



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0077578
(43) 공개일자 2017년07월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 3/00 (2006.01) F21K 99/00 (2016.01)
F21V 5/04 (2006.01) F21Y 101/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 3/0037 (2013.01)
F21K 9/60 (2016.08)
(21) 출원번호 10-2015-0187594
(22) 출원일자 2015년12월28일
심사청구일자 2015년12월28일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
이승걸
인천광역시 연수구 컨벤시아대로130번길 58, 101동 1602호(송도동, 송도자이하버뷰1단지)
양재석
경기도 부천시 소사구 성주로 226, 7동 802호(심곡본동, 부천극동아파트)
(74) 대리인
특허법인세원

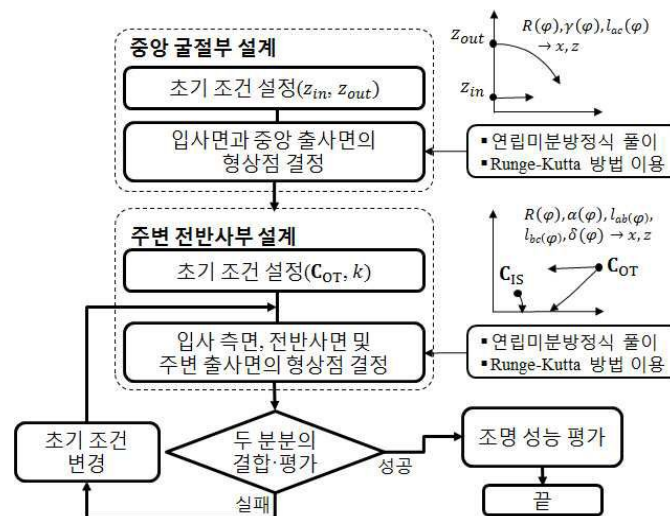
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 TIR LED 렌즈 및 그 설계 방법

(57) 요약

본 발명은 중앙 굴절부 및 주변 전반사부를 포함하고 회전축을 기준으로 축 대칭을 이루되 광선이 입사하는 면과 출사하는 면이 모두 자유형상면으로 이루어진 것을 특징으로 하며, 입사 광선을 타겟면(target plane)에 도달하게 해주는 TIR(Total Internal Reflection) LED 렌즈 및 그 설계 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

F21V 5/04 (2013.01)

F21Y 2101/00 (2013.01)

G02B 2003/0093 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

입사면 및 상기 입사면으로 입사된 광선이 출사되는 중앙 출사면을 포함하는 중앙 굴절부; 및

상기 중앙 굴절부의 양측에 구비되며, 상기 입사면과 굴곡을 이루며 연결된 입사 측면, 상기 입사 측면으로 입사되어 진행한 광선을 전반사 시키는 전반사면 및 상기 중앙 출사면과 굴곡을 이루며 연결되고 상기 전반사면에서 전반사된 광선이 출사되는 주변 출사면을 포함하는 주변 전반사부; 를 포함하고,

회전축을 기준으로 축 대칭을 이루며,

상기 입사면, 입사 측면, 중앙 출사면 및 주변 출사면은 자유형상면으로 이루어진 것을 특징으로 하고,

상기 입사면 및 입사 측면으로 입사된 광선을 상기 출사면의 전방에 위치한 타겟면(target plane)에 도달하게 해주는 TIR(Total Internal Reflection) LED 렌즈.

청구항 2

제1항에서,

상기 전반사면은 자유형상면으로 이루어지지 않은 것을 특징으로 하는 TIR LED 렌즈.

청구항 3

제1항 또는 제2항의 TIR LED 렌즈를 설계하는 방법으로서,

(a) 3차원 좌표계의 원점을 LED 광원으로 전제하고, Z축을 회전축으로 설정하여, 상기 입사면과 Z축과의 교점인 입사점과 상기 중앙 출사면과 Z축과의 교점인 출사점을 임의로 설정한 상태에서, 상기 LED 광원에서 나온 광선이 Z축과 이루는 각도인 방출각 φ 를 증가시켜가되 상기 입사면으로 광선이 입사될 수 있는 경계 방출각인 φ_{split} 까지 증가시켜가면서 상기 입사면과 중앙 출사면의 형상점들을 순차적으로 결정하는 방식으로 중앙 굴절부를 형성하는 단계; 및

(b) 상기 방출각 φ 를 φ_{split} 부터 상기 입사 측면으로 입사된 광선이 상기 전반사면에서 전반사되고 상기 주변 출사면으로 출사되어 상기 타겟면에 도달할 수 있는 최대 방출각인 φ_{max} 까지 증가시켜가면서 상기 입사 측면, 전반사면 및 주변 출사면의 형상점들을 순차적으로 결정하는 방식으로 주변 전반사부를 형성하되,

상기 입사 측면에서의 굴절, 상기 전반사면에서의 전반사 및 상기 주변 출사면에서의 굴절로부터 각각 유도되는 3개의 미분방정식과 수렴 조명 모델(convergent illumination model)과 프레넬 손실(Fresnel loss) 최소화 조건으로부터 유도되는 미분방정식 및 임의의 조건으로부터 얻어지는 미분방정식을 연립하여 구한 해를 이용하여 상기 입사 측면, 전반사면 및 주변 출사면의 형상점들을 순차적으로 결정하는 방식으로 주변 전반사부를 형성하는 단계; 를 포함하여 이루어지는 특징으로 하는 TIR LED 렌즈 설계 방법.

청구항 4

제3항에서,

상기 (b) 단계의 임의의 조건은,

상기 전반사면에서 전반사된 광선이 상기 주변 출사면으로 입사하며 Z축과 이루는 각도로 정의되는 진행각 δ 를

아래의 [식 1]과 같이 정의하고,

[식 1]

$$\delta(\varphi) = \delta_0 - k(\delta_0 + \beta_0) \left(\frac{\varphi - \varphi_{split}}{\varphi_{max} - \varphi_{split}} \right)$$

(δ_0 및 β_0 는 각각 상기 방출각이 φ_{split} 인 광선이 상기 주변 출사면에 입사될 때와 출사될 때의 진행각)

상기 δ_0 와 β_0 를 결정하는 상기 전반사면과 상기 주변 출사면의 교점 좌표 및 상수 k 를 사전 설정한 것임을 특징으로 하는 TIR LED 렌즈 설계 방법.

청구항 5

제4항에서,

상기 (b)단계 후,

(c) 상기 (a)단계에서 형성한 중앙 굴절부의 중앙 출사면의 끝점과 상기 (b)단계에서 형성한 주변 전반사부의 주변 출사면의 끝점이 일치되지 않는 경우 상기 (b)단계를 상기 전반사면과 상기 주변 출사면의 교점 좌표 및 상수 k 를 재설정하며 1회 이상 반복하는 단계;를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 TIR LED 렌즈 설계 방법.

