



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0137358  
(43) 공개일자 2014년12월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F21V 5/04 (2006.01) F21S 2/00 (2006.01)  
G02F 1/13357 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-7025283  
(22) 출원일자(국제) 2013년03월05일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2014년09월05일  
(86) 국제출원번호 PCT/IB2013/000460  
(87) 국제공개번호 WO 2013/132313  
국제공개일자 2013년09월12일  
(30) 우선권주장  
61/606,710 2012년03월05일 미국(US)

(71) 출원인  
서울반도체 주식회사  
서울특별시 금천구 시흥대로153길 59 (가산동)  
(72) 발명자  
펠카, 데이빗 지  
미국 90045, 캘리포니아 로스앤젤레스 케니언 애  
브뉴 8351  
파킨, 윌리엄 에이  
(사망)  
(74) 대리인  
특허법인에이아이피

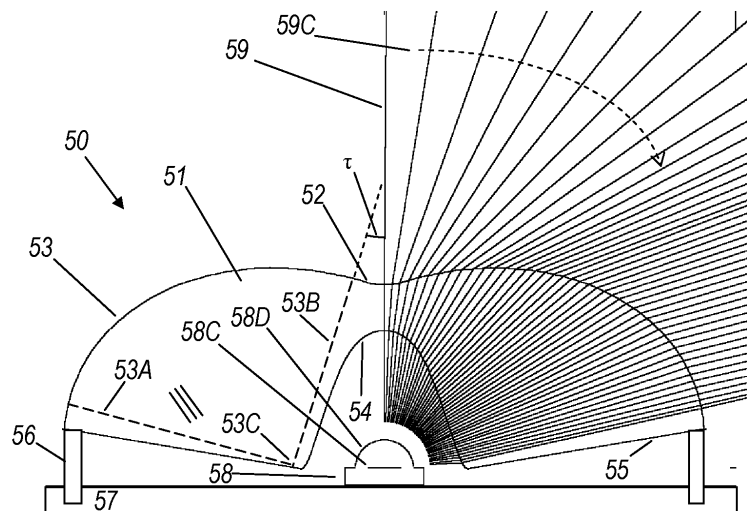
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 단초점 조명을 위한 조명 렌즈

(57) 요약

본 발명의 예시적인 실시예는 단초점 조명을 위한 광각 조명 패턴에 관한 것이다. 예시적인 실시예에 따른 조명 렌즈는 캐비티를 규정하고, 평평한 톱 및 횡방향 플랭크를 포함하고, 하부의 발광 요소로부터 광을 수광하도록 구성되는 광 입사면을 포함한다. 또한, 조명 렌즈는 중앙 만입부 및 둘러싸는 토로이드를 포함하는 광 출사면을 포함하고, 상기 평평한 톱은 중앙 만입부를 향한다.

대표도 - 도5



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

발광 디바이스로서,

발광 요소; 및

상기 발광 요소로부터 발광된 광을 제어하도록 구성되고, 상기 발광 요소로부터 발광된 광이 조명 렌즈로 진입하는 제1 표면을 포함하는 조명 렌즈를 포함하고,

상기 제1 표면은 상기 발광 디바이스의 기준축에 대하여 축대칭인 중앙 캐비티를 포함하고,

$R_1$ 은,  $\alpha_1 < 25^\circ$ 의 범위에서  $\alpha_1$ 이 증가할 때 단조 증가하고,

상기 기준축과 상기 발광 요소의 발광 표면의 교차점이 기준점이고, 상기  $R_1$ 은 상기 기준점과 상기 제1 표면 상의 임의의 점 사이의 거리이고, 상기  $\alpha_1$ 은 상기 기준축과, 상기 기준점 및 상기 제1 표면 상의 임의의 점을 통과하는 직선 사이의 각인, 발광 디바이스.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 조명 렌즈는, 상기 제1 표면에 입사하고 있는 광이 상기 조명 렌즈로부터 발광되는 제2 표면을 더 포함하고,

상기 제2 표면은 상기 기준축에 대하여 축대칭인 토로이드 부분(toroidal portion) 및 상기 토로이드 부분에 의해 둘러싸인 상기 제2 표면의 일부를 포함하는 중앙 만입부를 포함하고, 상기 중앙 만입부는 상기 기준축과 상기 제2 표면의 교차점을 포함하고, 상기 중앙 만입부는 발산 렌즈로서 작용하는, 발광 디바이스.

### 청구항 3

제2항에 있어서,

$\alpha_2$ 가  $\alpha_2 < 60^\circ$ 의 범위에서 증가할 때,  $R_2$ 는 단조 증가하고,

상기  $R_2$ 는 상기 기준점과 상기 제2 표면 상의 임의의 점 사이의 거리이고, 상기  $\alpha_2$ 는 상기 기준축과, 상기 기준점과 상기 제2 표면 상의 임의의 점을 통과하는 직선 사이의 각인, 발광 디바이스.

### 청구항 4

제3항에 있어서,

$$A_2 < 1/\sqrt{(n^2 - 1)} \text{ 이고,}$$

$n$ 은 상기 조명 렌즈를 형성하는 재료의 굴절율이고,

$$A_2 \equiv \Delta R_2 / (R_2 \Delta \alpha_2) \text{ 이고,}$$

$\Delta R_2$ 는  $R_2$ 의 증분이고,  $\Delta \alpha_2$ 는  $\alpha_2$ 의 증분인, 발광 디바이스.

### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제1 표면 중앙 캐비티는 평평한 톱(top)을 포함하고, 상기 평평한 톱은 상기 발광 요소의 연장 방향과 실질적으로 평행한, 발광 디바이스.

### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 조명 렌즈는 1.41과 1.65 사이의 굴절률을 갖는 투명 재료를 포함하는, 발광 디바이스.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 발광 요소는 발광 다이오드(LED)를 포함하는, 발광 디바이스.

#### 청구항 8

제2항에 있어서,

상기 제2 표면의 토로이드 부분의 원주 섹션의 바닥면은 각  $\tau$ 만큼 경사화되는, 발광 디바이스.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제2 표면의 토로이드 부분 상의 최대 배율의 점을 통해 상기 발광 요소의 발광 표면으로부터 그려진 선은 조명될 외부 표면의 중간점을 가리키는, 발광 디바이스.

#### 청구항 10

제8항에 있어서,

상기 조명 렌즈는 타원형이고, 상기 제2 표면의 토로이드 부분의 원주 섹션의 바닥면은 그 장축 및 단축을 따라 각  $\tau$ 만큼 경사화되는, 발광 디바이스.

#### 청구항 11

조명 렌즈로서,

캐비티를 규정하고, 평평한 톱 및 횡방향 플랭크(flang)를 포함하고, 하부의 발광 요소로부터 광을 수광하도록 구성되는 광 입사면; 및

중앙 만입부 및 둘러싸는 토로이드를 포함하는 광 출사면을 포함하고,

상기 평평한 톱은 상기 중앙 만입부를 향하는, 조명 렌즈.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 평평한 톱은 상기 광 입사면이 중앙점의 제1측 상의 제1 평평한 부분과, 상기 광 입사면의 중앙점의 제2측 상의 제2 평평한 부분을 포함하고,

상기 광 입사면의 중앙점은 상기 하부의 발광 요소 위에 직접 배치되도록 구성되는, 조명 렌즈.

#### 청구항 13

제12항에 있어서,

상기 중앙 만입부는 상기 중앙점을 향해 아래로 경사화되는 제1 경사부와 상기 중앙점으로부터 멀어지며 위로 경사화되는 제2 경사부를 포함하는, 조명 렌즈.

#### 청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제1 평평한 부분은 상기 제1 경사부를 향하고, 상기 제2 평평한 부분은 상기 제2 경사부를 향하는, 조명 렌즈.

#### 청구항 15

제14항에 있어서,

상기 광 입사면과 상기 광 출사면을 연결하는 바닥면을 더 포함하고,

상기 바닥면은 상기 광 입사면으로부터 상기 광 출사면으로 경사화된 프로파일을 갖는, 조명 렌즈.

#### 청구항 16

제15항에 있어서,

상기 조명 렌즈의 바닥면은, 상기 바닥면의 흡수도가 적어도 80%이도록 페인팅되는, 발광 디바이스.

#### 청구항 17

제16항에 있어서,

상기 조명 렌즈의 바닥면은 블랙 페인트로 페인팅되는, 발광 디바이스.

#### 청구항 18

제16항에 있어서,

상기 조명 렌즈의 페인팅된 바닥면은 Fresnel 반사를 흡수하도록 구성되는, 발광 디바이스.

#### 청구항 19

제15항에 있어서,

상기 조명 렌즈의 바닥면은, Fresnel 반사를 흡수하기 위하여 상기 바닥면의 흡수도가 적어도 90%이도록 페인팅되는, 발광 디바이스.

#### 청구항 20

제15항에 있어서,

발광 디바이스가 배치되는 인쇄 회로 보드(PCB)를 더 포함하고, 상기 PCB의 표면은, 상기 PCB의 표면의 흡수도가 적어도 80%이도록 페인팅되는, 발광 디바이스.

### 명세서

#### 기술 분야

[0001] 본 발명의 예시적인 실시예는 단초점 조명에 적합한 광각 조명 패턴 및 그 표면 프로파일을 생성하기 위한 일반적인 설계 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 발광 다이오드(LED)는 매우 작은(수 mm 거리) 존에서 광을 발생시킬 수 있으므로, 큰 타겟 존, 특히 LED로부터의 그 거리보다 훨씬 더 넓은 존에서 그 플럭스를 균등하게 확산시키는 것이 과제이다. 근접 타겟의 소위 단초점 조명은 먼 타겟을 목표로 하는 스포트 조명의 정반대이다. LED는 스스로 스포트라이트 빔을 생성할 수 없어 시준 렌즈를 필요로 할 수 있으므로, 이들 역시 광각 조명에 동등하게 부적합할 수 있어, 이 작업을 행할 조명 렌즈를 필요로 한다.

[0003] 단초점 조명의 주요한 예는 다이렉트-뷰 액정 디스플레이(LCD) TV를 위한 백라이트 유닛(BLU)을 위한 광학 렌즈이다. 여기에서, BLU의 전체 두께는 보통 26mm 이하이고, LED 사이의 내부 거리는 대략 200mm이다. LCD 백라이트는 그 광을 도파관으로 주입하는, 투명 도파관의 에지 둘레로 배열된 형광관으로 이루어질 수 있으며, 이는 균등한 방출에 의해 실제 백라이트를 수행한다. 형광관이 그 두께로 인해 백라이트 둘레 상에 있을 수 있지만, 발광 다이오드는 훨씬 더 작아서 LCD 디스플레이 바로 뒤에 위치될 수 있으나(소위 "다이렉트-뷰 백라이트"), 이들의 반점 속성(punctate nature)은 균등성을 더 어렵게 만들고, 지난 20년 동안 광범위한 종래 기술을 촉진시켰다. 하지만, 이러한 기술 중 전부가 초박(ultra-thin) 디스플레이에 적합하지는 않았다.

[0004] 거의 제한적인 중형비를 갖는 다른 현저한 어플리케이션은 리치-인(reach-in) 냉장고 캐비닛의 어플리케이션이

다. 소매 시장을 위한 상업용 냉장고 캐비닛은 도어 힌징 포스트 뒤에 설치된 조명 수단을 갖는 글래스 도어를 공통적으로 가지며, 이는 시장에서 멀리온이라 칭해진다. 최근까지, 냉온 조건이 그 광도 및 수명에 얼마나 악영향을 미치는지에 불구하고, 관형 형광 램프는 선반 조명의 유일한 수단이었다. 또한, 형광 램프는 캐비닛 선반 상에 매우 불균등한 조명 패턴을 생성할 수 있다. 하지만, 발광 다이오드는 냉온 조건에 호의적일 수 있고 형광관보다 훨씬 작으며, 이는 형광관이 할 수 있는 것보다 훨씬 더 균등한 패턴을 제공하기 위해 조명 렌즈가 채용되는 것을 허용한다. 형광관은 선반 위에만 방사하는 것 대신 모든 방향으로 방사하므로, 이들 광 중 상당량이 낭비된다. 하지만, 적절한 조명 렌즈로, LED는 훨씬 더 효율적일 수 있으며, LED의 양호한 효과에도 불구하고 형광관보다 낮은 전력 레벨을 허용한다.

[0005] LED 조명 렌즈는 얼마나 많은 LED가 사용되는가에 따라 3개 그룹으로 분류될 수 있다.

[0006] (1) 미국 특허 번호 7,273,299 및 7,731,395에 설명된 바와 같은 소형 근접 이격된 LED의 라인을 갖는 압출된 선형 렌즈.

[0007] (2) 원형 대칭 조명 렌즈.

[0008] (3) 미국 특허 번호 7,674,019에 설명된 바와 같은 직사각형 패턴을 갖는 자유형 조명 렌즈.

[0009] 앞의 2개의 접근법은 상당한 균등성을 달성하기 위해 다수의 LED를 필요로 하지만, LED의 최근 트렌드는 상당한 전력 절약을 허용하면서 더 적은 LED가 필요한 높은 광도를 생성하였다. 이것은 마지막 접근법의 이점이지만, 직사각형 패턴을 생성하는 자유형 렌즈는 코스틱(caustic)(코스틱은 상승된 조도의 현저한 작은 영역임)이 없는 그 중첩에 대한 충분한 형상 정밀도로, 주입 몰딩을 통해 생산하기가 어려운 것으로 밝혀졌다.

