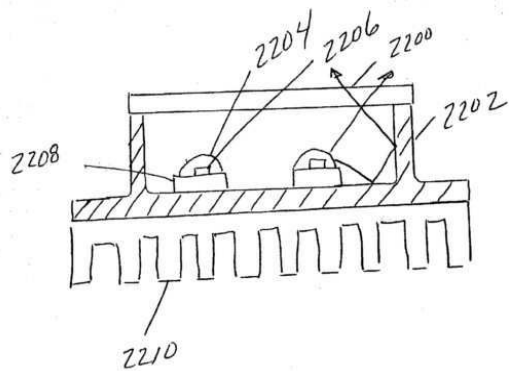


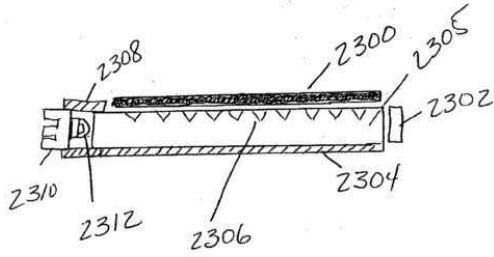
FIG. 21C

FIGURE 22



PRIOR ART

FIGURE 23



PRIOR ART

FIGURE 24

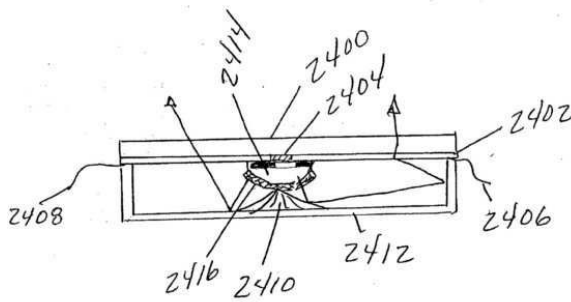
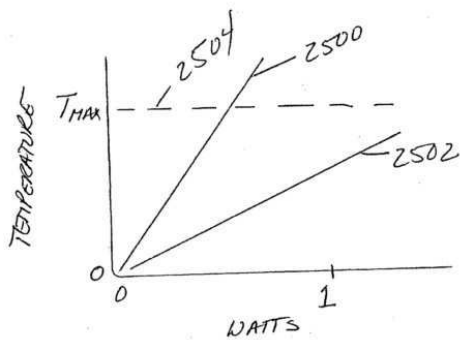


FIGURE 25



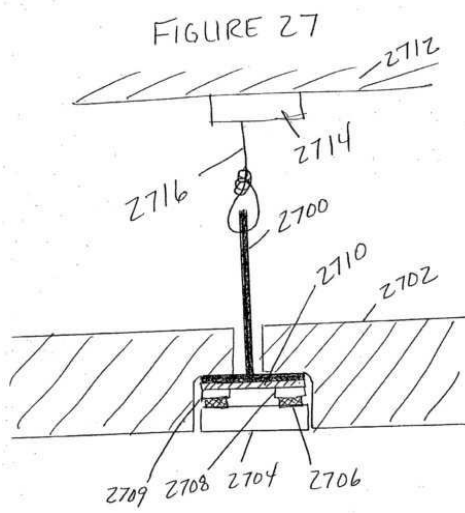
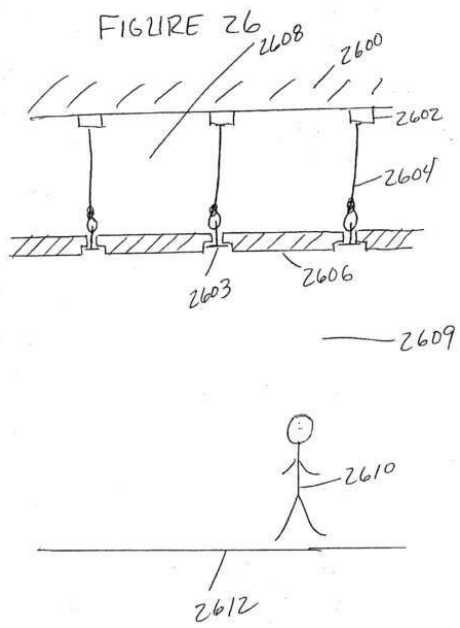
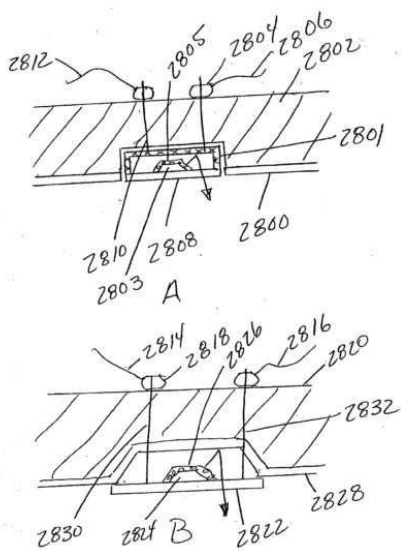
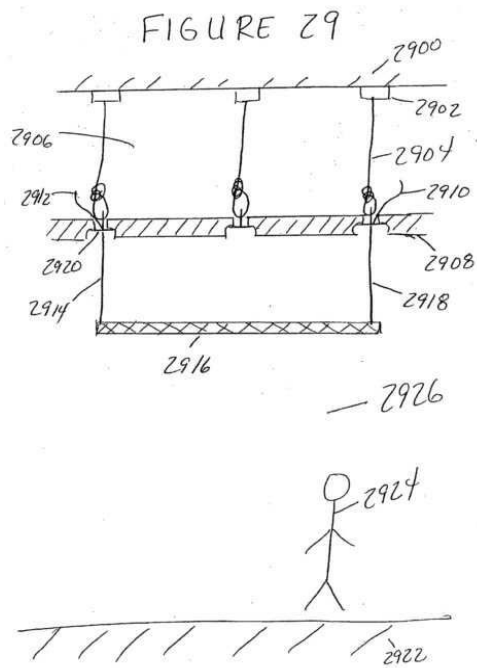