청구항 6

제3항에서,

상기 (b)단계는,

상기 LED 광원부터 입사점까지 거리를 R, 상기 입사 측면으로 입사하는 광선이 X축과 반시계 방향으로 이루는 각도를 α , 상기 입사 측면으로부터 상기 전반사면 사이의 거리를 l_{ab} 및 상기 전반사면으로부터 상기 주변 출사면까지의 거리를 l_{bc} 라고 할 때,

상기 입사 측면에서의 굴절, 상기 전반사면에서의 전반사 및 상기 주변 출사면에서의 굴절로부터 각각 유도되는 3개의 미분방정식은 아래의 [식 2] 내지 [식 4]와 같고, 수렴 조명 모델(convergent illumination model)과 프레넬 손실(Fresnel loss) 최소화 조건으로부터 유도되는 미분방정식은 아래의 [식 5]와 같은 것을 특징으로 하는 TIR LED 렌즈 설계 방법.

[식 2]

$$\frac{dR(\varphi)}{d\varphi} = R \frac{n \cos(\varphi + \alpha)}{1 - n \sin(\varphi + \alpha)}$$

(n은 내부굴절률)

[식 3]

$$\frac{dR}{d\varphi} [\sin \varphi - A \cos \varphi] - \frac{d\alpha}{d\varphi} l_{ab} [\sin \alpha + A \cos \alpha] + \frac{dl_{ab}}{d\varphi} [\cos \alpha - A \sin \alpha]$$

$$= -R [\cos \varphi + A \sin \varphi]$$

$$(A = \tan(\pi/4 + \delta/2 - \alpha/2))$$

[식 4]

$$\begin{aligned} & \frac{dR}{d\varphi} [\cos \varphi - B \sin \varphi] + \frac{d\alpha}{d\varphi} l_{ab} [\cos \alpha + B \sin \alpha] + \frac{dl_{ab}}{d\varphi} [\sin \alpha - B \cos \alpha] \\ & + \frac{dl_{bc}}{d\varphi} [\cos \delta - B \sin \delta] - \frac{d\delta}{d\varphi} l_{bc} [\sin \delta + B \cos \delta] = R [\sin \varphi + B \cos \varphi] \end{aligned}$$

$$(B = (-n \sin \delta + \sin \beta) / (n \cos \delta - \cos \beta))$$

[식 5]

$$\begin{aligned} & \frac{dR}{d\varphi} [-C \cos \varphi + D \sin \varphi] - \frac{d\alpha}{d\varphi} \left[l_{ab} (C \cos \alpha + D \sin \alpha) \pm \frac{D^2}{\sin^2(\alpha + \varphi \mp \delta)} \right] \\ & + \frac{dl_{ab}}{d\varphi} [-C \sin \alpha + D \cos \alpha] + \frac{dl_{bc}}{d\varphi} [-C \cos \delta + D \sin \delta] \\ & + \frac{d\delta}{d\varphi} \left[l_{bc} (C \sin \delta + D \cos \delta) + \frac{D^2}{\sin^2(\alpha + \varphi \mp \delta)} \right] \\ & = D \left(\frac{d\rho}{d\varphi} - R \cos \varphi \right) - CR \sin \varphi \pm \frac{D^2}{\sin^2(\alpha + \varphi \mp \delta)} \\ & (C = \rho - (R \sin \varphi + l_{ab} \cos \alpha + l_{bc} \sin \delta)) \\ & (D = f - (R \cos \varphi + l_{ab} \sin \alpha + l_{bc} \cos \delta)) \end{aligned}$$

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 TIR(Total Internal Reflection) LED 렌즈 및 그 설계 방법에 관한 것으로 더욱 상세하게는, 중앙 굴절부 및 주변 전반사부를 포함하고 회전축을 기준으로 축 대칭을 이루되 광선이 입사하는 면과 출사하는 면이 모두 자유형상면으로 이루어진 것을 특징으로 하며, 입사 광선을 타겟면(target plane)에 도달하게 해주는 TIR LED 렌즈 및 그 설계 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 백열등이나 형광등과 같은 전통적인 광원에 비해, LED(Light Emitting Diode)는 높은 효율성과 긴 수명, 친환경적인 장점을 가진 안전한 광원이다. 이러한 장점으로 인하여 LED는 각종 실내외 조명등, 표시등, 디스플레이 소자에 널리 활용되고 있다. 그러나 LED로부터 방출된 광속(luminous flux)은 램버시안 방출 분포(Lambertian emission distribution)를 가지므로, 요구되는 조도 분포(illuminance distribution)를 형성하기 위해서는 LED의 방출 광속을 제어하는 2차 광학계(secondary optics)가 반드시 필요하다. 이러한 2차 광학계는 반사 광학계

(reflective optical system), 굴절 광학계(refractive optical system) 또는 이 둘을 결합한 복합 광학계(hybrid optical system)으로 구현될 수 있으나, 제품의 소형화를 위해 굴절 광학계가 선호되며 이를 간단히 LED 렌즈라 한다.

[0003] 저가격화를 위해 조명용 LED 렌즈는 하나 또는 그 이상의 자유형상면(freeform surface)을 포함하여 설계되며, LED 렌즈의 설계 방법으로는 미분방정식(differential equation) 방법이 많이 활용되고 있다. 미분방정식 방법에서는 흔히 렌즈의 한 면 형상은 알고 있다고 가정하고 광선 진행에 관한 미분방정식을 풀어 나머지 면의 형상을 자유형상면으로 설계한다. 먼저 조명이 되어야 할 타겟면(target plane)에 원하는 조도 분포를 형성하기 위해 선택된 조명 모델(illumination model)에 따라 LED에서 방출된 광선(ray)이 타겟면의 어느 위치에 도달해야 하는지를 결정한다. 그 다음에 자유형상면에 입사한 광선이 타겟면의 지정된 위치에 도달할 수 있도록 해당 도달점(arrival point)의 surface slope를 결정해 나가게 된다. 관련된 연립 미분방정식을 유도할 수만 있다면 자유형상면의 결정 과정이 쉽다는 장점을 가지지만, 대부분 한 면만 자유형상면으로 가정하므로 광속 효율은 자유형상면으로 설정되지 않은 면에 의해 영향을 받게 된다.

[0004] 하나의 자유형상면을 가정하는 기존의 미분방정식 방법의 한계를 극복하기 위해 최근 두 개의 자유형상면을 포함하는 렌즈 설계법들이 제안되고 있다. 그 중에서 Mikhail A. Moiseev 등은 프레넬 손실 최소화 조건(condition for minimizing Fresnel loss)을 도입하여 두 면을 모두 자유형상면으로 설계하는 방법을 제안하였다. 진행 광선이 렌즈의 입사면(또는 입사 측면)과 출사면에서 동일한 편향각(deflection angle)을 가질 때 반사 손실(reflection loss)이 최소가 되는 것을 프레넬 손실(Fresnel loss) 최소화 조건이라 한다. 이 방법으로 설계된 LED 렌즈는 조명각(beam spread angle)이 100° 이하인 경우에도 하나의 자유형상면을 가진 렌즈에 비해 높은 광속 효율(luminous flux efficiency)을 얻을 수 있었다.

