



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년05월23일
 (11) 등록번호 10-1623422
 (24) 등록일자 2016년05월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/58 (2010.01) *H01L 33/50* (2010.01)
 (21) 출원번호 10-2009-7026738
 (22) 출원일자(국제) 2008년06월27일
 심사청구일자 2013년05월20일
 (85) 번역문제출일자 2009년12월22일
 (65) 공개번호 10-2010-0028047
 (43) 공개일자 2010년03월11일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2008/068616
 (87) 국제공개번호 WO 2009/003176
 국제공개일자 2008년12월31일
 (30) 우선권주장
 60/946,652 2007년06월27일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2007035951 A*
 JP2002008425 A*
 JP2005159035 A*
 JP2007103926 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 더 리전츠 오브 더 유니버시티 오브 캘리포니아
 미국 캘리포니아주 94607 오클랜드 프랭클린 스트리트 1111 12층
 (72) 발명자
 다이아나 프레데릭 에스
 미국 캘리포니아 95054 산타 클라라 필모어 스트리트 4456
 덴바스 스티븐 피.
 미국 캘리포니아 93117 골리타 엘더베리 드라이브 283
 나카무라 수지
 미국 캘리포니아 93160 산타 바바라 피.오.박스 61656
 (74) 대리인
 리엔특허법인

전체 청구항 수 : 총 14 항

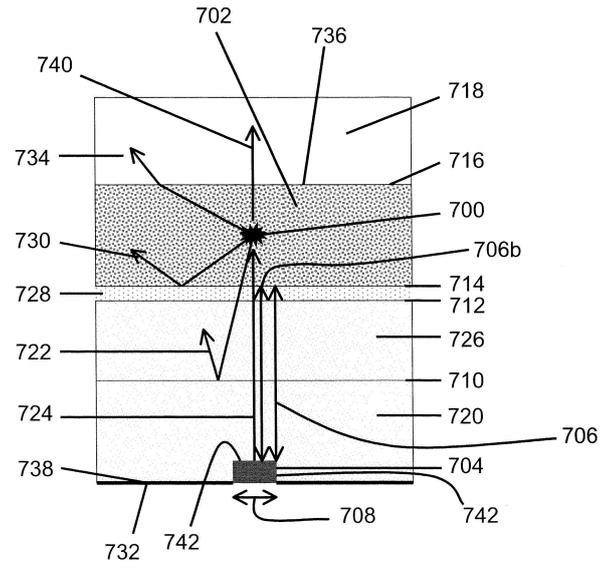
심사관 : 차건숙

(54) 발명의 명칭 **고 효율 백색 발광 다이오드들을 위한 광학 설계들**

(57) 요약

백색 발광 다이오드의 발광 효율을 증가시키는 방법을 개시한다. 방법은 발광 다이오드 다이와 인광체 사이 및 인광체와 외층 매질 사이에 광학 기능성광학 기능성을 삽입하는 단계를 포함한다. 인광체와 발광 다이오드 다이 사이의 인터페이스들의 적어도 하나는, 외층 매질로부터 멀어지도록 인광체로부터 발광된 광에 반사를 제공하고, 발광 다이오드 다이에 의하여 발광되는 광에 투과를 제공한다. 따라서, 백색 발광 다이오드는 발광 다이오드 다이를 둘러싸는 제1 물질, 인광체 층, 및 발광 다이오드의 직접 발광에 투명하고 인광체 발광에 반사적이고, 인광체 층과 발광 다이오드 다이를 둘러싸는 제1 물질 사이에 위치한 적어도 하나의 추가적인 층 또는 물질을 포함한다.

대표도 - 도7



명세서

청구범위

청구항 1

주 광(primary light)을 발광하는 발광 다이오드(light emitting diode, LED);

상기 발광 다이오드에 광학적으로 커플링되고, 상기 발광 다이오드에 의해 광학적으로 펌핑될 때에 상기 주 광의 파장과 다른 파장을 가지는 부 광을 발광하며, 인광체 층을 포함하는 부 발광 종(secondary emitting species); 및

상기 부 발광 종과 상기 발광 다이오드 사이에 위치한 복수의 광학 기능성 인터페이스들;

을 포함하고,

상기 광학 기능성 인터페이스들의 각각은 상기 주 광에 대하여 적어도 부분적으로 투명하고, 상기 광학 기능성 인터페이스들의 각각은 상기 부 광에 대하여 적어도 부분적으로 반사적이며,

상기 광학 기능성 인터페이스들 중 하나는 제1 물질의 표면을 포함하고, 상기 제1 물질은 상기 제1 물질의 굴절률이 상기 광학 기능성 인터페이스에서 상기 인광체 층 내로의(inside) 상기 부 광의 내부 전반사(total internal reflection)를 증가시키도록 위치하며;

돔 형상의 외측 표면을 갖는 제2 물질은 상기 발광 다이오드를 적어도 부분적으로 둘러싸고, 상기 제2 물질은 상기 제2 물질의 굴절률이 상기 발광 다이오드와 상기 제2 물질의 인터페이스에서 상기 발광 다이오드 내로의 상기 주 광의 내부 전반사를 감소시키도록 위치하고;

상기 제1 물질은 상기 인광체 층과 상기 제2 물질 사이에 위치하고, 이에 따라, 상기 제1 물질은 상기 제2 물질의 상기 돔 형상의 외측 표면을 덮고(cap), 상기 인광체 층은 상기 제1 물질을 덮으며; 그리고,

상기 광학 기능성 인터페이스들 중 하나는 상기 제2 물질의 적어도 일부와 상기 제1 물질 사이에 위치하는 제3 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드(white light emitting diode, WLED).

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 광학 기능성 인터페이스는, 상기 발광 다이오드의 측방향 연장부와 적어도 동일한 상기 발광 다이오드로부터 거리에 위치한 것을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제1 물질의 굴절률은 상기 인광체 층의 굴절률에 비하여 더 작은 것을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 발광 다이오드는 헤더 또는 컵 상의 발광 다이오드 다이를 포함하고,

상기 발광 다이오드 다이는 상기 제2 물질 및 상기 헤더 또는 상기 컵에 의하여 엔캡슐레이팅되는 것을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 제1 물질은 상기 주 광의 파장에 비하여 더 큰 두께를 가지는 공기 간극(air gap)인 것을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 제2 물질은 레진, 에폭시, 실리콘 또는 유리인 것을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 발광 다이오드 헤더는 실장 고정부 상에 위치하고,

상기 인광체 층은 반사 물질에 의해 상기 실장 고정부에 부착되는 것을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

청구항 11

삭제

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 발광 다이오드는 헤더 또는 컵 상에 발광 다이오드 다이를 포함하고,

상기 발광 다이오드 다이는 상기 제2 물질 및 상기 헤더 또는 상기 컵에 의하여 엔캡슐레이팅되고,

상기 제3 물질은 돔 형상의 외측 표면을 포함하고,

상기 제1 물질은 상기 돔 형상의 외측 표면을 덮고,

상기 인광체 층은 상기 제1 물질을 덮고,

상기 발광 다이오드의 시계(視界, field of view)가 상기 제3 물질의 상기 돔 형상의 외측 표면 전체를 포함하고, 상기 발광 다이오드 컵은 상기 인광체를 향하여 상기 주 광을 반사하도록, 상기 발광 다이오드는 상기 발광 다이오드 컵 내에 위치하는 것을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

청구항 13

삭제

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 광학 기능성 인터페이스는, 상기 발광 다이오드로부터 멀어지도록 상기 부 발광 층에 의하여 발광된 부 광을 반사하는 것을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 발광 다이오드는 헤더 또는 컵 상의 발광 다이오드 다이를 포함하고,

상기 인광체 층으로부터의 발광은 황색광 발광이고,

상기 발광 다이오드 다이는 청색광을 발광하는 III족-질화물계 발광 다이오드 다이인 것을 특징으로 하는 백색

발광 다이오드.

청구항 16

제 1 항에 있어서,

상기 백색 발광 다이오드는, 100 lm/W의 전체 발광 효율 및 100 lm/W 보다 큰 패키징 효율을 가지는 백색광을 발광하는 것을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

청구항 17

제 1 항에 있어서,

상기 백색 발광 다이오드는, 적어도 60의 색상 렌더링 지수를 가지는 백색광을 발광하는 것을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드.

청구항 18

주 광을 발광하는 발광 다이오드를 제공하는 단계;

상기 발광 다이오드에 광학적으로 커플링되고, 상기 발광 다이오드에 의해 광학적으로 펌핑될 때에 상기 주 광의 파장과 다른 파장을 가지는 부 광을 발광하며, 인광체 층을 포함하는 부 발광 층을 제공하는 단계; 및

상기 부 발광 층과 상기 발광 다이오드 사이에 위치한 복수의 광학 기능성 인터페이스들을 제공하는 단계;

를 포함하고,

상기 광학 기능성 인터페이스들의 각각은 상기 주 광에 대하여 적어도 부분적으로 투명하고,

상기 광학 기능성 인터페이스들의 각각은 상기 부 광에 대하여 적어도 부분적으로 반사적이며,

상기 광학 기능성 인터페이스들 중 하나는 제1 물질의 표면을 포함하고, 상기 제1 물질은 상기 제1 물질의 굴절률이 상기 광학 기능성 인터페이스에서 상기 인광체 층 내로의 상기 부 광의 내부 전반사를 증가시키도록 위치하며;

돔 형상의 외측 표면을 갖는 제2 물질은 상기 발광 다이오드를 적어도 부분적으로 둘러싸고, 상기 제2 물질은 상기 제2 물질의 굴절률이 상기 발광 다이오드와 상기 제2 물질의 인터페이스에서 상기 발광 다이오드 내로의 상기 주 광의 내부 전반사를 감소시키도록 위치하고;

상기 제1 물질은 상기 인광체 층과 상기 제2 물질 사이에 위치하고, 이에 따라, 상기 제1 물질은 상기 제2 물질의 상기 돔 형상의 외측 표면을 덮고, 상기 인광체 층은 상기 제1 물질을 덮으며; 그리고,

상기 광학 기능성 인터페이스들 중 하나는 상기 제2 물질의 적어도 일부와 상기 제1 물질 사이에 위치하는 제3 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 백색 발광 다이오드 제조 방법.

청구항 19

발광 다이오드로부터 주 광을 발광하는 단계;

상기 발광 다이오드에 광학적으로 커플링되고, 인광체 층을 포함하는 부 발광 층으로부터, 상기 발광 다이오드에 의해 광학적으로 펌핑될 때에 상기 주 광의 파장과 다른 파장을 가지는 부 광을 발광하는 단계; 및

상기 부 발광 층과 상기 발광 다이오드 사이에 위치한 복수의 광학 기능성 인터페이스들을 통하여 상기 주 광을 전달하고, 상기 부 광을 반사하는 단계;

를 포함하고,

상기 광학 기능성 인터페이스들의 각각은 상기 주 광에 대하여 적어도 부분적으로 투명하고,

상기 광학 기능성 인터페이스들의 각각은 상기 부 광에 대하여 적어도 부분적으로 반사적이며,

상기 광학 기능성 인터페이스들 중 하나는 제1 물질의 표면을 포함하고, 상기 제1 물질은 상기 제1 물질의 굴절률이 상기 광학 기능성 인터페이스에서 상기 인광체 층 내로의 상기 부 광의 내부 전반사를 증가시키도록 위치하며;

돔 형상의 외측 표면을 갖는 제2 물질은 상기 발광 다이오드를 적어도 부분적으로 둘러싸고, 상기 제2 물질은 상기 제2 물질의 굴절률이 상기 발광 다이오드와 상기 제2 물질의 인터페이스에서 상기 발광 다이오드 내로의 상기 주 광의 내부 전반사를 감소시키도록 위치하고;

상기 제1 물질은 상기 인광체 층과 상기 제2 물질 사이에 위치하고, 이에 따라, 상기 제1 물질은 상기 제2 물질의 상기 돔 형상의 외측 표면을 덮고, 상기 인광체 층은 상기 제1 물질을 덮으며; 그리고,

상기 광학 기능성 인터페이스들 중 하나는 상기 제2 물질의 적어도 일부와 상기 제1 물질 사이에 위치하는 제3 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 백색 광 발광 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 반도체 발광 다이오드들에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 발광 어플리케이션들에 사용되는 백색 발광 다이오드들의 발광 효율을 개선하기 위하여 최적화된 광학 설계를 제공하는 것이다.

[0002] (관련 출원 참조)

[0003] 본 출원은 미국 특허법 119(e)에 의하여 동시 진행되고 공동 양수된 프레드릭 다이아나(Frederic S. Diana), 스티븐 덴바스(Steven P. DenBaars), 및 수지 나카무라(Shuji Nakamura)에 의하여 2007년 6월 27일 출원된 미국 임시특허출원번호 제60/946,652호, "고효율 백색 발광 다이오드들을 위한 광학 설계들(OPTICAL DESIGNS FOR HIGH-EFFICACY WHITE-LIGHT EMITTING DIODES)" 대리인 문서 번호 30794.232-US-P1 (2007-503)의 이익을 주장하고, 상기 출원은 본 명세서에서 참조로서 결합된다.

배경 기술

[0004] 현재에는, 첨단 수준의 다양한 백색 발광 다이오드 패키징 구성들이 존재한다. 용어 '패키징'은 넓은 기술적 범위를 포괄한다. 발광 다이오드들에 대하여, 웨이퍼 공정 단계들에 후속하는 모든 제조 단계들을 지칭한다. 즉, 발광 다이오드 칩들을 다이싱(dicing)하고, 전기적 접합과 히트-싱크를 위하여 이들을 헤더들 또는 지지부들 상에 전달하고, 부 발광 층을 통합하고, 및 광추출을 강화하고, 소자 보호 및 패시베이션을 위하여 투명한 물질들로 엔캡슐레이션한다(상기 단계들의 순서는 다른 순서로 수행될 수 있음).

[0005] 이어서, 용어 '발광 다이오드 다이'는, 전자 발광형(electroluminescent) 주 발광 층(예를 들어 양자 우물들 또는 다른 유형의 반도체 이종 구조들)을 포함하는 반도체 칩을 지칭하기 위하여 사용된다. 용어 '인광체들'은, 대부분의 손상없이, 광학적으로 펌핑된 부 발광 층을 지칭한다.

[0006] 백색 발광 다이오드들을 패키징하는 많은 방법들은, 인광체들의 통합을 위한 두 개의 주요 구성들, 즉 인광체들-온-칩 및 원격-인광체들 구성들이 대부분이다.

[0007] 도 1에 도시된 바와 같이, 인광체들-온-칩 구성(100)에 있어서, 인광체들(102)은 반도체 발광 다이오드 다이(104)의 직접적으로 인접하여 위치하고, 다른 농도들 및 형상적 치수들을 가지고, 칩(104)을 코팅하는 분말들로서 또는 칩(104)을 둘러싸는 레진들과의 혼합물로서 위치한다. 발광 다이오드 다이(104)는 반사 헤더 또는 발광 다이오드 컵(106) 상에 일반적으로 고정되고, 이에 따라 전기적 접합 및 히트 싱크를 제공하고, 또한 투명한 에폭시(108) (레진, 실리콘, 등) 내에 임베디드된다.

[0008] 투명한 에폭시(108)의 사용은 소자(104)의 광추출 효율을 증가시킬 수 있고, 이는 상기 투명한 에폭시들은 근-자외선, 가시광선, 및 적외선 파장 범위들에서 공기계 비하요 고굴절률(n)을 가지기 때문이다. 높은 지수의 반도체 칩(104) (대부분의 반도체들은 $n > 2$ 임) 내에서 발광되는 광은, 칩(104) 내부로 입사하는 광의 각도가 광 탈출 원뿔(light escape cone) 내에 있는 경우, 즉 전체 내부 반사 (Total internal reflection, TIR)에 대한 임계 각도(θ_c) 이하인 경우에만, 탈출할 수 있다. 임계 각도(θ_c)는 발광 다이오드 다이(104)를 둘러싸는 매질의 굴절률(n_{out}) 및 발광 다이오드 다이(104)의 굴절률(n_{in})에 의존한다. 즉, $\theta_c = \arcsin(n_{out}/n_{in})$ 이다. GaN 발광 다이오드 다이(104) ($n_{in} = 2.5$)에 대한 외측의 매질은 공기 ($n_{out} = 1$)로부터 공통 투명한 에폭시(108) ($n_{out} = 1.45$)까지 변화함에 따라, 임계 각도(θ_c)의 수치는 24도로부터 35도로 증가된다

[0009] 광 추출이 증가되기 위하여, 하기와 같은 필요성이 요구된다. (1) 발광 다이오드 칩(104) 및 에폭시(108)는 밀접하게 접촉함(얇은 공기 층 또는 진공에 의하여 에폭시(108)가 발광 다이오드 칩(104)로부터 분리되는 경우에

도, 광 추출의 잠재적인 증가는 사라짐) (2) 에폭시(108)와 외부 매질(일반적으로 공기) 사이의 인터페이스(110)가 만족되거나 형성되면, 이에 따라 발광 다이오드 다이(104) 및 인광체들(102)로부터 추출된 상기 광선들의 최대 부분은 전체 내부 반사에 대한 임계 각도에 비하여 매우 작은 입사 각도들로 인터페이스(110) 상에 작용된다. 즉, 굴절률이 ~ 1.45인 에폭시(108)에 대하여 임계 각도(θ_c)는 ~ 43도이다.