[0010] 또한, LED 플럭스 출력에서의 계속되는 해마다의 향상으로 인해 더 적은 LED가 필요할 때 종래 기술은 더욱 더 문제가 있다. 결국, 백라이트 두께는 실제로 내부 LED 간격에 관한 것이며, 전체 백라이트의 전체 폭에 관한 것이 아니다. 예를 들어, LED 간 4" 간격을 갖는 1" 두께 LCD 백라이트에서, 렌즈 작업은 상술한 냉장고 캐비닛에 비례해서 유사하다. 2.5 곱하기 5피트 냉장고 캐비닛에 비해 더 작은 LCD의 사이즈로 인해, 더 작은 발광 영역을 갖는 더 낮은 전력의 LED, 통상적으로 돔형 실리콘 렌즈를 갖지 않는 톱(Top)-LED 구성이 사용될 수 있다.

[0011] 이러한 문제를 다루기 위한 비특정 설계 방법이 미국 특허 출원 번호 2006/0138437 및 미국 특허 번호 7,348,723; 7,445,370; 7,621,657 및 7,798,679에서 발견될 수 있다. 하지만, 미국 특허 번호 7,798,679는 렌즈 프로파일의 일반적으로 모호한 설명만을 포함하고 있으며, 그 일반적 설명에 맞는 광대한 수의 상당히 상이한 형상을 구분하는 특정 방법은 포함하고 있지 않다.

[0012] 경험적으로, 조명 렌즈가 미숙한 주입 몰딩 또는 미묘한 설계 결함으로부터의 결과와 같은 작은 형상 에러도 용인하지 않을 수 있다는 것을 보여 주었다. 렌즈의 로컬 경사에서의 매우 작은 변화가 제품에서의 노력을 망치기에 충분한 매우 가시적인 조명 아티팩트로 귀결될 수 있다. 따라서, US 특허 번호 7,798,679에서와 같은 이러한 일반적인 설명은, 실제 사용에서는 충분하지 않을 수 있으며, 이는 가장 에러가 많고 성능이 나쁜 렌즈도 정밀하고 고성능의 렌즈와 정확히 마찬가지로의 것들을 충족하기 때문이다. 또한, 미국 특허 번호 7,798,679는 그 정밀한 상세사항이 현대 광학 제조에 매우 필요한 특징적이고 구분되는 형상 사양을 제공하지 않는다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0013] 여기에서 단초점 조명에 적합한 광각 조명 패턴을 생성하는 실시예가 개시된다. 또한, 그 표면 프로파일을 생성하기 위한 일반적인 설계 방법이 개시되며, 이는 논이미징 광학, 구체적으로 그 새로운 브랜치, 광축정 논이미징 광학에 기초한다. 이 분야는 광원, 이 경우에는 LED의 소정의 사이즈에 필요한 최소 사이즈 렌즈로서 규정된 장애로, 조명 패턴을 생성하는 장애에 따라 조명 패턴을 분석하고 분류하기 위해서, 새로운 방식으로 에탕듀(etendue)의 기본적인 논이미징 광학 아이디어를 적용한다.

### 과제의 해결 수단

[0014] 본 발명의 제1 목적은, 특히 소매 냉장 디스플레이와 가능한 가장 얇은 다이렉트-뷰 LCD 백라이트에서, 배열된 수치적으로 특정된 렌즈 구성이 근접 평면 타겟에 대해 균등한 조명을 제공할 것이라는 것을 개시하는 것이다.

[0015] 본 발명의 제2 목적은, 추가적이고 식별되지 않는 제2 광원으로서 함께 동작하는 Fresnel 반사로 인한 볼륨 산

란 및 산란으로 인해 야기되는 조명 패턴 왜곡에 대한 보상을 제공하는 것이다.

[0016] 상술한 일반적인 설명과 후술하는 상세한 설명 모두는 예시적이고 설명적인 것이며, 청구된 발명의 추가적인 설명을 제공하려는 것이 이해되어야 한다.

### 도면의 간단한 설명

[0017] 본 발명의 추가적인 이해를 제공하기 위해 포함되고 본 명세서에 통합되고 그 일부를 이루는 첨부 도면은 본 발명의 실시예를 설명하고, 설명과 함께 본 발명의 원리를 설명하는 역할을 한다.

도 1은 원형 패턴에 의해 조명되는 직사각형 도어를 나타내는 도면.

도 2는 개별 조명 패턴의 그래프를 나타내는 도면.

도 3은 경사각을 갖는, 도 1의 도어의 단면도를 나타내는 도면.

도 4는 필요한 소스 배열의 그래프를 나타내는 도면.

도 5는 조명 렌즈 및 LED의 단면을 나타내는 도면.

도 6a 내지 6f는 타겟으로부터의 소스-이미지선을 나타내는 도면.

도 7은 직사각형 도어가 4 LED에 의해서만 어떻게 조명되는지를 나타내는 도면.

도 8은 추가적인 조명 렌즈 및 LED의 단면을 나타내는 도면.

도 9는 볼륨 산란의 수학적 설명을 나타내는 도면.

도 10은 조명 패턴의 그래프.

도 11은 프로파일 생성의 2D 소스-이미지 방법을 설정하는 도면.

도 12는 도 11에 따른 프로파일 생성의 방법을 나타내는 도면.

도 13의 (a) 및 13의 (b)는 프로파일 생성의 3D 소스-이미지 방법을 나타내는 도면.

도 14는 규정선(defining ray)을 갖는 평면-볼록 렌즈-중앙을 나타내는 도면.

도 15는 규정선을 갖는 오목-오목 렌즈-중앙을 나타내는 도면.

도 16은 규정선을 갖는 오목-평면 렌즈-중앙을 나타내는 도면.

도 17은 도 14의 렌즈-중앙으로부터 만들어진 완전한 렌즈를 나타내는 도면.

도 18은 도 15의 렌즈-중앙으로부터 만들어진 완전한 렌즈를 나타내는 도면.

도 19는 도 16의 렌즈-중앙으로부터 만들어진 완전한 렌즈를 나타내는 도면.

도 20은 도 19에 따른 단초점 조명 렌즈를 나타내는 도면.

도 21은 도 20의 단초점 조명 렌즈의 특징의 상세한 뷰를 나타내는 도면.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 발명은, 본 발명의 실시예가 나타내어진 첨부 도면을 참조하여 이하 더욱 충분하게 설명된다. 하지만, 본 발명은 다수의 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 여기에 개시된 실시예에 한정되는 것으로 해석되어서는 안된다. 오히려, 본 실시예가 제공되어, 본 발명이 완전하고, 본 기술분야의 당업자에게 본 발명의 범위를 충분히 전달할 것이다. 도면에서, 층 및 영역의 사이즈 및 상대적인 사이즈는 명료성을 위해 과장될 수 있다. 도면에서 동일한 참조 부호는 동일한 요소를 나타낸다.

[0019] 요소 또는 층이 다른 요소 또는 층 "상(on)"에 있거나 이에 "접속"되는 것으로 표기될 때, 그것은 다른 요소 또는 층 상에 직접 있거나 직접 접속될 수 있거나, 개재 요소 또는 층이 존재할 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 반대로, 요소가 다른 요소 또는 층 "상에 직접" 있거나 "직접 접속"되는 것으로 표기될 때에는 개재 요소 또는 층은 존재하지 않는다. 본 발명의 목적을 위해, "X, Y 및 Z 중 적어도 하나"는 X만, Y만, Z만 또는 X, Y 및 Z의 2개 이상의 항목의 임의의 조합(예를 들어, XYZ, XYY, YZ, ZZ)으로 해석될 수 있다는 것이 이해될 것이다.



- [0020] "아래에(beneath)", "하부에(below)" "더 아래에(lower)", "위에(above)", "상부에(upper)" 등과 같은 공간 관련 용어는 여기에서 도면에서 나타내어진 다른 요소(들) 또는 특징부(들)에 대한 하나의 요소 또는 특징부의 관계를 설명하기 위해 설명의 용이함을 위해 사용될 수 있다. 공간 관련 용어는 도면에서 도시된 방향에 추가하여 사용 또는 동작 중인 디바이스의 상이한 방향을 포함하려는 것임이 이해될 것이다. 예를 들어, 도면에서, 디바이스가 뒤집힌다면, 다른 요소 또는 특징부의 "하부에" 또는 "아래에"에 있는 것으로 설명된 요소는 다른 요소 또는 특징부의 "위에" 배향될 것이다. 따라서, 예시적인 용어인 "하부에"는 위 및 아래의 양쪽 방향을 포함할 수 있다. 디바이스는 다르게 배향될 수 있으며(90도 또는 다른 방향으로 회전), 여기에 사용되는 공간적으로 상대적인 설명자는 그에 따라 해석된다.
- [0021] 소매 판매를 위한 상업용 냉장고 디스플레이 캐비닛은 통상적으로 3" 내지 8"인, 멀리온으로부터 선반의 전방까지의 거리 범위를 가지며, 공간이 더 작으면, 가게 주인이 그 리치-인 냉장고 캐비닛으로 더 많은 물건을 집어 넣고자 하기 때문에 더욱 중시되고 있다. 형광관은 이러한 더욱 밀집된 공간으로 인한 큰 어려움을 가지며, LED 조명 기술의 수용의 가속화로 귀결된다. 형광관이 현재 LED에 상당하는 효과를 가진다고 해도, 그 큰 사이즈와 전방향 발광이 그 효율을 방해하므로, 중간-선반 영역을 적절하게 조명하는 것을 곤란하게 한다. 초기의 리치-인 냉장고 LED 조명자는 다수의 로우-플럭스(low-flux) LED를 이용했지만, 광도의 계속된 발전은 훨씬 더 적은 LED가 동일 조도를 생성하기 위해 사용되는 것을 가능하게 하였다. 이것은, LED의 사이즈에 비해 최소의 가능한 사이즈를 또한 가지면서 배열되었을 때 균등성으로 요약될 조명 렌즈를 갖는 것에 대한 이점을 둔다.
- [0022] 도 1은 그 반대측으로 도시되지 않은 다른 도어를 갖는 30" 폭 및 60" 높이의 통상적인 냉장고 도어를 나타내는 직사각형 아웃라인(10)을 나타낸다. 점선의 직사각형(11)은, 그 뒤에 통상적으로 조명되는 선반의 전방으로부터 3-6"로 선반 조명이 설치된 멀리온을 나타낸다. 이것은 중앙 라인(12)으로부터 나타내어진 선반 중앙에 대한 거리보다 훨씬 더 근접하다. 12개의 조명자(각 측에 6개)가 있으며, 이들 중 4개가 소형 원(1)으로 나타내어진다. 각각의 조명자는 실선 원(2)에 의해 나타내어진 링에서 피크를 갖고 점선 원(3) 상에서 그 에지를 갖는 조명된 원을 생성한다. 여기에서, 원(2)은 선반 폭의 1/4 또는 중앙 라인(12)까지의 거리의 반의 반경을 갖는다. 조도가 제로로 떨어진 원(3)은 반대측 멀리온으로부터 원(2)을 충족시키기 위해 사이징된다.
- [0023] 도 2는 상술한 도 1과 동일하게 수평으로 스케일링된 횡좌표(21)를 갖는 그래프(20)를 나타낸다. 종좌표(22)는 0 내지 1로 스케일링되고, 멀리온 아래의 조명자에 의해 선반 상에서 생성되는, 곡선(23)에 의해 그래프로 나타내어진 이상적인 조도  $I(x)$ 를 나타낸다. 조도 함수는  $x_m$ 의 반경을 갖는 원(2) 상에서 최대인 것에 대해 상대적인 것이다. 조도는 반경  $x_E$ 에서 제로로 떨어진다. 이러한 서서히 떨어지는 조도는 도어의 반대측 상의 조명자 중 서서히 올라가는 하나와 페어링되어, 2개 패턴이 도 1의 라인(4)을 따른 일정한 조도로 합쳐진다.
- [0024] 실제의 주입-몰딩된 플라스틱 렌즈는 그 재료 내에서 볼륨 산란을 나타낼 것이고, 렌즈 자체를 전송자보다는 발광자로 만들 것이다. 이렇게 볼륨 산란된 광은 렌즈 바로 위에서 가장 강할 것이다. 도 2에서 3/4 레벨에 있는 것으로 나타내어진 패턴(23)의 중앙 딥(dip)은 이러한 여분의 볼륨-산란된 광을 보상하여, (직접 더해져 산란된) 전체 패턴이 원(2) 내에서 평평하게 된다. 이러한 효과는 후술하는 더 큰 렌즈로 더욱 현저해질 것이다.
- [0025] 서서히 떨어지는 패턴의 이러한 유형의 다른 이점은, 중앙 라인(12) 상의 임의의 점이 각 멀리온 상의 몇개의 조명자에 의해 조명되어, 양호한 균등성을 보장한다는 것이다. 점선의 곡선(24)은 LED 단독의 조명 패턴을 나타낸다. 이것은 균등성은 물론이고 만족스러운 조명으로 명확하게 합할 수 없으므로, 조명 렌즈가 이러한 광을 적절히 확산시킬 필요가 있다.
- [0026] 도 3은 도 1의 것과 동일한 선반-전방 직사각형(30)의 단면을 나타낸다. 조명자는 소형 직사각형(31)에 의해 나타낸 바와 같이 위치된다. 본 발명의 계획은  $z_T=4"$ 의 거리에 있는 이 같은 경우처럼, 선반으로부터 매우 근접한 곳으로부터의 조명의 어려움을 다룬다. 도 3은 조명자(31)의 패턴이 제로 조도에 도달한, 중앙 라인(33) 및 에지-라인(34)에 대하여 각각 거리  $x_m=15"$  및  $x_E=22.5"$ 를 나타낸다. 이러한 거리는 아래로 나타내어지는 노멀로부터 오프-축(off-axis) 각에 대응한다.
- [0027] 
$$\gamma_m = \tan^{-1}(x_m / z_T) = \tan^{-1}(15/4) = 75^\circ$$
- [0028] 
$$\gamma_E = \tan^{-1}(x_E / z_T) = \tan^{-1}(22.5/4) = 80^\circ$$
- [0029] 이러한 대형 경사각은 렌즈 설계에서 렌즈에 의해 소스의 상당한 횡방향 확대를 요구하게 한다. 반대로, 낮은

경사각에서는, 렌즈는 축소되어야 한다.