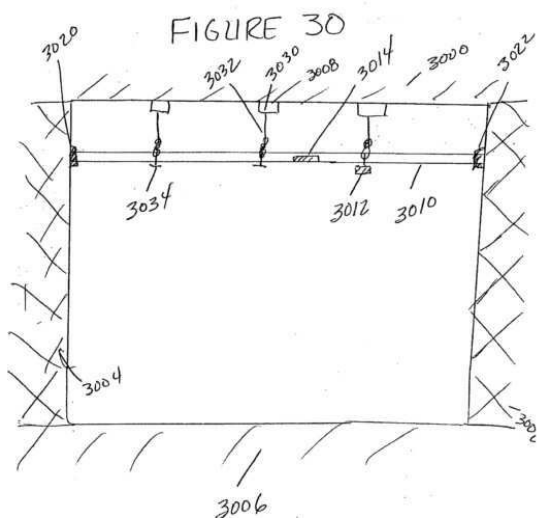
FIGURE 28







[0451]



[0452]

FIGURE 31

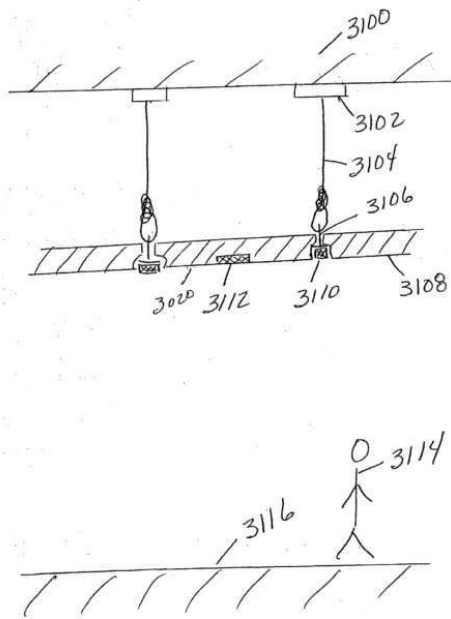


FIGURE 32

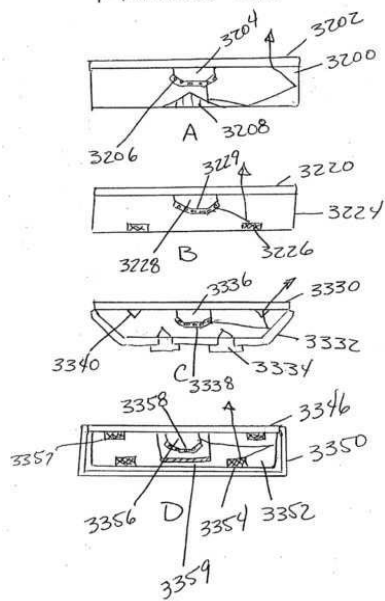


FIGURE 33

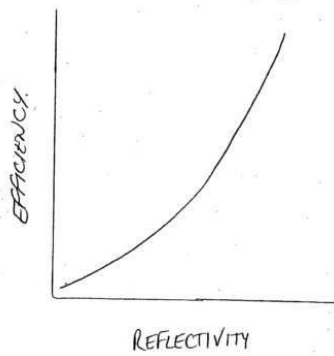


FIGURE 34

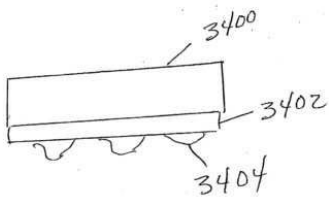


FIGURE 35

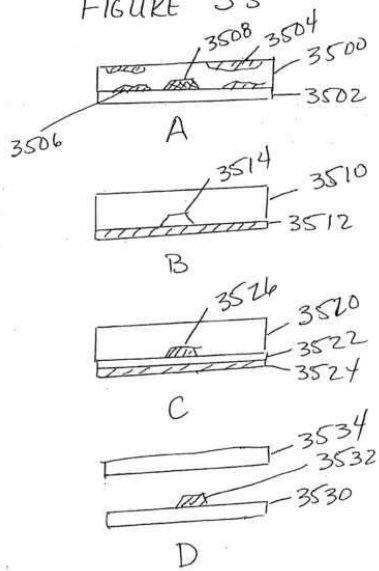
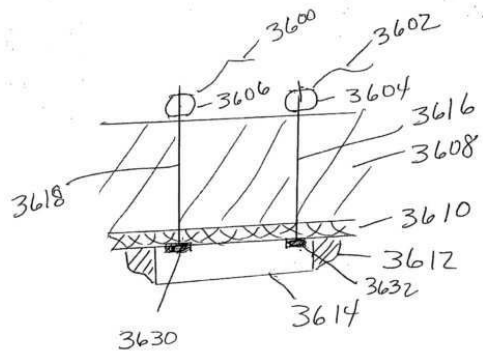
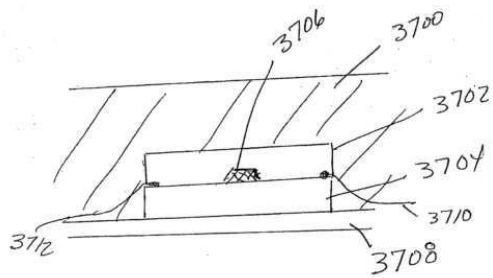