[0005] 그러나 LED 렌즈의 조명각이 40° 이하가 되면, 프레넬 손실 최소화 조건이 적용되더라도 광속 효율의 개선이 불가능한 것이 문제점으로 지적되고 있는 실정이다. 흔히 LED 렌즈에서는 LED 방출면으로부터 수직하게 방출된 광선은 렌즈 중심 영역을 지나 타겟면의 중심 영역에 도달하고, 큰 각도로 방출된 광선은 렌즈 주변 영역을 지나 타겟면의 가장자리에 도달한다. 따라서 좁은 조명각을 구현하기 위해서는 렌즈 주변 영역에 입사되는 광선이 큰 각도로 편향될 수밖에 없으므로 렌즈 주변 영역에서 발생하는 프레넬 손실을 줄이지 못하기 때문이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 등록특허 10-1305728 “LED 조명기구의 제작공차를 개선할 수 있는 배광 분포의 중첩 효과를 갖는 자유형상 렌즈”, 2013. 09. 06.

(특허문헌 0002) 등록특허 10-1439746 “직사각형 영역의 고효율 균일 조도 조명을 위한 3차원 자유형상 렌즈 구현 방법과 시스템”, 2014. 09. 12.

비특허문헌

[0007] (비특허문헌 0001) M.A. Moiseev, S.V. Kravchenko, L.L. Doskolovich, N.L. Kazanskiy, Design of LED optics with two aspherical surfaces and the highest efficiency, Proc. of SPIE 8550 (2012) 1-6.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 중앙 굴절부 및 주변 전반사부를 포함하고 회전축을 기준으로 축 대칭을 이루되 광선이 입사하는 면과 출사하는 면이 모두 자유형상면으로 이루어진 것을 특징으로 하며, 입사 광선을 타겟면에 도달하게 해주는 TIR LED 렌즈 및 그 설계 방법을 제공함에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 전술한 과제의 해결을 위해 본 발명은 조명각이 40° 이하인 경우에도 LED 렌즈가 높은 광속 효율을 가질 수 있도록 전반사면을 포함하는 LED 렌즈 구조를 채택하고, 프레넬 손실 최소화 조건을 도입하여 광선이 입사하는 면과 출사하는 면이 자유형상면으로 이루어진 TIR LED 렌즈 및 그 설계 방법을 제시한다.
- [0010] TIR LED 렌즈의 중앙 굴절부는 입사면과 중앙 출사면을 포함하여 이루어지는데, 종래의 LED 렌즈에 적용되는 방식으로 이 두 면을 자유형상면으로 설계할 수 있다. 그러나 TIR LED lens의 주변 전반사부는 입사 측면, 주변 출사면 외에 전반사면을 포함하므로, 설계를 위해 3가지 면에 관한 관계식이 새로이 정립되어야 한다. 본 발명은 이의 해결을 위한 관계식을 유도하되 유도된 관계식들이 온전한 연립미분방정식을 이루지 못하므로, 인위적인 조건(artificial condition)을 부가하여 주변 전반사부의 입사 측면과 주변 출사면 및 전반사면을 모두 자유형상면으로 설계하는 방안을 제시한다.
- [0011] 구체적으로 본 발명은 「입사면 및 상기 입사면으로 입사된 광선이 출사되는 중앙 출사면을 포함하는 중앙 굴절부; 및 상기 중앙 굴절부의 양측에 구비되며, 상기 입사면과 굴곡을 이루며 연결된 입사 측면, 상기 입사 측면으로 입사되어 진행한 광선을 전반사시키는 전반사면 및 상기 중앙 출사면과 굴곡을 이루며 연결되고 상기 전반사면에서 전반사된 광선이 출사되는 주변 출사면을 포함하는 주변 전반사부; 를 포함하고, 회전축을 기준으로 축 대칭을 이루며, 상기 입사면, 입사 측면, 중앙 출사면 및 주변 출사면은 자유형상면으로 이루어진 것을 특징으로 하고, 상기 입사면 및 입사 측면으로 입사된 광선을 상기 출사면의 전방에 위치한 타겟면(target plane)에 도달하게 해주는 TIR(Total Internal Reflection) LED 렌즈」를 제공한다.
- [0012] 이때 상기 전반사면은 자유형상면으로 이루어지지 않은 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0013] 또한 본 발명은 「상기 TIR LED 렌즈를 설계하는 방법으로서, (a) 3차원 좌표계의 원점을 LED 광원으로 전제하고, Z축을 회전축으로 설정하여, 상기 입사면과 Z축과의 교점인 입사점과 상기 중앙 출사면과 Z축과의 교점인 출사점을 임의로 설정한 상태에서, 상기 LED 광원에서 나온 광선이 Z축과 이루는 각도인 방출각 φ 를 증가시켜가 되 상기 입사면으로 광선이 입사될 수 있는 경계 방출각인 φ_{split} 까지 증가시켜가면서 상기 입사면과 중앙 출사면의 형상점들을 순차적으로 결정하는 방식으로 중앙 굴절부를 형성하는 단계; 및 (b) 상기 방출각 φ 를 φ_{split} 부터 상기 입사 측면으로 입사된 광선이 상기 전반사면에서 전반사되고 상기 주변 출사면으로 출사되어 상기 타겟면에 도달할 수 있는 최대 방출각인 φ_{max} 까지 증가시켜가면서 상기 입사 측면, 전반사면 및 주변 출사면의 형상점들을 순차적으로 결정하는 방식으로 주변 전반사부를 형성하되, 상기 입사 측면에서의 굴절, 상기 전반사면에서의 전반사 및 상기 주변 출사면에서의 굴절로부터 각각 유도되는 3개의 미분방정식과 수렴 조명 모델(convergent illumination model)과 프레넬 손실(Fresnel loss) 최소화 조건으로부터 유도되는 미분방정식 및 임의의 조건으로부터 얻어지는 미분방정식을 연립하여 구한 해를 이용하여 상기 입사 측면, 전반사면 및 주변 출사면의 형상점들을 순차적으로 결정하는 방식으로 주변 전반사부를 형성하는 단계; 를 포함하여 이루어지는 특징으로 하는 TIR LED 렌즈 설계 방법」을 함께 제공한다.
- [0014] 이때 상기 (b) 단계의 임의의 조건은, 상기 전반사면에서 전반사된 광선이 상기 주변 출사면으로 입사하며 Z축과 이루는 각도로 정의되는 진행각 δ 를 아래의 [식 1]과 같이 정의하고, δ_0 와 β_0 를 결정하는 상기 전반사면과 상기 주변 출사면의 교점 좌표 및 상수 k 를 사전 설정한 것임을 특징으로 할 수 있다. 또한 이 경우 본 발명에 따른 TIR LED 렌즈 설계 방법은, 상기 (b)단계 후, (c) 상기 (a)단계에서 형성한 중앙 굴절부의 중앙 출사면의 끝점과 상기 (b)단계에서 형성한 주변 전반사부의 주변 출사면의 끝점이 일치되지 않는 경우 상기 (b)단계를 상기 전반사면과 상기 주변 출사면의 교점 좌표 및 상수 k 를 재설정하며 1회 이상 반복하는 단계;를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0015] [식 1]

$$\delta(\varphi) = \delta_0 - k(\delta_0 + \beta_0) \left(\frac{\varphi - \varphi_{split}}{\varphi_{max} - \varphi_{split}} \right)$$

[0016]