[0010] 따라서, 전체 발광 다이오드 다이 + 칩 + 레진 + 인광체들 어셈블리는, 투명한 에폭시 또는 광학적 유리로 형성될 수 있는, 반구형 또는 돔 형상의 물질(112) (광학체) 내에 위치한다. 이러한 형상과 함께, 대부분의 광선들은 거의 0도로 입사되고(임계 각도(θ_c)는 ~ 43도), 반사 각도는 최소화된다.

[0011] 그러나, 인광체-온-칩 구성(100)에 있어서, 인광체들(102)로부터 하측으로 발광된 광선들(즉, 발광 다이오드 다이(104) 또한 헤더 또는 발광 다이오드 칩(106)을 향하여 발광함)은 발광 다이오드 금속 콘택 및 발광 다이오드 칩(104) 내에 포함된 상기 주 발광 종을 전기적으로 주입하기 위하여 필요한 도핑된 반도체 층들에 의하여 부분적으로 흡수된다. 실제로, 이러한 광선들이 탈출하기 위하여, 상기 광선들은 발광 다이오드 다이(104)를 가로질러 하측으로 전달되어야 하며, 충분한 반사층(발광 다이오드 다이(104)의 하측 표면 상에 포함되거나 또는 발광 다이오드 칩(106) 상에 포함됨)에 의하여 상측으로 반사되어야 하며, 발광 다이오드 다이(104)를 다시 가로질러 전달되어야 하고, 또한 흡수되지 않고 인광체층(102)을 통과하여야 한다. 또한, 인광체들(102)에 의하여 상측으로 발광된 광선들은, 인광체들(102)을 광학적으로 펌핑하기 위하여 사용된 발광 다이오드 다이(104)로부터 추출된 상기 주광과 같이, 큰 인광 입자들의 존재(일반적으로 직경이 5 μm 보다 큼)로 인하여 다양한 반사, 굴절, 및 산란 과정을 거치게 되며, 상기 인광 입자들은 상기 인광 입자들이 임베디드되는 매트릭스의 굴절률($n \sim 1.45$)과는 통상적으로 다른 굴절률 (희토류 물질이 도핑된 YAG 인광체들의 경우에는 $n \sim 1.75$)을 가진다. 이러한 산란 과정들은 광의 흡수 확률을 증가시킨다. 최종적으로, 상기 구성(100)에 있어서, 인광체들(102)은 동작시에 발광 다이오드 접합(114)의 고온과 직접적으로 접촉하며, 상기 고온은 150°C 이상의 온도들에 도달할 수 있다. 이러한 상승한 온도들에서, 인광체들(102)의 열화율은 증가되고, 그들의 내부 양자 효율은 통상적으로 감소한다.

[0012] 이와 같은 부정적인 효과들은 원격-인광체들 구성(200)을 이용하여 부분적으로 제거할 수 있다. 이러한 구성(200)에 있어서, 인광체들(202)은 발광 다이오드 다이(204)로부터 분리되고, 즉, 도 2에 도시된 바와 같이, 인광체들(202)은 발광 다이오드 다이(204)의 상측 표면(204s)으로부터 적어도 200 μm 이격되어 위치한다. 이러한 구성(200)은, 금속들 및 도핑된 반도체 층들에 의한 산란과 흡수에 의하여 야기되는 광흡수의 확률을 감소시킴으로써, 백색 발광 다이오드들의 전체적인 발광 효율을 증가시킨다. 또한, 이러한 구성(200)은 인광체들(202)을 동작 중의 발광 다이오드 다이(204)에 인접한 상승된 온도 영역으로부터 이격시켜 위치시킨다. 레진(206), 발광 다이오드 칩(208), 및 광학체(210)가 도 2에 또한 도시되어 있다.

[0013] 원격 인광체들 구성에의 다른 가능한 인광체들의 적용이 있다. 도 3은 원격 인광체들 구성(300)의 예를 도시하고, 인광체들(302)은 돔 형상의 광추출 광학체(304)를 코팅한다. 발광 다이오드 다이(306), 레진(308), 및 발광 다이오드 칩(310)이 도 3에 또한 도시되어 있다.

[0014] 상술한 구성들, 및 그들의 다른 가능한 형상들이 돔 형상의 광추출 광학체(112, 210, 또는 304)의 조합에서 사용되는 것으로 한정되는 것은 아니다. 유사한 광추출 성능을 구현하기 위하여, 역-절단 원뿔(inverted-truncated cone)들이 또한 사용될 수 있다. 도 4에 있어서, 인광체(400)은 역 절단 원뿔 형상의 광학체(402) 상측에 위치하고, 레진 또는 광학적 유리로 형성될 수 있다. 반면, 도 5에 있어서, 도 4의 전체 어셈블리(404)(인광체(400), 광학체(402), 발광 다이오드 다이(406) 및 발광 다이오드 칩(408)을 포함함)가 다른 돔 형상의 광학체(410)로 덮일 수 있다. 이러한 절단 원뿔(402)의 사용은 반구형 광학체들의 사용을 대체할 수 있고, 이는 발광 다이오드 다이(406)로부터 추출된 광선들이 임계 각도(θ_c)보다 큰 각도로서 원뿔(402)의 측면들(412a, 412b)에 작용할 수 있고, 이에 따라 상기 광선들이 전체적으로 내부에서 반사되고, 광학체(402)의 상측 표면(414)을 통하여 상측으로 탈출할 수 있기 때문이다.

[0015] 상기 원격-인광체들 구성의 상술한 형상들이 광흡수를 감소시킨다고 하여도, 본 기술분야에서 다른 패키징 형상들의 사용에 의하여 광추출을 개선시킬 것을 요구한다.

[0016] 실제로, 도 2 및 도 5에 각각 도시된 바와 같이, 인광체들(202, 400)이 발광 다이오드 칩(208) 내에 위치하거나, 또는 레진으로 구성된 역 원뿔(402)에 인접하여 위치하는 경우에, 인광체들(202, 400)이 1.45의 굴절률을 가지는 물질(206, 402, 210, 410) 내에 임베디드되거나 및/또는 둘러싸인다. 이러한 구성의 대칭성은 인광체들 층(202, 400) 내부로부터 발광되는 광이 상측 방향과 하측 방향으로 거의 동일한 양으로 전달된다.

따라서, 인광체들(202, 400)에 의하여 발광된 광의 약 50%는, 외부로 탈출할 가능성을 가지기 전에 발광 다이오드 캡(208)의 하측(208b)에서 반사되어야 한다. 그러므로, 이러한 광의 부분은 동작 중에 흡수된다. 실제로, 인광체들(202, 400)에 의하여 하측 방향으로 발광된 광의 양은 상측 방향으로 발광된 광에 비하여 약간 크다. 실제로, 상기 주 광선들(즉, 발광 다이오드 다이(406, 204)에 의하여 발광된 광선들)은 인광체 층(202, 400)의 하측부(416)로부터(즉, 발광 다이오드 다이(204, 406)에 가장 인접한 상기 인광체의 부분임) 입사되고, 이에 따라 인광체 층(202, 400)의 하측부(416)에 인접하여 위치한 인광체들로부터 발광된 광이 인광체 층(202, 400)의 상측부(418)에 인접하여 위치한 인광체들로부터 발광된 광에 비하여 더 많다. 결과적으로, 상측으로 전달되는 부 광(즉, 인광체(202, 400)에 의하여 발광되는 광임)의 산란은 하측으로 전달되는 부 광에 비하여 크다.

[0017] 다른 원격-인광체들의 외형(도 3 및 도 4에 도시됨)에 있어서, 상황은 매우 유사하고, 다른 어플리케이션이 인광체들 층과 공기를 분리하는 매끄러운(smooth) 인터페이스가 인광체들에 인접하여 위치한다는 사실로부터 구현될 수 있다. 도 6에 도시된 바와 같이, 매끄러운 인터페이스(600)는, 외부 매질(612) (일반적으로 공기) 내로 추출되기 위하여, 광선들(602)(광원(보다 더4), 예를 들어 인광체 입자로부터 발광됨)이 탈출 원뿔(608) 내에서 임계 각도(θ_c , 606)에 비하여 작은 각도들로 입사되는 것을 단지 허용한다. 광선들(614, 616)의 다른 부분들은 전체적으로 내부로 반사되거나(전체적으로 내부로 반사되는 부 광선(614)임), 또는 투명한 인터페이스들, 예를 들어 인터페이스(618)를 통하여, 내부 매질/광학체(620) 및 발광 다이오드 다이(622)를 다시 향하여 하측 방향으로 전달되며(전달된 부 광선(616)임), 이는 불필요한 방향으로 광흡수의 확률이 무시할 수 없는 영역을 향하여 전달된다. 또한, 도 6은 발광 다이오드 다이(622)에 의하여 발광된 주 광선(624)의 전달 및 광선(624)이 광원(604), 예를 들어 인광체 층(626) 내의 인광체 입자와 상호 작용하는 인광체 층(626) 내로의 전달에 대한 가능한 궤적을 도시한다. 따라서, 본 기술분야에서, 예를 들어, 인광체 층들로부터 광추출을 증가시키기 위한 개선된 패키지 구성들에 대한 요구가 있다. 본 발명은 이러한 요구를 충족한다.

발명의 상세한 설명

[0018] 상술한 종래 기술의 한계를 극복하고 본 명세서를 읽고 이해함에 따라 명백해질 수 있는 다른 한계들을 극복하기 위하여, 본 발명은 다양한 발광 중 및 최적화된 패키지 구성들을 사용하여 고효율 백색 발광 다이오드(WLED) 램프들의 설계 원리들 및 예들을 개시한다. 백색 발광 다이오드 램프는, 발광 다이오드 반도체 칩, 상기 칩을 지지하고 전기적 주입과 히트 싱크를 제공할 수 있는 헤더, 및 다른 파장들을 가지는 광을 제공하는 부 발광 중을 포함할 수 있는 엔캡슐레이팅 물질들로 구성된다. 상기 발광 다이오드 칩은, 기판, 상기 기판 상에 성장한 버퍼층(이러한 층이 필요한 경우), 및 주 발광 중을 포함하는 전기적으로 주입된 활성 영역으로 통상적으로 구성된다. 다른 광학적인 활성 물질들은 발광 중의 광과 다른 파장들의 재발광 광에 의하여 광학적으로 펌핑되는 부 발광 중을 포함한다. 상기 부 발광 중은 투명한 수동 기재 내에 임베디드된 광 강하 변환(light-down-converting) 미립 인광체들을 통상적으로 포함한다. 본 발명은 100 lm/W 보다 큰 전체 광 효율을 가지는 백색 발광 다이오드 램프들을 제공하는 광학적 요소들 및 설계들의 통합과 관련된다.

[0019] 본 발명은 백색 발광 다이오드를 더 개시하고, 상기 백색 발광 다이오드는, 주 광을 발광하는 발광 다이오드; 상기 발광 다이오드에 광학적으로 커플링되고, 상기 주 광의 파장과는 다른 하나 또는 그 이상의 파장들을 포함하는 부 광을 발광하는 부 발광 중; 및 상기 부 발광 중과 상기 발광 다이오드 사이에 위치하는 적어도 하나의 광학 기능성 인터페이스;를 포함한다. 상기 광학 기능성 인터페이스는, 상기 발광 다이오드로부터 입사하는 상기 주 광에 대하여 적어도 부분적으로 투명하고, 상기 부 발광 중으로부터 입사하는 상기 부 광에 대하여 적어도 부분적으로 반사적이다.

[0020] 상기 백색 발광 다이오드는 하나 이상의 광학 기능성 인터페이스, 예를 들어, 두 개의(또는 그 이상의) 광학 기능성 인터페이스들을 더 포함할 수 있다. 상기 광학 기능성 인터페이스는, 상기 발광 다이오드의 측방향 연장부와 적어도 동일한 상기 발광 다이오드로부터 거리에 위치할 수 있다. 상기 광학 기능성 인터페이스는 제1 물질을 포함할 수 있다. 상기 광학 기능성 인터페이스는 상기 제1 물질의 표면을 포함할 수 있고, 상기 제1 물질의 굴절율이 상기 광학 기능성 인터페이스에서 상기 부 발광 중 내에서 상기 부 광의 전체 내부 반사를 증가시키도록, 상기 제1 물질이 위치할 수 있다.

[0021] 상기 부 발광 중은 상기 주 광에 의하여 광학적으로 펌핑될 때에, 상기 부 광을 발광하는 인광체 층일 수 있고, 상기 제2 물질은 상기 발광 다이오드를 적어도 부분적으로 둘러싸고, 상기 제2 물질의 굴절률이 상기 발광 다이오드와 상기 제2 물질 사이의 인터페이스에서 상기 발광 다이오드 내의 상기 주 광의 전체 내부 반사를 감소시키도록, 상기 제2 물질이 위치할 수 있다. 또한, 상기 제1 물질은 상기 부 발광 중과 상기 제2 물질 사이에 위

치할 수 있다.

- [0022] 상기 제1 물질의 굴절률은 상기 인광체 층의 굴절률에 비하여 작을 수 있다. 상기 광학 기능성 인터페이스들의 하나는 제3 물질을 포함할 수 있고, 상기 제3 물질은 상기 제2 물질의 적어도 일부와 상기 제1 물질 사이에 위치한다.
- [0023] 상기 백색 발광 다이오드는 헤더 또는 발광 다이오드는 컵 상에 발광 다이오드 다이를 포함할 수 있고, 상기 제2 물질은 돔 형상의 외측 표면을 포함할 수 있다. 상기 발광 다이오드 다이는 상기 제2 물질 및 상기 헤더 또는 발광 다이오드 컵에 의하여 엔캡슐레이팅(encapsulating)된다. 상기 제1 물질은 상기 외측 표면을 덮을 수 있다. 상기 인광체 층은 상기 제1 물질을 덮을 수 있다. 또는, 상기 백색 발광 다이오드는 헤더 또는 컵 상의 발광 다이오드 다이를 포함할 수 있다. 상기 발광 다이오드 다이는, 상기 제2 물질 및 상기 헤더 또는 상기 발광 다이오드 컵에 의하여 엔캡슐레이팅될 수 있다. 상기 제3 물질은 돔 형상의 외측 표면을 포함할 수 있다. 상기 제1 물질은 상기 제3 물질의 상기 외측 표면을 덮을 수 있다. 상기 발광 다이오드의 시계(視界)가 상기 제3 물질의 상기 외측 표면 전체를 포함하고, 상기 발광 다이오드 컵은 상기 인광체를 향하여 상기 주 광을 반사하도록, 상기 발광 다이오드는 상기 발광 다이오드 컵 내에 위치할 수 있다.
- [0024] 상기 제1 물질은 상기 주 광의 파장에 비하여 큰 두께를 가지는 공기 간극일 수 있다. 상기 제2 물질은 레진, 에폭시, 실리콘 또는 유리일 수 있다.
- [0025] 상기 발광 다이오드 헤더는 실장 고정부 상에 위치할 수 있고, 상기 인광체 층은 반사 물질에 의해 상기 실장 고정부에 실장될 수 있다.
- [0026] 상기 인광체 층으로부터의 발광은 황색 발광일 수 있고, 상기 발광 다이오드 다이는 청색광을 발광하는 III족-질화물계 발광 다이오드 다이일 수 있다.
- [0027] 상기 백색 발광 다이오드는 100 lm/W 또는 그 이상의 전체 발광 효율 및 100 lm/W 또는 그 이상의 패키징 효율을 가지는 백색광을 발광할 수 있다. 상기 백색 발광 다이오드는, 적어도 60의 색상 렌더링 지수를 가지는 백색광을 발광할 수 있다.
- [0028] 본 발명은 백색 발광 다이오드를 제조하는 방법을 더 개시한다. 상기 백색 발광 다이오드는, 부 발광 종과 발광 다이오드 사이에 하나 또는 그 이상의 광학 기능성 인터페이스들을 제공하는 단계를 포함하고, 이에 따라 상기 발광 다이오드로부터 멀어지도록 상기 부 발광 종에 의하여 발광된 부 광을 반사한다. 상기 하나 또는 그 이상의 광학 기능성 인터페이스는 상기 발광 다이오드로부터 입사되는 상기 주 광에 대하여 적어도 부분적으로 투명하고, 상기 부 발광 종으로부터 입사되는 상기 부 광에 대하여 적어도 부분적으로 반사적이고, 또한, 상기 부 광은 상기 주 광의 파장과는 다른 하나 또는 그 이상의 파장들을 포함한다.
- [0029] 하나 또는 그 이상의 광학 기능성 인터페이스들의 하나는 상기 발광 다이오드의 측방향 연장부와 적어도 동일한 상기 발광 다이오드로부터 거리에 위치할 수 있다.
- [0030] 상기 발광 다이오드는 발광 다이오드 다이일 수 있고, 상기 부 발광 종은 인광체 층일 수 있고, 또한 상기 방법은 제1 물질과 헤더 또는 발광 다이오드 컵으로 상기 발광 다이오드 다이를 엔캡슐레이팅하는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 제1 물질은 돔 형상의 외측 표면을 포함하고, 상기 제1 물질의 굴절률은 상기 발광 다이오드와 상기 제1 물질 사이의 인터페이스에서 상기 발광 다이오드의 내부에서의 상기 주광의 전체 내부 반사를 감소시키도록, 상기 제1 물질이 위치한다. 또한 상기 방법은 제2 물질을 포함하는 하나 또는 그 이상의 광학 기능성 인터페이스들로 상기 외측 표면을 덮는 단계를 포함할 수 있다. 상기 제2 물질은 상기 인광체 층의 굴절률에 비하여 작은 굴절률을 가지고, 상기 하나 또는 그 이상의 광학 기능성 인터페이스들은 상기 물질로부터 멀어지도록 상기 부 광을 반사한다.