FIGURE 36



[0458]

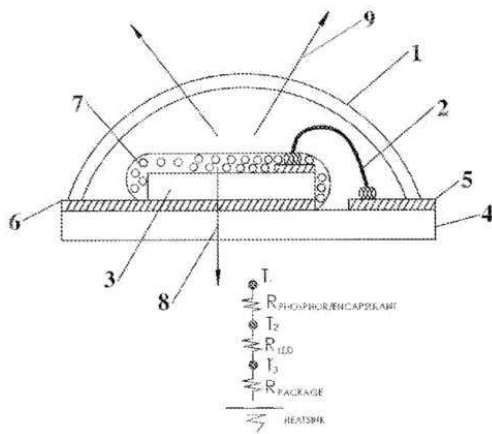
FIGURE 37



[0459]

도면

도면1a

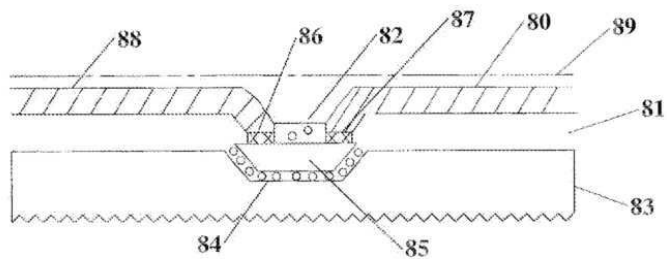




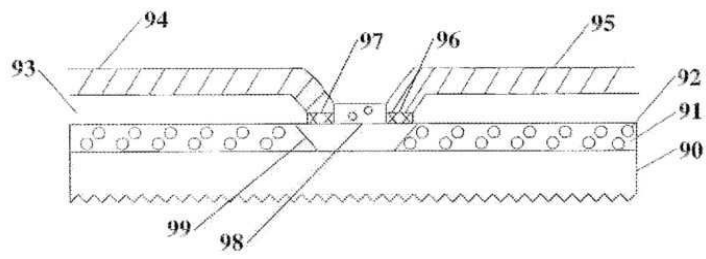




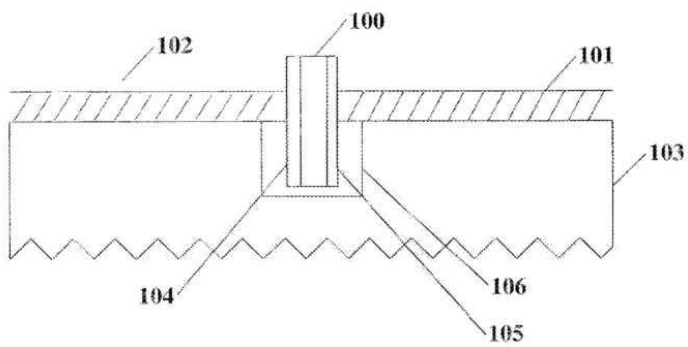
도면4a



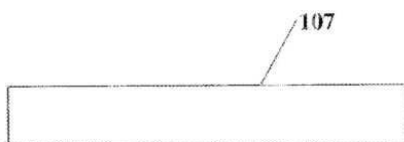
도면4b



도면4c



도면5a



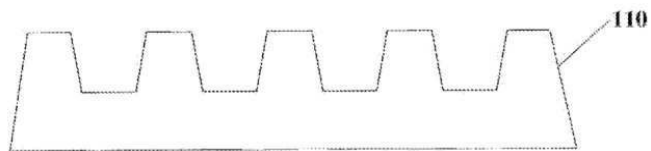
도면5b



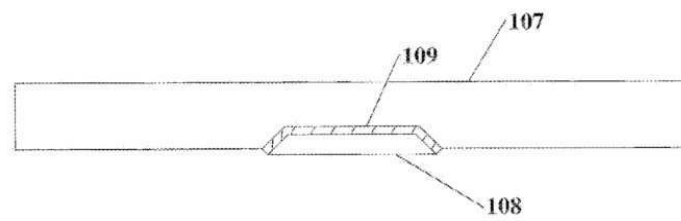
도면5c



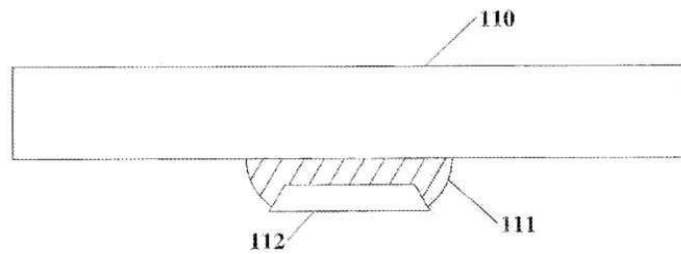
도면5d



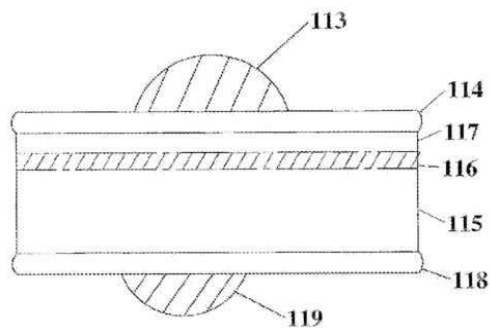