[0017] (δ_0 및 β_0 는 각각 상기 방출각이 φ_{split} 인 광선이 상기 주변 출사면에 입사될 때와 출사될 때의 진행각)

[0018] 한편 본 발명에 따른 TIR LED 렌즈 설계 방법의 (b)단계에서, 상기 LED 광원부터 입사점까지 거리를 R, 상기 입사 측면으로 입사하는 광선이 X축과 반시계 방향으로 이루는 각도를 α , 상기 입사 측면으로부터 상기 전반사면 사이의 거리를 l_{ab} 및 상기 전반사면으로부터 상기 주변 출사면까지의 거리를 l_{bc} 라고 할 때, 상기 입사 측면에서의 굴절, 상기 전반사면에서의 전반사 및 상기 주변 출사면에서의 굴절로부터 각각 유도되는 3개의 미분방정식은 아래의 [식 2] 내지 [식 4]와 같고, 수렴 조명 모델(convergent illumination model)과 프레넬 손실(Fresnel loss) 최소화 조건으로부터 유도되는 미분방정식은 아래의 [식 5]와 같은 것을 특징으로 할 수 있다.

[0019] [식 2]

$$\frac{dR(\varphi)}{d\varphi} = R \frac{n \cos(\varphi + \alpha)}{1 - n \sin(\varphi + \alpha)}$$

[0020]

[0021] (n은 내부굴절률)

[0022] [식 3]

$$\frac{dR}{d\varphi} [\sin \varphi - A \cos \varphi] - \frac{d\alpha}{d\varphi} l_{ab} [\sin \alpha + A \cos \alpha] + \frac{dl_{ab}}{d\varphi} [\cos \alpha - A \sin \alpha]$$

[0023]

$$= -R [\cos \varphi + A \sin \varphi]$$

[0024]

[0025] ($A = \tan(\pi/4 + \delta/2 - \alpha/2)$)

[0026] [식 4]

$$\frac{dR}{d\varphi} [\cos \varphi - B \sin \varphi] + \frac{d\alpha}{d\varphi} l_{ab} [\cos \alpha + B \sin \alpha] + \frac{dl_{ab}}{d\varphi} [\sin \alpha - B \cos \alpha]$$

[0027]

$$+ \frac{dl_{bc}}{d\varphi} [\cos \delta - B \sin \delta] - \frac{d\delta}{d\varphi} l_{bc} [\sin \delta + B \cos \delta] = R [\sin \varphi + B \cos \varphi]$$

[0028]

[0029] ($B = (-n \sin \delta + \sin \beta)/(n \cos \delta - \cos \beta)$)

[0030] [식 5]

$$\frac{dR}{d\varphi} [-C \cos \varphi + D \sin \varphi] - \frac{d\alpha}{d\varphi} \left[l_{ab} (C \cos \alpha + D \sin \alpha) \pm \frac{D^2}{\sin^2(\alpha + \varphi \mp \delta)} \right]$$

[0031]

$$+ \frac{dl_{ab}}{d\varphi} [-C \sin \alpha + D \cos \alpha] + \frac{dl_{bc}}{d\varphi} [-C \cos \delta + D \sin \delta]$$

[0032]

$$+ \frac{d\delta}{d\varphi} \left[l_{bc} (C \sin \delta + D \cos \delta) + \frac{D^2}{\sin^2(\alpha + \varphi \mp \delta)} \right]$$

[0033]

$$= D \left(\frac{d\rho}{d\varphi} - R \cos \varphi \right) - CR \sin \varphi \pm \frac{D^2}{\sin^2(\alpha + \varphi \mp \delta)}$$

[0034]

$$C = \rho - (R \sin \varphi + l_{ab} \cos \alpha + l_{bc} \sin \delta)$$

[0035]

$$($$

[0036]

$$D = f - (R \cos \varphi + l_{ab} \sin \alpha + l_{bc} \cos \delta)$$

발명의 효과

[0037]

본 발명에 따르면 다음과 같은 효과가 있다.

[0038]

1. 광선이 입사하는 면과 출사하는 면이 모두 자유형상면으로 이루어진 TIR LED 렌즈를 구현할 수 있게 된다.

[0039]

2. 조명각이 40° 이하인 경우에도 높은 광속 효율을 가지는 TIR LED 렌즈를 구현할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0040]

[도 1]은 본 발명에 따른 TIR LED 렌즈의 일 실시예의 구조와 광선의 진행경로를 나타낸 단면모식도이다.

[도 2]는 본 발명에 따른 TIR LED 렌즈 설계 방법에 대응되는 순서도이다.

[도 3]은 [도 2]에서 설계된 중앙 굴절부와 주변 전반사부의 결합과정에서 발생할 수 있는 문제들을 나타낸 모식도이다.

[도 4]는 본 발명의 검증을 위한 설계에서 사용된 초기값의 테이블이다.

[도 5]는 [도 4]에 따라 설계된 TIR LED 렌즈와 종래 LED 렌즈의 형상과 광속 효율을 정리한 결과이다.

[도 6]은 [도 4]에 따라 설계된 TIR LED 렌즈와 종래 LED 렌즈의 타겟면에 형성된 조도 분포 차트들을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0041]

이하에서는 본 발명에 따른 TIR LED 렌즈 및 그 설계 방법에 관하여 상세하게 설명한다.

[0042]