실시예

[0051] 바람직한 실시예의 하기의 설명에 있어서, 본 명세서의 부분을 형성하는 첨부된 도면들에 의한 참조는 본 발명을 구현하기 위하여 특정한 실시예들을 설명하기 위하여 도시된 것이다. 다른 실시예들이 사용될 수 있고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않고, 구조적 변형들이 가능함을 이해할 수 있다.

[0052] **개관**

[0053] 현재, 부 광 발광 물질들, 예를 들어 무기물 인광체들을 광학적으로 펌핑하기 위하여 백색 발광 다이오드들이

전자 루미네선트(electroluminescent) 반도체 칩들과 결합한다(예를 들어, 백색광을 발생하기 위하여 청색광이 황색 발광 인광체들을 펌핑할 수 있음). 본 발명은, 충분히 큰 내부 양자 효율들을 가지는 발광 물질들을 제공함에 따라, 100 lm/W(lumens per Watt) 보다 큰 전체 발광 효율을 가지는 백색 발광 다이오드들을 허용하는 새로운 패키지 구성들을 제공한다.

[0054] 기술적 설명

[0055] 본 발명은 주 광 및 부 광의 흡수 확률을 감소시킴에 따라 백색 발광 다이오드들의 전체적인 발광 효율을 증가시키는 것에 그 목적이 있다. 발광 다이오드의 발광 효율을 개선시킬 목적의 광학적으로 주요 설계들이 도 7에 도시되어 있다. 이러한 구성들의 공통적인 점은 광흡수를 최소한의 확률로 감소시키는 것이다. 따라서, 인광 광원(700)(또는 인광층(702))은 발광 다이오드 다이(704)로부터 충분히 이격되어 위치한다(발광 다이오드 다이(704)의 측방향 연장부(708)와 적어도 동일한 거리(706)에서임). 이러한 관점에서, 본 발명은 다이(704)와 인광층(702) 사이 및 인광층(702)과 외층(또는 외부) 매질(718) 사이에 위치한 복수의 광학 기능성(또는 변형된) 인터페이스들(710, 712, 714, 716)을 제공한다.

[0056] 상기 인터페이스들 중 적어도 하나는, 예를 들어 인터페이스(710)는 인광층(702)과 발광 다이오드 다이(704) 사이에 위치하고, 또는 내부 매질(720)은 인광(700)에 의하여 하측 방향으로 발광하는 부 광에 대한 높은 반사(반사된 부 광선들(722)을 반사함)를 제공하여야 하며, 또한 발광 다이오드 다이(704)에 의하여 발광하는 주 광(724)에 대하여 높은 투과(전달된 주 광선(724)을 전달함)를 제공하여야 한다. 상기 인터페이스들 중 적어도 하나는, 예를 들어 인터페이스(710)는 부분 반사기(partial reflector) 또는 이색성 거울(dichroic mirror)이며, 이들은 근-자외선 에서 청색 범위에 포함된 파장들을 가지는 광(발광 다이오드(704)에 의하여 발광됨)에 대하여 매우 높은 투과율을 제공하고, 가시 스펙트럼의 녹색, 황색, 또는 적색 부분들에 포함된 파장들을 가지는 광(인광체(700)에 의하여 발광됨)에 대하여 높은 반사율을 제공한다. 인터페이스(710)는 광학 부재(726)의 표면, 예를 들어 이색성 거울과 내부 매질(720) 사이에 위치한다.

[0057] 이러한 광학 부재(726)는 유전물 다중층을 이용하여 형성될 수 있고, 분비된 브래그 반사기들(distributed Bragg reflector, DBR)의 형상을 가지는 것이 일반적이다. 도 8은, 100 nm 두께의 실리콘(silicon) 산화층 및 80 nm 두께의 실리콘(silicon) 질화층을 다른 종료 층들과 함께 다섯 번 적층하여 얻은, 이러한 이색성 거울의 계산된 광학적 특징들을 나타낸다. 상기 계산에 있어서, 도 7에 도시된 바와 같이 광학체(726)와 내부 매질(720) 사이에 공기를 가지는 인터페이스(710)에서 위치하는 바와 같이, 상기 적층체는 레진과 공기로 둘러싸여 있다. 몇 개의 곡선들이 그래프에 나타나 있다. 실선 곡선들은 다섯 개의 다른 입사 각도들에 대하여 상기 적층체의 반사율(reflectance, R) 대 파장 특성들을 나타낸다(도 8에서, 다섯 개의 실선 곡선들은, 레전드로 표시된 바와 같이, 우측에서 좌측으로 각각 0도, 10도, 20도, 30도, 및 40도의 입사 각도들에 대하여 반사율(R)을 나타냄). 일점 쇄선으로 도시된 곡선들은 다섯 개의 다른 입사 각도들에 대한 상기 적층체의 투과율(T) 대 파장 특성들을 나타낸다(도 8에서, 다섯 개의 일점 쇄선 곡선들은, 레전드로 표시된 바와 같이, 우측에서 좌측으로 각각 0도, 10도, 20도, 30도, 및 40도의 입사 각도들에 대하여 투과율(T)을 나타냄). 선(800)은 동작 중에 청색 광과 황색 광이 결합한 백색 발광 다이오드의 측정된 스펙트럼이다. 상기 계산은 이색성 거울(726)에 대해 40도보다 큰 입사 각도들을 가지지 않도록, 발광 다이오드 다이(704)로부터 추출된 입사광선들이 향할 수 있는 필요 조건만을 가지는 원하는 광학 부재(726)를 형성하기 위하여 상대적으로 간단함을 도시한다. 이에 대한 다른 유형은 유사한 굴절률들($n \sim 1.45-1.5$)의 물질들로 이색성 거울(726)을 둘러쌀 수 있고, 약간 변형된 다중층 구조를 가진다. 현재의 전자 빔 또는 플라즈마 증착 기술들은 이러한 다중층들의 큰 크기의 제조를 가능하게 한다.

[0058] 부분 반사기의 다른 유형은 낮은 굴절률을 가지는 하나 또는 그 이상의 중간층들을 개재함에 의하여 사용할 수 있고, 예를 들어 도 7에 도시된 부재 번호 728로 나타낸 바와 같다. 이와 같은 낮은 지수층(728)은, 예를 들어, 광의 파장에 비하여 매우 큰 공기 간극(air gap)의 두께는 인광체들(702)에 의하여 발광된 광에 대한 유용한 전체 내부 반사를 도입할 수 있고, 발광 다이오드 다이(704)에 의하여 발광된 광에 대한 매우 높은 투과율을 동시에 유지할 수 있다. 실제로, 임계 각도(θ_c) (공기/레진 또는 유리 인터페이스에 대하여 $\sim 43^\circ$)에 비하여 큰 각도들에서 인광체(700, 702)에 의하여 발광된 광은 전체적으로 내부로 반사된 광(730)이고 (반사된 부 광선임), 등방성 광원(700)으로 가정하여, 75%의 인터페이스(714)에 대한 솔리드-각도-평균된(solid-angle-averaged) 반사율을 제공한다. 즉, 하측 방향으로 발광된 광의 75%는 공기 간극(728)을 이용하여 용이하게 상측으로 다시 반사될 수 있고, 반면, 인광체 층(702)이 내부 매질(720)로부터 광학적으로 디커플링되지 않는 경

우에는 0%이다. 먼저, 하측 방향으로 전달된 광선들은 손실이 발생하는 발광 다이오드 다이(704) 및 고반사 발광 다이오드 캡(732)에 의하여 다시 반사될 수 있다. 또한, 층(728)이 발광 다이오드 다이(704)로부터 충분히 이격된 거리(상기 발광 다이오드 다이의 측방향 연장부(708)와 적어도 동일한 거리(706b)임)에 위치한 경우에 있어서, 또한 층(728)이 반구형 층으로서 형성된 경우에 있어서, 발광 다이오드 다이(704)로부터 발광된 모든 광선들, 예를 들어 광선(724)은 거의 수직인 입사로서 층(728)을 가로지르며, 이에 따라 최소한의 반사를 가진다.

[0059] 인광 입자들(700)은 효율적으로 광을 후방 산란하지 않으며, 이는 그들의 크기들은 광의 파장에 비하여 매우 크며, 또한 인광체들(700)과 그들이 삽입되는 매트릭스(인광체 층(702)은 매트릭스와 인광(700)을 포함함) 사이의 굴절률 차이(Δn)가 통상적으로 매우 크지 않기 때문이고 ($\Delta n \sim 0.3$), 또한 수직 입사에서의 반사율은 Δn^2 와 같이 측정된다.

[0060] 인광(700)에 의하여 발광된 광이 층(702) 내에서 가이드되지 않기 위하여(이에 따라 전달된 부 광선(734)을 형성함), 각도지고 분광된 도메인들 내에서 가능한 한 투과성을 가지도록 상측 인터페이스(716)가 광학적으로 기능화되어야 한다. 하나의 가능한 해결책은 반사방지 코팅으로 인광층(702)의 매끄러운 상측 표면(736)을 코팅하는 것이다. 다른 해결책은 주기성의, 준-주기성(quasi-periodic)의, 또는 준-랜덤 패턴으로 상측 표면(736)을 직조하는 것이다. 이러한 패턴들은, 표면(736)이 매끄럽게 잔존하는 경우에 있어서, 인터페이스(716)에서 발생할 수 있는 전체 내부 반사를 방해하거나 부분적으로 상쇄하도록 실제로 사용될 수 있다.

[0061] 이러한 효과를 구현하기 위하여, 도 9는 입사각의 함수로서, 평면 인터페이스(굵은 실선) 및 패턴된 인터페이스(얇은 회색선)(예를 들어 716)를 통하여 공기 내로의 TE(Transverse Electric)-편광된 평면 파동 투과율들을 비교하여 도시한다. 상기 패턴은, 그로부터 평면파가 입사되는 공기(예를 들어 외부 매질(718))와 1.45의 굴절률을 가지는 투명한 물질(예를 들어 702) 사이의 정사각형 표면 변조를 구성하고, 4 μm 의 주기, 2 μm 의 두께, 및 40%의 충전율을 가진다. 상기 투과율을 등방성인 면대칭으로 가정하면, 이에 따라 평면 인터페이스 경우와 비교하여, 패턴링은 광추출을 52%까지 증가시킨다(상기 수치는 실선 각도에 대한 각진 투과율 곡선들을 통합함에 따라 얻음). 낮은 입사 각도들에서 패턴된 인터페이스(902)의 투과율이 평면 인터페이스(900)에 비하여 약간 낮다고 하여도, 전체 내부 반사의 각도($\theta_c \sim 43^\circ$)에 비하여 큰 각도들에서는 패턴된 인터페이스(902)의 투과율이 평면 인터페이스(900)에 비하여 매우 크고, 이러한 각도들은 입체각(solid-angle)의 매우 큰 부분과 관련된다.

[0062] 이러한 패턴링은 다양한 방법들로 구현될 수 있다. 하나의 방법은 직조된 몰드로부터 인광층(702)을 형성하는 것이다. 다른 방법은, 몰딩에 의하여 투명한 매트릭스 내에 삽입되고, 선택적 식각을 수행함에 의하여 투명한 매트릭스의 수 십 마이크론을 제거하여, 결과적으로 몰딩을 제거함에 의하여 인광 입자들(700)을 간단하게 조밀 충전될 수 있다.

[0063] 중간층(728)과 광학체(726) 사이의 인터페이스(712)는 다른 부분 반사기, 또는 예를 들어 상술한 바와 같은 이색성 거울, 또는 반사방지 코팅으로 코팅될 수 있다. 간단한 반사방지 코팅은 공기와 레진, 예를 들어 불화 마그네슘(magnesium fluoride, $n \sim 1.38$) 사이의 중간 굴절률의 1/4 파동 두께(quarter-wave-thick)의 투명한 물질로 구성될 수 있다.

[0064] 최종적으로, 발광 다이오드 캡 표면(738)은 가능한 한 반사적이어야 하고, 정반사성(specularly reflective), 또는 확산 반사성(diffuse reflective)의 코팅(금속재질, 예를 들어 은 또는 알루미늄, 또는 비금속 재질, 예를 들어 테플론(Teflon) 또는 불화 바륨(Barium Sulfate), 등)으로 구성될 수 있고, 발광 다이오드 다이(704)는 모든 경우에 있어서, 우수한 히트 싱크 물질 상에 고정된다. 또한, 도 7은 인광체 층(702)을 통하여 외부 매질(718)로 전달되는 전달된 주 광선(740)을 도시한다. 또한, 인터페이스(714)는, 발광 다이오드(704)에 의하여 발광되고, 발광 다이오드(704)를 향하여 후면 산란된 주 광선(730)을 반사할 수 있다.

[0065] 도 10은 본 발명의 실시예를 도시한다. 발광 다이오드 다이(1000)는 고 반사 발광 다이오드 캡(1002) 내에 위치하고, 제1 투명한 물질(1004)(예를 들어 레진)에 의하여 엔캡슐레이팅된다. 제1 투명한 물질(1004)은 반구형 투명한 광학체(1006)에 의하여 덮이고, 광학체(1006)는 표면들(1006a, 1006b)을 포함하는 최적화된 인터페이스들을 포함하고, 표면(1006a)을 포함하는 상기 인터페이스에서 반사를 한정하도록 제1 투명한 물질(1004)과 유사한 굴절률을 가진다. 이러한 인터페이스는 표면(1006a) 상의 이색성 거울 또는 이색성 반사 코팅(1008a)을 포함할 수 있고, 모든 주 광선들을 전달하고, 인광체들(1010)에 의하여 발광된 부 광선들을 반사한다. 인광체들 층(1010)은 광학체(1006)의 표면(1006b)을 둘러싸고, 또한 낮은 지수의 물질(들)의 하나 또는 그 이상의 중

간층들(1012)은 두 개의 매질(1006, 1010) 사이에 위치한다(층(1012)은 매질(1006, 1010)에 비하여 낮은 굴절률을 가질 수 있음). 인광체들(1010)에 대면하는 광학체(1006)의 표면(1006b)은 반사방지 코팅(1008b)으로 코팅될 수 있고, 이에 따라 상기 주 광은 반사되지 않고 상기 인터페이스를 통하여(즉, 표면(1006b)을 가로지름) 전달될 수 있다. 인광체들 층(1010)의 상측 표면(1014)은 전체 내부 반사를 한정하여 광추출을 증가시키도록 직조되거나, 거칠게되거나, 또는 패터닝될 수 있다. 발광 다이오드 칩(1002)은 높은 반사 표면(1016)을 가질 수 있다.