[0030] 이러한 확대와 축소의 개념은 에탕듀 고려를 통해 더욱 명확하게 될 수 있다. 소스-에탕듀는 굴절률  $n=1.45$ 의 돔에 침지된, 영역  $A_s=2.1\text{mm}^2$ 의 칩의 이하와 같다:

$$[0031] \quad E_s = \pi n^2 A_s \sin^2 \theta = 14 \text{ mm}^2$$

[0032] 여기에서,  $\theta$ 는, LED가 매우 양호한 근사체인 Lambertian 소스에 대해  $90^\circ$ 이다.

[0033] 조명 렌즈는 칩보다 훨씬 더 큰 타겟에 대하여 이러한 에탕듀를 기본적으로 재분배한다. 도 2의 조명 패턴의 경우에, 타겟 에탕듀는 도 2의 비교 조명 함수(23)에 의해 가중화된, 도 1의  $45^\circ$  조명 원의 영역  $A_T$ 에 관한 것이다. 실제 조명 패턴이 이러한 단순 모델은 조도  $I_0$ 에 대한 중앙 값,  $x=x_M$ 에서 1로의 상승, 및  $x=x_E$ 에서 제로로의 선형 하락을 갖는다. 이것은 수학적으로 이하와 같이 표현된다.

$$[0034] \quad I(x) = I_0 + x(1 - I_0)/x_M \quad x \leq x_M$$

$$[0035] \quad I(x) = (x_E - x)/(x_E - x_M) \quad x_M \leq x \leq x_E$$

[0036] 그리고, 타겟 에탕듀는 용이하게 풀이된 적분에 의해 이하와 같이 주어진다:

$$[0037] \quad E_T = \pi \sin^2 \theta_T \int_0^{x_E} 2\pi I(x) dx = 2\pi^2 \sin^2 \theta_T \left( \left[ \frac{I_0 x^2}{2} + \frac{(1 - I_0)x^3}{3x_M} \right]_0^{x_M} + \left[ \frac{x_E}{2(x_E - x_M)} x^2 - \frac{x^3}{3(x_E - x_M)} \right]_{x_M}^{x_E} \right)$$

$$[0038] \quad E_T = \sin^2 \theta_T 1.47 \quad \text{제곱 미터}$$

[0039] 여기에서,  $\theta_T$ 는 소스와 동일한 에탕듀를 갖는 협각 시준 빔의 반각이므로,

$$[0040] \quad \sin^2 \theta_T \sim 1E-5 \quad \theta_T = \pm 0.18^\circ$$

[0041] 렌즈의 중앙에서, 이것은  $3/4$ 만큼  $\pm 0.13^\circ$ 로 감소된다. 이것은 도 3에 나타내어진 거리  $z_T$ 에서, 선반 상의 소스 위에서 직접 보았을 때 소스 단독의 각 대변과 대조된다:

$$[0042] \quad \tan^2 \theta_s = n^2 A_C / 4z_T^2 \quad \theta_s = \pm 0.61^\circ$$

[0043] 따라서, 렌즈의 중앙 축소는 1:4.5가 될 필요가 있으며, 음의 초점 길이를 갖는 확장자로서 기능하기 위해 렌즈의 중앙 부분은 오목이라는 것을 디테일링한다. 이것은 매우 굴곡진 내부 표면을 갖는 평정(flat-topped) 외부 표면 또는 매우 굴곡진 외부 표면을 갖는 평정 내부 표면에 의해 경계화된 오목부의 연속체 상에서 달성될 수 있다. 도 5의 구성은 이러한 한계 사이에 있다.

[0044] 도 3에 나타낸 바와 같이, 고경사각  $\gamma$ 는, 균등한 조명을 달성하기 위해 렌즈에 의해 만들어진 소스 이미지는  $1/\cos \gamma$ 의 팩터에 의해 수직 입사에 대한 것보다 대응되게 더 커야만 한다는 것을 의미한다. 소스 자체는  $\cos \gamma$ 의 경사 팩터에 의해 단축될 뿐만 아니라,  $\cos^2 \gamma$ 의 추가 팩터에 의해 더 멀리서 볼 때 더 작게 보일 것이다. 따라서, 필요한 렌즈 배율은 이하와 같다.

$$[0045] \quad M(\gamma) = \frac{1}{4.5 \cos^4 \gamma}$$

[0046] 이하에 의해 주어지는 오프-축 각에서  $1/4$  온-축에서 1로 배율이 증가한다는 것에 유의해야 한다.

$$[0047] \quad \gamma(M) = \cos^{-1} \sqrt[4]{\frac{1}{4.5M}} \quad \gamma(1) = 47^\circ$$

[0048] 이러한 작은 코사인-큐브드(cosine-cubed) 팩터에 의해 조도를 희석화하여, 외부로 광이 더 많이 투사되어야 할



수록, 렌즈 출력이 더욱 강해야 한다. LED 소스가 그 자체의 코사인 하락을 가진다는 것을 고려하면, 필요한 전체 소스 배율은 잘 알려진  $\cos^{-4}$  팩터이며, 각각 75° 에서 223에, 80° 에서 1100에 달한다. 이러한 유해한 팩터는 그에 따라 감소되므로, 여기에 도 2의 조명 패턴의 하락의 이점이 있다.

[0049] 도 4는 오프-축 각  $\gamma$ 에서 0 내지 80° 에 이르는 황좌표(41)와 균등 조명에 필요한 소스 배율  $M(\gamma)$ 을 나타내는 황좌표(42)를 갖는 그래프(40)를 나타낸다. 단위 배율은 렌즈가 없을 때와 동일 사이즈의 소스 이미지로서 규정된다. 이러한 배율이 의미하는 것은, 본 발명의 조명 렌즈가, 어떠한 렌즈도 없는 Lambertian LED 소스보다 훨씬 더 큰, 선반으로부터 본 빛나는 소스의 이미지를 생성해야만 한다는 것이다. 4" 선반-거리를 균등 조명하기 위해, 곡선(43)은 필요한 배율이 77.5° 에서 피크인 것을 나타내며, 하위 곡선(44)은 71° 에서 피크인, 6" 선반 거리의 훨씬 용이한 경우에 대한 것이다. 이러한 필요한 이미지-사이즈 재분배는 본 발명의 구성에 대한 이유이다.

[0050] 도 5는 그 프로파일로서 아크(52)를 갖는 중앙 구형 덩이를 포함하고, 그 프로파일로서 타원형 아크(53)를 갖는 둘러싸는 토로이드(toroid)를 갖는 상부 표면에 의해 경계화되고, 또한 종형(bell-shaped) 프로파일(54)을 갖는 중앙 캐비티를 포함하고 직선 프로파일(55)과 회로 보드(57)로 향하는 페그(peg)(56)로 상부 표면과 연결되는 광학적으로 비활성인 원주로 이를 둘러싸는 하부 표면에 의해 경계화되는 조명 렌즈(51)를 포함하는 조명자(50)의 단면이다. 조명자(50)는 투명 반구 돔(58D)에 침지된 발광 칩(58C)을 갖는 LED 패키지(58)를 더 포함한다. '토로이드'이라는 용어는 제로 틸트각의 경우를 단독으로 포함하는 통상적인 용어인 '토러스(torus)'와 구분된다. 냉장고 캐비닛 선반-전방의 매우 경사진 조명 설정은 토러스를 틸팅하는 것을 매우 당연하게도 포함하므로, 타원형 아크의 렌징 효과는 선반의 중앙을 향한다.

[0051] 도 5의 아크(52)는 이 경우에는 17° 인 틸트각  $\tau$ 로 연장하며, 그 중요성은, 타원형 아크(52)의 장축(52A)의 틸트각이라는 것이다. 그 단축(52B)은 아크(51)의 에지에서 반경으로 정렬되어, 동등한 표면 접촉을 갖는 프로파일-정렬을 보장한다. 상이한 선반 거리에 대해 의도된, 조명 렌즈(51)의 특정 외부 표면을 규정하는 3개의 자유 파라미터가 존재한다. 첫번째는 조명 렌즈(51)의 중앙 부분에 의해 축소량을 제어하는 아크(52)의 반경이다. 두번째는, 즉 도 1의 선반 중앙을 향한 타원형 아크(53)의 방향을 규정하는 틸트각  $\tau$ 이다. 상부 표면의 세번째 자유 파라미터는 상술한 소스 배율을 규정하는, 이 경우에는 1.3:1인 단축(53B)에 대한 장축(53A)의 비이다. 레이 팬(ray-fan)(59)은 오프-축 각의 2° 간격에서의 중앙 광선(즉, 칩(58C)의 중앙으로부터 유래)을 포함한다. 점선 아크(59C)에 의해 표기된 중앙의 10개 광선은 렌즈(51)의 중앙의 발산 특성을 나타내며, 이는 균등 조명을 위해 필요한 중앙 축소를 제공한다. 나머지 광선은 수평에 대해 가파른 각도로 모두 보내어지며, 이는 도 4의 황의 소스 배율을 제공한다.

[0052] LED(58)를 둘러싸는 중앙 캐비티는  $Z_v$ 에서 정점, 곡률  $r_c$ 의 정점 반경, 4<sup>th</sup>-차 계수  $d$  및 6<sup>th</sup>-차 계수  $e$ 를 갖는 파라볼라(즉, -1의 원주 상수)에 대한 표준 비구면 공식에 의해 규정되는 종형 프로파일(54)을 갖는다:

[0053] 
$$z(x) = z_v + x/r_c + dx^4 + ex^6$$

[0054] 프로파일(54)이 아크 상방이 아닌 하방이 되기 위해, 곡률  $r_c$ 의 반경은 음이다. 비구면 계수는 종(bell)의 바닥에서 상방 컬(curl)을 제공하여, 조명 패턴을 절단하는 것을 돕는다. 캐비티 입구 직경이 6.45mm로 설정되는, 도 5의 특히 바람직한 실시예는 이하에 의해 규정된다:

[0055] 
$$z_v = 6 \text{ mm} \quad r_c = -1.69 \text{ mm} \quad d = -0.05215 \quad e = 0.003034$$

[0056] 이러한 프로파일은 다른 선반 거리를 조명하는 바람직한 실시예에 대하여 적절한 것이 되기 위해 약간의 수정만을 필요로 한다.

[0057] 도 6a 내지 6f는 조명 렌즈(60) 및 LED 칩(61)을 나타낸다. 도 6a에서, 광선(62)은 렌즈로부터 황으로 표기된  $x$  좌표 0, 2" 및 4"에서 선반 상의 포인트로부터 나온다. 각각의 다발은 소스 이미지의 규정인, 칩(61)의 에지에서 그 광선이 종료하기에 충분할 만큼 넓다. 각각의 다발은 상술한 축소에 따라 칩(61)이 그 자체로 나타나는 것보다 더 좁다. 광선(62)에 의해 횡단되는 렌즈(60)의 중앙부는 상술한 바와 같이 오목하고 발산하는 렌즈인 것으로 보일 수 있다.

[0058] 도 6b는 도 2의 조명 패턴의 거리  $x_M$ 으로부터 최대까지 진행하는 광선 다발(63)을 나타낸다. 이는 도 6a의 것의 폭의 2배이다.