1. TIR LED 렌즈

- [0043] [도 1]에는 본 발명에 따른 TIR LED 렌즈의 일 실시예의 구조와 광선의 진행경로를 나타낸 단면모식도가 도시되어 있다.
- [0044] X-Z 직각 좌표계에 도시된 TIR 렌즈는 중앙 굴절부(central refraction part)와 주변 전반사부(peripheral TIR part)로 구분되며, Z축에 대해 회전 대칭성을 갖는다. 또한 내부굴절률은 n 이다. 상기 중앙 굴절부는 점 P_{1a} 를 포함하는 입사면(inner surface)과 점 P_{1c} 를 포함하는 중앙 출사면(central outer surface)으로 구성되며, 상기 주변 전반사부는 점 P_{2a} 를 포함하는 입사 측면(side surface), 점 P_{2b} 를 포함하는 전반사면(TIR surface), 점 P_{2c} 를 포함하는 주변 출사면(peripheral outer surface), 그리고 상기 입사 측면과 상기 전반사면을 연결하는 밑면(bottom surface)으로 구성된다. 상기 밑면은 광선의 진행에 어떠한 작용도 하지 않는다.
- [0045] 상기 중앙 굴절부의 입사면과 상기 주변 전반사부의 입사 측면은 교점 C_{1S} 에서, 상기 중앙 굴절부의 중앙 출사면과 상기 주변 전반사부의 주변 출사면은 교점 C_{00} 에서 각각 교차한다. 그리고 상기 주변 전반사부에서 주변 출사면과 상기 전반사면은 교점 C_{0T} 에서 교차하며, 상기 밑면의 양 끝점을 각각 C_{SB} 와 C_{BT} 라 한다.
- [0046] [도 1]에서 원점을 광원(light source) S라하며, S에서 상기 입사면 또는 상기 입사 측면 상의 광선 입사점까지의 거리를 R로 정의하며, S로부터 방출된 광선의 방출각(emission angle) φ 는 Z축을 기준으로 정의한다. 이때 교점 C_{1S} 에 입사하는 광선의 방출각을 split angle, φ_{split} 라 하며, 만일 방출각이 φ_{split} 보다 커지면 해당 광선은 상기 주변 전반사부로 입사하게 된다. 타겟면에 균일한 조도 분포(uniform illuminance distribution)를 형성하기 위해 상기 중앙 굴절부를 지나는 광선들은 발산 조명 모델(divergent illumination model)에 따라 타겟면(target plane) 전체에 도달하며, 상기 주변 전반사부를 지나는 광선들은 수렴 조명 모델(convergent illumination model)에 따라 상기 타겟면 전체에 도달한다고 가정된다.
- [0047] 광선 ①은 상기 중앙 굴절부를 지나는 대표 광선으로 S에서 방출되어 상기 입사면 상의 점 P_{1a} 에 입사한다. 이 점에서 굴절된 광선은 상기 중앙 출사면 상의 점 P_{1c} 에 입사하며, 두 점 P_{1a} 와 P_{1c} 사이의 거리를 l_{ac} 라 한다. 점 P_{1c} 에서 굴절된 광선은 최종적으로 타겟면 상의 점 P_{1T} 에 도달하며, 상기 타겟면 중심 축에서 점 P_{1T} 까지의 X축 거리를 r 이라 한다. 이때 상기 입사면과 중앙 출사면에서 굴절된 광선의 진행각(propagation angle)을 각각 γ , β 라 하며, Z축과 광선이 이루는 각으로 정의된다. Z축을 기준으로 시계 방향(clockwise)으로 회전된 진행각은 양의 값을 갖는 것으로 규정한다. 상기 중앙 굴절부를 통과한 광선들은 발산 조명 모델을 따르므로, 방출각 φ 에 관계없이 진행각 γ 와 β 는 항상 양의 값을 갖는다.
- [0048] 한편, 광선 ②는 상기 주변 전반사부를 지나는 대표 광선으로 S에서 방출되어 상기 입사 측면 상의 점 P_{2a} 에 입사한다. 이 광선은 상기 전반사면 상의 점 P_{2b} 와 주변 출사면 상의 점 P_{2c} 를 거쳐 최종적으로 상기 타겟면 상의 점 P_{2T} 에 도달한다. 두 점 P_{2a} , P_{2b} 사이의 거리와 두 점 P_{2b} , P_{2c} 사이의 거리를 각각 l_{ab} 와 l_{bc} 라 한다. 그리고 상기 입사 측면에서 굴절된 광선의 진행각, 상기 주변 출사면에 입사하는 광선의 진행각, 상기 주변 출사면에서 굴절된 광선의 진행각을 각각 α , δ , β 라 한다. 각도 δ 와 β 는 Z축을 기준으로 정의하지만, 각도 α 는 예외적으로 X축을 기준으로 반시계 방향(counterclockwise)으로 회전된 각을 양의 값을 갖는 것으로 규정한다. 상기 주변 전반사부를 통과한 광선들은 수렴 조명 모델을 따라야 하므로, 방출각이 φ_{split} 보다 조금 큰 광선은 상기 타겟면의 가장자리에 도달해야 하며, 방출각이 최대인 광선($\varphi = \varphi_{max}$)은 상기 타겟면 중앙에 도달해야 한다. 따라서 상기 주변 전반사부에서는 광선의 방출각 φ 에 따라 각도 δ 와 β 의 부호가 달라질 수 있다. 광선 ②는 각도 δ 와 β 가 양의 값을 갖는 광선이며, 광선 ③은 각도 δ 와 β 가 음의 값을 갖는 상기 주변 전반사부를 진행하는 또 다른 광선이다.
- [0049] 상기 중앙 굴절부는 광원 S에서 입사점까지 거리인 R, 광선의 진행각 γ , 그리고 길이 l_{ac} 에 의해 결정되며, 상기

주변 전반사부는 R , 진행각 α 와 δ , 그리고 길이 l_{ab} 와 l_{bc} 에 의해 결정된다. 이들은 모두 방출각 j 의 함수이며, 이들 중에서 상기 중앙 굴절부에 관한 함수들의 관계는 종래 기술이 이미 제시하고 있다.

[0050] 본 발명에 따른 TIR LED 렌즈는 [도 1]에 나타난 바와 같이 입사면 및 상기 입사면으로 입사된 광선이 출사되는 중앙 출사면을 포함하는 중앙 굴절부; 및 상기 중앙 굴절부의 양측에 구비되며, 상기 입사면과 굴곡을 이루며 연결된 입사 측면, 상기 입사 측면으로 입사되어 진행한 광선을 전반사 시키는 전반사면 및 상기 중앙 출사면과 굴곡을 이루며 연결되고 상기 전반사면에서 전반사된 광선이 출사되는 주변 출사면을 포함하는 주변 전반사부;를 포함하고, 회전축을 기준으로 축 대칭을 이루며, 상기 입사면, 입사 측면, 중앙 출사면 및 주변 출사면은 자유형상면으로 이루어진 것을 특징으로 하고, 상기 입사면 및 입사 측면으로 입사된 광선을 상기 출사면의 전방에 위치한 타겟면(target plane)에 도달하게 해준다.

[0051] 이때 상기 전반사면은 자유형상면으로 이루어지지 않은 것을 특징으로 할 수 있다.

[0052] 2. TIR LED 렌즈 설계 방법

[0053] 또한 본 발명에 따른 TIR LED 렌즈 설계 방법은 전술한 바와 같은 TIR LED 렌즈를 설계하는 방법으로서, (a) 3차원 좌표계의 원점을 LED 광원으로 전제하고, Z축을 회전축으로 설정하여, 상기 입사면과 Z축과의 교점인 입사점과 상기 중앙 출사면과 Z축과의 교점인 출사점을 임의로 설정한 상태에서, 상기 LED 광원에서 나온 광선이 Z축과 이루는 각도인 방출각 φ 를 증가시켜가되 상기 입사면으로 광선이 입사될 수 있는 경계 방출각인 φ_{split} 까지 증가시켜가면서 상기 입사면과 중앙 출사면의 형상점들을 순차적으로 결정하는 방식으로 중앙 굴절부를 형성하는 단계; 및 (b) 상기 방출각 φ 를 φ_{split} 부터 상기 입사 측면으로 입사된 광선이 상기 전반사면에서 전반사되고 상기 주변 출사면으로 출사되어 상기 타겟면에 도달할 수 있는 최대 방출각인 φ_{max} 까지 증가시켜가면서 상기 입사 측면, 전반사면 및 주변 출사면의 형상점들을 순차적으로 결정하는 방식으로 주변 전반사부를 형성하되, 상기 입사 측면에서의 굴절, 상기 전반사면에서의 전반사 및 상기 주변 출사면에서의 굴절로부터 각각 유도되는 3개의 미분방정식과 수렴 조명 모델(convergent illumination model)과 프레넬 손실(Fresnel loss) 최소화 조건으로부터 유도되는 미분방정식 및 임의의 조건으로부터 얻어지는 미분방정식을 연립하여 구한 해를 이용하여 상기 입사 측면, 전반사면 및 주변 출사면의 형상점들을 순차적으로 결정하는 방식으로 주변 전반사부를 형성하는 단계;를 포함하여 이루어지는 특징으로 한다.