[0066] 도 11에 도시된 다른 실시예에 있어서, 백색 발광 다이오드(1100), 예를 들어, 인광체들 층(1102)은 두께(1104a, 1104b)에 있어서 균일하지 않을 수 있고, 광학체(1108)의 상측(1106a)에서 두꺼운 두께(1104a)를 가지고, 광학체(1108)의 측면(1106b)에서 얇은 두께(1104b)를 가지도록 형성될 수 있고, 광학체(1108)의 외측 표면(1110)은 반구형 돔(hemispherical dome)과 같은 형상을 가진다. 이러한 두께 변형은 주 광 및 부 광을 혼합하여 구현한 겔보기 백색광의 각도 대응을 미세하게 조정하도록 사용될 수 있다. 도 11의 백색 발광 다이오드(1100)는, 인광체 층(1102)과 광학체(1108) 사이에 위치하고, 광학체(1108)의 외측 표면(1110)을 코팅하는 하나 또는 그 이상의 중간층들(1112)(광학체(1108)는 최적화된 인터페이스들을 포함함), 발광 다이오드 칩(1116) 내의 발광 다이오드 다이(1114), 및 발광 다이오드 다이(1114)를 엔캡슐레이팅하는 레진(1118)을 더 포함한다.

[0067] 도 12 및 도 13에 도시된 다른 실시예들(1200, 1300)에 있어서, 발광 다이오드 칩(1202, 1302)은 더 얇거나(즉 작은 깊이(1204)), 또는 더 얇을 수 있고(즉, 큰 깊이(1304)), 이에 따라 더 넓은 시야각(도 12) 또는 더 좁은 시야각(도 13)을 제공하고, 또한 발광 다이오드 다이(1208, 1308) 바로 위에 위치한 레진(1206, 1306)의 양을 감소시킨다. 소자(1200, 1300)의 수명 동안, 레진(1206, 1306)이 황색으로 변색할 수 있으므로, 발광 다이오드 다이(1208, 1308)와 광학체(1212, 1312) 사이의 레진(1206, 1306)의 두께(1210, 1310)를 최소화하는 것이 바람직할 수 있다. 또한, 도 12는 얇은 발광 다이오드 칩(1202)(도 13의 발광 다이오드 칩(1302)과 비교함)에 의한 레진(1206)의 총 양이 감소될 수 있음을 나타낸다(도 13의 레진(1306)의 양과 비교함). 도 12에 도시된 바와 같이, 도 13은 최적화된 인터페이스들을 가지는 중간층(들)(1214, 1314) 및 인광체 층(1216, 1316)이다.

[0068] 도 14에 도시된 다른 실시예(1400)에 있어서, 발광 다이오드 다이(1402)는 원뿔 형상의 투명한 물질(1404)(예를 들어, 레진을 포함함)에 의하여 둘러싸이고, 광의 부분들을 흡수하는 금속 반사기를 사용하는 대신하며, 전체 내부 반사 효과에 잇점이 있다. 레진(1404)은 발광 다이오드 칩(1406) 내에 위치할 수 있고, 또한 최적화된 인터페이스들을 가지는 광학체(1408)에 의하여 덮일 수 있다. 광학체(1408)는 최적화된 인터페이스들을 가지는 하나 또는 그 이상의 중간층들(1410) 및 인광체들(1412)에 의하여 덮일 수 있고, 중간층들(1410)은 인광체들(1412)과 광학체(1408) 사이에 위치한다.

[0069] 도 15에 도시된 다른 실시예(1500)에 있어서, 레진/광학체(1502)는 역-절단 원뿔의 형상을 가질 수 있다. 발광 다이오드 다이(1504)는 발광 다이오드 칩(1506) 상에 위치하고, 또한 광학체(1502)에 의하여 덮인다. 광학체들의 상측 표면(1508)은 하나 또는 그 이상의 중간층들(1510) 및 인광체들(1512)에 의하여 덮이고, 중간층들(1510)은 상측 표면(1508)과 인광체들(1512) 사이에 위치한다.

[0070] 도 16에 도시된 다른 실시예(1600)에 있어서, 복수의 패키지된 발광 다이오드들(1602)이 고반사 프레임(1604) 내에 위치하고, 또한 기능화된 인터페이스들을 가지는 인광체들 층(1606)이. 예를 들어 발광 다이오드들(1602) 모두를 둘러싸도록 실장된다(또는 발광 다이오드(1602)에 의하여 발광된 광선들의 실질적으로 모두를 가로지르거나 또는 상호작용함).

[0071] 상기 발광 다이오드 다이는, 증가된 광추출을 제공하는 광학적 요소들, 예를 들어 광자 결정들(photonic crystals), 거친(roughened) 표면들, 패터닝된 인터페이스들 및 층들을 포함할 수 있고, 광학 감금 층들 및/또는 높은 반사 층들을 함께 가진다. 또한, 상기 발광 다이오드 칩은 입방체의 형상 또는 평행 육면체 형상과는 다른 형상, 예를 들어 피라미드 형상 또는 다이아몬드 형상으로 형성될 수 있다. 또한, 상기 발광 다이오드 칩은, 예를 들어, ZnO로 형성된 광추출 "메가 원뿔(megacone)"로 덮일 수 있다. 또한, 상기 발광 다이오드 칩은 받침 부재(pedestal)로 덮일 수 있고, 상기 받침 부재는 광추출을 최적화하는 형상을 가질 수 있고, 지수와 거의 정합하는 물질로 구성될 수 있다.

[0072] 제조 공정

[0073] 최적화된 인광체들 층의 외형 및 구성을 위하여, 적어도 두 개의 가능한 제조 공정들이 가능하다. 하나의 가능한 공정이 도 17에 도시되어 있다. 상기 공정에 있어서, 상기 발광 다이오드 다이(예를 들어 플립칩(flip

chip, FC) 발광 다이오드 칩(1700))는, 발광 다이오드 다이(1700) 및 헤더(1704)를 직접적으로 둘러싸는 몰딩에 의하여 형성된 광학체(1702)에 의하여 둘러싸인다. 이어서, 발광 다이오드 다이(1700) + 헤더(1704) + 광학체 어셈블리(1702)가 실장 고정부(1706) 상에 부착된다. 이어서, 기능화된 인터페이스들을 가지는 인광체들 층(1708)은 인광체들 지지부(1710)에 의해 동일한 실장 고정부(1706) 상에 부착된다. 인광체들 층(1708) 내부에서 전체 내부 반사된 광이 인광체들(1708)과 최대한으로 상호작용하지 않고 탈출하는 것을 방지하도록, 고반사 물질(1712)은 인광체 지지부(1710)와 인광체 층(1708)의 말단부(1714) 사이에 위치한다. 인광체들(1708)을 향하여 광을 반사하기 위하여(광학체(1702) 내부에서 전체 내부 반사됨), 고반사 물질(1716)은 헤더(1704)와 광학체(1702) 사이에 위치할 수 있다. 하나 또는 그 이상의 중간층들(1718)은 광학체(1702)(최적의 인터페이스들을 가지는 투명한 돛일 수 있음)와 인광체들(1708) 사이에 위치할 수 있다.

[0074] 도 18에 도시된 바와 같이, 다른 제조 공정은, 예를 들어, 에폭시 또는 실리콘(silicone)을 큐어링함에 의하여 발광 다이오드 컵(1800)을 광학체(1802)에 부착한다. 기능화된 인터페이스들을 가지는 인광체들 층(1804)은 립(1806, lip) 또는 광학체(1802)의 플랜지(flange) 상에 실질적으로 부착된다.

[0075] 예들:

[0076] (1) 상업적으로 사용가능한 청색 발광 다이오드 칩의 사용

[0077] 도 19는 소자(1900)의 개략적인 도면이다. 청색 발광 다이오드 램프는 은 에폭시를 이용하여 은 헤더(1904) 상에 상업적으로 사용 가능한 Cree EZR450 발광 다이오드 다이 또는 칩(1902)을 부착하여 형성하였다. 은 에폭시는 발광 다이오드 다이(1902)의 전체에 대하여 수직 방향의 전기 전도를 허용한다. 보다 상세하게는, 이는 상기 실리콘 서브 마운트(silicon submount)로부터 p형 도핑된 GaN 층들 및 InGaN 양자 우물들을 포함하는 활성층들까지 이동하는 정공들의 주입을 허용한다. 이러한 다이(1902)의 상측 콘택(n-콘택)은 은 헤더(1904)의 제1(헤더) 포스트(1908) 와이어 본딩을 통하여 금 와이어(1906)에 의하여 연결되었다. 은 헤더(1904)의 다른(제2) 포스트(1910)는 헤더(1904)에 와이어 본딩을 통하여 다른 금 와이어(1912)에 의하여 연결되었다. 이때에, 은 헤더(1904) 상의 베어(bare) 발광 다이오드 다이(1902)의 전체 래디언트(radiant) 플럭스(Φ_B)는 눈금진 통합 구체(calibrated integrating sphere)를 이용하여 측정하였고, 20 mA 및 3.20 V (DC 측정임)에서 21.0 mW 이었다. 최대 발광에서의 광의 파장은 447 nm이다.

[0078] 몰딩 기술을 이용하여 은 헤더(1904) 상에 발광 다이오드 다이(1902)를 엔캡슐레이팅하는 반구형 돛(1914)을 형성하기 위하여, 투명한 레진(제네럴 일렉트릭 사(GE)로부터 상업적으로 이용가능함)을 사용하였다. 발광 다이오드 다이(1902)는 돛(1914)의 중심(1918)에서 약간 하측(~2 mm 거리(1916)임)에 위치하였다. 돛(1914)의 직경(1920)은 7.5 mm 이었다. 이어서, 은 헤더(1904) 상에 엔캡슐레이팅된 청색 발광 다이오드 다이(1902)의 전체 래디언트 플럭스(Φ_B)를 상기 눈금진 통합 구체를 이용하여 측정하였고, 20 mA 및 3.20 V (DC 측정임)에서 26.6 mW 이었다. 이 결과는 투명한 실리콘 돛(1914)이 전체 발광 플럭스에 대하여 25%의 증가를 허용함을 나타낸다.

[0079] 이어서, 중량비 6%, 5%, 또는 3%의 인광체들 농도들을 가지는 페이스트를 형성하도록, 미쓰비찌 화학 사(Mitsubishi Chemical Corp., MCC)에 의하여 제공된 황색 발광 인광체를 투명한 레진과 혼합하였다. 상기 페이스트는 약 2 mm 두께의 속이 빈 반구들로 형성된 캡들(1922)을 형성하기 위하여 몰딩된다.

[0080] 이어서, 6%, 5%, 또는 3% 인광체 농도들을 가지는 상기 페이스트로 구성된 캡들(1922) (또는 인광체들 층들)은 엔캡슐레이팅된 청색 발광 다이오드(상술한 바와 같이, 투명한 실리콘 돛(1914) 및 발광 다이오드(1902)를 포함함) 상에 각각 실장되고, 이에 따라 청색 발광 다이오드 다이(1902)를 엔캡슐레이팅하는 투명한 돛(1914)의 상측 표면(1928)과 인광체 캡들(1922)의 내부 표면(1930) 사이에 위치하는 약 1 mm 두께(1926)의 공기 간극(1924)을 허용한다. 캡들(1922)의 광출력 특성들은 상기 눈금진 통합 구체(DC 측정임)를 이용하여 측정되었다.

[0081] 표 1은 세 개의 다른 인광체 농도들을 가지는 층들(1922)로 덮인 동일한 청색 발광 다이오드 램프로 구성된 백색 발광 다이오드들(1900)의 스펙트럼 특성들을 나타내고, 상기 측정에서 사용된 발광 다이오드 다이는 Cree EZR450이다.

표 1

[0082]

인광체 cap 농도 (%)	I (mA)	V (V)	x	y	CCT (K)	CRI
6	5	2.88	.4004	.4715	4106	59.5
6	20	3.20	.4004	.4687	4088	59.9
5	5	2.88	.3593	.4030	4732	63.3
5	20	3.20	.3593	.3993	4717	64.0
3	5	2.88	.3083	.3122	6935	72.0
3	20	3.20	.3080	.3109	6972	72.2

[0083]

표 1은 백색 발광 다이오드들(1900)의 스펙트럼 특성들을 정리한 표이다. "I"는 발광 다이오드 다이(1902)를 통하여 흐르는 직류(DC) 전류이다. "V"는 인가된 전압이다. "x" 및 "y"는 백색 발광 다이오드의 색상 코디네이트들(coordinates)이다. "CCT"는 적합 색 온도(correlated color temperature)이다. 또한, "CRI"는 측정된 백색 발광 다이오드 스펙트럼과 관련된 색상 렌더링 지수(color rendering index)이다. 인광체 농도와 CCT는 준-선형(quasi-linear) 관계임을 유의한다.

[0084]

표 2는 세 개의 다른 인광체 농도들을 가지는 층들로 덮인 동일한 청색 발광 다이오드 램프로 구성된 백색 발광 다이오드들(1900)의 주 출력 특성들을 나타내고, 상기 측정에서 사용된 발광 다이오드 다이는 CREE EZR450이다.

표 2

[0085]

인광체 cap 농도 (%)	I (mA)	V (V)	Φ_B (mW)	Φ_W (mW)	F_W (lm)	η_{lum} (lm/W)	η_{pack} (lm/W)
6	5	2.88	7.1	4.686	1.942	134.9	273.1
6	20	3.20	26.6	17.71	7.239	113.1	272.1
5	5	2.88	7.1	5.092	1.846	128.1	259.6
5	20	3.20	26.6	18.62	6.819	106.5	256.4
3	5	2.88	7.1	5.212	1.621	113.0	228.0
3	20	3.20	26.6	19.58	6.035	94.9	226.9

[0086]

표 2는 백색 발광 다이오드들(1900)의 주 출력 특성들을 정리한 표이다. "I"는 발광 다이오드 다이(1902)를 통하여 흐르는 직류(DC) 전류이다. "V"는 인가된 전압이다. " Φ_B "는 상기 발광 다이오드의 전체 청색 라디언트 플럭스이다. " Φ_W " 및 " F_W "는 각각 통합 구체에 의하여 측정된, 전체 라디언트 플럭스 및 전체 루미노스(luminous) 플럭스이다.

[0087]

백색 발광 다이오드의 잇점을 나타내는 것은 전체 발광 효율(η_{lum})이다. 발광 효율(η_{lum})은 상기 소자에 공급된 전체(전기적인) 전력 ($P = I V$)에 대한 백색 발광 다이오드의 전체 루미노스 플럭스(F_W)의 비율로 정의된다. 이러한 양은 "lm/W"의 단위로 표현된다. 주광을 변환하고 백색 광을 추출하는 주어진 패키징 구성(인광체들을 포함함)의 능력의 효율을 수량화하기 위한 잇점을 나타내는 것은 패키징 효율(η_{pack})이다. 여기에서, 패키징 효율(η_{pack})은 상기 백색 발광 다이오드의 청색 라디언트 플럭스(Φ_B)에 대한 상기 백색 발광 다이오드의 백색 루미노스 플럭스(F_W)의 비율로서 정의된다. 패키징 효율(η_{pack})은 또한 "lm/W"의 단위로서 표현되고, 패키징 효율만의 측정으로서 유용하다. 이는 전기적 주입 효율과 관련되거나, 이들의 부족과 관련된 논점들을 패키징 효율(η_{pack})에 영향을 미치지 않는다.

[0088]

세 개의 백색 발광 다이오드들(1900)을 이용하여 높은 전체 발광 효율(η_{lum})을 얻었다. 5 mA에서, $128.1 \text{ lm/W} < \eta_{lum} < 134.9 \text{ lm/W}$ 이었고, 20 mA에서 $106.5 \text{ lm/W} < \eta_{lum} < 113.1 \text{ lm/W}$ 이었다. 이때, $4000 \text{ K} < \text{CCT} < 4900 \text{ K}$ 이었다(더운 백색 조명 어플리케이션들에 적절한 CCT 범위임). 또한, 이러한 백색 발광 다이오드들을 이용하

여 높은 패키징 효율(η_{pack})을 얻었다. $4000\text{ K} < \text{CCT} < 4900\text{ K}$ 에서, $256.4\text{ lm/W} < \eta_{pack} < 273.1\text{ lm/W}$ 이었다.