- [0059] 도 6c는 도 2에 나타난 바와 같이, 거리  $x_m$ 으로부터 선반의 중간까지 진행되는 광선 다발(64)을 나타낸다.
- [0060] 도 6d는 18"에서 중간 선반 너머로부터 진행되는 광선 다발(65)을 나타낸다.
- [0061] 도 6e는 20"에서 중간 선반 너머로부터 진행되는 광선 다발(66)을 나타내고, 렌즈를 거의 채운다. 이것이 이런 사이즈의 렌즈가 다룰 수 있는 최대 소스 배율이다.
- [0062] 도 6f는  $x_E=22"$ 에서 조명 패턴의 에지로부터 진행되는 광선 다발(67)을 나타낸다. 이러한 광선은 칩(61)을 벗어나고, 그 곳에 속하는 광이 없을 것이라는 것을 나타내고, 이는 패턴 컷오프에 의해 요구된다는 것에 유의해야 한다.
- [0063] 도 6a 내지 6f의 진행은, 이하 설명할 바와 같이, 중앙에서 시작해서 외부 작용하는, 렌즈의 상부 및 하부 표면 프로파일의 수치적인 발생에 대한 기본이다. 이러한 방법의 결과는 때로는 도 5의 기하 구조에 의해 가깝게 근사화될 수 있다.
- [0064] 도 5의 조명 렌즈는 본 기술분야의 당업자에 의해 정확하게 반복가능한 형태를 갖는 타원형 및 비구면-파라볼릭 표면을 갖는다. 도 2의 조명 패턴에서, 최대값의 3/4로의 중앙 함몰은 각 측에 6개 렌즈를 갖는, 도 1의 렌즈 어레이로 동작하는 것으로 경험적으로 발견되었다. 이러한 렌즈는 종래 기술의 12개 이상보다는 6개의 LED만을 사용가능하게 하는 첫번째의 상업적으로 이용가능한 설계이다. 하지만, 더욱 최근에는, 도 7에 나타난 바와 같이, 도어 당 2개만을 요구하는 보다 높은 전력의 LED가 이용가능하게 되었다.
- [0065] 도 7은, 다른 측에 미도시된 다른 도어를 갖는, 30" 폭 및 60" 높이인 통상적인 냉장고 도어를 나타내는 직사각형 아웃라인(70)을 나타낸다. 점선의 직사각형(71)은 조명을 받는 선반의 전방으로부터 통상적으로 3 내지 6"에서, 그 뒤에 선반 조명이 설치되는 멀리온을 나타낸다. 이것은 중앙 라인(72)에 의해 나타내어지는 선반 중앙에 대한 거리보다 훨씬 더 가깝다. 소형 원(73)으로 나타내어진 4개의 조명자(각 측에 2개)가 있다. 각 조명자는 실선 원(74)에 의해 나타내어지는 링 상에 그 피크와 점선 원(75) 상의 그 에지를 갖는 조명되는 원을 생성한다. 여기에서, 원(74)은 선반 폭의 대략 1/5 또는 중앙 라인(72)으로의 거리의 1/3의 반경을 갖는다. 조도가 제로로 떨어지는 원(75)은 선반을 횡단하여 거의 끝까지 도달하도록 사이징된다. 도 1에서와 같이, 각 패턴은 중앙 라인(72)에서 1/2의 값을 가지므로, 2개의 렌즈가 1로 합쳐진다. 또한, 선반 중앙 포인트(76)에서 4개 패턴이 중첩하여, 이 거리에서 각 패턴은 1/4의 값을 가져야만 하며, 그에 따라 1로 합쳐진다. 이러한 동일 구성이 단지 더 작은 스케일 상에서 정방향 배열 LED를 포함하는 LCD 백라이트에 대해 적용가능하다. 이러한 정밀하게 구성된 조명 렌즈의 배열은 LCD 백라이트에 대해 만족스러운 균등성을 생성할 수 있다.
- [0066] 도 7의 배열에서 사용된 LED는 도 1에 대해 사용된 것의 3배만큼 강력해야 한다. 이러한 더 강력한 플럭스는 3배로 강화된 산란광의, 도 1에 대하여 충분할 수 있는 더 작은 렌즈에 비해 도 7에 대하여 사용되는 렌즈의 더 큰 사이즈에 의해 더욱 강화된 원하지 않는 결과를 갖는다. 도 2의 조명 패턴은 렌즈의 근접 이격에 대해 보상하기 위해 중앙 딥을 갖는다. 하지만, 산란이 상당한 경우, 산란광은 렌즈 부근의 모든 조명을 제공하기에 충분히 강할 수 있다. 결과는, 도 2에 나타난 조명 패턴이 온-축에서 거의 제로 강도를 갖는다는 것이다. 결과적인 렌즈는 이전에 보여지지 않았던 특징을 갖는다: 한쪽 또는 양쪽 표면이 축 상에서 직접 광을 남기지 않는 중앙 커스프(cusp)를 가지며, 산란광에 대하여 보상하기 위하여 패턴에 대해 어두운 중앙으로 귀결된다.
- [0067] 도 8은 그 프로파일로서 맞춤형된 아크(83)를 갖는 둘러싸는 토로이드에 의해 형성되는 중앙 커스프(82)를 포함하는 상부 표면에 의해 경계화되는 원형 대칭 조명 렌즈(81)를 포함하는 조명자(80)의 단면이다. 렌즈(81)는 또한 바람직하게는 그 끝에서 피크인 맞춤형된 프로파일(84)을 갖는 중앙 캐비티를 포함하고, 직선 프로파일(85)과 회로 보드(87)로 향하는 페그(86)를 갖는, 상부 표면과 연결되는 광학적으로 비활성인 원추로 이를 둘러싸는 하부 표면에 의해 경계화된다. 조명자(80)는 투명 반구 돔(88D)에 침지된 발광 칩(88C)을 갖는 중앙에 위치된 LED 패키지(88)를 추가로 포함한다.
- [0068] 도 8의 광학적으로 활성인 프로파일(83, 84)은 도 2의 것과 유사한 조명 패턴으로부터 이를 생성하지만, 온-축 출력이 거의 없거나 없는 특징의 수치적인 방법으로 인해 맞춤형된다고 칭해진다. 이에 대한 이유는, 상술한 바와 같이 렌즈로부터 실제 산란을 보상하기 위한 것이다. 프로파일(83, 84)은 단지 돔(83D)을 통해 칩(83C)으로부터 직접 광이 전파하는 것을 제어하므로, 그 뒤에 최종 방향으로 굴절되어 필요한 조명 패턴의 달성을 보장한다. 이러한 직접 패턴은 간접 광의 산란 패턴에 더해질 것이고, 그에 따라 우선 결정될 필요가 있다.
- [0069] 도 9는 명료성을 위해 그 다른 항목들이 생략된, 도 8의 렌즈(81)와 동일한 조명 렌즈(91)를 나타낸다. LED 칩(98C)의 좌측 에지, 중앙 및 우측 에지로부터 각각 방출되는, 좌측 광선(일점 쇄선 라인), 중앙 광선(실선), 우

측 광선(점선)을 포함하는 광선 다발(92)이 LED 칩(98C)으로부터 방출된다. 렌즈(91) 내의 어느 곳에서도, 이러한 광선은 칩(98C)의 분명한 사이즈를 규정하며, 그에 따라 얼마나 많은 광이 특정 포인트를 통과하는지를 규정한다. 이러한 포인트로부터 산란된 임의의 광은 광을 전파시키는 것의 고정된 부분일 것이다. LED에 근접할수록 더 많은 광이 임의의 포인트에 존재하고, 더 많은 양이 산란된다. 이러한 산란은 렌즈에게, 직접 보았을 때 LED 자체의 밝기와는 별도로 그 자체의 글로우를 부여한다.

[0070] 엄밀히 말하자면, 명료성을 위해 확대된, 도 9의 극소 큐브(93)로서 나타낸 바와 같이, 산란은 포인트에서가 아니라 소형 테스트 볼륨에서 발생한다. 이는 광선 다발(92)의 전파 방향을 따라 배향된다. 이는 면적  $dA$  및 전파 길이  $dL$ 의 단면(93A)을 가져, 그 볼륨은 단순히  $dV=dLdA$ 이다. 큐브(93) 내에서, 이제 스위칭된 측인 좌측, 중앙 및 우측 광선 다발(92)이 보일 수 있다. 우측 및 좌측 광선은 입체각  $\Omega$ 를 규정하고, 렌즈(91) 내의 큐브(93)로부터 본 LED 칩(98C)의 명백한 각 사이즈를 나타낸다. 이러한 입체각이 클수록 더 많은 광이 큐브(93)를 통과할 것이다. LED 칩(98C)은 제곱 미터 당 수백만 칸델라로 규정되는 휘도  $L$ 을 갖는다. 이것은, 광선 다발(92)이 렌즈(91)로 진입할 때, Fresnel 반사로 야기된 1 미만의 투과율  $\tau$ 로 인해 감소된다. 큐브(93)로 진입할 때 광선 다발(92)은 단순히  $I=\tau LdA$ 로 주어지는 강도  $I$ 를 갖는다. 큐브(93)를 통과하는 전체 플럭스  $F$ 는 다시 단순히  $F=I\Omega$ 로 주어진다.

[0071] 볼륨 산란은 흡수와 유사하게 전파의 단위 길이 당 이러한 강도  $I$ 의 고정된 부분을 제거한다.

[0072] 
$$I(\ell) = I(0)e^{-k\ell}$$

[0073] 양쪽은 Beer의 법칙에 의해 설명된다:

[0074] 여기에서,  $I(0)$ 는 원래 강도이고,  $I(1)$ 은 거리 1에 의한 전파 후에 남은 것이며, 산란 계수  $k$ 는 길이의 역차원을 갖는다. 이는 도 9의 경로 1을 따라 렌즈를 통해 보았을 때 칩 휘도 내의 손실을 측정함으로써 용이하게 결정될 수 있다.

[0075] 도 9의 큐브(93)로 돌아가서, 진입 강도  $I$ 는 소량인  $dI = e^{-k} d\ell$  만큼 감소된다. 이것은  $F$ 로부터 감소되는 플럭스 감소  $dF=dI\Omega$ 로 귀결된다. 그러면, 단위 볼륨 당 발광은  $dF/dV$ 이다. 렌즈(91)의 전체 광학적 활성 볼륨에 대해 이를 적분하면 전체 산란광이 된다. 도 9는 관찰자(94)가, 직접 광선(97)이 산란 포인트(96)를 발생시키는 시선(95)을 따라 응시하고, LED를 둘러싸는 2차 광원으로서 작용하는 렌즈 글로우로 합하는 것을 추가로 나타낸다.

[0076] 이러한 산란 현상은 통상적으로 불리하게 기생하고, 광학 성능을 감소시키는 것으로만 작용하는 것으로 고려된다. 하지만, 이에 대해 일부 볼륨 산란은 유익할 것이라는 새로운 양태가 있다. 이것은 현재의 고휘도 LED의 미묘한 결함에서 발생하며, 즉 모든 방향에서 동일 컬러를 전달하지 않는 것이다. 더욱 구체적으로, 수백 루멘 출력을 갖는 다수의 상용 LED는 정면보다 옆에서 보았을 때 훨씬 더 노란색으로 보인다. 이것은, 블루 칩으로부터의 광에 의해 점유된, 형광체를 통한 더 긴 경로 때문이다.

[0077] 두꺼운 형광체는 모든 방향에서 균등한 백색도 또는 컬러 온도를 가지지만, 블루 칩의 면적보다 훨씬 더 큰 면적으로부터 발광되는 백색광으로 인해 휘도를 감소시킨다. 하지만, 등각 코팅이 발광자를 확장시키는 것을 회피하기 위해 정밀하게 얇지만, 그에 따라 두꺼운 형광체보다 훨씬 적게 광을 산란시킬 것이고, 따라서 훨씬 적은 컬러 혼합을 할 것이다. 그 결과, 모든 방향의 평균에 비해, 측방향 광은 훨씬 더 노랑고(2000도 컬러 온도) 정면 광은 훨씬 더 파랗다(7000도). 보다 높은 루멘 출력의 이러한 불행한 측면-효과의 결과, 여기에 개시된 렌즈는 횡방향 조명의 뚜렷한 황화를 나타내고, 수직 조명의 뚜렷한 청화를 나타낼 것이다.

[0078] 이러한 내재된 컬러 결함에 대한 해결책은 렌즈 재료에서 소량의 블루 염료를 사용하는 것이다. 옐로 광이 렌즈의 가장 두꺼운 부분을 통과하므로, 염료는 더 큰 경사 각을 갖는 LED 광선의 가장 노란 것에 대해 정밀하게 그 가장 강한 작용을 자동적으로 가질 것이다. 주입-몰딩 재료에 매립된 염료는 대략 500nm보다 긴 파장만을 흡수하는 흡수 스펙트럼을 가져야 하며, 통상적인 스펙트럼은 블루 LED와 옐로 형광체 사이에 크로스오버(crossover)한다. 정확한 농도는 이용되는 특정 염료의 흡수 강도뿐만 아니라 렌즈 사이즈에 역비례할 것이다.