[0054] 본 발명에 따른 TIR LED 렌즈 설계 방법에 대응되는 순서도가 [도 2]에 도시되어 있다.

[0055] 상기 (a)단계는 [도 2]의 중앙 굴절부 설계에 해당하는 단계로서, 균일한 조도 분포를 형성하면서 광속 효율(luminous flux efficiency)을 극대화하기 위해 TIR LED 렌즈의 중앙 굴절부를 설계하는 단계이다. 상기 (a)단계에서는 3차원 좌표계의 원점을 LED 광원으로 전제하고, Z축을 회전축으로 설정하여, 상기 입사면과 Z축과의 교점인 입사점(Z_{in})과 상기 중앙 출사면과 Z축과의 교점인 출사점(Z_{out})을 임의로 설정한 상태에서, 상기 LED 광원에서 나온 광선이 Z축과 이루는 각도인 방출각 φ 를 증가시켜가되 상기 입사면으로 광선이 입사될 수 있는 경계 방출각인 φ_{split} 까지 증가시켜가면서 상기 입사면과 중앙 출사면의 형상점들을 순차적으로 결정하는 방식으로 중앙 굴절부를 설계한다. 수치상의 오차(numerical error)를 최소화하기 위해 룬게-쿠타법(Runge-Kutta method)를 사용하여 연립미분방정식의 해를 구할 수 있다.

[0056] 상기 (b)단계는 [도 2]의 주변 전반사부 설계에 해당하는 단계로서 방출각 j 를 j_{split} 에서 j_{max} 까지 증가시키면서 상기 주변 전반사부를 이루는 형상점들을 순차적으로 결정하는 단계이다. 상기 (b)단계는 상기 방출각 φ 를

φ_{split} 부터 상기 입사 측면으로 입사된 광선이 상기 전반사면에서 전반사되고 상기 주변 출사면으로 출사되어 상기 타겟면에 도달할 수 있는 최대 방출각인 φ_{max} 까지 증가시켜가면서 상기 입사 측면, 전반사면 및 주변 출사면의 형상점들을 순차적으로 결정하는 방식으로 주변 전반사부를 형성하되, 상기 입사 측면에서의 굴절, 상기 전반사면에서의 전반사 및 상기 주변 출사면에서의 굴절로부터 각각 유도되는 3개의 미분방정식과 수렴 조명 모델(convergent illumination model)과 프레넬 손실(Fresnel loss) 최소화 조건으로부터 유도되는 미분방정식 및 임의의 조건으로부터 얻어지는 미분방정식을 연립하여 구한 해를 이용하여 상기 입사 측면, 전반사면 및 주변 출사면의 형상점들을 순차적으로 결정하는 방식으로 진행된다.

[0057] 이때 상기 (b) 단계의 임의의 조건은, 상기 전반사면에서 전반사된 광선이 상기 주변 출사면으로 입사하며 Z축과 이루는 각도로 정의되는 진행각 δ 를 아래의 [식 1]과 같이 정의하고, δ_0 와 β_0 를 결정하는 상기 전반사면과 상기 주변 출사면의 교점 좌표 및 상수 k 를 사전 설정한 것임을 특징으로 할 수 있다.

[0058] [식 1]

$$\delta(\varphi) = \delta_0 - k(\delta_0 + \beta_0) \left(\frac{\varphi - \varphi_{split}}{\varphi_{max} - \varphi_{split}} \right)$$

[0059]

[0060] (δ_0 및 β_0 는 각각 상기 방출각이 φ_{split} 인 광선이 상기 주변 출사면에 입사될 때와 출사될 때의 진행각)

[0061] 또한 더욱 구체적으로 상기 (b)단계는 상기 LED 광원부터 입사점까지 거리를 R, 상기 입사 측면으로 입사하는 광선이 X축과 반시계 방향으로 이루는 각도를 α , 상기 입사 측면으로부터 상기 전반사면 사이의 거리를 l_{ab} 및 상기 전반사면으로부터 상기 주변 출사면까지의 거리를 l_{bc} 라고 할 때, 상기 입사 측면에서의 굴절, 상기 전반사면에서의 전반사 및 상기 주변 출사면에서의 굴절에서 유도되는 아래의 [식 2] 내지 [식 4], 수렴 조명 모델과 프레넬 손실(Fresnel loss) 최소화 조건으로부터 유도되는 아래의 [식 5] 및 상기 [식 1]로 이루어진 연립미분방정식의 해를 이용하여 상기 입사 측면, 전반사면 및 주변 출사면의 형상점들을 순차적으로 결정하는 방식으로 수행될 수 있다.

[0062] [식 2]

$$\frac{dR(\varphi)}{d\varphi} = R \frac{n \cos(\varphi + \alpha)}{1 - n \sin(\varphi + \alpha)}$$

[0063]

[0064] (n은 내부굴절률)

[0065] [식 3]

$$\frac{dR}{d\varphi} [\sin \varphi - A \cos \varphi] - \frac{d\alpha}{d\varphi} l_{ab} [\sin \alpha + A \cos \alpha] + \frac{dl_{ab}}{d\varphi} [\cos \alpha - A \sin \alpha]$$

[0066]

$$= -R [\cos \varphi + A \sin \varphi]$$

[0067]

[0068] ($A = \tan(\pi/4 + \delta/2 - \alpha/2)$)

[0069] [식 4]

$$\frac{dR}{d\varphi} [\cos \varphi - B \sin \varphi] + \frac{d\alpha}{d\varphi} l_{ab} [\cos \alpha + B \sin \alpha] + \frac{dl_{ab}}{d\varphi} [\sin \alpha - B \cos \alpha]$$

[0070]

$$+ \frac{dl_{bc}}{d\varphi} [\cos \delta - B \sin \delta] - \frac{d\delta}{d\varphi} l_{bc} [\sin \delta + B \cos \delta] = R [\sin \varphi + B \cos \varphi]$$

[0071]

$$(B = (-n \sin \delta + \sin \beta) / (n \cos \delta - \cos \beta))$$

[0073] [식 5]

$$\frac{dR}{d\varphi} [-C \cos \varphi + D \sin \varphi] - \frac{d\alpha}{d\varphi} \left[l_{ab} (C \cos \alpha + D \sin \alpha) \pm \frac{D^2}{\sin^2(\alpha + \varphi \mp \delta)} \right]$$

[0074]

$$+ \frac{dl_{ab}}{d\varphi} [-C \sin \alpha + D \cos \alpha] + \frac{dl_{bc}}{d\varphi} [-C \cos \delta + D \sin \delta]$$

[0075]

$$+ \frac{d\delta}{d\varphi} \left[l_{bc} (C \sin \delta + D \cos \delta) + \frac{D^2}{\sin^2(\alpha + \varphi \mp \delta)} \right]$$

[0076]

$$= D \left(\frac{d\rho}{d\varphi} - R \cos \varphi \right) - CR \sin \varphi \pm \frac{D^2}{\sin^2(\alpha + \varphi \mp \delta)}$$