[0089] (2) UCSB 청색 발광 다이오드 칩을 사용

[0090] 발광 다이오드 다이(1902)는 모든 청색 발광 다이오드일 수 있고, 예를 들어 UCSB(캘리포니아 주립대학 산타바바라 소재)에서 성장시킨 청색 발광 다이오드 칩일 수 있다. UCSB에서 유기금속화학증착(MOCVD)에 의하여 성장시키고 공정 처리한 발광 다이오드 다이(1902)를 비도전성 레진(제네럴 일렉트릭 사에 의하여 상업적으로 이용가능함)을 이용하여 은 헤더(1904) 상에 부착시킴에 따라, 다른 청색 발광 다이오드 램프를 형성하였다. 발광 다이오드 다이(1902)는 상측 발광이었고, 이에 따라 발광 다이오드(1902)의 n-콘택과 p-콘택이 금 와이어들(1906, 1912)에 의하여 은 헤더(1904)의 포스트들(1908, 1910)에 와이어 본딩을 통하여 연결되었다. 이 경우에, 눈금진 통합 구체를 이용하여 은 헤더(1904) 상에 베어 발광 다이오드 다이(1902)의 전체 래디언트 플럭스(Φ_B)를 측정하였고, 20 mA 및 4.08 V (DC 측정임)에서 25.3 mW 이었다. 최대 발광에서의 광 파장은 444 nm 이었다.

[0091] 몰딩 기술을 이용하여, 은 헤더(1904) 상에 발광 다이오드 다이(1902)를 엔캡슐레이팅하는 반구형 돔(1914)을 형성하기 위하여, 제네럴 일렉트릭 사의 투명한 실리콘을 사용하였다. 발광 다이오드 다이(1902)는 돔(1914)의 중심(1918)에서 약간 하측(~2 mm 거리(1916)임)에 위치하였다. 돔(1914)의 직경(1920)은 7.5 mm 이었다. 이어서, 은 헤더(1904) 상에 엔캡슐레이팅된 청색 발광 다이오드 다이(1902)의 전체 래디언트 플럭스(Φ_B)를 눈금진 통합 구체를 이용하여 측정하였고, 20 mA 및 4.08 V (DC 측정임)에서 30.0 mW 이었다. 이 결과는, 돔(1914)이 없는 경우와 비교하여, 투명한 실리콘 돔(1914)이 전체 발광 플럭스에 대하여 20%의 증가를 허용함을 나타낸다. 엔캡슐레이팅된 UCSB의 청색 발광 다이오드 칩을 이용하여 얻은 래디언트 플럭스(Φ_B)와 상술한 바와 같이 상업적으로 이용가능한 청색 발광 다이오드 칩을 이용하여 얻은 래디언트 플럭스(Φ_B) 사이의 차이는 25%이고, 이는 발광 다이오드 다이(1902) 구조의 차이에 주로 기인한다.

[0092] 표 3은 세 개의 다른 인광체 농도들을 가지는 층들(1922)로 덮인 동일한 청색 발광 다이오드 램프로 구성된 백색 발광 다이오드들(1900)의 스펙트럼 특성들을 나타내고, 상기 측정에서 사용된 발광 다이오드 다이(1902)는 UCSB(캘리포니아 주립대학 산타바바라 소재)에서 성장시키고 공정 처리된 GaN 발광 다이오드이었다.

표 3

인광체 cap 농도 (%)	I (mA)	V (V)	x	y	CCT (K)	CRI
6	5	3.41	.3991	.4653	4102	58.5
6	20	4.08	.3995	.4642	4085	58.51
5	5	3.41	.3492	.3785	4946	62.4
5	20	4.08	.3485	.3755	4960	62.5
3	5	3.41	.2967	.2838	8517	69.5
3	20	4.08	.2960	.3785	8674	69.1

[0094] 표 4는 세 개의 다른 인광체 농도들을 가지는 층들(1922)로 덮인 동일한 청색 발광 다이오드 램프로 구성된 백색 발광 다이오드들(1900)의 주 출력 특성들을 나타내고, 상기 측정에서 사용된 발광 다이오드 다이(1902)는 UCSB(캘리포니아 주립대학 산타바바라 소재)에서 성장되고 공정 처리된 GaN 발광 다이오드이었다.

표 4

인광체 cap 농도 (%)	I (mA)	V (V)	Φ_B (mW)	Φ_W (mW)	F_W (lm)	η_{lum} (lm/W)	η_{pack} (lm/W)
6	5	3.41	7.3	4.799	1.931	113.3	264.5
6	20	4.08	30.0	19.61	7.974	97.7	265.8
5	5	3.41	7.3	5.138	1.793	105.5	245.6
5	20	4.08	30.0	21.06	7.402	90.9	246.7

3	5	3.41	7.3	5.443	1.550	91.2	212.3
3	20	4.08	30.0	22.14	6.369	78.2	212.3

- [0096] 상술한 바와 같은 동일한 인광체 캡들(1922)은 UCSB에서 성장시킨 청색 발광 다이오드 다이(1902)를 포함하는 청색 발광 다이오드 램프를 이용하여 백색 발광 다이오드들(1900)을 형성하기 위하여 사용되었다. 이러한 백색 발광 다이오드들(1900)의 주 스펙트럼 특성들 및 출력 특성들이 표 3 및 표 4에 나타나 있다.
- [0097] 다시, 세 개의 백색 발광 다이오드들(1900)을 이용하여 높은 전체 발광 효율(η_{lum})을 얻었다. 5 mA에서, $105.5 \text{ lm/W} < \eta_{lum} < 113.3 \text{ lm/W}$ 이었고, 20 mA에서 $90.9 \text{ lm/W} < \eta_{lum} < 97.7 \text{ lm/W}$ 이었다. 이때, $4000 \text{ K} < \text{CCT} < 5000 \text{ K}$ 이었다(더운 백색 조명 어플리케이션들에 적절한 CCT 범위임). 또한, 이러한 백색 발광 다이오드들을 이용하여 높은 패키징 효율(η_{pack})을 얻었다. $4000 \text{ K} < \text{CCT} < 5000 \text{ K}$ 에서, $245.6 \text{ lm/W} < \eta_{pack} < 265.8 \text{ lm/W}$ 이었다.
- [0098] 이러한 높은 패키징 효율(η_{pack})은 인광체 캡(1922)과 헤더(1904) 상에 발광 다이오드 칩(1902)을 엔캡슐레이팅 하는 투명한 돔(1914) 사이에 공기 간극(1924)을 가지는 원격 외형 내에 위치하는 것으로부터 주로 기인된다. 이러한 공기 간극(1924)은 인광체들(1922)에 의하여 발광된 광에 대하여 인광체 캡(1922) 내의 전체 내부 반사를 유도하도록 사용된다. 이러한 결과들은 매끄러운 내부 캡 표면(1930) 및 거친 외측 캡 표면(1932)을 이용하여 더 개선될 수 있다. 예를 들어, 반사방지 코팅 또는 이색성 코팅과 같은 다른 광학적 코팅들은 이러한 백색 발광 다이오드들과 통합되지 않았다. 또한, 은 헤더들(1904) (시간이 지나면 산화되는 경향이 있음)을 대신하여, 고반사 헤더들(1904)(반드시 금속일 필요는 없음)이 더 효과적일 수 있다.
- [0099] 이러한 백색 발광 다이오드들(1900)의 성능을 도 1의 인광체들-온-칩 구성(100)으로 패키징된 백색 발광 다이오드들의 성능과 비교하였다. 도 1의 구성에 있어서, Cree EZR460 칩들(104)을 이용하여, 얻은 패키징 효율(η_{pack})은 4600 K 및 4980 K의 CCT에 대하여, 각각 183.0 lm/W 및 206.8 lm/W 이었다. 이러한 구성(100)에 있어서, 원격 인광체 캡들의 구성(1900)과는 달리, 상기 인광체 농도가 증가함에 따라 패키징 효율(η_{pack})은 감소한다. 인광체들-온-칩 구성(100)에 대한 이러한 패키징 효율(η_{pack}) 수치들은, 상술한 CCT와 비교할 수 있는 CCT들에 대하여, 원격 인광체 캡들(1922)로 패키징된 백색 발광 다이오드들(1900)과 비교하여 약 25% 낮다.
- [0100] 패키징 효율(η_{pack})의 차이는 사용된 발광 다이오드 다이(1902, 104)의 유형에 의한 것이 아니었다. 상기 Cree EZR460 칩이 칩(1902)으로서 사용되었고, 또한, 원격 인광체 캡의 구성(1900) 내에 패키징되었다(상술한 바와 같이, 백색 발광 다이오드들(1900)로서 사용된 동일한 6% 인광체 농도 캡(1922)을 이용함) 상기 Cree EZR460 칩을 사용하고, CCT가 4100 K인 경우에, 소자(1900)의 패키징 효율(η_{pack})은 275.7 lm/W 이었다. 이는 상기 Cree EZR450 칩을 이용하여 얻고 상술한 바와 같은 패키징 효율(η_{pack})과 매우 유사하다.
- [0101] 가능한 변형들 및 변화들
- [0102] 상술한 바와 같이, 도 7은 백색 발광 다이오드를 도시한다. 상기 백색 발광 다이오드는, 주 광(724)을 발광하는 발광 다이오드(704); 발광 다이오드(704)에 광학적으로 커플링되고, 주 광의 파장(724)과 다른 파장을 가지는 부 광(722, 730, 734)을 발광하는 부 발광 중(700, 702); 및 부 발광 중(700)과 발광 다이오드(704) 사이에 적어도 하나의 광학 기능성 인터페이스(710, 712, 714);를 포함한다. 상기 광학 기능성 인터페이스, 예를 들어 광학 기능성 인터페이스(710, 714)는 발광 다이오드(704)로부터 입사되는 주 광(724)에 대하여 적어도 부분적으로 투명하고, 부 발광 중(700, 702)으로부터 입사되는 부 광(722, 730)에 대하여 적어도 부분적으로 반사적이다. 광학 기능성 인터페이스들(710, 712, 714)은 주 광(724)에 대하여 완전히 투명할 수 있고, 또한 부 광(722, 730)에 대하여 완전히 반사적일 수 있다. 상기 백색 발광 다이오드는 하나 이상의 광학 기능성 인터페이스를 포함할 수 있다. 상기 광학 기능성 인터페이스, 예를 들어 광학 기능성 인터페이스(714)는, 발광 다이오드(704)의 측방향 연장부(708)와 적어도 동일한 발광 다이오드(704)로부터 거리(706b)에 위치할 수 있다.
- [0103] 부 발광 중(700, 702)은, 주 광(724)에 의하여 광학적으로 펌핑되는 경우, 부 광(734, 730, 722)을 발광하는 인광체 층일 수 있다. 상기 인광체는 모든 색상을 발광하는 인광체를 포함할 수 있고, 예를 들어, 황색을 발광하

는 인광체를 포함할 수 있고, 또한 상기 발광 다이오드는 모든 색상을 발광하는 발광 다이오드일 수 있고, 예를 들어 청색을 발광하는 발광 다이오드일 수 있다. 상기 발광 다이오드는 예를 들어 III족 질화물 계열 수 있다.

[0104] 광학 기능성 인터페이스들(710, 712, 714)은 많은 형상을 가질 수 있고, 또한 많은 두께들 또는 물질들, 예를 들어, 광학적 코팅들을 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 광학 기능성 인터페이스는 제1 물질(728), 또는 제1 물질(728)의 표면(714)을 포함할 수 있고, 제1 물질(728)의 굴절률이 광학 기능성 인터페이스(714)에서 부 발광 층(702) 내부의 부 광(730)의 전체 내부 반사를 증가시키도록 제1 물질(728)이 위치할 수 있다. 상기 백색 발광 다이오드는 발광 다이오드(704)를 적어도 부분적으로 둘러싸는 제2 물질(720)을 더 포함하고, 제2 물질(720)의 굴절률이 발광 다이오드(704)와 제2 물질(720) 사이의 인터페이스(742)에서 발광 다이오드(704) 내부의 상기 주 광의 전체 내부 반사를 감소시키도록 제2 물질(720)이 위치한다. 상기 제1 물질은 상기 부 발광 층과 상기 제2 물질 사이에 위치한다. 제1 물질(728)은 주 광(724) (예를 들어, 발광 다이오드(704)에서 직접 발광됨)에 대하여 투명할 수 있고, 부 광(730) (부 발광 층의 발광)에 대하여 반사적일 수 있다.

[0105] 제1 물질(728)의 굴절률은 인광체 층(702)의 굴절률 및 제2 물질(720)의 굴절률에 비하여 작을 수 있다. 제1 물질(728)은 인광체 층(702)의 굴절률과는 다른 굴절률을 가질 수 있다.

[0106] 도 19는 속이 찬 형상이고(속이 빈 형상이 아님), 돔 형상의 외측 표면(1928)을 포함한 제2 물질(1914)을 도시하고, 상기 발광 다이오드(발광 다이오드 다이(1902)의 형상임)는 제2 물질(1914) 및 헤더(1904) 또는 발광 다이오드 컵에 의하여 캡슐레이팅될 수 있다. 또한, 외측 표면(1928)은 제1 물질(1924)로 덮을 수 있고, 제1 물질(1924)은 인광체 층(1922)으로 덮을 수 있다. 본 명세서에 있어서, 돔 형상의 물질은 상기 물질의 표면의 돔 형상을 지칭하고, 이에 따라 상기 물질은 속이 빈 형상(hollow)이거나 속이 찬 형상(solid)일 수 있다.

[0107] 제3 물질(726)은 제2 물질(720)의 적어도 일부와 제1 물질(728) 사이에 위치할 수 있고, 제3 물질(726)은 주 광(724) (또는, 발광 다이오드(704)로부터 직접 발광됨)에 대하여 투명할 수 있고, 또한, 인광체(702)에 의하여 발광된 부 광(722)에 대하여 반사적일 수 있다. 광학 기능성 인터페이스(710)는 제3 물질(726) 또는 제3 물질(726)의 표면을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제3 물질(726)은 제2 물질(720)과 제1 물질(728) 사이의 층이거나 또는 제2 물질(720) 내의 층 또는 인터페이스일 수 있다. 예를 들어, 제3 물질(726)은 광학체일 수 있고, 제1 물질(728)은 인광체(702)와 상기 광학체 사이의 반사 매질일 수 있고, 제2 물질(720)에 의하여 발광 다이오드 다이(704)로부터 추출된 광은 인광체(702)를 향하여 상기 광학체에 의하여 전달될 수 있고, 또한 발광 다이오드 다이(704)로부터 추출되고 인광체(702)로부터 반사된 광은 상기 광학체에 의하여 인광체(702)를 향하여 다시 반사될 수 있다. 상기 광학체는 이색성 거울일 수 있고, 근자외선부터 청색 범위에 포함된 파장들을 가지는 광에 대하여 매우 높은 투과율을 제공할 수 있고, 가시광선 스펙트럼의 녹색, 황색, 또는 적색 부분들을 가지는 파장들을 가지는 광에 대하여 높은 반사율을 제공할 수 있다.

[0108] 도 10은 돔 형상의 광학체(1006)를 포함할 수 있고, 예를 들어 제2 물질(1004) 덮는 제3 물질을 도시한다. 광학체(1006)의 외측 표면(1006b)은, 만족된 인터페이스를 제공하도록, 돔 형상이거나 또는 반구형이다. 광학체(1006)는 제2 물질(1004)의 굴절률에 대하여 실질적으로 유사한 굴절률을 포함하고, 제1 물질(1012)은 외측 표면(1006b)을 덮고, 또한 인광체(1010)는 제1 물질(1012)을 덮는다.

[0109] 도 10은, 상기 발광 다이오드의 시계가 돔 형상의 외측 표면(1006b)의 전체를 포함하도록, 발광 다이오드(100)가 발광 다이오드 컵(1002) 내에 위치하는 방법을 도시한다. 도 17은 실장 고정부(1706) 상에 위치하는 방법을 도시하고, 또한 인광체 층(1708)이 상기 부 광을 반사할 수 있는 반사 물질(1712)에 의해 실장 고정부(1706)에 실장될 수 있다.