[0079] 굴절되고 있을 때 광선의 휘도를 감소시키는 것으로 상술된, Fresnel 반사로부터 산란의 추가적인 형태가 발생한다. 도 9는 렌즈(91)의 내측 표면에서 떨어지고, 그 후 렌즈로 진행하여 렌즈로부터 회로 보드(92F1) 상으로 이중 반사되는 첫번째의 Fresnel-반사 광선(92F1)을 추가로 나타낸다. 이러한 광선은 원래 광선(92)에 비해  $(1-\tau)$ 의 강도를 갖는다. 다른 Fresnel-반사 광선(92F2)도 유사한 강도이며, 이는 렌즈의 외부 표면으로부터

바닥으로 진행한다. 이러한 2개 광선은 원하지 않는 곳으로 진행하는 미광의 일반적인 문제점을 설명한다. 포인트(96)에서의 볼륨 산란과 달리, Fresnel-반사 광선은 멀리 이동할 수 있어 불쾌한 아티팩트를 생성한다. 이를 다루기 위한 가장 용이한 방법은 이러한 미세 광선의 표면 산란을 도입하는 것이라는 것이 광학 엔지니어링에서 수십년 동안 잘 알려져 있다. 렌즈(91)의 평평한 원추 바닥 표면(91C)이 이러한 미세 Fresnel 반사의 대부분을 인터셉팅하므로, 믿을 수 있는 것으로 증명된 통상적인 해결책은 단지 대응 몰드 표면을 조면화하여, Fresnel 광이 소멸되어 상술한 볼륨 산란의 일부가 되는 것이다. 광선(92F2)의 말단에서 산란 광선을 볼 수 있으며, 그 일부는 보드(99)의 톱(top)을 조명하고, 이는 물론 백색 페인트에 의한 것과 같이 또한 산란될 것이다.

[0080] 도 10은 도 9의 렌즈의 중앙으로부터 밀리미터의 거리를 나타내는 횡좌표(101)와 (임의의 조명 레벨에 대해 일반화하기 위하여) 패턴 최대에 대한 조도를 나타내는 종좌표(102)를 갖는 그래프(100)를 나타낸다. 점선 곡선(103)은 도 7의 구성에 대하여 원하는 이상적인 조명 패턴이며, 렌즈간 간격은 125mm이고 타겟 거리는 23mm이다. 이러한 치수는 백라이트 어플리케이션을 나타내며, LED는 백색 페인팅된 박스 내에 배열되며, 타겟은 바로 그 위에 액정 디스플레이(LCD)를 갖는 산광기 스크린이다. 비용을 절감하기 위해 증가된 LED 광도는 더 작은 LED를 요구하며, 미학적으로 더 얇은 백라이트를 요구한다. 이러한 2개 팩터는 초단조점 조명을 향한 설계 압력을 포함한다.

[0081] 125mm에서의 조명자로부터의 곡선(103) 및 그 반대(미도시)의 '원추형 패턴'은 1로 함해될 것이고, 이는 균등 조명을 보장한다. 일점 쇄선 곡선(104)은  $x=0$ 에서 렌즈로부터의 상술한 볼륨 및 표면 산란에 의해 야기되는 타겟 평면에 대한 결합된 기생 조도를 나타낸다. 이러한 곡선은 기본적으로 타겟 상의 포인트에 대해 오프-축 각의  $\cosine^4$ 이다. 실선 곡선(105)은 다른 2개의 곡선 간의 정규화된 차이이며, 곡선(103)을 따르는 전체 조도를 얻기 위해 스케일링되었을 때 곡선(104)에 추가할 패턴을 나타낸다. 이 경우에, 곡선(104)의 산란광은 렌즈 바로 위의 필요한 조도의 100%를 전달하기에 충분히 강하다. 이 경우에, 렌즈를 통해 전달되는 직접광만을 고려할 때, 도 8의 중앙 커스프(82)는 중앙 조도가 제로라는 것을 보장할 것이다.

[0082] 도 10의 곡선(105)에 의해 나타내어지는 조명 패턴은, 소스의 우측 및 좌측 에지로부터의 광선을 이용하여, 도 8의 렌즈(81)의 내부 및 외부 프로파일을 수치적으로 생성하는 데 사용될 수 있다. 도 10의 점선 곡선(106)은 곡선(105)의 조명 패턴에 의해 요구되는 (도 6a 내지 6f에 나타난 바와 같은) 소스 이미지 높이의 상대적인 사이즈를 그래프로 나타낸다. 높이 함수는 렌즈 프로파일을 생성하기 위해 직접 사용된다.

[0083] 도 11은 20mm의 직경을 갖고 포인트(114)로 우측 광선(112) 및 좌측 광선(113)을 보내는 LED(110) 및 조명 렌즈(111)를 나타내며, 포인트(114)는 LED(110) 위의 23mm에 위치한, 평면 타겟(115) 상의 좌표  $x$ 를 갖는다. 우측 광선(112)은 경사각  $\gamma$ 에서 포인트(114)에 부딪히고, 좌측 광선(113)은 경사각  $\gamma + \Delta\gamma$ 에서 부딪힌다. 도 11의 2차원 분석에서, 포인트  $x$ 에서의 조도  $I(x)$ 는 좌측 및 우측 광선의 경사각의 사인 사이의 차이에 비례한다:

[0084] 
$$I(x) \propto \sin(\gamma + \Delta\gamma) - \sin(\gamma)$$

[0085] 이러한 각 요건은 소스 이미지의 적절한 높이  $H$ , 즉 112의 렌즈 출구에서 우측 광선(112) 및 좌측 광선(113) 사이의 수직 간격에 의해 충족될 수 있다. 도 10의 곡선(106)은 그 최대값에 대해 상대적인 이러한 높이  $H$ 의 플롯이다. 이러한 기하학적 요건으로부터, 렌즈 프로파일은 이전에 생성된 표면에 새로운 표면을 더하는 반복 절차에 의해 직접 생성될 수 있다.

[0086] 도 12는 LED(120) 위에 위치한 불완전한 조명 렌즈(121)를 나타낸다. 이는 도 11의 전체 렌즈를 생성하는 통상적인 반복-스테이지를 나타낸다는 점에서 불완전하다. 약간 두껍게 된 곡선으로 나타내어진 도 11의 렌즈(111)의 부분은 우측 광선(122)과 함께 포인트(124)로 나타난 그 교차점에서 종료된다. 도 12에서, 도 11의 좌측 광선(113)의 우측에 대해 약간 더 우측에 있는 새로운 좌측 광선(123)이 론칭된다. 종료 포인트(126)를 통과하고 이전에 생성된 상부 표면(121)을 통과한 후에, 도 10의 포인트  $x$ 의 바로 우측인 새로운 포인트  $x+dx$ 에서 타겟(미도시)을 인터셉팅할 것이다. 이러한 포인트는  $x+dx$ 로부터 새로운 우측 광선(122)을 론칭함으로써 충족되는, 도 19의 곡선(105)과 같은 이미 계산된 소스-높이 요건을 가질 것이다. 포인트(124)로부터 연장된 새로운 표면 상에서 광선(122)은 포인트(125)에서 렌즈 표면을 인터셉팅할 것이다. 새로운 표면은 렌즈(121)의 내부 표면 상의 포인트(126)를 향해 광선(122)을 편향시킬 필요에 의해 결정되는 경사를 가진다. 이러한 포인트(127)의 위치는 LED 칩(120C)의 우측 에지로부터 들어오는 우측 광선(122-S)에 의해 결정된다. 이러한 광선의 오프-축 각은, 우측 광선(122S)의 각-누적 강도가 포인트  $x+dx$ 에서 공간적 누적 조명과 동등한 통상적인 요건에 의해 결정되며, 이는 도 10의 곡선(105)에 의해 나타내어진 바와 같이 원하는 조명 패턴으로부터 알려진다. 포



인트(126)로부터 새로운 포인트(127)로의 이러한 새로운 내부 표면의 경사는 굴절 광선(122S)의 필요성에 의해 결정되어, 광선(122)과 결합하여 포인트  $x+dx$ 에서 타겟의 조명에 대한 적절한 소스-이미지 높이를 생성한다. 이러한 방식에서, 칩(120C)으로부터의 모든 광선이 그 적절한 타겟 좌표로 보내지고 그 완전한 형태가 완성될 때까지 렌즈(121)의 생성이 계속될 것이다.

[0087] 바로 전에 설명한 프로파일-생성 방법은 2차원이므로, 스큐(skew) 광선(즉, 평면의 광선)을 고려하지 않으며, 이 경우 상대적으로 큰 소스는 소스 이미지의 사이즈의 횡방향 편차로 인해 출력 패턴에 현저한 2차 에러를 야기할 수 있다. 이러한 효과는 도 13에 나타낸 바와 같이, 렌즈 형태를 생성하기 위한 완전한 3차원 소스-이미지 분석을 필요로 한다.

[0088] 도 12의 렌즈-생성 방법은 횡좌표  $x+dx$ 를 갖는 타겟 포인트로 이전에 생성된 내부 및 외부 표면을 통해 좌측 광선(123)을 트레이싱한다. 적절한 변수는 소스 이미지의 높이  $H$ 이다. 하지만, 3차원에서, 광선은 LED의 발광 원도우의 전체 주변으로부터 외부 타겟 포인트로 트레이싱되어야 하며, 이는 포인트로부터 렌즈를 통해 보았을 때 소스의 이미지를 제한한다. 조명 렌즈는 그 자체에 의해 될 사이즈로부터 소스의 명확한 사이즈를 변경하도록 작용한다. 소스 이미지의 사이즈는 임의의 타겟 포인트에서 렌즈가 얼마나 큰 조명을 생성할 것인지를 결정하는 것이다.

[0089] 도 13의 (a)는 나타내고 있는 점선이 불완전하고, 그 설계 반복이 경계(131)까지만 연장된 원형 조명 렌즈(130)의 상방으로부터의 개략도이다. 원형 렌즈(132)는 렌즈(130)의 중앙에 나타내어지고, 타원형(133)은 타겟 포인트  $x+dx$ (미도시)에 투사된 소스 이미지를 나타낸다. 이러한 소스 이미지는 타겟 포인트로부터 역으로 렌즈를 통해 소스의 주변으로 트레이싱하는 역 광선에 의해 확립된다. 소스 이미지는 이러한 광선들이 이를 인터셉팅하는 상부 표면 상의 타원형 아웃라인(133)이다. 따라서, 렌즈의 이미 완성된 부분은 타겟 포인트를 부분적으로 조명할 것이며, 새로운 표면의 소형 요소는 전체 조명을 위해 합성되어야 한다.

[0090] 도 13의 (b)는 소스 타원(133) 및 경계(131)를 나타내고 또한 곡선(134)을 나타내는 클로즈-업 뷰이고, 소스 이미지(133)를 완성하고 타겟 포인트  $x+dx$ 에서 원하는 조명 레벨을 달성하기 위해서 새로운 표면의 소형 요소가 더해질 것이라는 것을 나타낸다. 물론, 새로운 상부 표면이 더해질 때, 또한 더해지는 새로운 하부 표면의 대응 요소도 있어야 할 것이다. 소스 이미지를 완료하기에 충분한 새로운 상부 표면이 있어야 하는 것과 같이, 상부 표면에 소스 이미지를 제공할 충분한 하부 표면이 역시 있어야 한다. 이러한 새로운 하부 표면의 크기 및 경사 양쪽이 자유 변수로서 결정되어야 하므로, 설계 방법은 알려지지 않은 양쪽을 계산할 수 있어야 하지만, 일반적으로 상부 및 하부 표면의 새로운 요소의 경사는 표면의 이전 곡률의 평활한 연속일 것이다.

[0091] 통상적으로, 논-이미징 광학은 소스의 에지로부터의 광선만을 다루지만, 여기에 개시된 조명 렌즈는, 각 타겟 포인트에서 소스 이미지를 평가할 때 이를 넘어선다. 도 13의 (b)의 불완전 소스 이미지는 횡좌표  $x$ 에서 주목하는 타겟 포인트에서 필요한 것보다 작은 조도를 발생시킨다. 하지만, 이러한 조도를 계산하기 위해, 광선은 단지 그 주변이 아니라 전체 소스로 다시 역으로 트레이싱되어야 한다. 이것은, 소스가 휘도 및 색도에서 편차를 가질 때 특히 유효하다. 그 후, 도 13의 (b)의 각각의 소형 요소의 면적  $dA$ 로부터의 플럭스는 개별로 계산되고 이미 완료된 표면을 통해 보았을 때 소스 이미지에 대해 적분된다. 요구되는 조도로부터의 결손은 그 후 도 13의 (b)의 새로운 표면(134)에 의해 보상될 것이다. 그 사이즈는, 추가적인 소스 이미지 영역이 그 결손을 정확하게 종료시킬 사이즈이다. 직전에 언급한 선형 램프와 함께 조명 패턴이 단지 서서히 변할 때, 이전에 생성된 표면이 요구되는 조도에 근접하게 되는 것을 양호하게 수행하였으므로 결손은 언제나 대단하지 않다. 새로운 표면은, 타겟 패턴이 이를 방지하기에 충분히 '관리(tame)'되므로 작은 결손으로 인해 새로운 소스 이미지를 형광하지 않아도 되고, 큰 손실로 이를 극도로 확장하지 않아도 된다.

[0092] 통상적인 논-이미징 광학의 에지-광선 이론을 확대시키기 위해 역 광선 트레이싱과 결부하여 설명하는 측광(photometric) 플럭스의 이용으로 인해, 이러한 설계 방법은 '측광 논-이미징 광학'이라 칭해질 수 있다.