[0077]

$$C = \rho - (R \sin \varphi + l_{ab} \cos \alpha + l_{bc} \sin \delta)$$

[0078] (

$$D = f - (R \cos \varphi + l_{ab} \sin \alpha + l_{bc} \cos \delta)$$

[0080] 한편 본 발명에 따른 TIR LED 렌즈 설계 방법은, 상기 (b)단계 후, (c) 상기 (a)단계에서 형성한 중앙 굴절부의 출사면의 끝점과 상기 (b)단계에서 형성한 주변 전반사부의 출사면의 끝점이 일치되지 않는 경우 상기 (b)단계를 상기 전반사면과 상기 주변 출사면의 교점 좌표 및 상수 k 를 재설정하며 1회 이상 반복하는 단계;를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0081] 상기 (a)단계에서 먼저 설계된 중앙 굴절부의 두 끝점을 상기 (b)단계에서 설계되는 주변 전반사부의 형상 시작점으로 사용할 수 있다면, 두 부분이 완벽하게 결합된 하나의 TIR LED 렌즈를 형성할 수 있으나, TIR LED lens의 구조적 특성상 이것은 불가능하다. 상기 (c)단계는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 수행되는 단계이다.

[0082] [도 1]을 참고하면서 설명하면, 상기 중앙 굴절부의 두 끝점과 상기 주변 전반사부의 시작점이 연결되기 위해서는 방출각이 j_{split} 인 광선은 side surface 상의 점 C_{1S} 에 입사한 후 상기 전반사면을 거치지 않고 점 C_{00} 를 통과해야 한다. 그런데 이처럼 상기 전반사면을 거치지 않는 광선이 존재하게 된다면, 상기 입사면(또는 입사 측면) 및 상기 중앙 출사면(또는 주변 출사면)에서 편향각(deflection angle)을 낮추는 상기 전반사면의 도입 목적을 살리지 못하게 된다. 따라서 본 발명의 (b)단계에서는 [도 2]에서와 같이 상기 주변 전반사부의 입사 측면은 점 C_{1S} 에서 시작하여 아래 방향으로, 상기 출사면은 점 C_{0T} 에서 시작하여 중심 방향으로, 상기 전반사면은 점 C_{0T} 에

서 시작하여 아래 방향으로 형상점들을 순차적으로 결정하게 된다. 따라서 상기 주변 전반사부를 설계하기 위해 점 C_{OT} 좌표와 k 값을 사전 설정해 주어야 하며, δ_0 와 β_0 의 값은 점 C_{OT} 좌표에 의해 결정된다.

[0083] 점 C_{OT} 좌표와 k 값을 적절히 설정하지 못하면, [도 3]에 도시된 것처럼 상기 중앙 굴절부와 상기 주변 전반사부가 온전하게 결합되지 못할 수 있다. [도 3]에서 점 $C_{00,C}$ 와 점 $C_{00,P}$ 는 각각 상기 중앙 굴절부의 출사면을 형성하는 끝 점과 상기 주변 전반사부의 출사면을 형성하는 끝 점을 의미한다. [도 3]의 (a)와 (b)는 상기 주변 전반사부와 상기 중앙 굴절부의 두 출사면들이 서로 교차하거나 상기 중앙 굴절부 또는 상기 주변 전반사부를 투과한 일부 광선들의 진행이 방해받을 경우이다. 이는 점 C_{OT} 를 점 C_{00} 에 너무 가깝게 설정할 경우 발생하는 문제이다. 한편 k 값을 너무 크게 설정하면 상기 전반사면에 입사하는 광선이 전반사 조건을 만족하지 못하게 되며, 반대로 k 값을 너무 작게 설정하면 [도 3]의 (c)와 같이 상기 전반사면과 입사 측면이 교차하는 문제가 발생할 수 있다. [도 3]의 (d)는 상기 중앙 굴절부와 상기 주변 전반사부의 상기 두 출사면들이 서로 정확히 연결되지 못하는 경우이지만, [도 3]의 (a)와 (b)에 해당하지 않는다면 두 끝점을 단순히 직선으로 연결해 줌으로써 결합된 렌즈를 형성할 수 있다. 그러나 광원 크기를 무시할 수 없는 경우 일부 광선이 직선으로 연결해 준 부분에 입사할 수 있으며, 이들 광선들은 타겟면의 원하지 않는 위치로 진행하게 되어 광속 효율의 저하와 조도 균제도(illuminance uniformity) 악화 등의 문제를 발생시킬 수 있다. 따라서 상기 중앙 굴절부의 출사면과 상기 주변 전반사부의 출사면이 연결되지 않을 경우 상기 (c)단계를 통해 점 C_{OT} 좌표와 k 값을 적절히 설정하여 줌으로써 상기 중앙 굴절부의 출사면과 상기 주변 전반사부의 출사면이 가능한 연결되도록 하는 것이 좋다.

[0084] 이제부터는 상기 TIR LED 렌즈 설계 방법에 따라 제조된 TIR LED 렌즈의 구체적인 실시예와 조도 분포 및 광속 효율 등을 살펴본다. 설계된 렌즈의 조도 분포와 광속 효율 등은 LightTools™ 프로그램을 활용하여 평가하였다.

[0085] 구체적인 실시예를 통한 검증을 위하여 LED를 점광원(S)으로 취급하였으며, LED의 half angle은 60° 라고 가정하였고 렌즈는 굴절률이 1.493인 PMMA 물질로 구성되어 있다고 가정하였다. 또한 타겟면은 중심이 Z축 상에 놓인 원형 영역이며, S로부터 $f=1000\text{mm}$ 떨어진 곳에 위치한다고 가정하였다. LightTools 프로그램을 이용하여 타겟면에서 조도 분포와 광속 효율을 구하였으며, 이때 50만개 이상의 광선들을 사용하였다.

[0086] 본 발명에 따른 TIR LED 렌즈 설계 방법이 좁은 조명각을 갖는 TIR LED 렌즈 설계에 유리함을 보이기 위해 타겟면의 최대 반경(r_{max})이 50 mm, 100 mm, 200 mm 인 세 가지 경우에 대해 TIR LED 렌즈를 각각 설계하였다. 조명각은 [식 6]과 같이 정의될 수 있으므로, 조명각은 각각 5.7° , 11.4° , 22.6° 가 된다.

[0087] [식 6]

$$\theta_{spread} = 2 \tan^{-1} \left(\frac{\rho_{max}}{f} \right)$$

[0088]

[0089] 설계에서 사용된 초기값은 [도 4]와 같으며, D_x 와 D_z 는 벡터 $D(=C_{OT} - C_{00})$ 의 X, Z성분을 의미한다. 그리고 중앙 굴절부와 주변 전반사부를 구분하는 split angle, φ_{split} 은 60° 로 설정하였다.