도면6a



도면6b

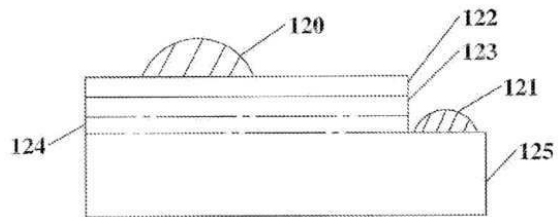


도면7a

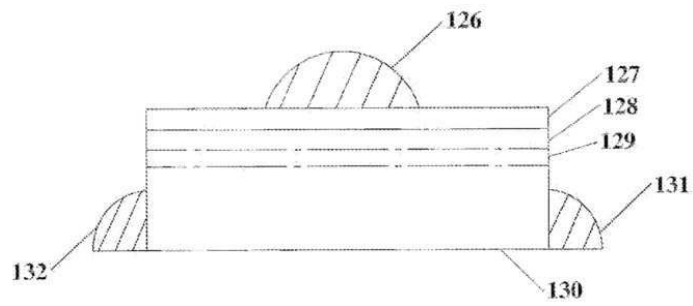




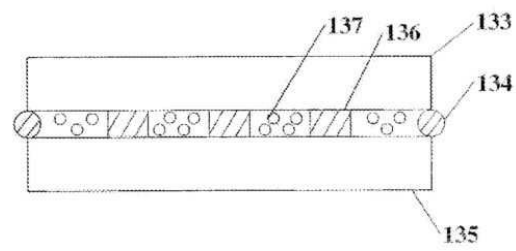
도면7b



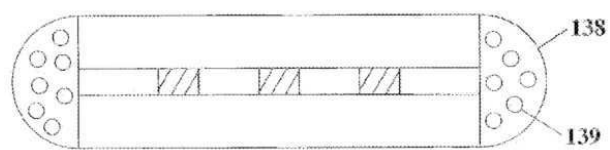
도면7c



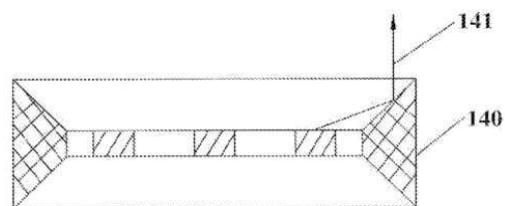
도면8a



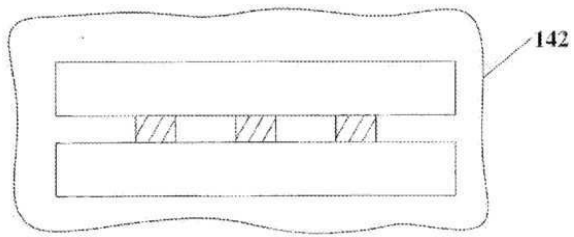
도면8b



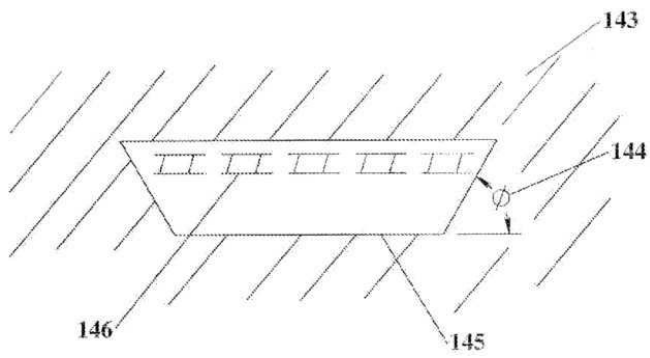
도면8c



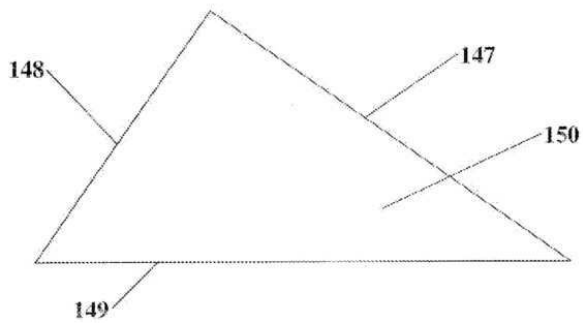
도면8d



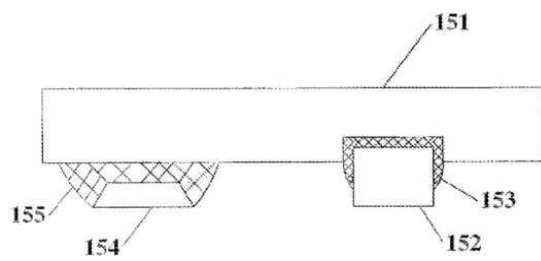
도면9a