[0093] 특정 조명 렌즈의 형태를 수치적으로 계산하는 반복 프로세스는 대안적으로 중앙 또는 주변 중 어느 하나에서 시작할 수 있다. 렌즈 직경이 제한된다면, 초기 조건은 톱 및 바닥 표면의 외부 에지의 위치가 될 것이며, 이는 렌즈 형태, 특히 그 중앙 두께를 전체적으로 결정한다. 이러한 두께가 최소값 아래로 가면, 초기 시작 포인트가 변경되어야 한다. 이것은 개념적으로 가능하며, 실제 관점에서는 불충분하게 결정된 문제점을 남기지만, 도 13의 (a)의 역 광선 트레이싱은 역 광선 트레이싱을 통해 이전에 생성된 표면을 이용한다. 따라서, 일부 최소 두께 기준, 예를 들어 0.75mm를 사용하여 렌즈의 중앙에서 설계 반복을 시작하는 것이 더 용이하다. 소스 위의 렌즈 중앙의 높이는 렌즈의 전체 사이즈를 결정하는 데 있어서 중요한 파라미터가 될 것이다. 다른 주요 팩터는 렌즈의 중앙부가 어떻게 오목 렌즈(negative lens), 즉 오목-평면, 오목-오목 또는 평면-오목으로 구성

되는지에 대한 것이다. 또한, 오목 평면은 평활하거나 강한 기생 손실의 경우에 도 8에 나타난 바와 같이 커스프-타입 중앙을 가질 수 있다.

- [0094] 도 14는 전체 조명 렌즈를 생성하기 위한 시드-핵으로 사용되는 오목-평면 렌즈-중앙(140)을 나타낸다. 그 직경은 레이 팬(141)의 폭에 의해 결정되며, 이는 LED 칩(142)(의 우측으로) 위의 23mm의 거리에 있는  $x=0$ 의 타겟 중앙(미도시)으로부터 좌측으로 전파하며, 그 사이즈는 명료성을 위해 과장되었다. 레이 팬(141)은 타겟의 중앙에서 원하는 조명 레벨을 달성하기 위해 필요한 폭을 가지며, 이는 단초점 조명에서 LED가 자체로 하는 것보다 더 작다. 이것은, 조명 렌즈의 중앙부가 소스를 축소시켜야 한다는 것을 의미하며, 이는 렌즈-중앙이 음의 초점 길이로 발산하는 이유이다. 실제로, 렌즈-중앙(140)의 바로 그 함수는 타겟 중앙,  $x=0$ 에 대하여 (그 레이 팬(141)이 단면인) 소스 이미지의 적절한 사이즈를 제공한다.
- [0095] 또한, 도 14는 칩(142)의 좌측 에지에서 유래하는 확장하는 레이 팬(143)을 나타낸다. 이것은, 이러한 좌측 광선이 타겟 평면(미도시하였지만, 우측에 대하여)을 인터셉팅하는  $x$ -위치로부터 보았을 때 소스 이미지의 상부 에지를 마킹할 것이다. 이러한 광선은, 에지 광선이 어떻게 이미 확립된 표면을 통해 보내지는지를 예시한다.
- [0096] 도 15는 오목-오목 렌즈-중앙(150), 중앙 레이 팬(151), 칩(152) 및 좌측-레이 팬(153)을 나타낸다. 렌즈 표면은 도 14의 오목 표면의 곡률의 대략 절반을 갖는다.
- [0097] 도 16은 평면-오목 렌즈-중앙(160), 중앙 레이 팬(161), 칩(162) 및 좌측-레이 팬(163)을 나타낸다.
- [0098] 도 14로부터 16으로의 진행에서, 최하부 좌측 광선(화살표를 갖는 것)은 수축 경사각  $\psi$ 에 있으며, 이는 상이한 조명 동작을 나타내고 최종 설계를 향한 상이한 과정을 설정한다. 모든 3개의 구성은 광선이 각 렌즈에 도달할 때 동일 사이즈의 레이 팬(141, 151 및 161)에 의해 나타내어진 바와 같이, 타겟  $x=0$ 에서 동일한 조도를 생성하며, 즉 동일한 사이즈의 소스 이미지를 생성하며, 이는 이들이 중앙  $x=0$ 에서 동일한 타겟 조도를 생성하는 것으로 말하는 것과 동등하다.
- [0099] 도 16에서, 평면-오목 렌즈-중앙(160)은 레이 팬(161)에 의해 규정되며, 이는 단초점 타겟(미도시)의 중앙으로부터 진행한다. 레이 팬(161)이 렌즈-중앙(160)으로 진입할 때 레이 팬(161)의 폭은 조명 규정에 의해 결정되며, 이는 LED 칩(162)이 자체로 조명하는 것보다 더 작을 수 있다. 따라서, 레이 팬(161)은 렌즈-중앙(160)에 의해 확장되는 것으로 보여져, 레이 팬은 LED 칩(162)을 덮도록 발산한다.
- [0100] 발산하는 레이 팬(163)은 LED 칩(162)의 좌측 에지로부터 진행하며, 렌즈-중앙(160)을 통과하여 단초점 타겟으로 나간다. 레이 팬(163)으로부터의 이러한 광선은, 이하의 도 19 및 20에 나타내는 바와 같이, 조명 렌즈의 나머지의 합성을 안내하는 것을 돕는다.
- [0101] 도 16에서, 레이 팬(163)은 더 작은 경사각  $\psi$ 에 의해 나타내어지는 바와 같이, 도 14 및 15에서보다 이러한 타입의 렌즈-중앙에 대해 더욱 발산한다. 따라서, 도 19 및 20에 나타난 평면-오목 타입의 조명 렌즈는 예를 들어, 단지 하나가 혼자 작용하는 것보다 렌즈 어레이를 포함하는 조명 규정에 대해 적절할 수 있다.
- [0102] 도 17은 도 14에 나타난 바와 같이 오목-평면 중앙-렌즈로부터 수치적으로 생성된 조명 렌즈(170)를 나타낸다. 평면 소스(171)는 그로부터 설계되는 광원이다.
- [0103] 도 18은 도 15에 나타난 바와 같이 오목-오목 중앙-렌즈로부터 수치적으로 생성된 조명 렌즈(180)를 나타낸다. 평면 소스(181)는 그로부터 설계되는 광원이다.
- [0104] 도 19는 도 16에 나타난 바와 같이 평면-오목 중앙-렌즈로부터 수치적으로 생성된 조명 렌즈(190)를 나타낸다. 평면 소스(191)는 그로부터 설계되는 광원이다.
- [0105] 도 20은 단초점(즉, 조명) 렌즈(200)와 그 관련 기하형태를 나타낸다. 도 20은 도 19의 조명 렌즈와 유사하지만, 더욱 상세하게 나타내어졌다. 단초점 렌즈(200) 및 그 기하형태는 도 3 내지 5에 대하여 상술한 바와 같이 추가적으로 설명될 수 있다. 단초점 렌즈(200)는 LCD 디스플레이용 BLU 렌즈로서 유용할 수 있다.
- [0106] 발광 다이오드일 수 있는 평면 광 소스(201)는 단초점 렌즈(200) 아래에 배열된다. 단초점 렌즈(200)는 각각 내부 및 외부 표면(204, 206)을 가지며, 208은 내부 및 외부 표면(204, 206)을 연결하는 단초점 렌즈(200)의 바닥면이다. 단초점 렌즈(200)의 중앙 캐비티(202)는 평면 톱(203) 및 횡방향 플랭크(204)를 포함한다. 평면 톱(203)은 광원(201)의 확장 방향과 실질적으로 평행하다. 단초점 렌즈(200)의 외부 표면은 중앙 만입부(205)와 둘러싸는 토로이드(206)를 포함한다. 중앙 만입부(205)는 도 16에 대하여 상술한 바와 같이 발산 렌즈로서 작용한다.

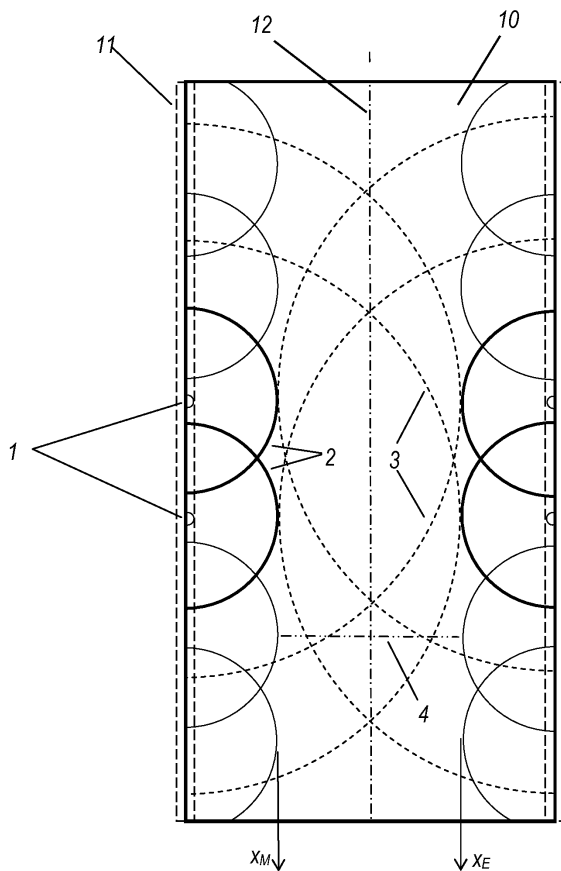
- [0107] 틸팅된 축(207)은 단초점 타겟 상의 장소(예를 들어 미도시한 조명되는 외부 표면)를 향해 최대 소스-이미지 사이의 방향으로 향하며, 단초점 렌즈(200)는 가장 큰 배율을 갖는다. 이러한 장소의 정확한 위치는 특정의 조명 규정에 달려 있지만, 이는 일반적으로 타겟의 에지에 대해 대략 절반이다. 따라서, 틸팅된 축(207)은 제2 표면(206) 상의 최대 배율의 포인트를 통해 광원(201)의 중앙 포인트 0로부터 그려진 라인이며, 이는 단초점 타겟의 중간점을 가리킨다.
- [0108] 단초점 렌즈(200)의 바닥면(208)은 각  $\tau_1$ 로 경사화되며, 이는 바닥면(208)이 수평 광축 X에 대하여 이루는 각을 나타낸다. 각  $\tau_1$ 은 틸팅된 축(207)을 생성한다. 단초점 렌즈(200)는 타원형일 수 있으며, 바닥면(208)은 타원형의 장축 및 단축을 따라 각  $\tau_1$ 로 경사화될 수 있다.
- [0109]  $R_1$ 은 광원(201)을 떠나 포인트 P1에서 중앙 캐비티(202)의 평면 톱(203) 또는 내부 표면(204) 상에 입사하는 광선을 나타내는 반경 벡터이다. 각  $\alpha_1$ 은  $R_1$ 이 수직 광축 Z에 대하여 이루는 각을 나타낸다. 중앙 캐비티(202)는 광축 Z에 대하여 축대칭이라는 것에 유의해야 한다. 반경 벡터  $R_1$ 은,  $\alpha_1$ 이 일정량 증가할 때( $\Delta \alpha_1$ ), 0 내지  $25^\circ$ 의 범위에서,  $\Delta R_1$ 로 나타내어지는 단조 증가값을 갖는다. 이것은, 중앙 캐비티(202)의 평면 톱(203)이 0 내지  $25^\circ$ 의 각 범위에서 실질적으로 평평하다는 사실에 기인한다. 도 21은 이러한 특징부의 상세 뷰를 나타낸다.
- [0110]  $R_2$ 는 포인트 P2에서 단초점 렌즈(200)의 외부 표면(206)을 떠나는 광선에 대한 반경 벡터이고,  $\alpha_2$ 는 광선이 수직 광축 Z에 대해 이루는 각을 나타내고,  $\Delta R_2$ 는  $\alpha_2$ 가 일정량 증가할 때( $\Delta \alpha_2$ )  $R_2$ 에서의 증분 변화이다.  $R_2$ 는,  $\alpha_2$ 가 0 내지  $60^\circ$ 의 범위에서 증가할 때 단조 증가한다. 외부 표면(206)의 토로이드 부분은 수직 광축 Z에 대하여 축대칭이다. 광원(201)으로부터 단초점 렌즈(200)로 발광하는 광의 전체 내부 반사를 회피하기 위해,  $A_2 < 1/\sqrt{(n^2-1)}$ 이며,  $n$ 은 조명 렌즈를 형성하는 재료의 굴절율이고,  $A_2 \equiv \Delta R_2/(R_2 \Delta \alpha_2)$ 이다. 여기에서, 단초점 렌즈(200)는 1.41과 1.65 사이의 굴절율을 갖는 투명 재료로 이루어진다.
- [0111] 단초점 렌즈(200)의 페인팅된 바닥면(208)은 광원(201)에 의해 발광된 광의 내부(예를 들어, Fresnel) 반사를 흡수하도록 구성될 수 있다. 바닥면(208)은, 바닥면(208)의 흡수도가 적어도 80%, 바람직하게는 90%가 되도록 페인팅될 수 있다. 단초점 렌즈(200)의 바닥면(208)은 흡수도를 증가시키기 위해 블랙 페인트로 페인팅될 수 있다. 대안적으로, 단초점 렌즈(200)가 설치될 수 있는 인쇄 회로 보드의 톱(미도시)이 흡수도를 증가시키기 위해 유사하게 페인팅될 수 있다.
- [0112] 이러한 3개의 렌즈는 이 경우에는 원형인 광원의 주변으로부터의 광선을 이용하도록 설계되었다. 렌즈의 사이드는 자유 파라미터이지만, 에탕듀 고려는 렌즈에 대해 지불해야 할 가격이 너무 작다는 것을 기술한다. 시준기의 경우, 렌즈가 너무 작다면 출력 빔이 목표보다 불가피하게 더 넓을 것이다. 여기에 개시된 단초점 조명 렌즈의 경우, 곡선(106)의 소스 이미지를 필요로 하므로, 그 결과는 도 10의 곡선(103)의 이상적인 선형 램프인 출력 조명 패턴을 유지하지 못하는 것이 될 것이다. 렌즈가 필요한 소스 이미지 사이즈보다 더 작다면, 필요한 조명을 공급할 수 없다. 따라서, 렌즈 사이즈는 선형 램프의 목표에 의해 고정된 파라미터가 될 것이다. 너무 작은 렌즈는 패턴의 에지로 진행되는 대신 전체 내부 반사에 의해 트래핑되는 일부 광선을 가질 것이다. 이것이 설계 프로세스에서 직면되면, LED 위의 렌즈-중앙의 더 큰 높이로 반복이 재개되어야 할 것이다.
- [0113] 개별 패턴은 이러한 소수의 패턴이 코스틱-프리(caustic-free) 균등성으로 합쳐질 수 있도록 되어야 하므로, LED 조명 렌즈는 (멀리온 당 5개 또는 6개와 같은) 적은 개수로 사용될 수 있으면서 여전히 균등성을 달성할 수 있는 원형 대칭 조명 렌즈를 필요로 할 수 있다. 따라서, 본 발명의 목적은 그 복수가 직사각형에 걸쳐 균등성으로 합쳐질 원형 조명 패턴을 갖는 렌즈를 제공하는 것이다. 본 발명의 추가적인 목적은 더 낮은 제조 비용으로 귀결되는 디바이스 컴팩트화로 유도되는, 상술한 접근법보다 더 작은 렌즈 사이즈를 달성하는 것이다.
- [0114] 더 작은 렌즈 사이즈는 그 개별 조명 패턴의 특정 맞춤화에 의해 달성될 수 있다. 이러한 패턴은, 그 6개의 조명자의 각각의 행이 설치되는 2개의 조명 멀리온 사이에서 12개의 패턴이 균등성으로 합쳐지는 것을 가능하게 하는 특정 폴-오프(fall-off)를 갖는 최적의 고리형이다. 가장 경사진 방향에서의 이러한 폴-오프는 전체 렌즈 사이즈를 결정하는 것이므로 중요하다. 대안적인 접근법은 이하와 같다: (1) 각각의 멀리온이 중간-선반으로 100% 조명하고 그 너머로는 제로로 조명하며, 이는 상술한 코스틱으로 유도된다; (2) 각각의 멀리온이 중간점에서 50% 기여하고, 그 너머로는 폴-오프된다. 후자가 본 발명의 접근법이다.