[0110] 본 발명은 부 발광 층과 패키징된/결합된 발광 다이오드를 포함한 광원을 더 개시한다. 상기 광원의 전체 발광 효율은 100 lm/W 또는 그 이상이고, 및/또는 상기 광원의 패키징 효율은 100 lm/W 또는 그 이상이다. 이러한 장점들은 사용된 부 발광 층 또는 발광 다이오드의 특정한 종류에 한정되는 것은 아니다. 상기 광원의 색상 렌더링 지수(color rendering index)는, 예를 들어 60 또는 그 이상일 수 있다.

[0111] 따라서, 도 7은 백색 발광 다이오드를 제조하는 방법을 개시하는 본 발명을 도시한다. 상기 방법은 부 발광 층(700,702)과 발광 다이오드(704) 사이에 하나 또는 그 이상의 광학 기능성 인터페이스들(710, 712, 714)를 제공하는 단계를 포함하고, 이에 따라 발광 다이오드(704)로부터 멀어지도록 부 발광 층(700)에 의하여 방출된 부 광(722, 730, 734)을 반사한다. 상기 광학 기능성 인터페이스들, 예를 들어 광학 기능성 인터페이스들(710, 714)는, 발광 다이오드(704)로부터 입사되는 주 광(724)에 대하여 적어도 부분적으로 투명하고, 부 발광 층(700)으로부터 입사하는 상기 부 광에 대하여 적어도 부분적으로 반사적이다. 부 광(722, 730, 734)은 주 광

(724)의 파장과는 다른 하나 또는 그 이상의 파장들을 포함한다.

[0112] 본 발명은 백색 발광 다이오드들에 한정되는 것은 아니며, 예를 들어, 본 발명은 부 발광 층과 결합된 발광 다이오드를 포함한 모든 광원에 사용될 수 있다. 상기 발광 다이오드, 예를 들어 발광 다이오드 다이는 하나 또는 그 이상의 주 파장들을 발광하고, 상기 부 발광 층은 하나 또는 그 이상의 부 파장들을 발광하며, 이에 따라 상기 소자는 하나 또는 그 이상의 다른 파장들을 발광한다.

[0113] 참조 문헌

[0114] 하기의 참조 문헌들은 참조로서 본 명세서와 결합된다.

- [0115] 1. 사노 등(Sano et al.)에 의하여 1999년 10월 등록된 미국특허번호 제5962971호.
- [0116] 2. 타사키 등(Tasaki et al.)에 의하여 2001년 11월 등록된 미국특허번호 제6319425호.
- [0117] 3. 코모토 등(Komoto et al.)에 의하여 2002년 1월 등록된 미국특허번호 제6340824호.
- [0118] 4. 첸 등(Chen et al.)에 의하여 2002년 10월 등록된 미국특허번호 제6472765호.
- [0119] 5. 콜린즈 등(Collins et al.)에 의하여 2003년 11월 등록된 미국특허번호 제6642652호.
- [0120] 6. 스톱스 등(Stokes et al.)에 의하여 2005년 7월에 등록된 미국특허번호 제6917057호.
- [0121] 7. 타사 등(Tarsa et al.)에 의하여 2006년 2월 등록된 미국특허번호 제7005679호.
- [0122] 8. 네글리 등(Negley et al.)에 의하여 2006년 4월 등록된 미국특허번호 제7029935호.
- [0123] 9. 오더커크 등(Ouderkirk et al.)에 의하여 2007년 1월 등록된 미국특허번호 제7157839호.
- [0124] 10. 노구치 등(Noguchi et al.)에 의하여 2007년 2월 등록된 미국특허번호 제7180240호.
- [0125] 11. 오카자키(Okazaki)에 의하여 2003년 2월 공개된 미국특허출원번호 제2003/0030060호.
- [0126] 12. 앤드류 등(Andrews et al.)에 의하여 2005년 10월 공개된 미국특허출원번호 제2005/0221518호.
- [0127] 13. 나렌드란(N. Narendran), 구(Y. Gu), 프레이시니어-노바(J. P. Freyssinier-Nova), 및 주(Y. Zhu)에 의한, "Extracting phosphor-scattered photons to improve white LED efficiency," Physica Status Solidi A Applications and Materials Science 202(6), R60-R62 (2005).
- [0128] 14. 루오(H. Luo), 김(J. K. Kim), 슈버트(E. F. Schubert), 조(J. Cho), 소네(C. Sone), 및 박(Y. Park)에 의한, "Analysis of high-power packages for phosphor-based white-light-emitting diodes," Applied Physics Letters 86(24) (2005).
- [0129] 15. 김(J. K. Kim), 루오(H. Luo), 슈버트(E. F. Schubert), 조(J. H. Cho), 소네(C. S. Sone), 및 박(Y. J. Park)에 의한, "Strongly enhanced phosphor efficiency in GaInN white light-emitting diodes using remote phosphor configuration and diffuse reflector cup," Japanese Journal Of Applied Physics Part 2-Letters & Express Letters 44(20-23), L649-L651 (2005).
- [0130] 16. 마수이(H. Masui), 나카무라(S. Nakamura), 및 덴바스(S. P. DenBaars)에 의한, "Effects of phosphor application geometry on white light-emitting diodes," Japanese Journal of Applied Physics Part 2-Letters & Express Letters 45(33-36), L910-L912 (2006).

[0131] 결론

[0132] 본 발명의 바람직한 실시예의 설명에 대한 결론을 제공한다. 본 발명의 하나 또는 그 이상의 실시예들에 대한 개시는 설명과 도시를 위한 목적들을 위하여 제공된 것이다. 개시된 정확한 형상에 대하여 본 발명이 제한되거나 한정되도록 의도된 것은 아니다. 상술한 가르침에 대하여 다양한 변형들과 변화들이 가능하다. 본 발명의 범위는 상세한 설명에 의하여 한정되는 것이 아니고, 하기의 청구항들에 의하여 한정된다.

산업상 이용 가능성

[0133] 본 발명은 백색 발광 다이오드들에 한정되는 것은 아니며, 예를 들어, 본 발명은 부 발광 층과 결합된 발광 다이오드를 포함한 모든 광원에 사용될 수 있다. 상기 발광 다이오드, 예를 들어 발광 다이오드 다이는 하나 또는 그 이상의 주 파장들을 발광하고, 상기 부 발광 층은 하나 또는 그 이상의 부 파장들을 발광하며, 이에 따라 상기 소자는 하나 또는 그 이상의 다른 파장들을 발광한다.

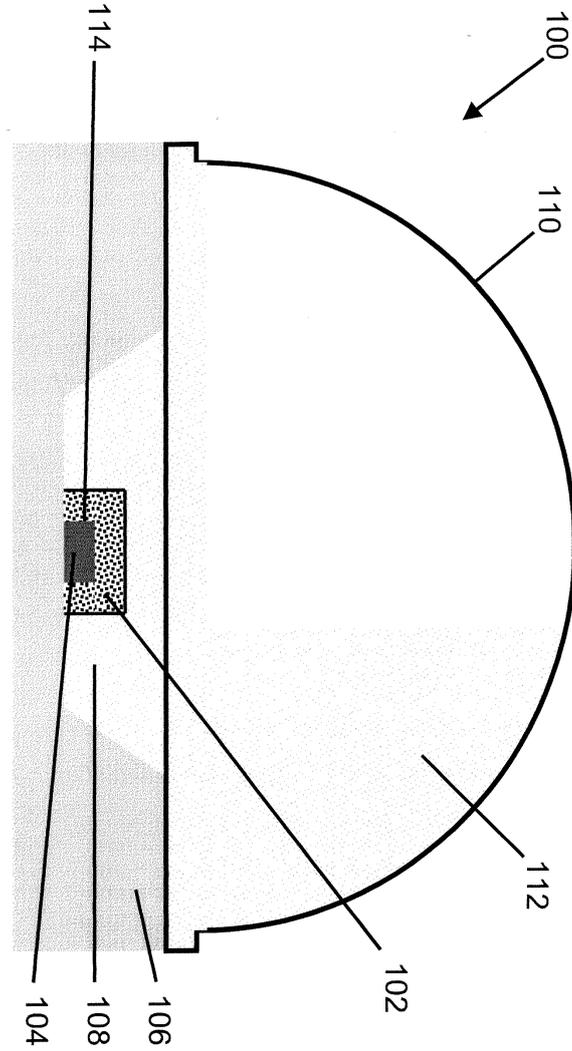
도면의 간단한 설명

- [0031] 이하에서 도면을 참조하여 설명하며, 동일한 부재번호는 전체적으로 상응하는 부분들을 지칭한다.
- [0032] 도 1은 인광체-온-칩 구성의 개략적인 단면도이다.
- [0033] 도 2는 원경 인광체들 구성의 개략적인 단면도이다.
- [0034] 도 3은 원경 인광체들 구성의 개략적인 단면도이고, 상기 인광체들은 돔 형상의 광추출 광학체를 코팅한다.
- [0035] 도 4는 원경 인광체들 구성의 개략적인 단면도이고, 상기 인광체들은 역 절단 원뿔(inverted-truncated cone) 형상의 광학체 상에 위치한다.
- [0036] 도 5는 다른 돔 형상의 광학체에 의하여 덮인 어셈블리를 도시하는 개략적인 단면도이다.
- [0037] 도 6은 인터페이스가 인광체들에 의하여 발광되고 외부 매질(일반적으로 공기) 내로 추출되기 위하여 탈출 원뿔 내에서 임계 각도(θ_c) 보다 작은 각도로 입사되는 광선만을 허용하는 방법을 도시한다.
- [0038] 도 7은 발광 다이오드의 개략적인 단면도이고, 인광체들은 발광 다이오드 다이로부터 충분히 이격되어 위치하고, 다이와 인광체들 층 사이 및 인광체들 층과 외측 매질 사이에 복수의 광학 기능성 인터페이스들이 위치한다.
- [0039] 도 8은 100 nm 두께의 실리콘 산화층 및 80 nm 두께의 실리콘 질화층을 다른 종료 층들과 함께 다섯 번 적층하여 얻은, 이색성 거울의 계산된 광학적 특징들 (반사율 R, 투과율 T, 및 진폭 A)을 도시하고, 도 7에 도시된 바와 같이 광학체와 내부 매질 사이에 공기를 가지는 인터페이스에서 위치하는 바와 같이, 상기 계산은 레진과 공기로 둘러싸인 적층체를 나타낸다.
- [0040] 도 9는 입사각의 함수로서, 평면 인터페이스 (굵은 실선) 및 패턴된 인터페이스 (얇은 회색선)을 통하여 공기 내로의 TE-편광된 평면 파동 투과율들을 비교하여 도시한다.
- [0041] 도 10은 고반사 컵 내에 위치한 발광 다이오드 다이의 개략적인 단면도이고, 제1 투명한 물질에 의하여 엔캡슐레이팅되고, 인터페이스에서 반사를 한정하기 위하여 유사한 굴절률을 가지는 반구형 투명한 광학체에 의하여 덮인다.
- [0042] 도 11은 인광체들 층을 도시하는 개략적인 단면도이고, 상기 층은 균일한 두께를 갖지 않으며, 반구형 돔의 상측에서 두껍고 측면에서 얇다.
- [0043] 도 12는 발광 다이오드 컵을 도시하는 개략적인 단면도이고, 더 넓거나 더 좁은 시야각을 제공하기 위하여 및 상기 발광 다이오드 다이 바로 위에 위치한 레진의 양을 감소시키기 위하여, 발광 다이오드 컵은 보다 더 얇거나 또는 덜 얇다.
- [0044] 도 13은 발광 다이오드 컵의 다른 예를 도시하는 개략적인 단면도이고, 더 넓거나 더 좁은 시야각을 제공하기 위하여 및 발광 다이오드 다이 바로 위에 위치한 레진의 양을 감소시키기 위하여, 발광 다이오드 컵은 보다 더 얇거나 또는 덜 얇다.
- [0045] 도 14는 원뿔 형상의 투명한 물질로 둘러싸인 발광 다이오드 다이의 개략적인 단면도이고, 광의 부분들을 흡수하는 금속성 반사기의 사용을 대신하여 전체 내부 반사효과의 이점을 제공한다.
- [0046] 도 15는 역 절단 원뿔 형상의 광학체의 개략적인 단면도이다.
- [0047] 도 16은 고반사 프레임 내에 실장된 복수의 패키징된 발광 다이오드들의 개략적인 단면도이고, 기능성 인터페이스들을 가지는 인광체들 층이, 예를 들어 발광 다이오드들 모두를 둘러싸도록 실장된다.
- [0048] 도 17은 최적화된 인광체들 층의 외형 및 구성의 제조 공정을 개략적으로 도시한다.
- [0049] 도 18은 최적화된 인광체들 층의 외형 및 구성의 다른 제조 공정을 개략적으로 도시한다.

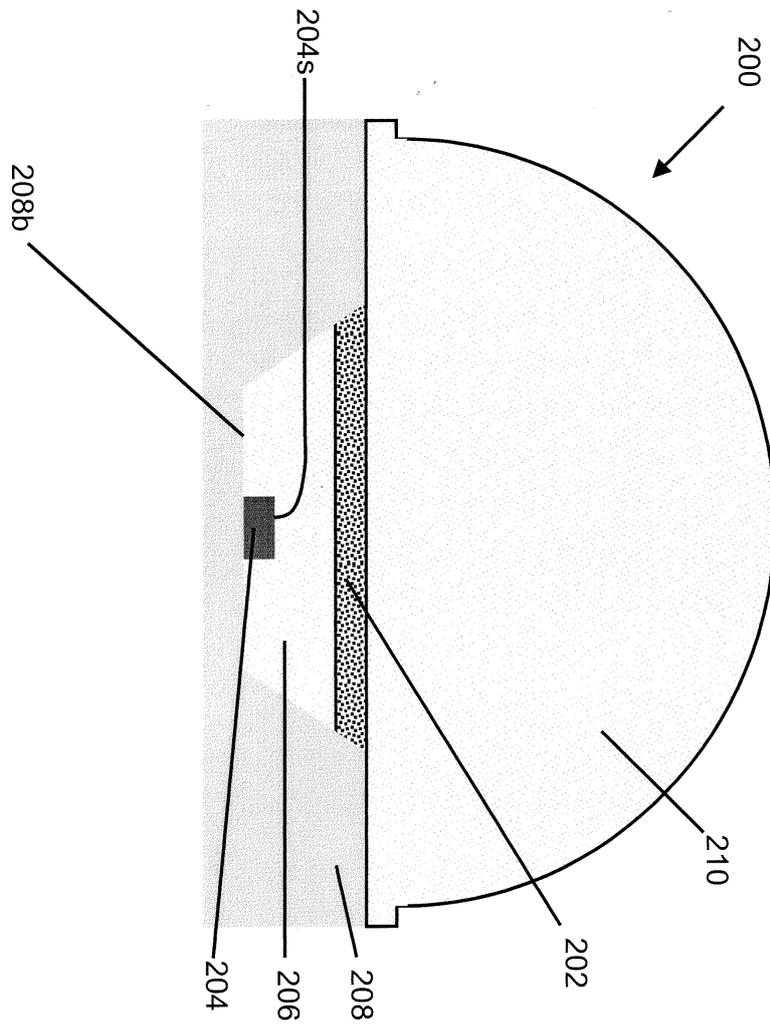
[0050] 도 19는 상업적으로 사용가능한 청색 발광 다이오드 칩을 사용한 소자의 개략적인 단면도이다.