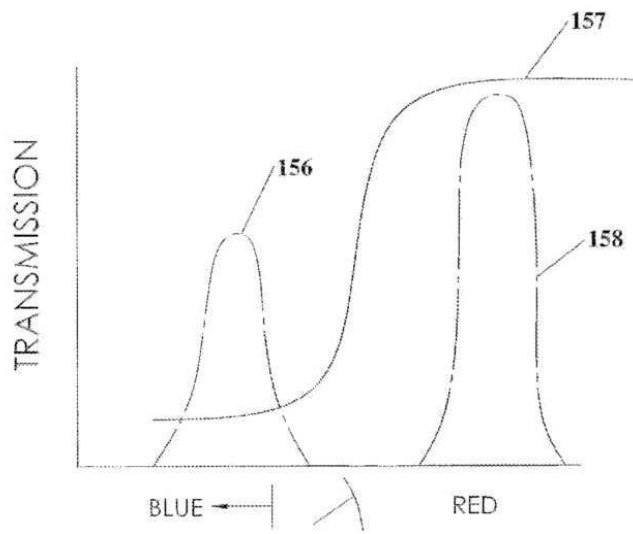
도면9b



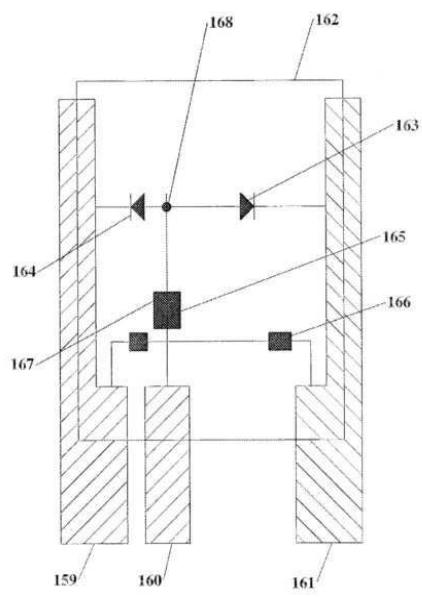
도면10a



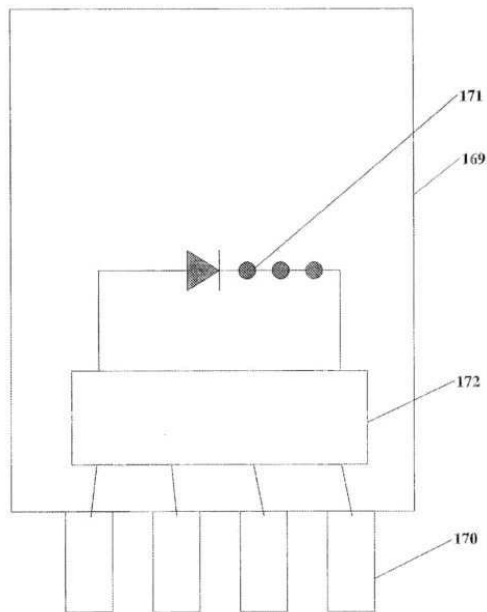
도면10b



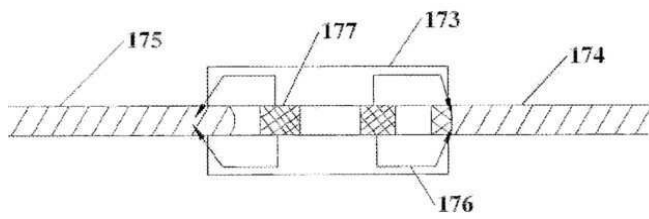
도면11



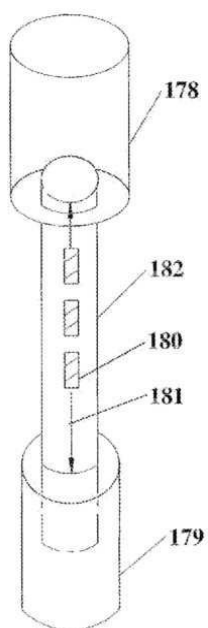
도면12



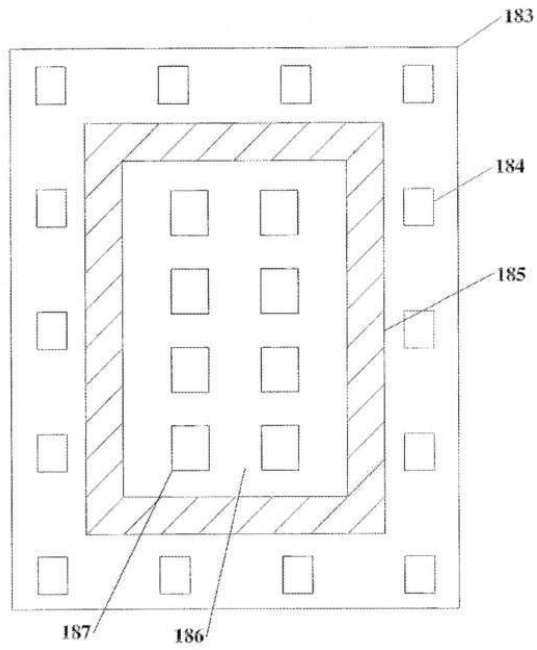
도면13a



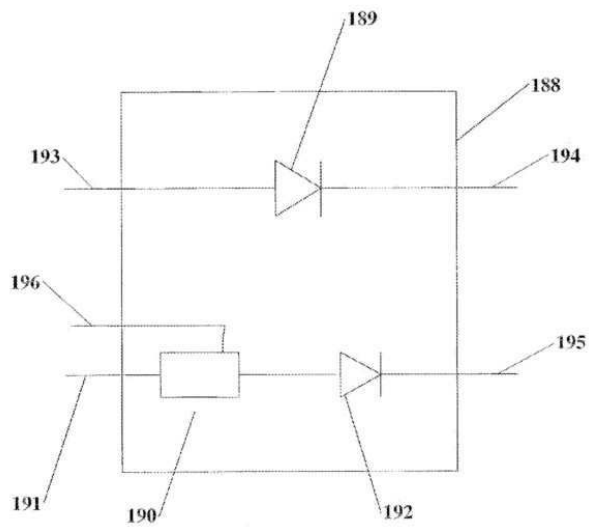
도면13b



도면14

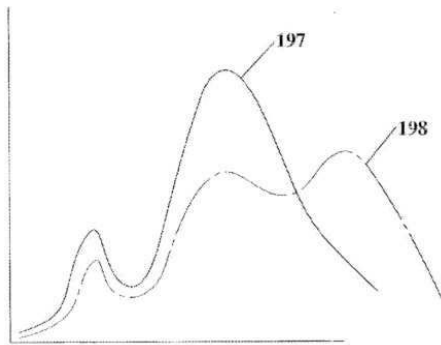


도면15

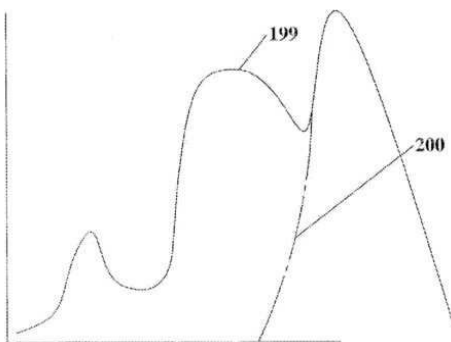




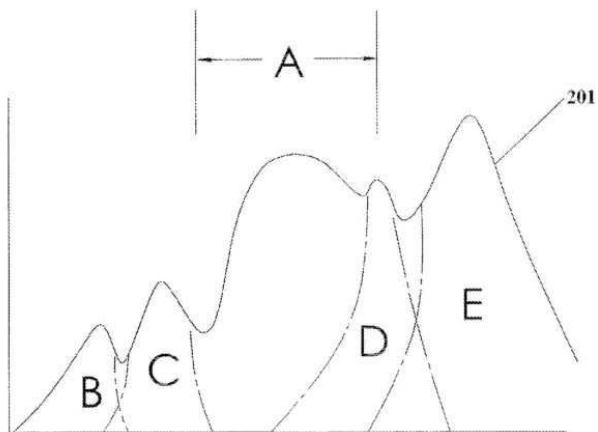