[0090] 설계된 TIR LED 렌즈의 형상과 광속 효율을 정리한 결과가 [도 5]에 나타나 있고, [도 6]에는 타겟면에 형성된 조도 분포 차트를 나타내었다. [도 5]에 정리된 결과로부터 양면이 자유형상면으로 구성된 종래 LED 렌즈에 비해 본 발명에 따라 설계된 TIR LED 렌즈의 광속 효율이 최소 5% 이상 높음을 알 수 있으며, 조명각이 좁을수록 향상 효과가 더 크다는 것을 알 수 있다. 또한 [도 6]으로부터 종래 LED 렌즈와 본 발명에 따라 설계된 TIR LED

렌즈를 비교할 때 조도 균제도는 비슷하지만, 본 발명에 따라 설계된 TIR LED 렌즈의 경우 조도 영역 (illumination region)의 경계가 더 뚜렷함을 알 수 있다.

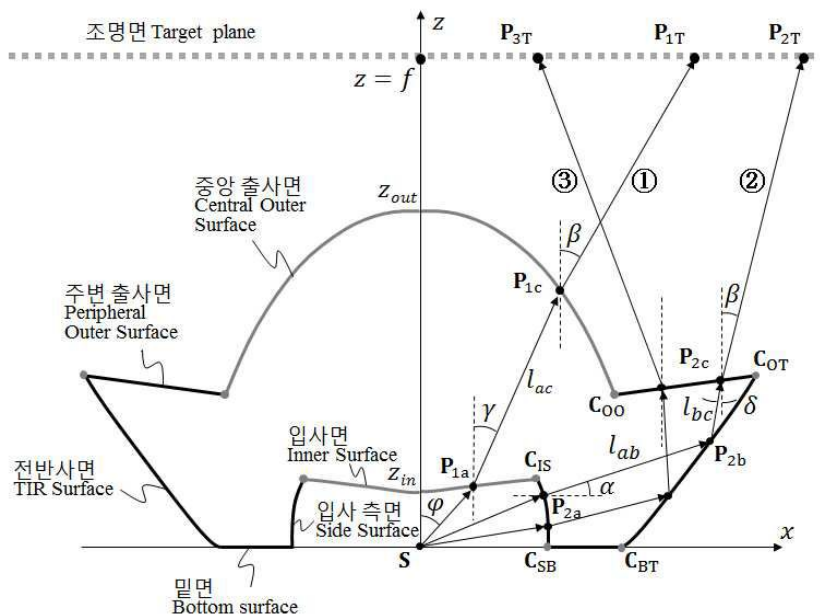
[0091] 이상에서 본 발명에 관하여 구체적인 실시예와 함께 상세하게 설명하였다. 그러나 위의 실시예에 의해 본 발명이 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 요지를 벗어남이 없는 범위에서 수정 또는 변형될 수 있다. 따라서 본 발명의 청구범위는 이와 같은 수정 또는 변형을 포함한다.

부호의 설명

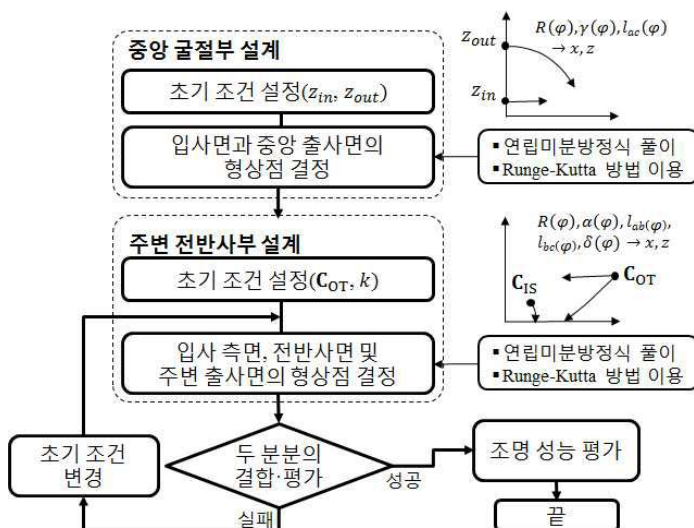
[0092] 없음

도면

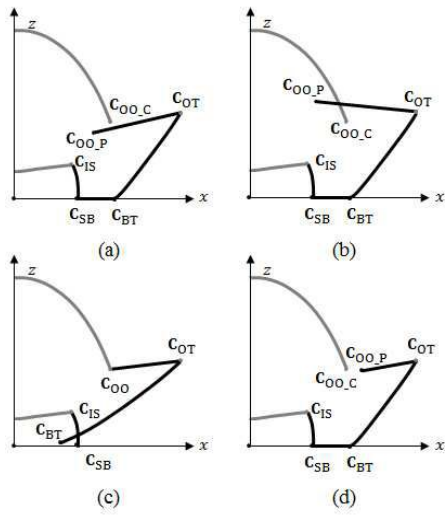
도면1



도면2



도면3



도면4

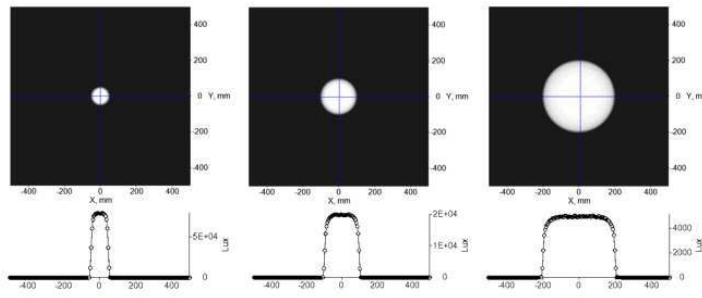
$\rho_{\max}$ (mm)	$\theta_{zspread}$ (deg.)	중앙굴절부 (central refraction part)		측면전반사부 (peripheral TIR part)		
		z_{in} (mm)	z_{out} (mm)	Δx (mm)	Δz (mm)	k
50	5.7	0.90	6.00	2.45	0.00	0.478
100	11.4	0.90	6.00	2.50	0.00	0.478
200	22.6	0.90	6.00	2.97	0.00	0.478

도면5

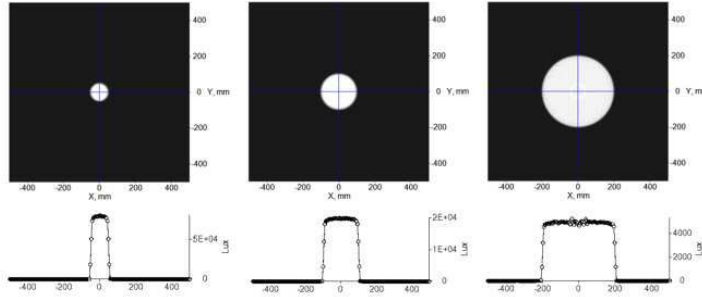
조명각 θ_{spread} (deg.)	광속 효율 Luminous flux efficiency (%) 분할각 $\varphi_{split} = 60^\circ$			
	기존 굴절형 렌즈 Conv. LED lens		제한한 전반사형 렌즈 TIR LED lens	
5.7	80.0		88.6	
11.4	81.9		89.4	
22.6	85.0		90.4	

도면6

기존 굴절형
렌즈들
Conv. LED
lenses



전반사형
렌즈들
TIR
LED lenses



(a) $\theta_{spread} = 5.7^\circ$

(b) $\theta_{spread} = 11.4^\circ$

(c) $\theta_{spread} = 22.6^\circ$