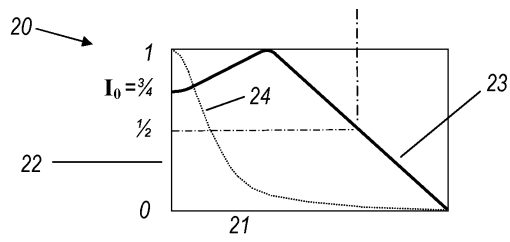
- [0115] 결론적으로, 여기에 개시된 예시적인 실시예는 가장 도전적인 조명 작업인, 폭넓게 이격된 렌즈에 의한 근접 평면 타겟의 균등 조명을 충족시킨다. 그럼에도 불구하고, 대강의 검사로 보이지 않는 이러한 렌즈 형태로부터의 이탈은 출력 패턴에서 해로운 시각적 아티팩트를 생성하기에 충분할 수 있다. 숙련된 몰더(molder)는 적절한 형태가 달성될 때까지 몰드-파라미터를 조정하기 위해 때때로 렌즈의 형태를 거의 미시적인 정도로 측정해야 할 필요가 있다는 것을 안다.
- [0116] 또한, 숙련된 제조자는, 위치 에러에 대한 작은 허용오차와 함께 LED 배치가 조명 성공에 매우 중요하다는 것을 안다. 따라서, 렌즈 형태의 완전한 사양은 반드시 충분히 개시된 알고리즘에 의해 수학적으로 생성된 포인트의 고해상 수치 리스팅을 필요로 한다. 정성적인 형태 설명자는 컴퓨터-머시닝된 주입 몰드나 렌즈를 통과하는 광에 대해 전혀 중요하지 않다. 렌즈의 수동 연마의 시대와는 달리, LED 조명 렌즈의 정밀성은, 이러한 렌즈-프로파일 조정을 생성하는 수치적인 방법 없이는 어떠한 렌즈도 없을 것이라는 것을 의미한다.
- [0117] 다양한 수정 및 변형이 본 발명의 사상 또는 범위를 벗어나지 않고도 본 발명에서 이루어질 수 있다는 것이 본 기술분야의 당업자에게 명백할 것이다. 따라서, 본 발명은 이러한 수정 및 변형이 첨부된 청구항과 그 동등물의 범위 내에 든다면 본 발명의 수정 및 변형을 포함하려는 것이다.
- [0118] 관련 출원에 대한 상호 참조
- [0119] 본 출원은 완전하게 여기에 개진되는 것처럼 순전히 참조로써 여기에 통합되고 2012년 3월 5일자로 출원된 미국 가특허출원번호 61/606,710을 우선권 주장한다.