도면16a



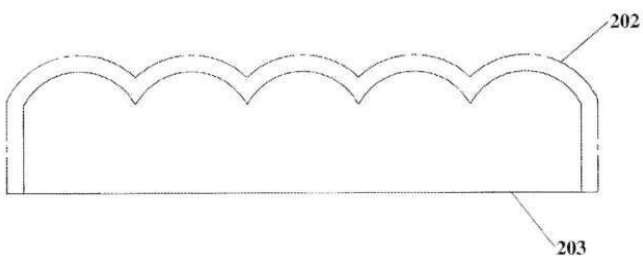
도면16b



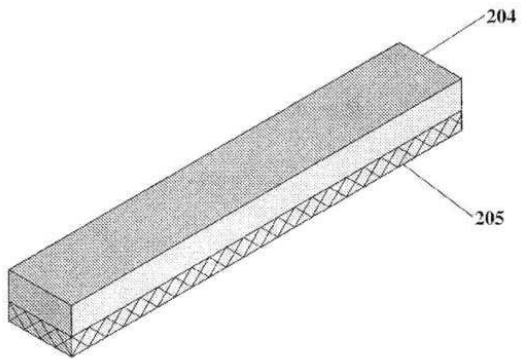
도면17



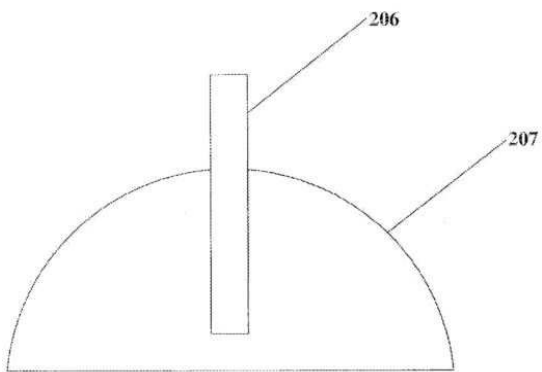
도면18a



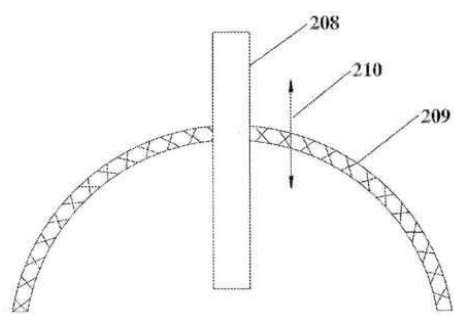
도면18b



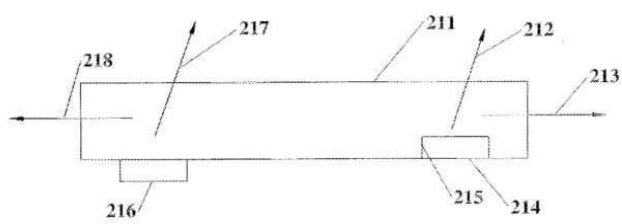
도면19a



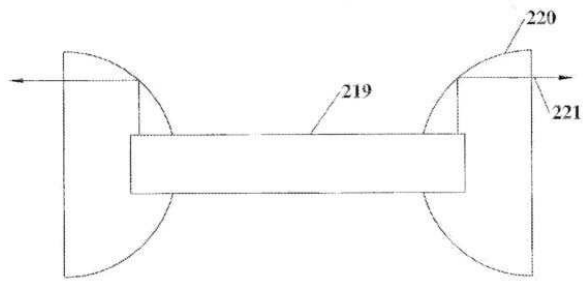
도면19b



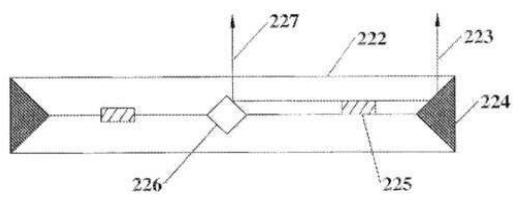
도면20a



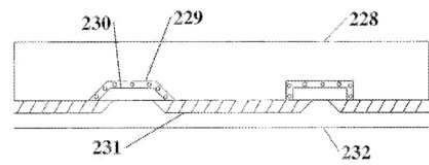
도면20b



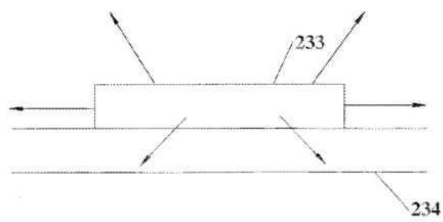
도면20c



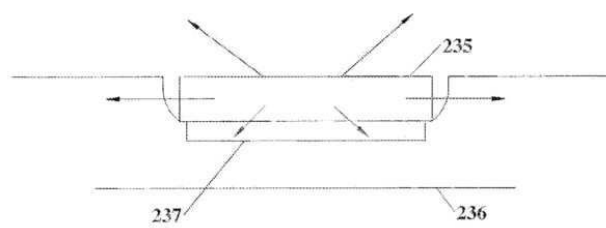