도면

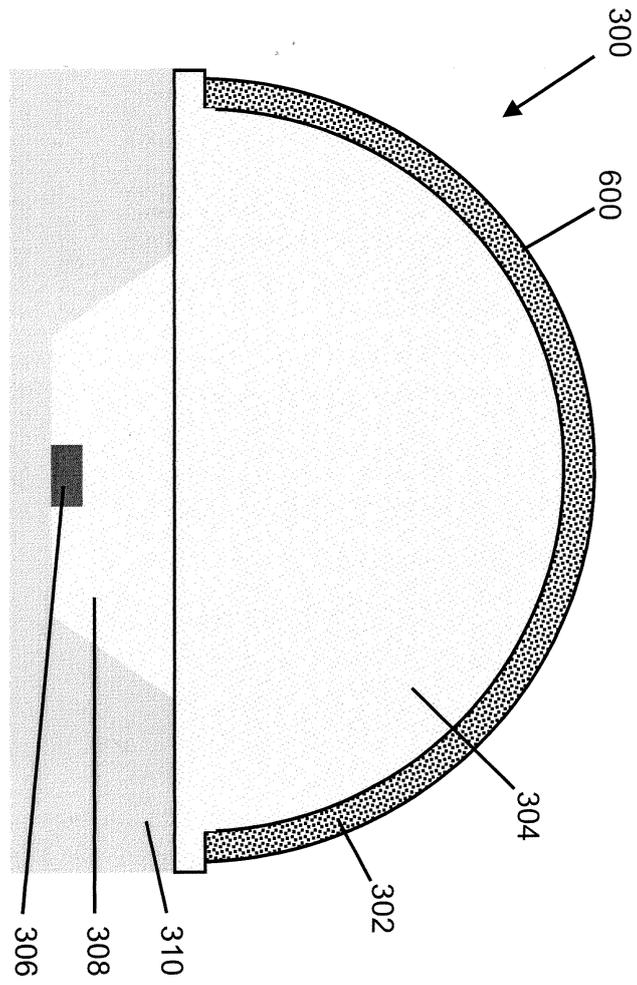
도면1



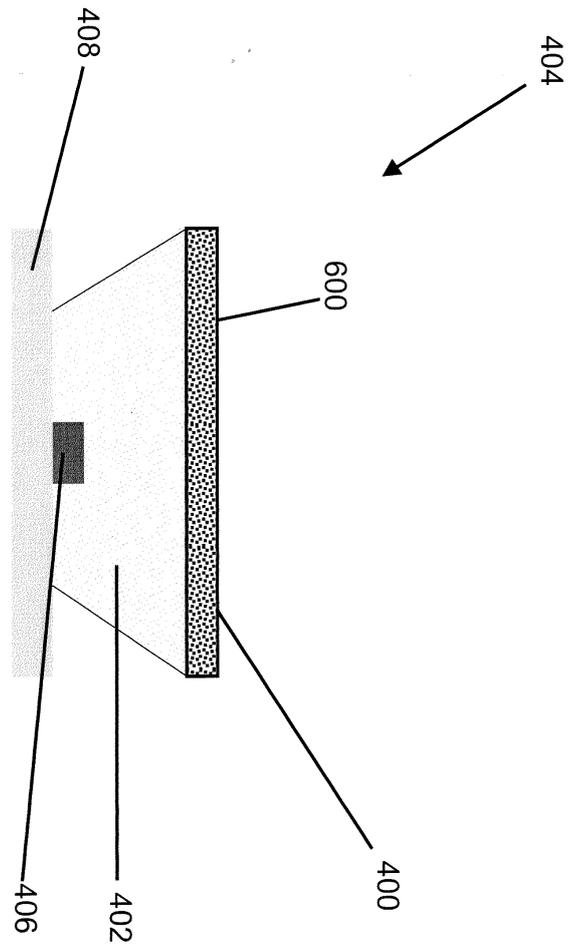
도면2



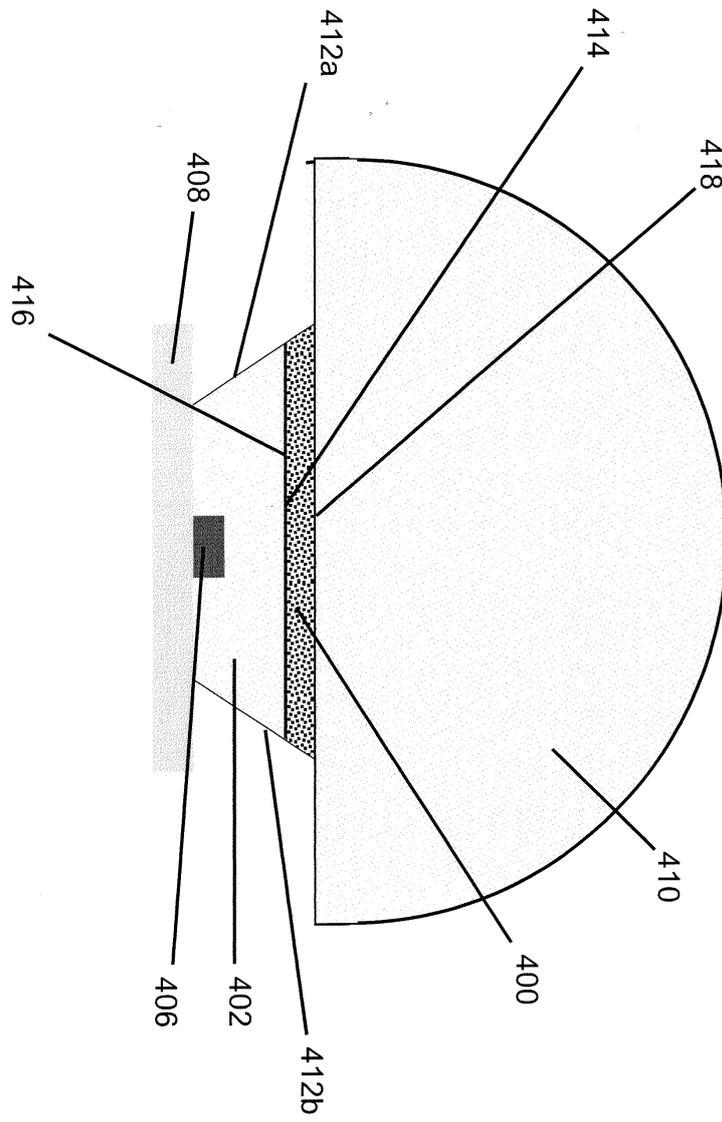
도면3



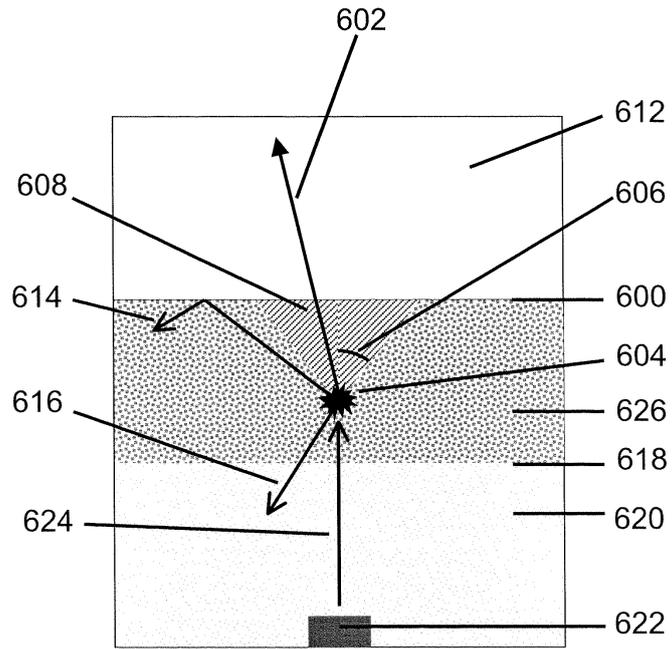
도면4



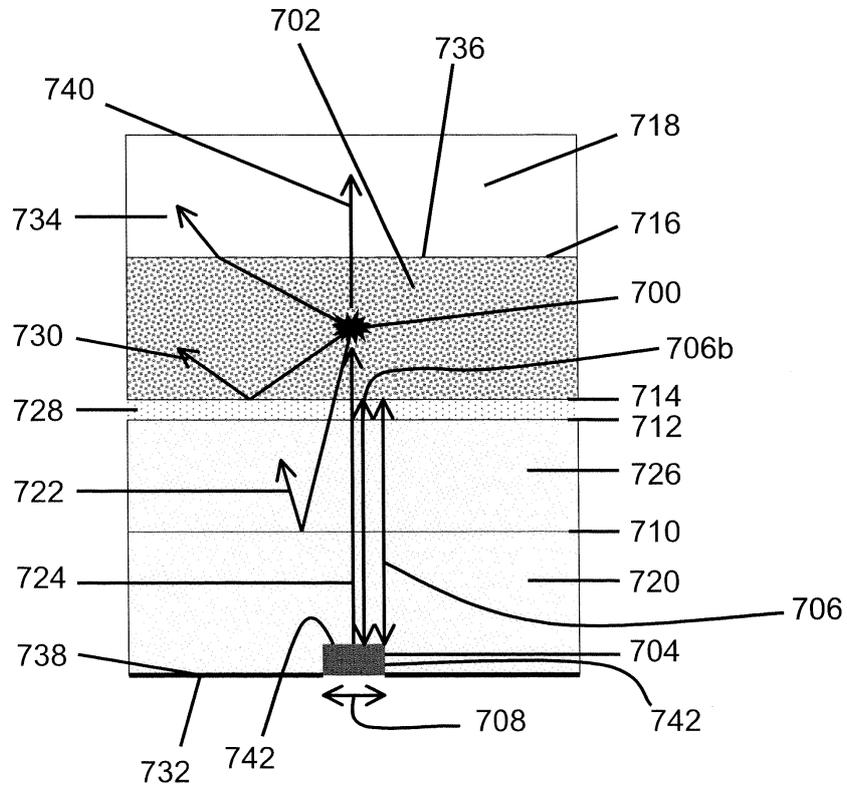
도면5



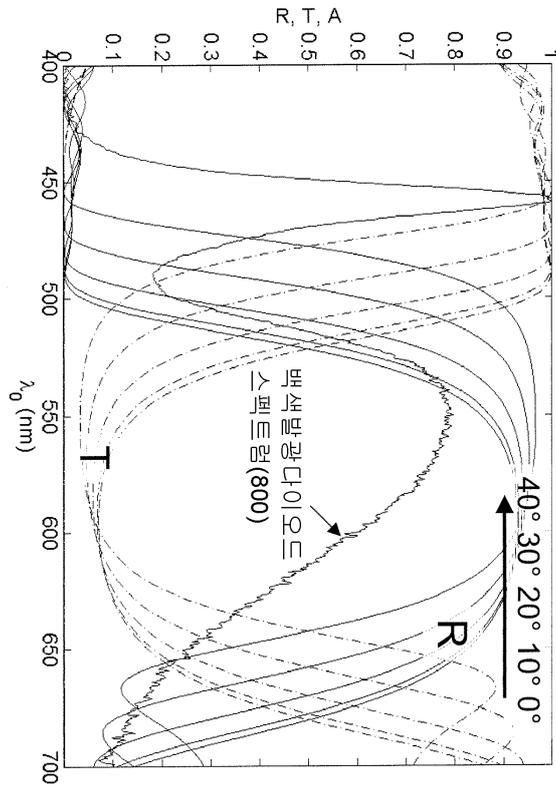
도면6



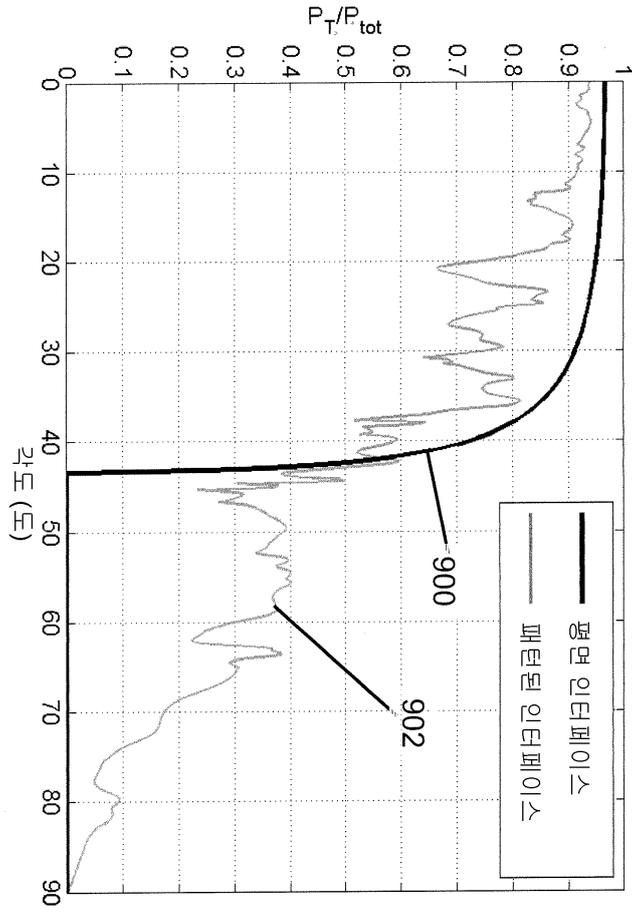
도면7



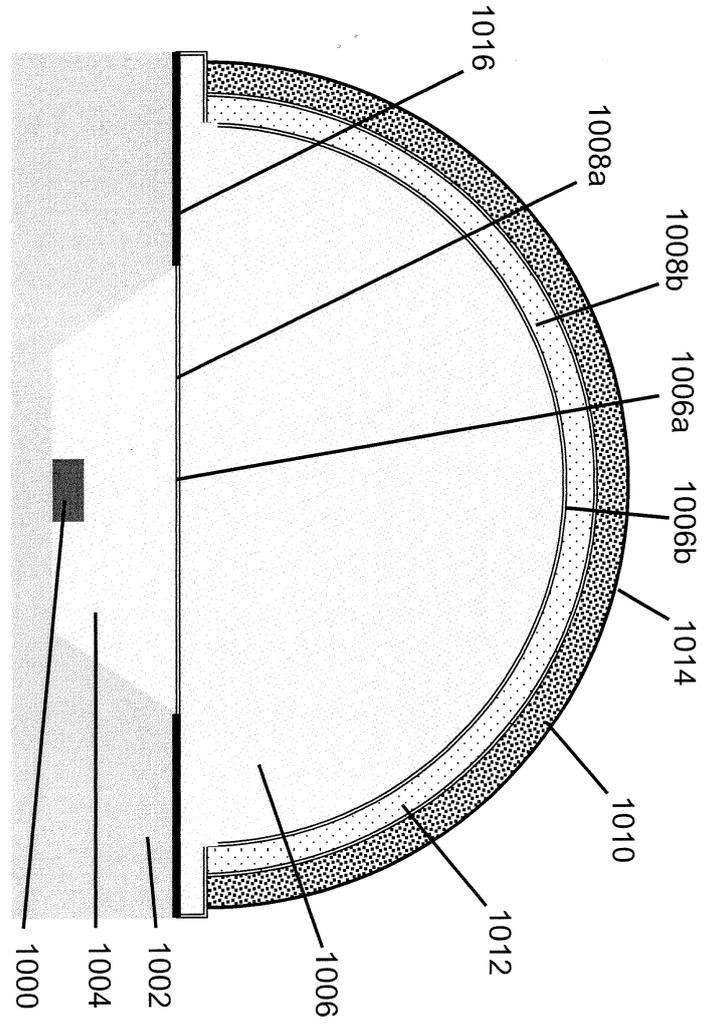
도면8