## 도면

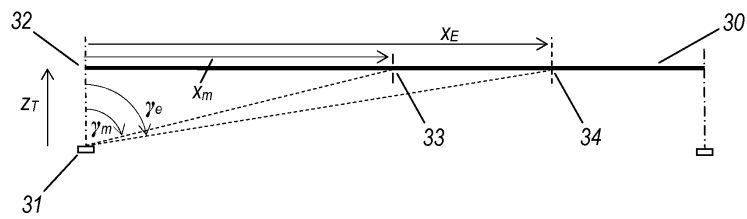
### 도면1



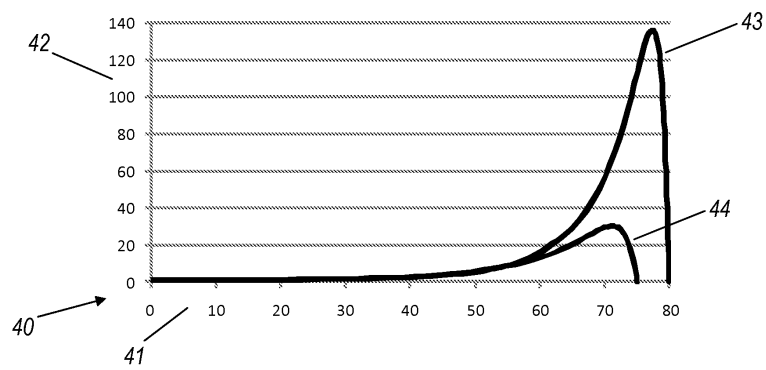
도면2



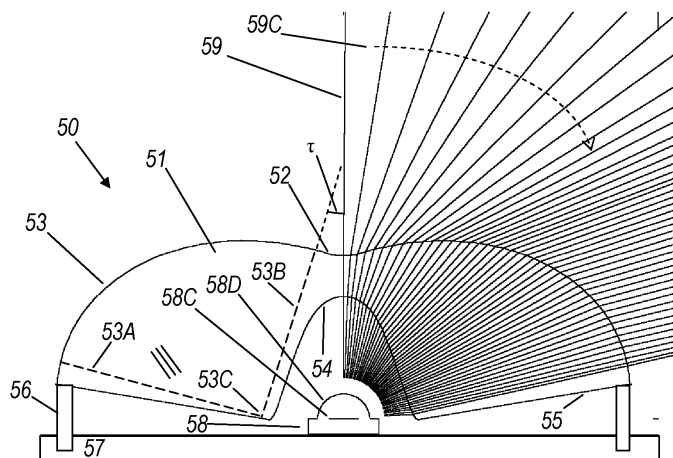
도면3



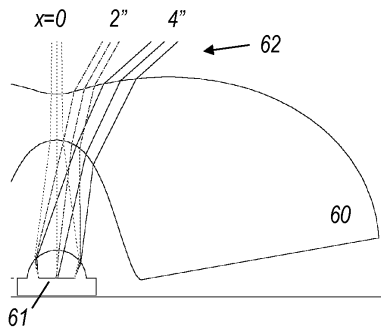
도면4



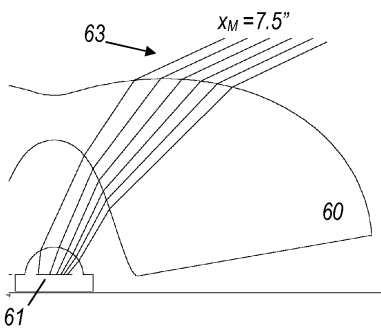
도면5



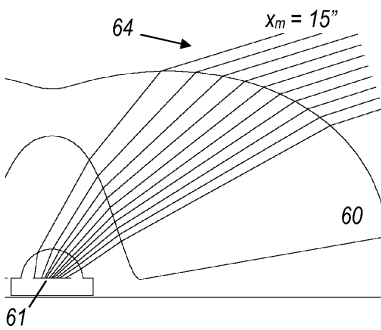
도면6a



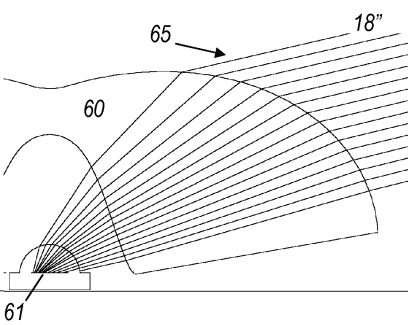
도면6b



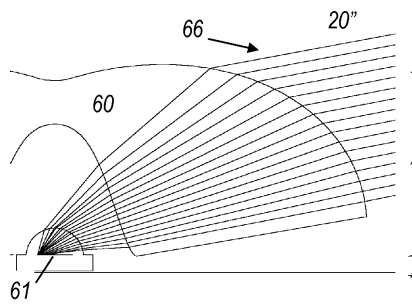
도면6c



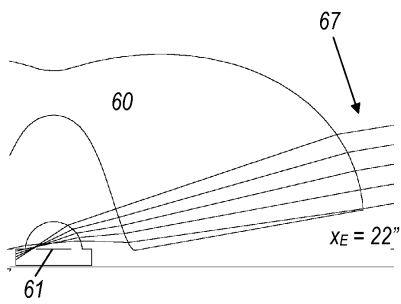
도면6d



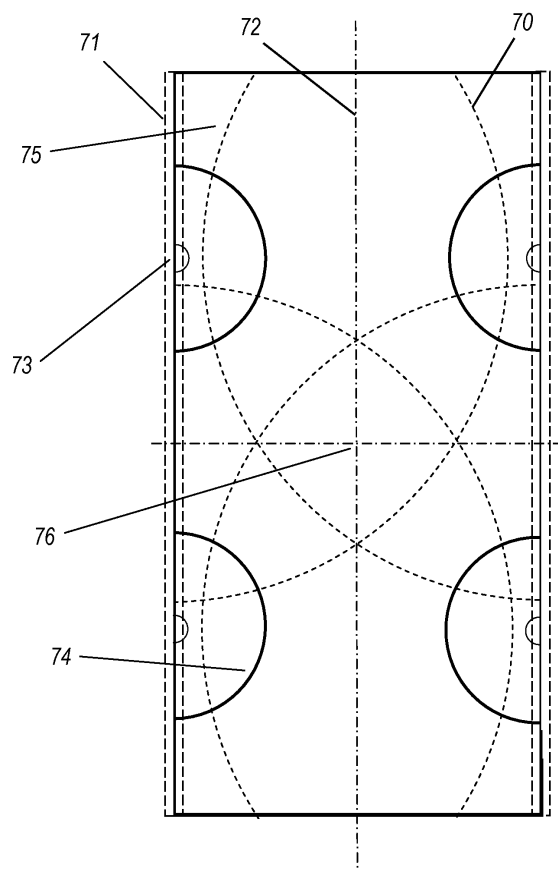
도면6e



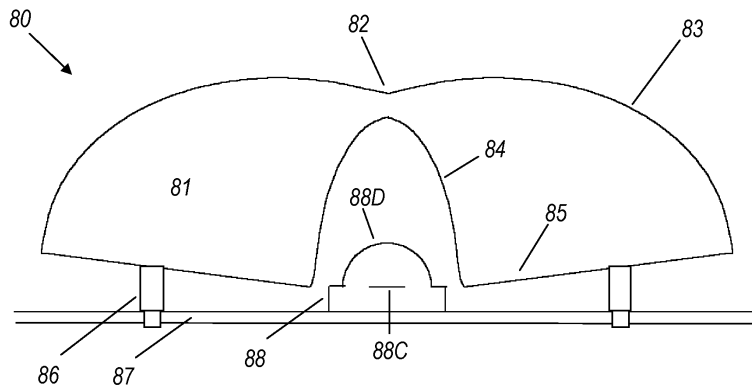
도면6f



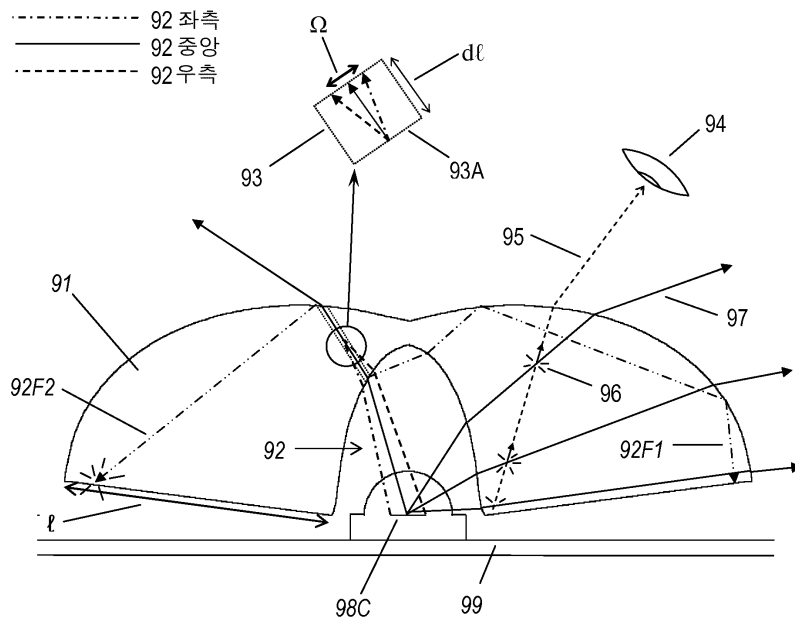
도면7



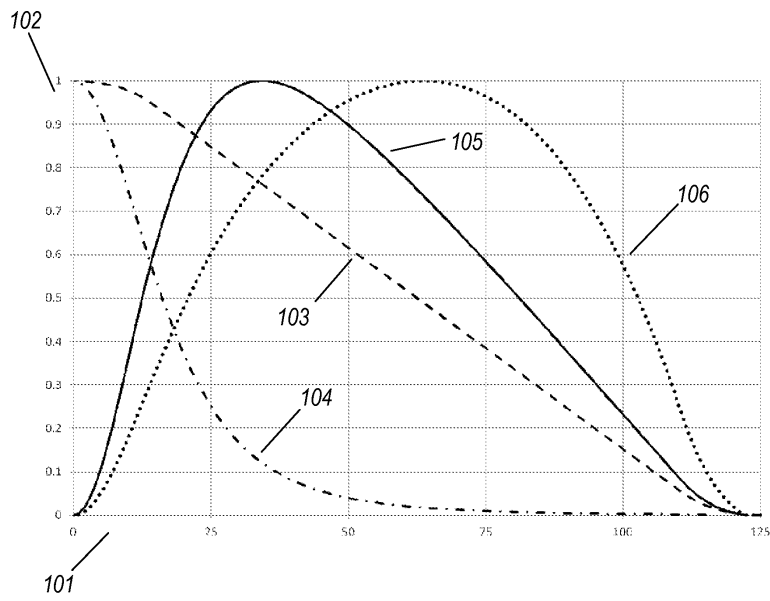
도면8



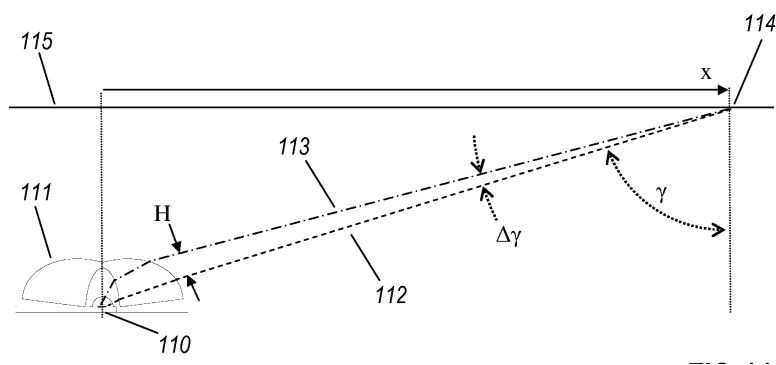
도면9



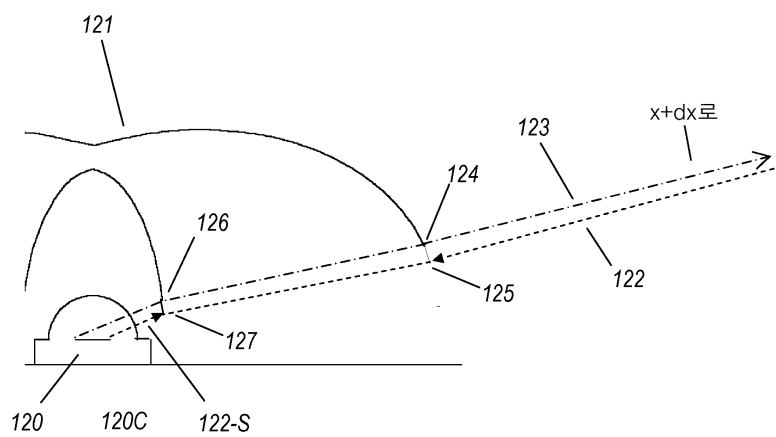
도면10



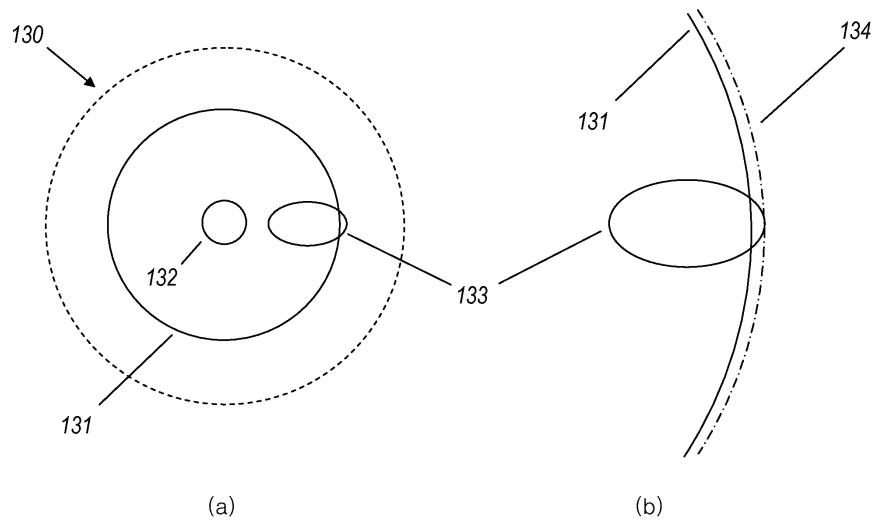
도면11



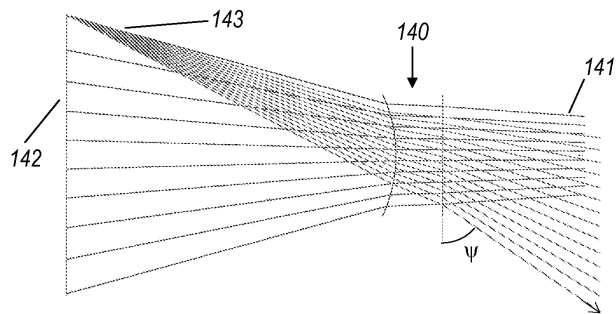
도면12



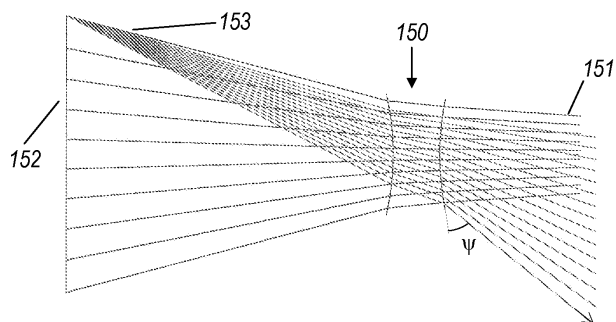
도면13



도면14

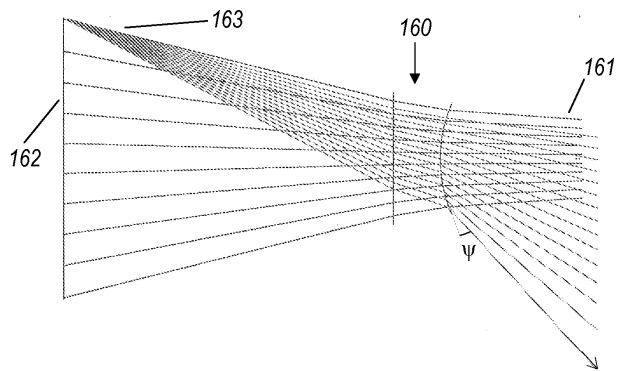


도면15

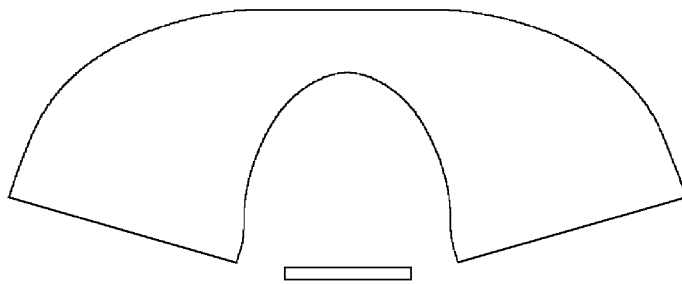




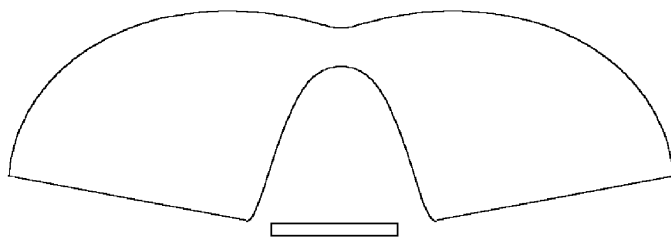
도면16



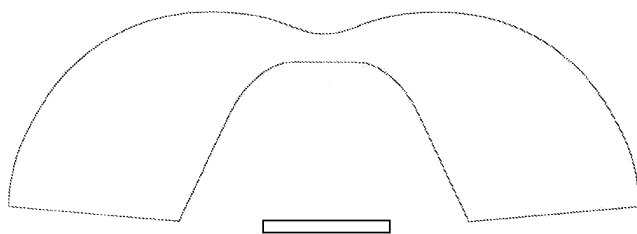
도면17



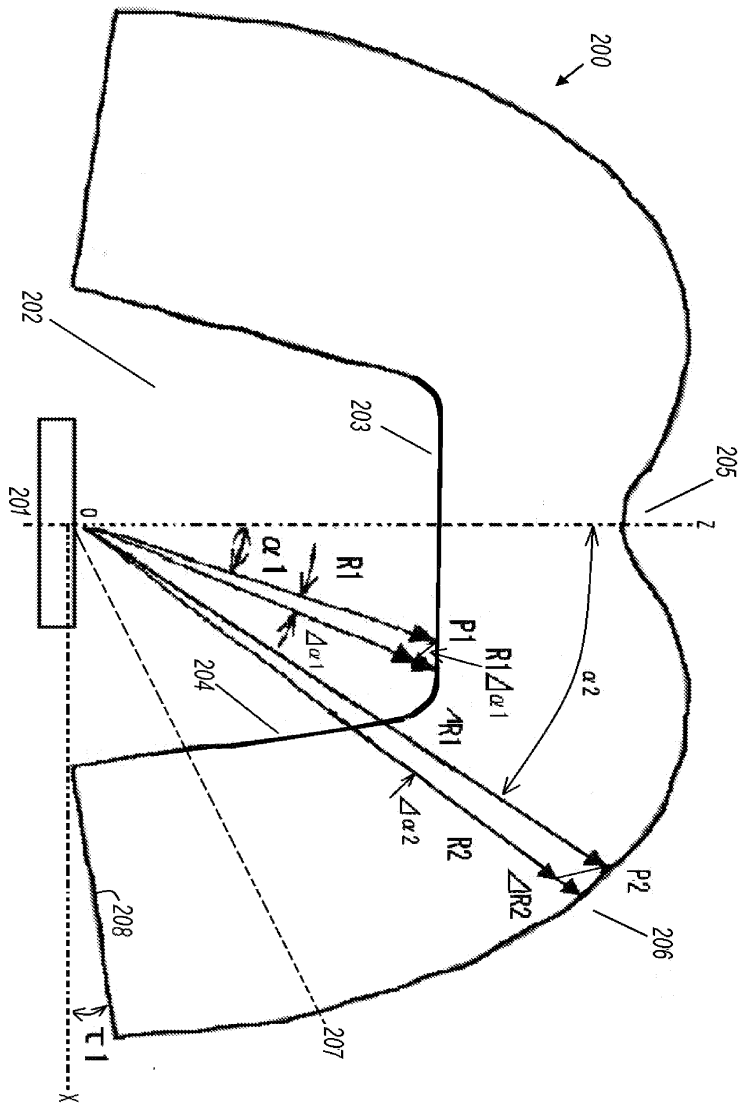
도면18



도면19



도면20



도면21