도면21a



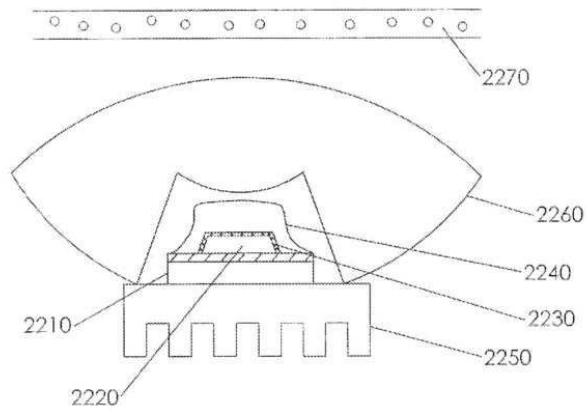
도면21b



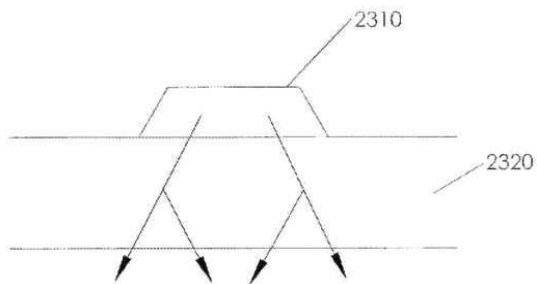
도면21c



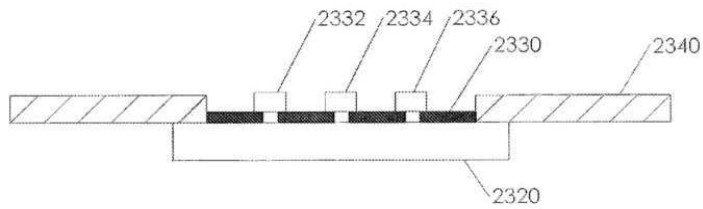
도면22



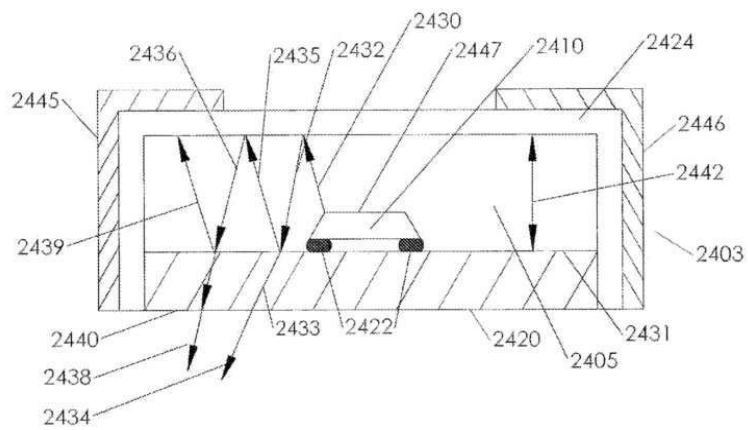
도면23a



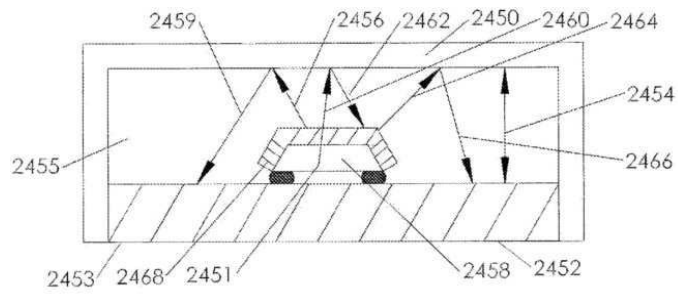
도면23b



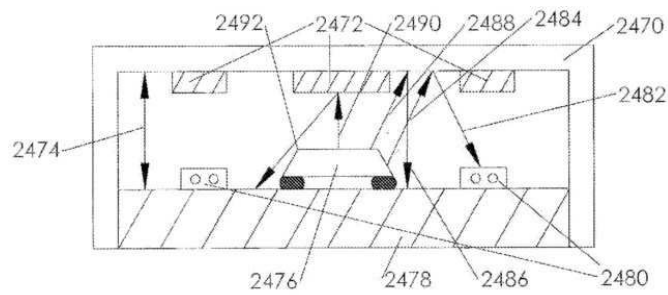
도면24a



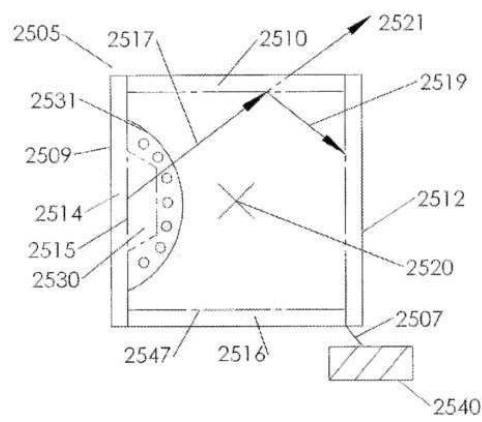
도면24b



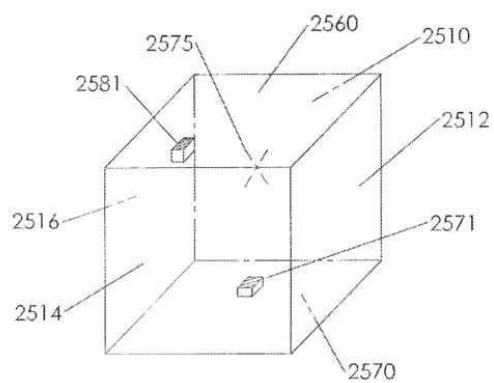
도면24c



도면25a

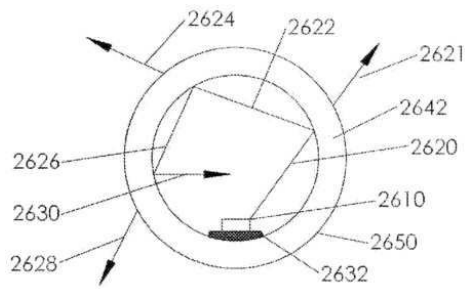