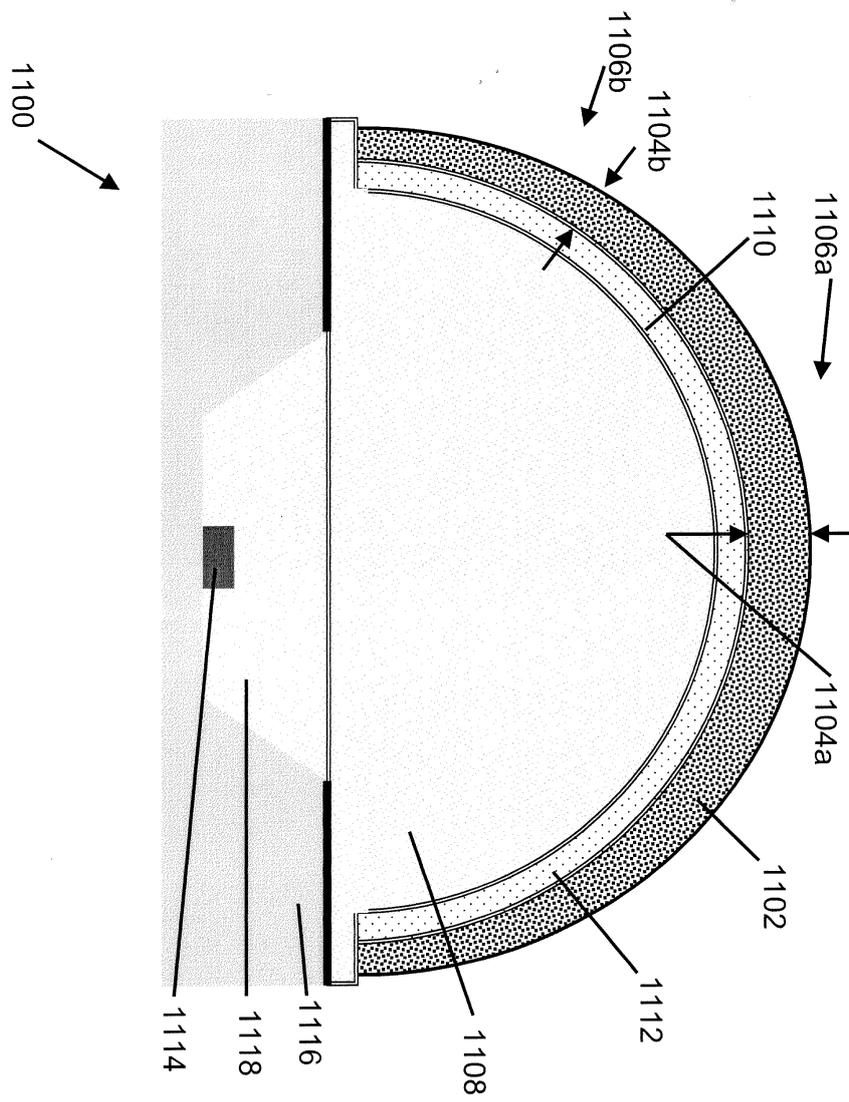
도면9



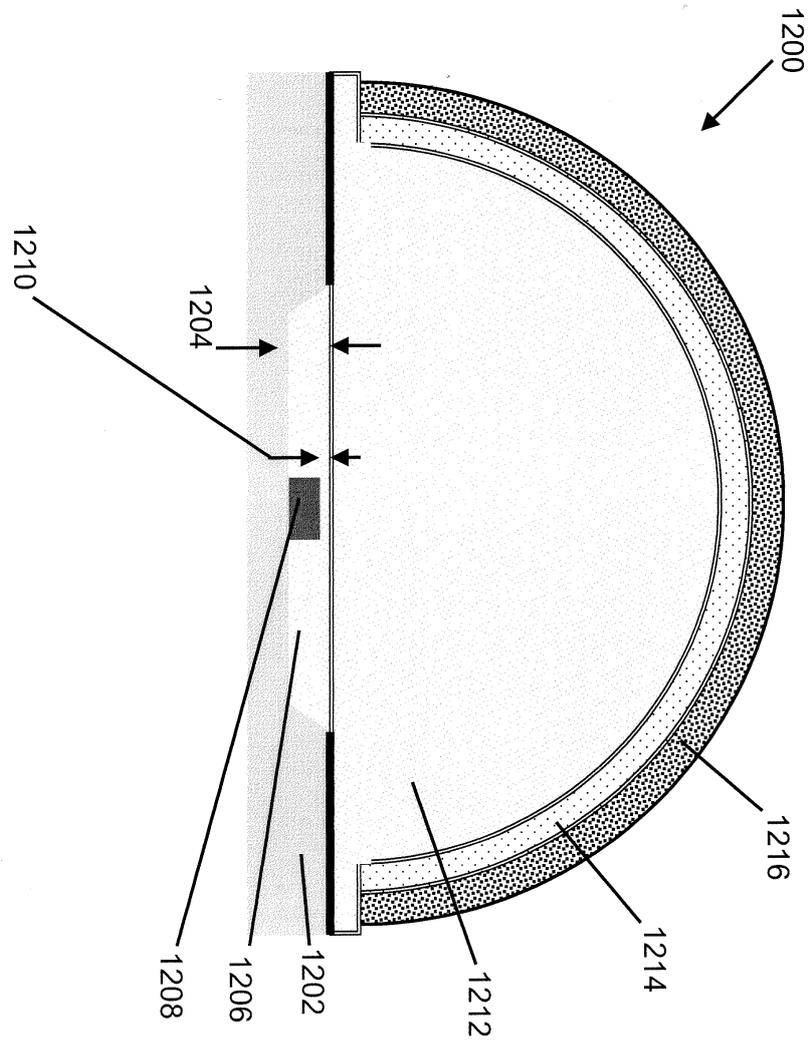
도면10



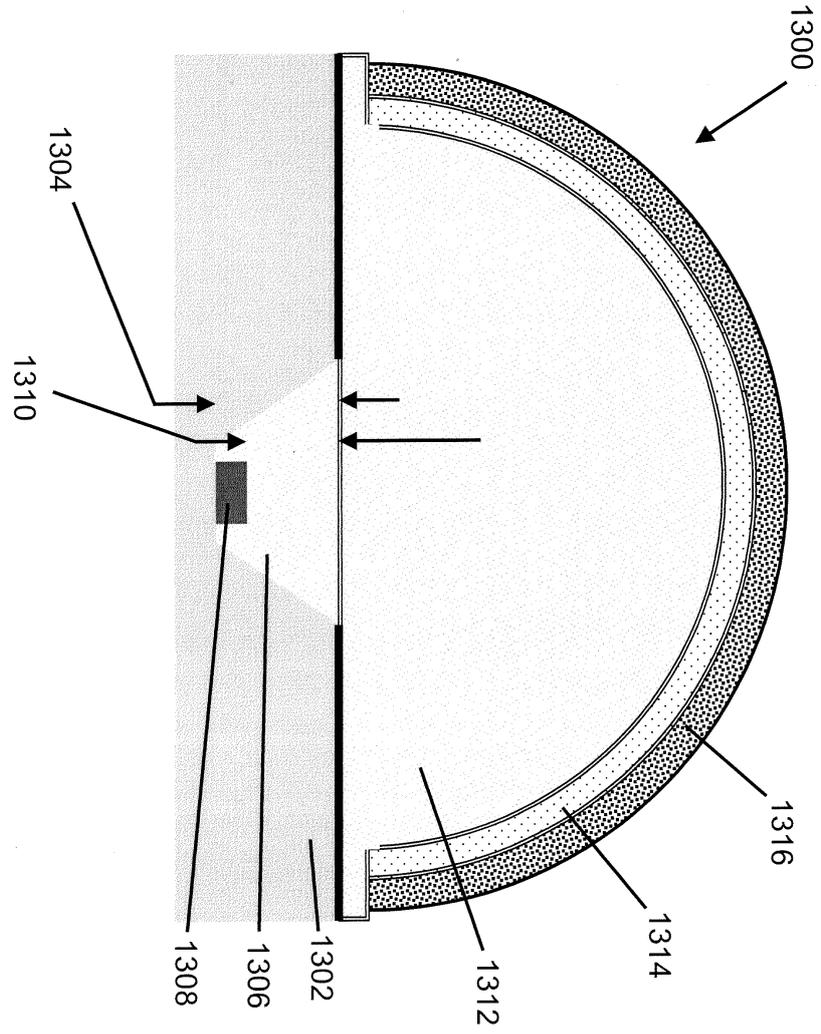
도면11



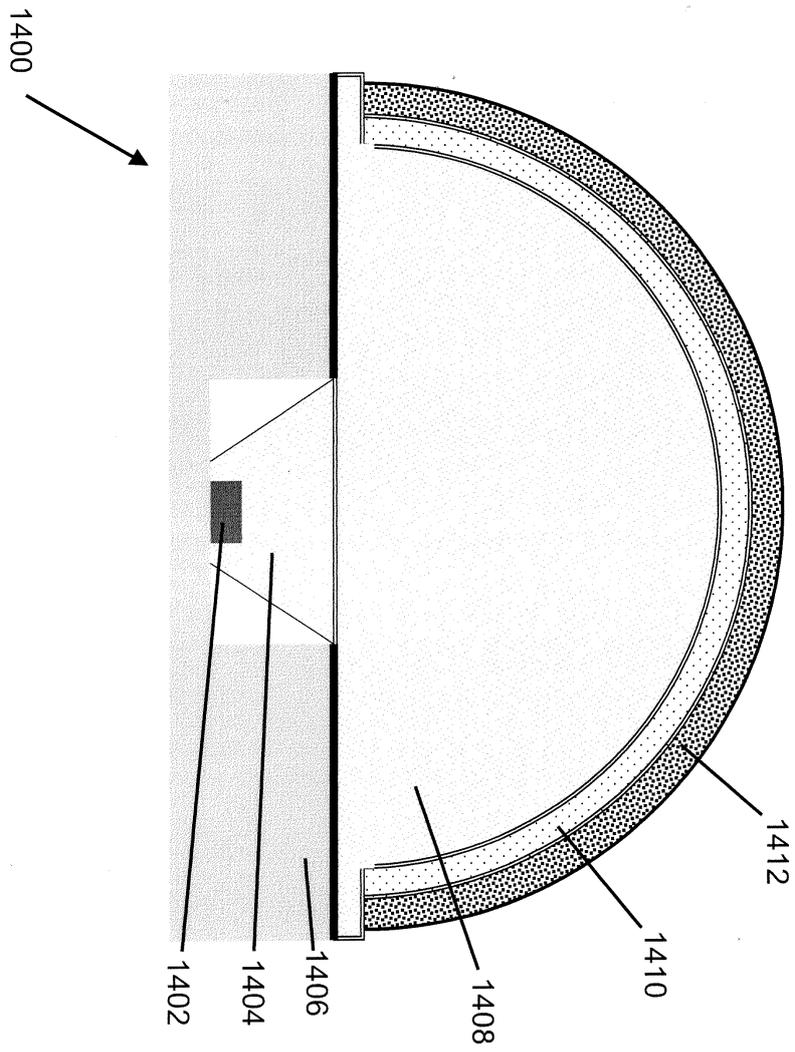
도면12



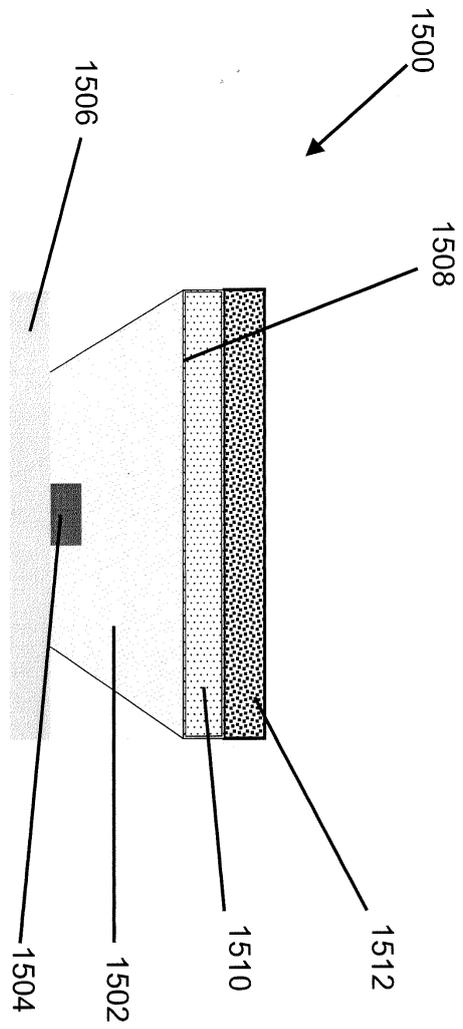
도면13



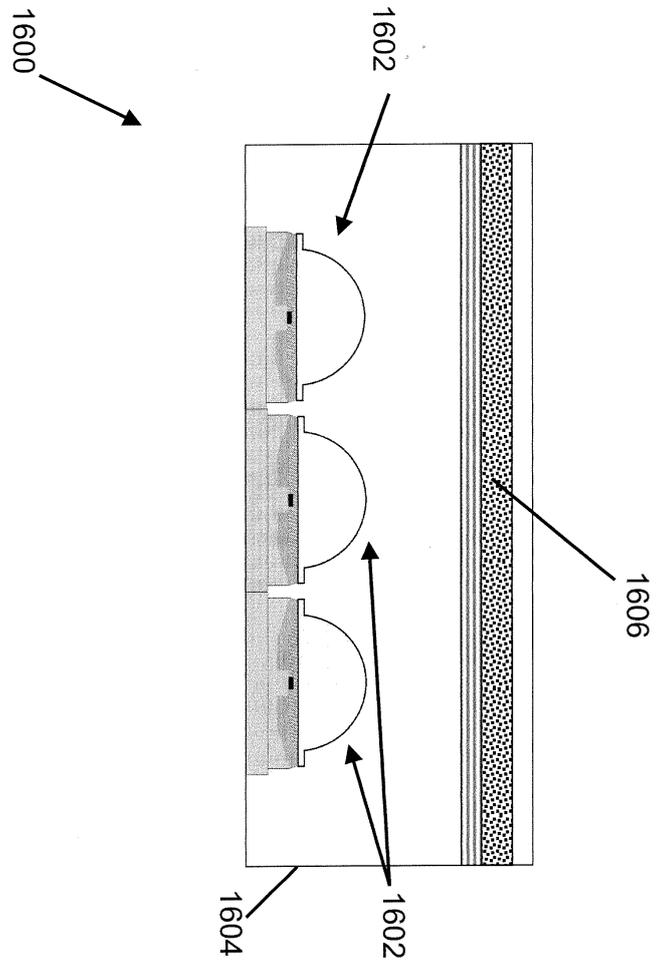
도면14



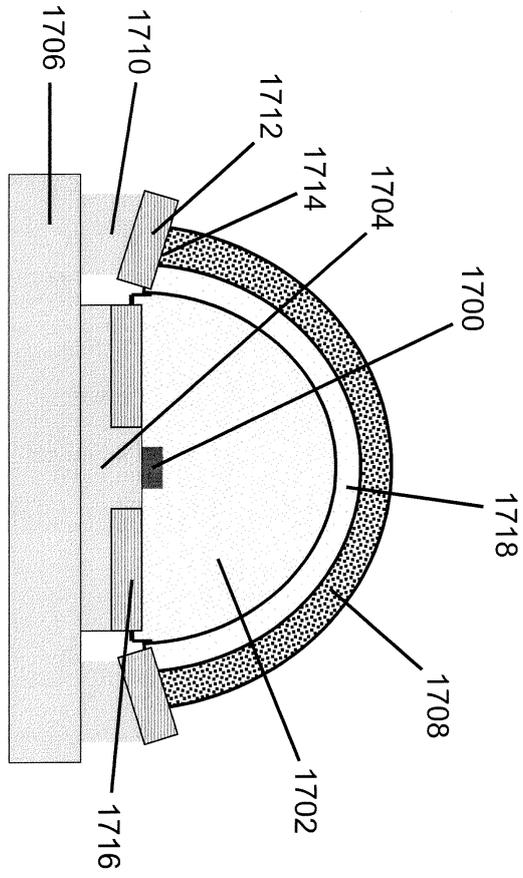
도면15



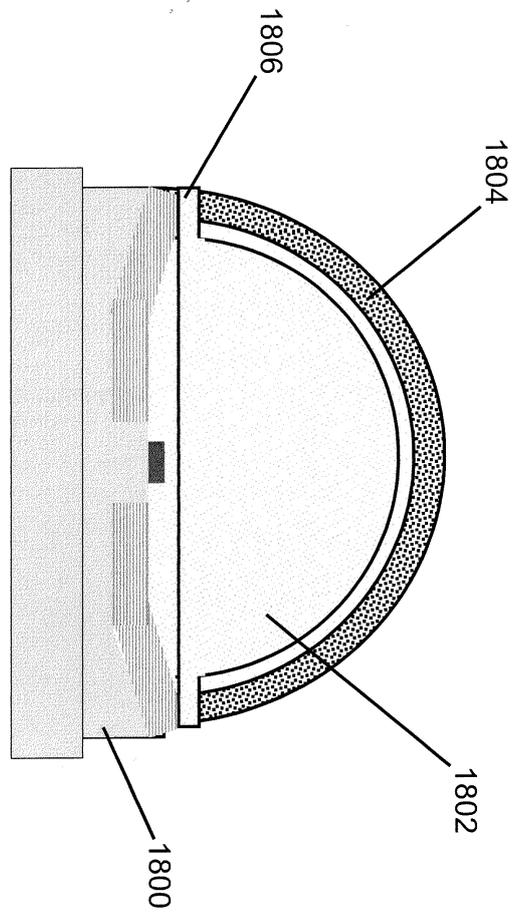
도면16



도면17



도면18



도면19