도면25b

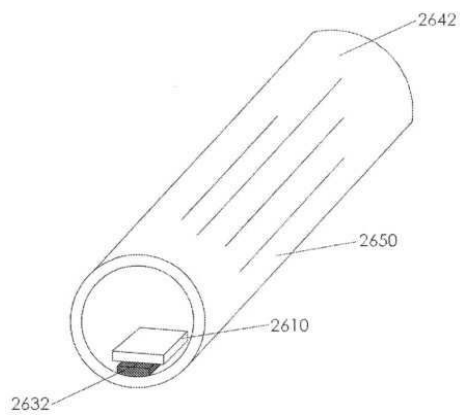




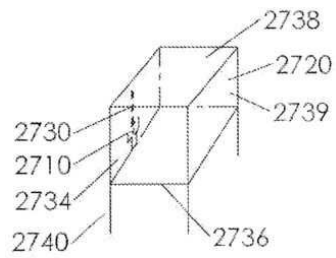
도면26a



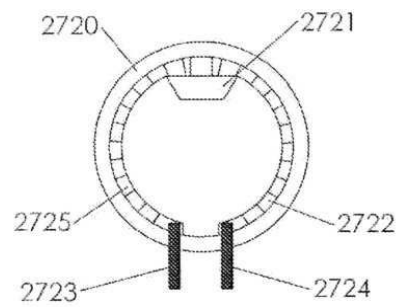
도면26b



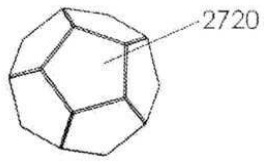
도면27a



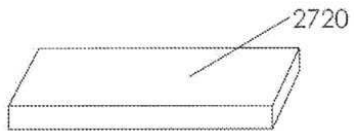
도면27b



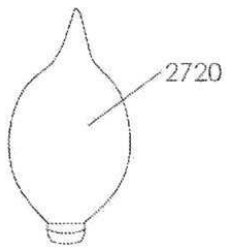
도면27c



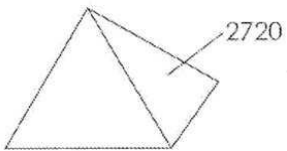
도면27d



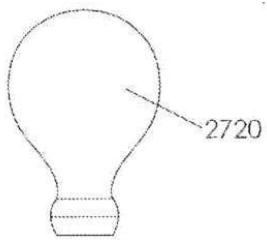
도면27e



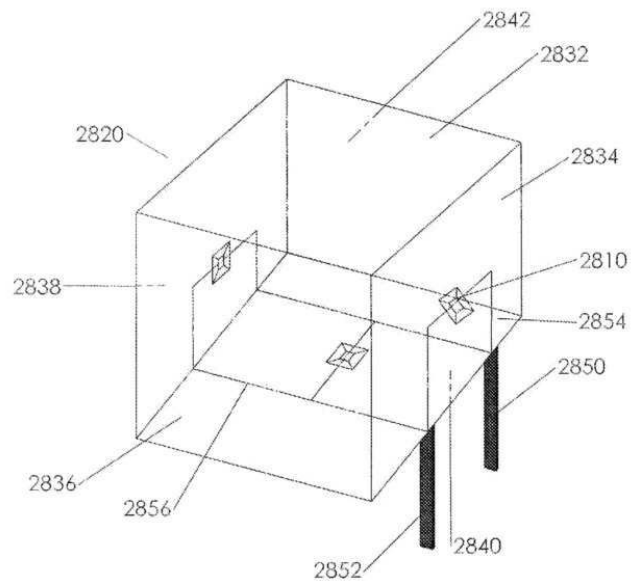
도면27f



도면27g



도면28



도면29

